

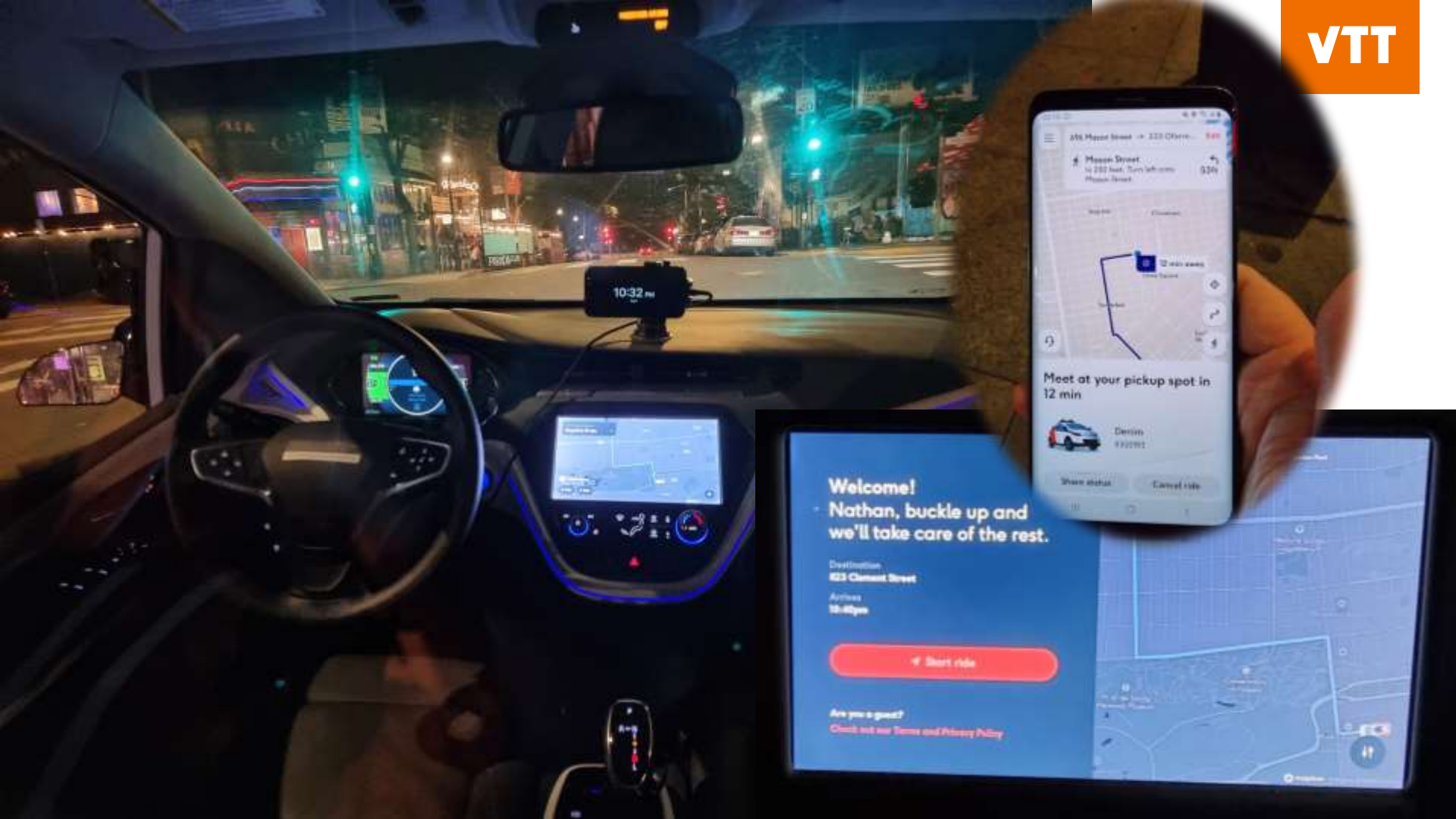
The VTT logo consists of the letters 'VTT' in a bold, white, sans-serif font, centered within a solid orange square.

Katsaus kaupunkiliikenteen automaatioon

Eetu Pilli-Sihvola
Tutkimuspäällikkö, liikenteen
digitalisaation tutkimusteeman vetäjä
VTT

6.10.2023

05/10/2023 VTT – beyond the obvious

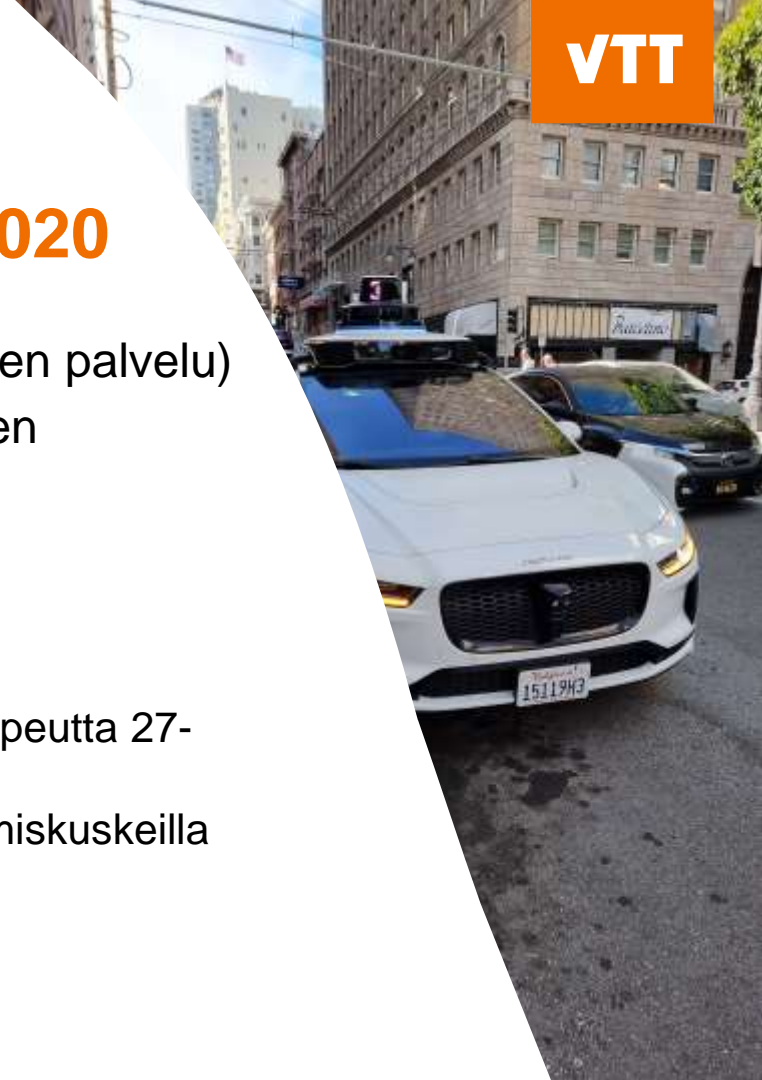


USA



Waymo aloitti kaupallisen robottitaksipalvelunsa syksyllä 2020

- San Francisco ja Phoenix, Arizona (maksullinen palvelu)
- 1,6 miljoonaa kuskitonta kyytikilometriä täyteen helmikuussa 2023
- Ei raportoituja loukkaantumisia tai törmäyksiä jalankulkijoihin eikä pyöräilijöihin
- Waymon omia julkaistuja tutkimustuloksia:
 - Tarkasteltuna ajanjakson ihmiskuskit ajoivat ylinopeutta 27-47% ajasta
 - Vähemmän haettuja vakuutuskorvauksia kuin ihmiskuskeilla



