



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ  
ΑΤΤΙΚΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ &  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ**

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
Επιστήμη & Τεχνολογία της Πληροφορικής & των  
Υπολογιστών  
Ειδίκευση Δικτύων Επικοινωνιών & Κατανεμημένων Συστημάτων**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ασφαλής παρακολούθηση & διαχείριση έξυπνων αυτοκινήτων με  
χρήση ασύρματων αισθητήρων**

**Παναγιώτης Καρακατσάνης  
Α.Μ. 18003**

**Εισηγητής: Δρ Αντώνιος Μπόγρης, Καθηγητής**

**Αθήνα, Ιούνιος 2021**



## **ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Ασφαλής παρακολούθηση & διαχείριση έξυπνων αυτοκινήτων με  
χρήση ασύρματων αισθητήρων**

**Παναγιώτης Καρακατσάνης  
Α.Μ. 18003**

**Εισηγητής: Δρ. Αντώνιος Μπόγρης, Καθηγητής**

**Εξεταστική Επιτροπή: Δρ. Αντώνιος Μπόγρης, Καθηγητής**

**Δρ. Βασίλειος Μάμαλης, Καθηγητής**

**Δρ. Παναγιώτης Καρκαζής, Επίκουρος Καθηγητής**

**Ημερομηνία εξέτασης: 25/06/2021**



## ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο κάτωθι υπογεγραμμένος **Παναγιώτης Καρακατσάνης** του **Αθανάσιου** με αριθμό μητρώου **18003**, φοιτητής του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών **‘Επιστήμη & Τεχνολογία της Πληροφορικής & των Υπολογιστών’** με ειδίκευση **‘Δικτύων Επικοινωνιών & Κατανεμημένων Συστημάτων’** του Τμήματος **Μηχανικών Πληροφορικής & Υπολογιστών της Σχολής Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής**, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας & ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη & αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων & των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά & αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο & του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου. Δεν επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου.».

Ο Δηλών,



Π. Καρακατσάνης



## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους ανθρώπους εκείνους που με τον δικό τους τρόπο καθένας ξεχωριστά μπόρεσε να με βοηθήσει στην περάτωση των μεταπτυχιακών μου σπουδών.

Ευχαριστώ τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Αντώνιο Μπόγρη, για τη συνεχή καθοδήγηση αλλά & ενθάρρυνση του. Τα σχόλια αλλά & οι παρατηρήσεις του αποτέλεσαν πολύτιμα εφόδια για την ολοκλήρωση αυτής.

Επίσης ευχαριστώ όλους τους καθηγητές που συνεργάστηκα κατά τη διάρκεια της φοίτησης μου στο τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής & Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Ευχαριστώ ακόμα, τους συναδέλφους του μεταπτυχιακού αυτού προγράμματος με τους οποίους μέσα από συζητήσεις & τις συνεργασίες για την υλοποίηση αρκετών κοινών εργασιών μας, καταφέραμε να διευρύνουμε το γνωστικό μας πεδίο στις τρέχουσες τεχνολογίες. Πέραν & πάνω από όλους όμως, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο ευχαριστώ, στην οικογένεια μου, η οποία με στηρίζει όλα τα χρόνια σε κάθε μου βήμα.

Η παρούσα διπλωματική εκπονήθηκε το Ακαδημαϊκό Έτος 2020 - 2021 στο πλαίσιο του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών “**Επιστήμη & Τεχνολογία της Πληροφορικής & των Υπολογιστών**” του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής & Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Η διπλωματική εργασία αυτή αποτελεί το μέσο για την λήψη του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών. Η εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. **Αντώνη Μπόγρη**, καθηγητή του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής & Υπολογιστών του ΠΑΔΑ.





## Περίληψη

Αντικείμενο της εργασίας αποτελεί η διερεύνηση & παρουσίαση των προτύπων που διέπουν τις εφαρμογές επικοινωνίας με χρήση ασύρματων αισθητήρων στα πρότυπα του 5G. Η εργασία θα παρουσιάζει τα βασικά στοιχεία αναφορικά με την ανάπτυξη συστήματος για την παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων της λειτουργίας ενός έξυπνου αυτοκινήτου & τη διαχείριση του αυτοκινήτου αυτού.