Cruise aloitti kaupallisen robottitaksioperoinnin ilman kuljettajia kesällä 2022

- San Francisco ja Phoenix (maksullinen palvelu)
- Yli 1,6 miljoonaa ajoneuvokilometriä
- 26 000+ maksanutta matkustajaa
- Keskimääräinen täyttöaste 1,87
- 94% matkustajista luotti Cruisen ajoneuvoihin
- 89% piti autoja hyvinä kuljettajina
- Fyysisen ja digitaalisen saavutettavuuden kehittäminen yhtenä painopisteenä





U.S. Transit Bus Automation Testing Activities

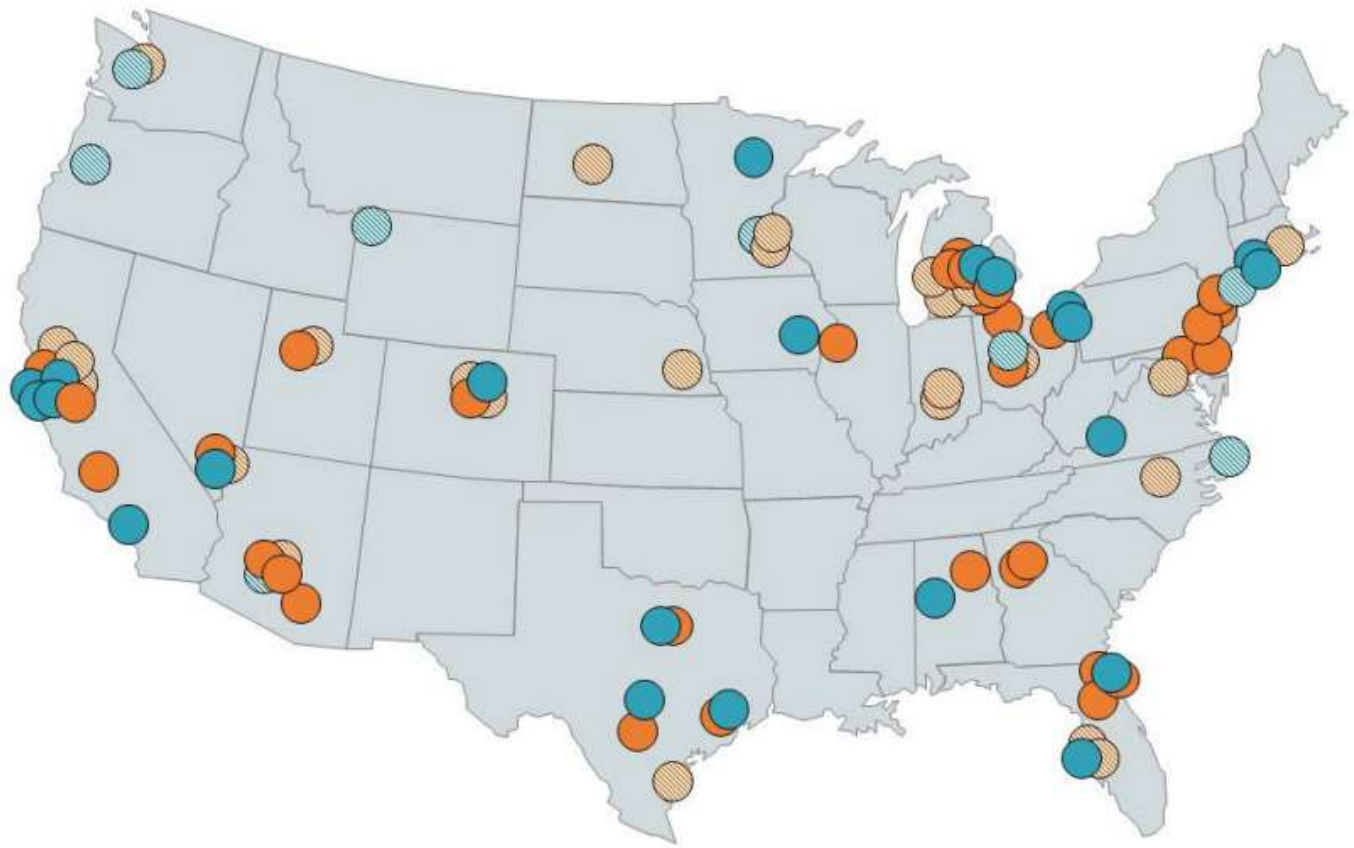
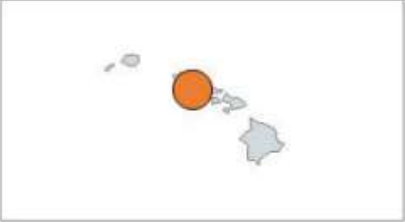
Legend

Projects with USDOT Funding

- In Progress or Planned (Blue circle)
- Completed (Light Blue hatched circle)

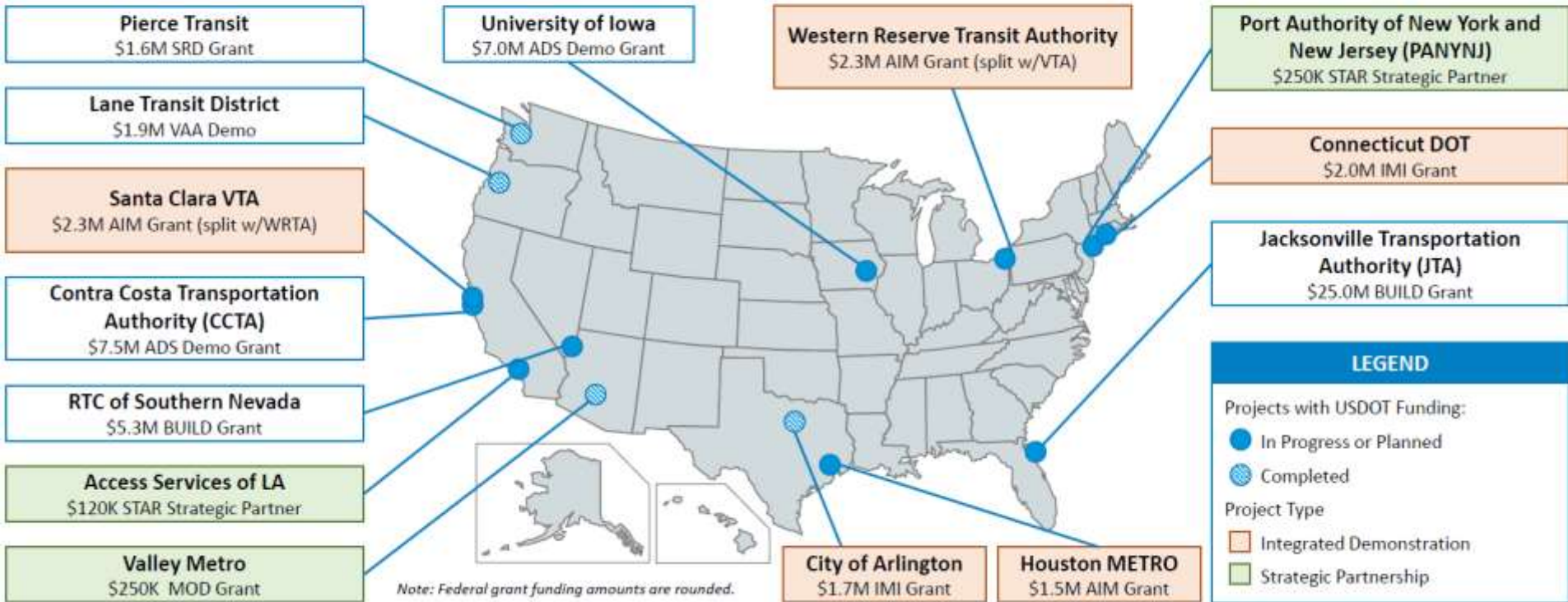
Projects without USDOT Funding

- In Progress or Planned (Orange circle)
- Completed (Light Orange hatched circle)



Source: USDOT Volpe Center, July 2023

FTA-Sponsored Transit Bus Automation Projects



Automated Transit Bus Maintenance and Yard Operations Demonstrations

- **Pinellas Suncoast Transit Authority - \$893K FTA**
 - Test an electric bus retrofitted with an automated driving system to increase driver safety and improve efficiency for routine bus yard tasks
 - Parking & Recall
- **Capital Metropolitan Transportation Authority - \$950K ITS JPO**
 - Pilot automated operations enabling various bus maneuvers on a cutaway and 40-ft bus in a maintenance yard
 - Parking & Recall, Bus Wash, Precision-docking, and automated charging



Image Credit: Capital Metropolitan Transportation Authority

Vähittäistavaralogistiikka kaupungeissa

■ Einride

- Operoi USAssa matalilla nopeuksilla lyhyillä reiteillä
- Ajoneuvossa ei paikkaa kuskille

■ Gatik

- USAssa kaupunkialueilla 5–150 kilometrin reiteillä
- Nopeusrajoitusten mukaisilla nopeuksilla
- Välttelevät vasemmalle kääntymisiä
- Asiakkaina mm. Walmart ja Loblaws



Aasia



Pros & Cons of AD Field tests in Japan

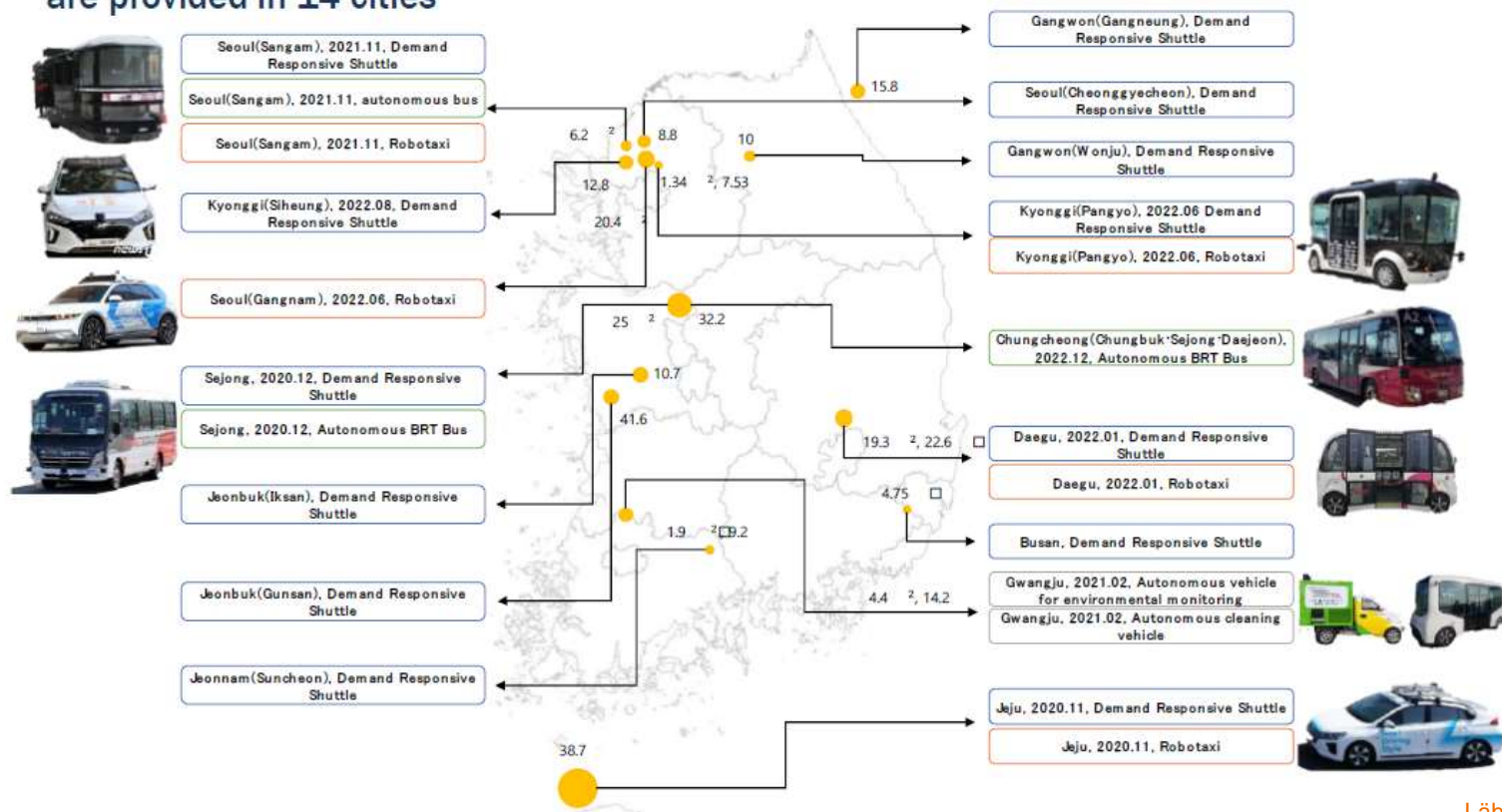


POV is mainly developed by OEMs, while logistics and mobility services are mainly developed by non-OEMs such as startups. ⇒ **Focusing on logistics and mobility services.**

	Pros	Cons
Vehicles	Various types of vehicles are tested: Golf Cart, Shuttle, Bus(Small & Large size)	No purpose-designed vehicle for automated driving is developed in Japan. Shuttle vehicles are all made in Europe: Navya Arma, EZMILE EZ10, Auvetech Mica, etc.
Connected	760MHz band for ITS has already been installed. Cooperation with traffic light and railroad crossing, providing traffic information at intersection and remote monitoring have been implemented on some field tests.	Discussion of 5.9GHz band for ITS has just started. Will compatibility of the 760MHz and 5.9GHz bands become a barrier to international standards?
Implementation	Sustaining public transport, Promotion of mobility within sub-regions, etc. Government policy: Implementing AD service in about 50 sites by 2025, and over 100 by 2027.	Most of the field tests are Lv.2. May not be particular about unmanned operations. Lack of universal design. Is government policy achievable?