## Abstract

The object of the work is the investigation & presentation of the standards that govern the communication applications with the use of wireless sensors in the standards of 5G. The work will present the basic elements regarding the development of a system for monitoring critical parameters of the operation of a smart car & the management of this car.

## Περιεχόμενα

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ .....	10
ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ .....	11
1. Εισαγωγή .....	13
1.1 The 5G NR Physical Layer (PHY) Design .....	17
1.2 Dual Connectivity & Mobility Robustness .....	18
2. Ασύρματοι αισθητήρες .....	23
2.1 A 5G V2X Ecosystem .....	27
3. Θεωρητική περιγραφή των ασύρματων αισθητήρων στα αυτοκίνητα .....	29
3.1 Εισαγωγικά ( & μια επιπλέον προσέγγιση από τη ρομποτική) .....	29
3.2 Πρότυπα ασύρματων αισθητήρων σε οχήματα .....	30
3.3 Παραδείγματα τεχνολογίας V2V (Vehicle-to-Vehicle) .....	34
3.4 Ασφάλεια στα δίκτυα αισθητήρων – Προκλήσεις & δυνατότητες .....	35
3.5 AT Εντολές & Χρήση Κώδικα στα πρότυπα του 5G .....	38
3.6 Next Generation: 5G .....	39
4. Αυτόνομα αυτοκίνητα .....	40
4.1 Αυτόνομα αυτοκίνητα & 5G .....	40
4.2 Αυτόνομα αυτοκίνητα στην ΕΕ .....	43
5. Machine vision - Machine learning .....	46
5.1 Κατηγορίες Machine Learning .....	47
5.2 Ασφάλεια της βαθιάς μάθησης (ML) στην αυτόνομη οδήγηση .....	49
6. Παραδείγματα έξυπνων αυτοκινήτων .....	52
6.1 Smart Cities .....	55
6.2 Control Transfer Between Driver & Automated System .....	59
6.3 MBUX - Ένα διαδραστικό σύστημα τηλεματικής .....	59
Επίλογος .....	63
Βιβλιογραφία .....	64

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1.1:	Προηγμένες περιπτώσεις χρήσης & υπηρεσίες της 5G NR-V2X. ....	16
Σχήμα 1.2:	NSA deployment options for 5G NR .....	19
Σχήμα 1.3:	V2X τρόποι επικοινωνίας, διεπαφές & οντότητες .....	21
Σχήμα 2.1:	Wireless Sensor Network Architecture .....	23
Σχήμα 2.2:	IoV through cellular network .....	28
Σχήμα 3.1:	Overview of the leader-follower scenario .....	29
Σχήμα 3.2:	Πίνακας ιδρυμάτων για το 5G .....	31
Σχήμα 3.3:	5G V2X ecosystem .....	32
Σχήμα 3.4:	Operation of the proposed architecture .....	33
Σχήμα 3.5:	Τα τμήματα ενός αισθητήριου κόμβου .....	36
Σχήμα 3.6:	Διασπορά ασύρματων κόμβων σε ένα πεδίο παρακολούθησης .....	37
Σχήμα 3.7:	Συστατικά του αισθητήριου κόμβου .....	38
Σχήμα 4.1:	General overview of the considered system model .....	41
Σχήμα 4.2:	Structure of an ITS agent .....	42
Σχήμα 4.3:	Τα οφέλη της αυτοματοποιημένης κινητικότητας .....	43
Σχήμα 4.4:	Επίπεδα αυτοματοποιημένης κινητικότητας .....	45
Σχήμα 5.1:	Αυτόνομη οδήγηση .....	46
Σχήμα 5.2:	Sensor suite of the nuTonomy® self-driving car .....	51
Σχήμα 6.1:	Infotainment .....	52
Σχήμα 6.2:	Απεικόνιση λειτουργείας μιας smart city από την Huawei .....	56
Σχήμα 6.3:	5 May 2015: First Self-Driving Truck on a Highway .....	58
Σχήμα 6.4:	2015 Mercedes-Benz Driverless F-01 .....	58
Σχήμα 6.5:	Αυτοματοποιημένο σύστημα αυτοκινήτων .....	59
Σχήμα 6.6:	Οθόνη οδηγού 7' .....	60
Σχήμα 6.7:	Οθόνη αφής 10' .....	60
Σχήμα 6.8:	Άποψη καμπίνας Mercedes A Class .....	61
Σχήμα 6.9:	Σύστημα eCall .....	62

## ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

**3GPP** 3rd Generation Partnership Project

**4G LTE** 4<sup>th</sup> Generation Long Term Evolution Networks

**5GAA** 5<sup>th</sup> Generation Automotive Association

**5G-AN** 5<sup>th</sup> Generation - Access Networks

**5G NR** 5<sup>th</sup> Generation New Radio

**ACN** Automatic Collision Notification

**ADAS** Advanced Driver-Assistance Systems

**AI** Artificial Intelligence

**AS** Application Server

**ASIL** Automotive Safety Integrity Level

**AV** Autonomous Vehicle

**BS** (Base Station)

**CAVs** Connected Autonomous Vehicles

**CapEx** Capital Expenditures OpEx

**CN** Central Network

**CSI** Channel State Information

**C-V2X** Cellular - Vehicle - to - everything

**DASH** Dynamic Adaptive Streaming over HTTP

**DSRC** Dedicated Short-Range Communications

**EAP** Extensible Authentication Protocol

**EAP-AKA** EAP Authentication & Key Agreement

**eNB** evolved NodeBs

**EPC** Evolved Packet Core

**GPT** General Purpose Technology

**HARA** Hazard Analysis & Risk Assessment

**ISC** Image Sensor Communication

**IMSI** International Mobile Subscriber Identity

**IoT** Internet of Things

**IoV** Internet of Vehicles

**ISM** Industrial, Scientific & Medical

**IT** Information Technology

**ITS** Intelligent Transportation System

**MBUX** Mercedes-Benz User Experience

**M2M** Machine to machine

**MaaS** Mobility-as-a-Service

**MEC** Mobile Edge Computing

**MIMO** Multiple Input & Multiple Output

**ML** Machine Learning

**NFV** Network Function Virtualization

**NN** Neural Network

**NSA** Non-Standalone Architecture

**NS** Network Slicing

**OF** OpenFlow

**OpEx** Operating Expenses

**PCF** Policy Control Function

**PHY** Physical Layer

**RAN** Radio Access Networks

**RAT** Radio Access Technologies

**RMa** Rural Macro

**SDN** Software Define Networks

**SUPI** Subscription Permanent Identifier

**SMa** Suburban Macro

**UE** User Equipment

**UMa** Urban Macro

**V2N** Vehicle-to-Network

**V2V** Vehicle-to-Vehicle

**V2X** Vehicle-to-everything

**VLC** Visible Light Communication

**QoS** Quality of Service

**WSN** Wireless Sensor Networks

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### Εισαγωγή

Οι υπηρεσίες Συνδεδεμένης & Αυτοματοποιημένης Κινητικότητας 5G περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα ψηφιακών υπηρεσιών μέσα & γύρω από οχήματα, συμπεριλαμβανομένων των σχετικών με την ασφάλεια, την απόδοση μεταφοράς & άλλες εμπορικές υπηρεσίες που παρέχονται, ενεργοποιούνται ή υποστηρίζονται από δίκτυα πολλαπλών υπηρεσιών 5G.

Η ανάπτυξη & η εξέλιξη της επόμενης γενιάς τεχνολογιών κινητής τηλεφωνίας (5G) αναμένεται να αλλάξει το «παιχνίδι». Για πρώτη φορά, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας θα προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα επιδόσεων συνδεσιμότητας, όπως ταχύτητες gigabit δεδομένων ανά δευτερόλεπτο & φοβερή αξιοπιστία αποστολής. Το πιο σημαντικό είναι ότι αναμένεται να οδηγήσει στην δημιουργία πρωτοφανών ευκαιριών για καινοτομία & οικονομική ανάπτυξη. Επίσης η προοπτική ότι το 5G θα είναι μια ενοποιημένη πλατφόρμα πολλαπλών υπηρεσιών, που θα εξυπηρετεί όχι μόνο την παραδοσιακή ευρυζωνική αγορά κινητής τηλεφωνίας αλλά & θα επιτρέπει τον ψηφιακό μετασχηματισμό σε αρκετές λεγόμενες «κάθετες εφαρμογές & βιομηχανίες», αναμένεται να οδηγήσει στη δημιουργία πρωτοφανών ευκαιριών για καινοτομία & οικονομική ανάπτυξη.