Etelä-Korean automaatiohankkeet

- Temporal permission for mobility service with payment in designated areas
- Various services such as autonomous buses, DRT services, taxis, and cleaning vehicle services are provided in 14 cities



■ Integrating the CAD based system into the existing ITS based BRT System

- 3 large-sized buses and 5 small & medium sized buses
- Existing 6 BRT lines with exclusive bus lane

Leading Organization: KOTI

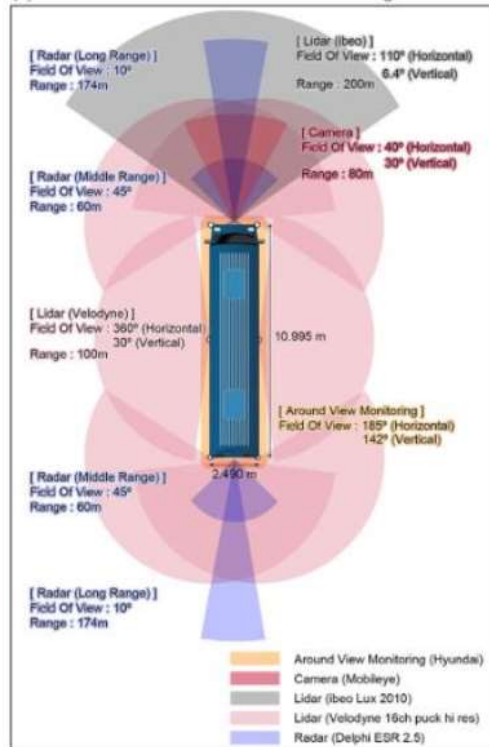
Period: 2018~2021

Target Area: Sejong, Republic of Korea

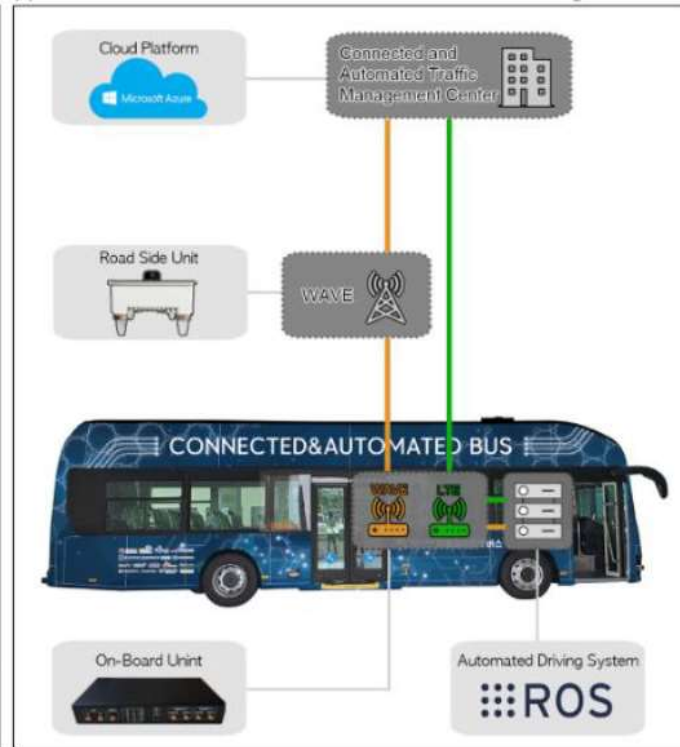
Number of Vehicles Operated: 3 large buses, 5 medium buses

Services Provided: Fixed-route bus service, demand-responsive service

(a) Connected and Automated Bus Sensor Configuration



(b) Connected and Automated Bus to Control Center Communication Diagram



Eurooppa

Planning for CCAM implementation 2021-2030

- ❑ Phase 1 – Developing the building blocks
- ❑ Phase 2 – Advancing technical maturity
- ❑ Phase 3 – Trials and living labs all over Europe

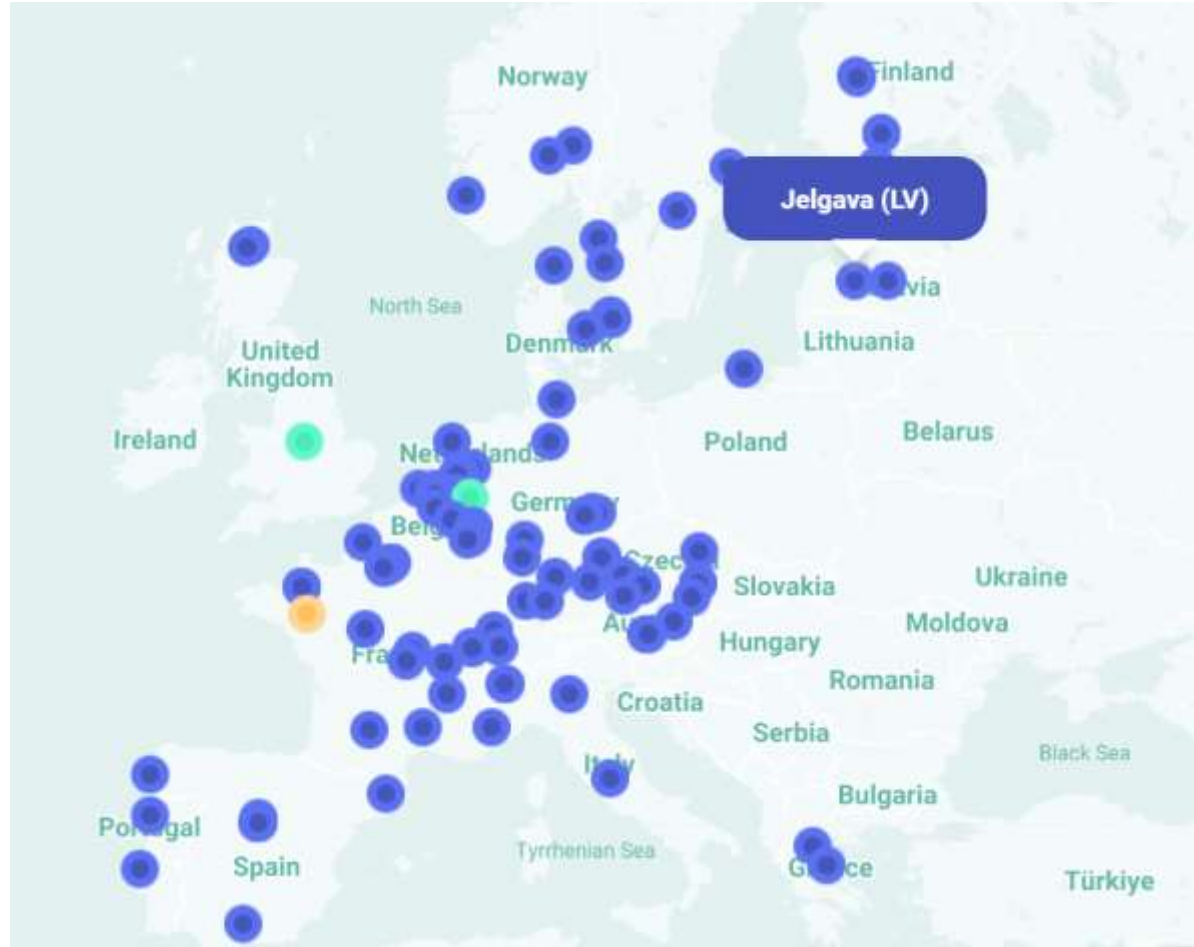


Laajat automaatiokokeiluhankkeet Euroopassa



- ✓ Real conditions
- ✓ Harmonised scenarios
- ✓ Harmonised methodologies
- ✓ Wider and long-term impacts

Pienbussit



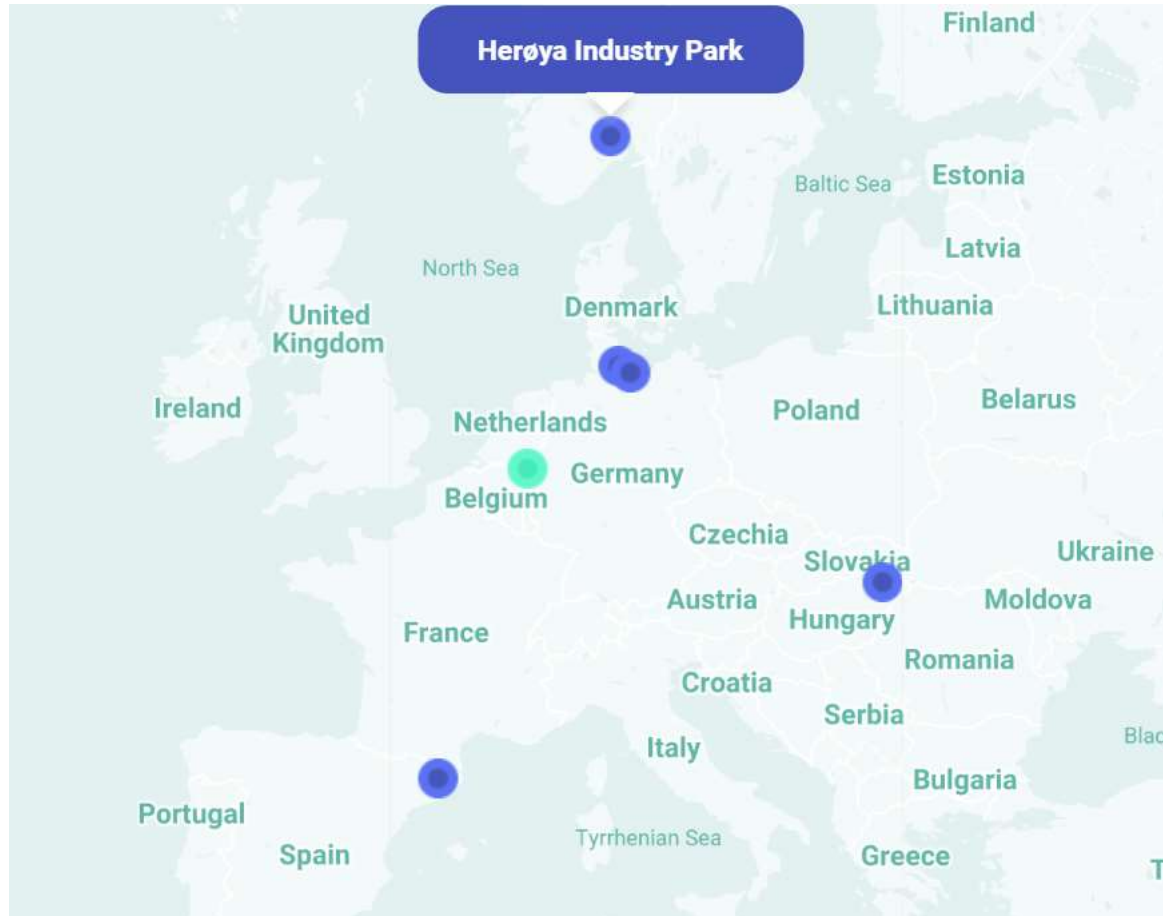
Bussit



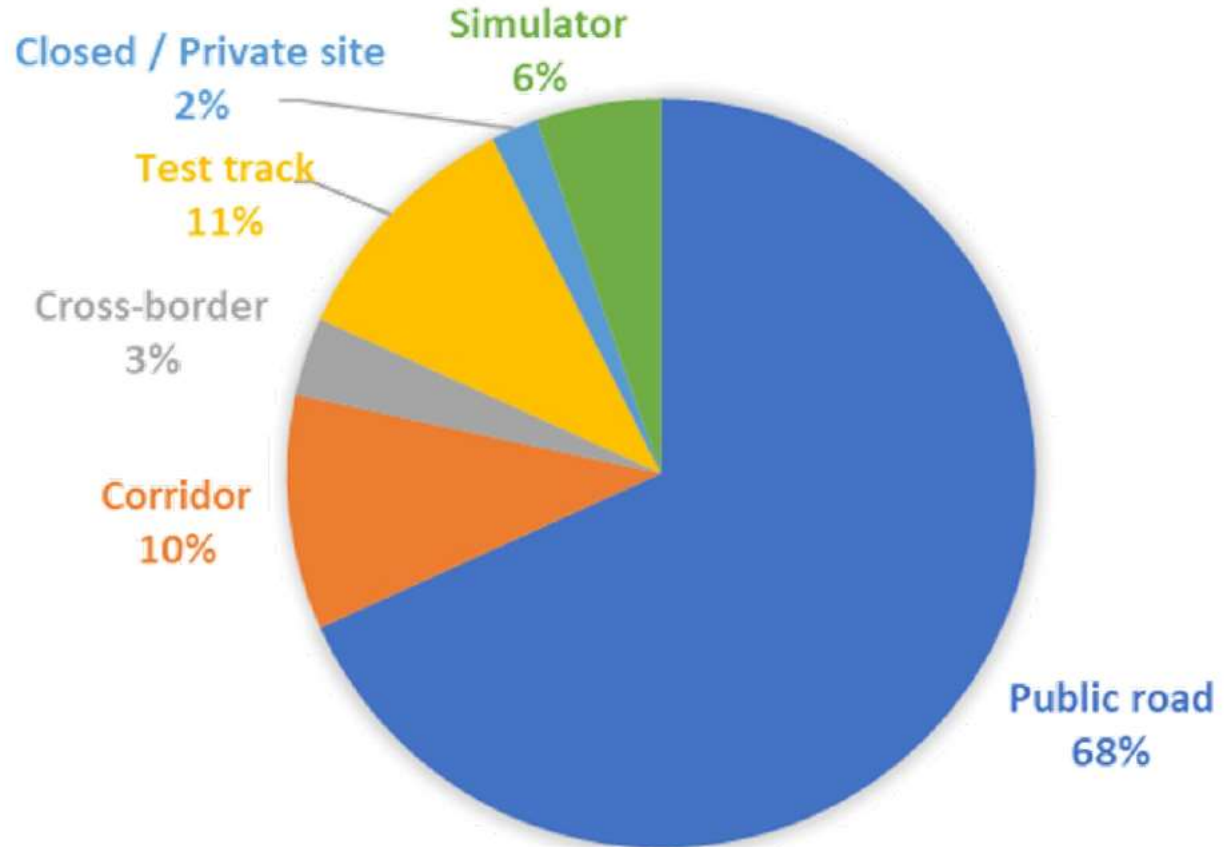
connected
automated
driving.eu



Kuljetus-robotit



Kaikki kokeiluhankkeet



Etäohjaaminen ja etähallinta

- Kehityskulku yksittäisen ajoneuvon etäohjaamisesta ajoneuvojoukon etähallintaan
 - Automaattibussit
 - Vuokra-autot
 - Taksit ja kyytipalveluautot
 - Kuljetusrobotit



VTT

VTT:n robottiautot



'Marilyn'

Suomen 1. robottiauto
Tekoäly



'Martti'

5G / V2X
arktisuus



'eLvira'

360° anturointi
etäohjaus



'Aune'

Ovelta ovelle
"last-mile".



'Bus'

Runkolinjat
Pysäkillä ajo



'Jarno II'

5G
maalijoneuvo



'Pate'

Maastossa liikkuminen



'AVANT'

Työkone
Piha- ja tiehoito.



'Marsu'

Älykäs liikennevalo
Liikenteen valvonta.

Anturointi



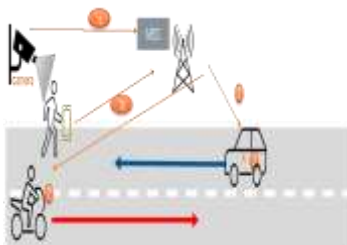
- tutkat
- laserskannerit
- kamerat
- suodatus
- AI

Paikannus



- paikannuskorjaus
- maamerkki-paikannus

V2X



- C-V2X, 5G → 6G
- matala viive
- esteenväistö

Toiminnallisuus



- funktiot
- ODD
- pilotointi

Digimaailma



- CARLA-simulaattori
- HD-kartat
- datavarastot

Eräitä automaattiajamisen haasteita

Tekniikka

- Kameran, laserskannerit ja tutkat havainnoivat ympäristöä aika hyvin, mutta olosuhteet (pintaan tarttuva lumi, sumu/pöly ilmassa, vastavalo) voivat haitata niitä paljonkin
- Oudon värinän/äänen/käytöksen tunnistaminen ja korjaus ilman kuljettajaa

Toimintaympäristö

- Varsinkin asutuskeskuksissa on automaattiajamiselle haastavia järjestelyjä: ihmiset, havaintokatveet (mm. pysäköidyt autot), epäloogiset kaistajärjestelyt, ...
- Leveiden siltojen alitus ja tunnelit satelliittipaikannukselle ja tutkille vaikeita

Ihmiset / eläimet

- Ihmisen **aikkeiden** tunnistaminen on tietokoneelle **vaikeaa**
- Arvaamattomia erityisesti kaupungeissa - tuotantolaitoksissa edellytyksiä parempaan

Erikoistapaus 1 – talvi

- Kaistaviivojen näkymättömyys
- Kaistalla pysymisen ongelma – “tie siirtyy”
- Valkoseinät – pölisevä lumi
- Optisten antureiden ominaisuudet hyvin kylmässä
- Liukkauden hallinta ajoneuvolla



Erikoistapaus 2 - hyttyset

- Estää näkyvyyden
- Liimaantuu anturiin kiinni
- Optinen ympäristön havainnointi lakkaa toimimasta





HOW CAN WE ENSURE THAT
AUTOMATED VEHICLES DRIVE RELIABLY
EVEN IN ADVERSE WEATHER CONDITIONS?

AI-SEE-tutkimusprojekti (EU-rahoitteinen)

- Developing AI-based algorithms for processing sensor data to eliminate false observations and create a better situational picture for vehicles in challenging weather and road conditions.
- During the Northern Finland testing campaign, temperatures were below -20 °C, and turbulent snow degraded visibility. The gated camera and LiDAR were tested in their feasibility to recognise objects in snowy conditions and identify the key challenges.
- The tested sensing systems are expected to be market ready 2025 – 2030.



Isojen bussien liikuttelua automaattisesti



Addressing challenges towards the deployment
of higher automation



Hi-Drive
Designing Automation

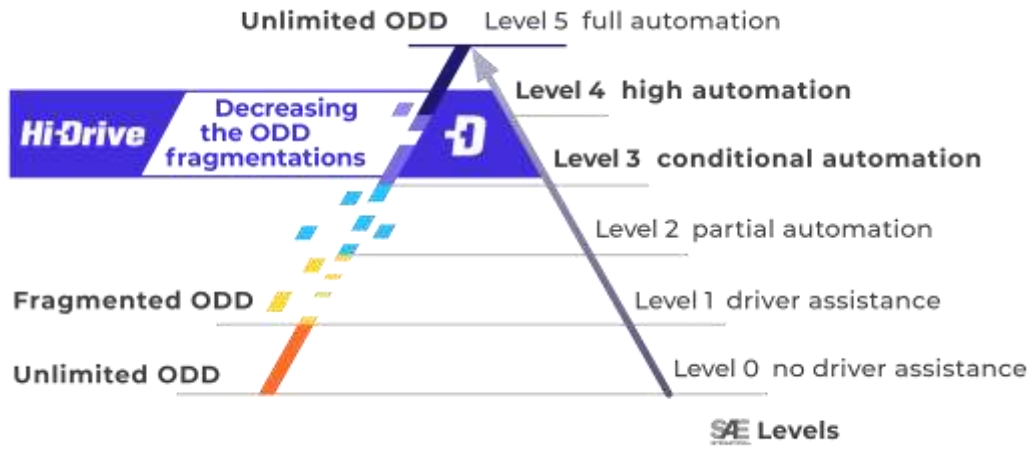
PUSH TOWARDS HIGHER AUTOMATION

- Robust and reliable automated driving
- Extended and defragmented ODDs
- Interoperability across countries and brands

Operational Design Domain – ODD

Hi-Drive

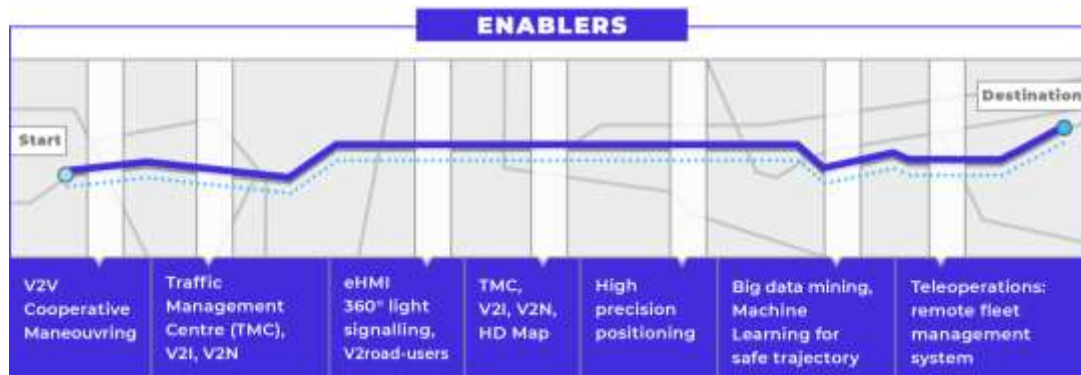
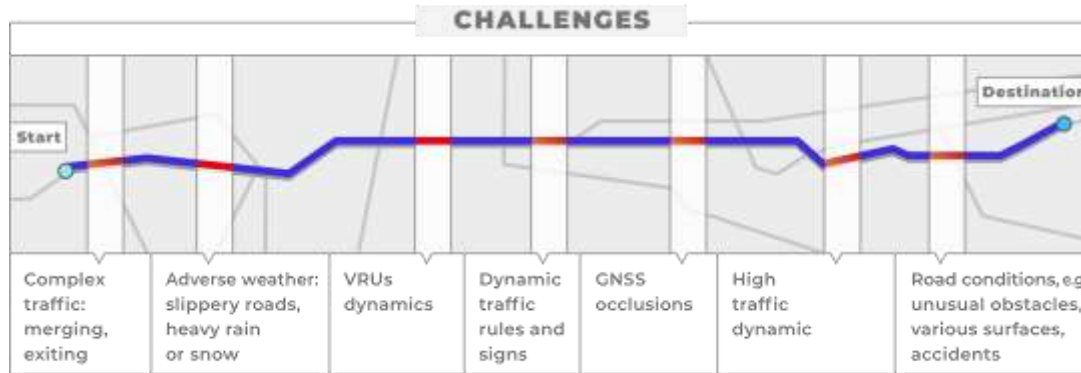
© Unsplash



ODD - "Operating conditions under which a given driving automation system [...] is specifically designed to function [...] to environmental, geographical, and time-of-day restrictions, and/or the requisite presence or absence of certain traffic or roadway characteristics." *

*SAE J3016 (2021)

Defragmentation of the Operational Design Domain (ODD)



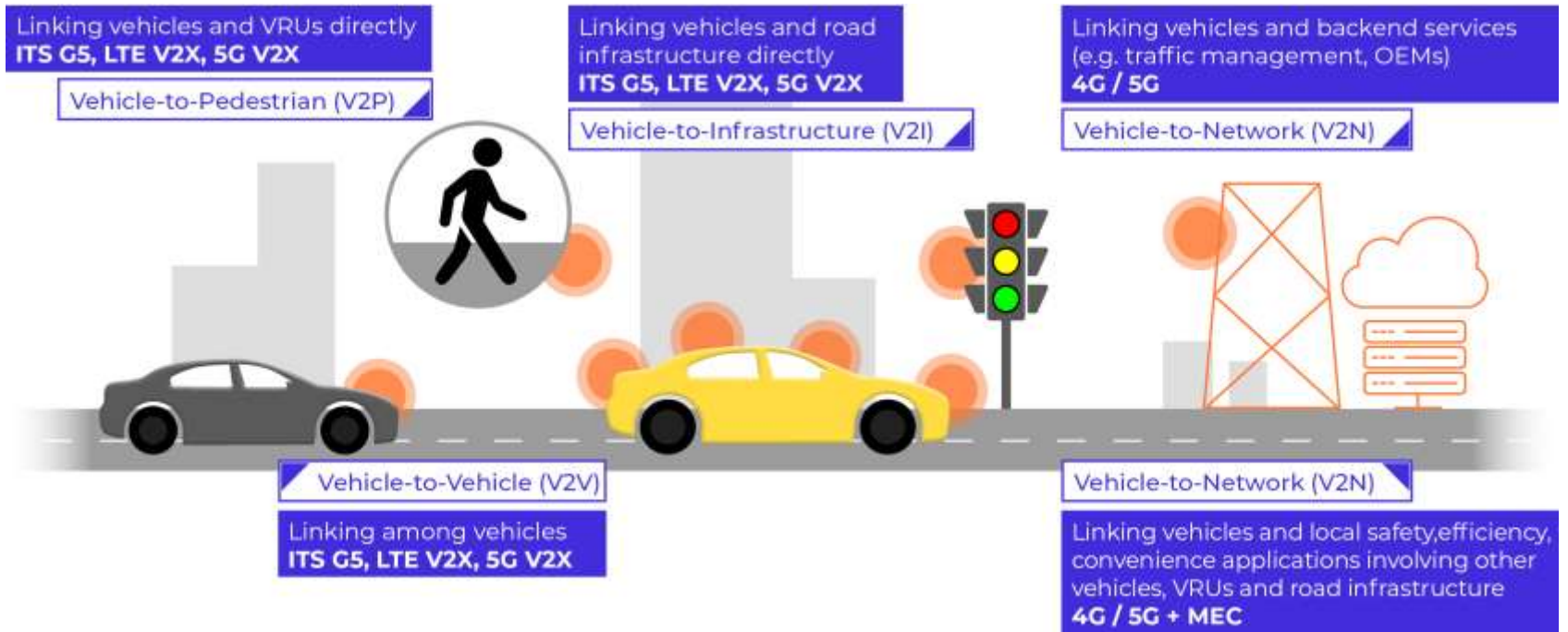
ODD

MANUAL DRIVING

AUTOMATED DRIVING

Cybersecure, interoperable, interactive and user-aware vehicles

Cooperative situation awareness concept





Operations

Testing performance and reliability of Automated Driving Functions (ADFs)



- Trials on Public Roads
- Cross-border Corridors Testing
- Test Tracks and Simulations
- Data Engineering Tools
- Data Collection
- Common Databases (CDB)
- Showcases and Demonstrations

Objectives

- On open roads, on tracks and supported by simulation focus on:
 - **Technologies for CAD systems** such as connectivity – V2V and V2I –, accurate positioning, digital infrastructure and cybersecurity
 - **Challenging situations** like cross-border corridors, edge and critical driving scenarios, and arctic low visibility conditions
- Design **data engineering tools** and **database structures** to manage and process data from the experiments.
- Collect data during the tests and **make this data available**.
- Each vehicle owner covers specific enablers, vehicles, use cases, test environments and partnerships.



Hi-Drive

Develop a firm understanding of the user when interacting with automated vehicles.

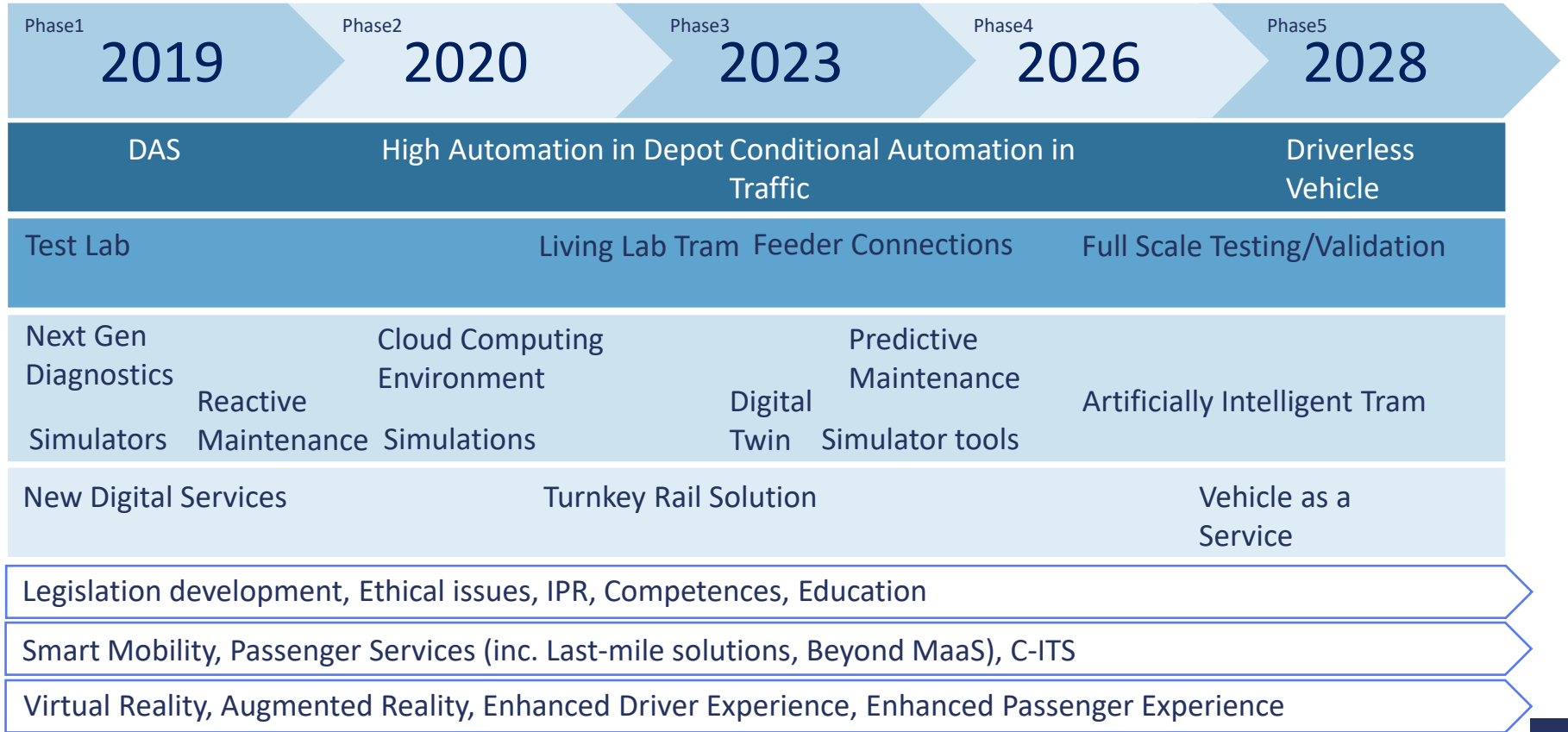
Acceptance
Awareness & Expectations
User comfort
User monitoring & HMIs
Other road users

Objectives

- Understand and map the **needs of different user groups** by assessing user needs for ages, genders, cultures etc. to ensure automated vehicles are relevant for all sections of the population.
- Assess what factors influence **user acceptance and awareness** of CAD vehicles, on a macro and micro scale.
- Investigate how to evaluate and improve CAD vehicles' **comfort** and reduce **motion-sickness for users**.
- Develop knowledge for successful application of **user monitoring and intervention tools**, including link to relevant Human-Machine Interfaces.
- Determine what information is needed by VRUs and other road users when **interacting** with CAD vehicles, including teleoperation.

Kaupunkiraide- liikenne

SmartRail ecosystem technology roadmap



SmartRail ecosystem

ATO-Development

2023 GoA0

2025 GoA1

2028 GoA2

2030 GoA3

2035 GoA4

Challenges for Autonomous driving (lightrail, urban environment)

- Complexity
- Safety
- Limited business area vs. high r&d costs
- Stopping time more than cars
- Door control at stops (safety, obstacle detection)
- North climate (snowfall → visibility)



Opportunities with Autonomous driving (lightrail, urban environment)

- Cost savings (maintenance, energy, fleet size, operational)
- Safety
- Flexibility (On demand service – feeder traffic)
- Accuracy
- New business models (e.g. Tram as a service)

AStriD – Autonomous Tramway in Depot

- Siemensin kehitysprojekti Potsdamissa paikallisen joukkoliikenneoperaattorin kanssa
- Vuosina 2019–2022
- Operointia kaupungin 13 kilometrin raideverkolla
 - Opastinten tunnistaminen
 - Pysäkille saapuminen
 - Risteävä liikenne
 - Jalankulkijoiden huomioiminen



Tulevaisuuden kehityksestä

Vuosikymmenen aikana

- Teknologia kehittyy ja infrastruktuuri digitalisoituu
 - kommunikoivat liikennevalot, HD-kartat, ...
- Läpimurtoja tietyillä alueilla, varsinkin, jos kaikki alueella automaatteja
- Automaattiajoon yhdistettynä myös energiankulutuksen optimointi

Lähivuodet

- Pudotuspeli seuroo esiin elinkelpoisimpia anturi-, ohjelmisto-, ja ajoneuvofirmoja

Rajatut ja puolisuljetut alueet

- Yksi nopeimmin esiin nousevista sovelluskohteista
- Polku: menestyjät etenevät alueelta/kohteesta toiselle, kunnes ovat merkittäviä

"Suomessa kuulemma kokeillaan jo robottiautoja. Nyt menee liian pitkälle! Amerikassa robottiauto on jo aiheuttanut kolarin ja omistajansa kuoleman. Olen työssäni ja harrastuksissani käyttänyt tietokoneita vuodesta 1974 alkaen. Aina on kaikissa systeemeissä esiintynyt ohjelmavirheitä. Virheetöntä ohjelmaa ei saada tehtyä robottiautoonkaan."

bey⁰nd

the obvious

Eetu Pilli-Sihvola
eetu.pilli-sihvola@vtt.fi
+358 40 740 1857

@VTTFinland
@EPilliSihvola

www.vtt.fi