Ο κρίσιμος ρόλος & η σημασία της υποδομής συνδεσιμότητας έχει αυξηθεί λόγω της πανδημίας Covid-19, διατηρώντας πολλές βασικές δημόσιες & ιδιωτικές υπηρεσίες σε αυξημένη λειτουργία. Η δε τηλεργασία & τα online μαθήματα σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης αυξάνουν την ζήτηση εύρους ζώνης κατακόρυφα. Αυτή η πανδημία έχει κλονίσει τους περισσότερους & βασικότερους βιομηχανικούς τομείς, ιδίως τους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας, της κινητικότητας & των μεταφορών.

Το δίκτυο 5<sup>ης</sup> γενιάς 5G αποτελεί κάτι περισσότερο από ένα απλό βήμα στα πρόθυρα μιας νέας τεχνολογικής εποχής. Αντιπροσωπεύει έναν θεμελιώδη μετασχηματισμό του ρόλου που παίζουν η τεχνολογία κινητής τηλεφωνίας & τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στην κοινωνία. Καθώς αυξάνεται η ζήτηση για απεριόριστη συνδεσιμότητα, το 5G είναι μια ευκαιρία για τη δημιουργία ενός ευέλικτου, ειδικά σχεδιασμένου δικτύου & ενός συνόλου τεχνολογιών, προσαρμοσμένων στις διαφορετικές ανάγκες των πολιτών & της οικονομίας.

Οι τεχνολογίες επικοινωνίας επόμενης γενιάς είναι έτοιμες να ξεκλειδώσουν τη μελλοντική καινοτομία & την οικονομική ανάπτυξη & να προσφέρουν οφέλη για τους καταναλωτές, τις επιχειρήσεις & την κοινωνία γενικότερα. Το 5G αναπτύσσεται παράλληλα με τις ραγδαίες εξελίξεις στην Τεχνητή Νοημοσύνη (AI), έξυπνες πλατφόρμες για νέες υπηρεσίες, όπως επικοινωνίες κρίσιμης σημασίας & το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Αυτός ο ισχυρός συνδυασμός θα επιτρέψει τον ψηφιακό μετασχηματισμό των κλάδων της βιομηχανίας, παρέχοντας τα δίκτυα & τις πλατφόρμες που απαιτούνται για την προώθηση της ψηφιοποίησης & της αυτοματοποίησης των βιομηχανικών πρακτικών & διαδικασιών.

Η συμπερίληψη των τεχνολογιών επικοινωνίας στα οχήματα & στους δρόμους ήταν ήδη εξαιρετικά επιτυχής στην παροχή οφέλους στους οδηγούς, τις αυτοκινητοβιομηχανίες &

άλλους ενδιαφερόμενους φορείς στα οικοσυστήματα υπηρεσιών μεταφοράς & έκτακτης ανάγκης.

Αυτές οι συνδέσεις χρησιμοποιούνται για μια ευρεία γκάμα υπηρεσιών που κατά πρώτο & κύριο λόγο αποτελούνται από μη εμπορικές υπηρεσίες ασφάλειας, συμπεριλαμβανομένης της αυτόματης ειδοποίησης σύγκρουσης Automatic Collision Notification (ACN) όπως το eCall, η αναγνώριση αργών ή στατικών οχημάτων & ενημερωτικών ειδοποιήσεων για συμβάντα όπως κυκλοφοριακή συμφόρηση, οδικές εργασίες, καιρικές & άλλες επικίνδυνες μεταβολές συνθηκών. Σε περιοχές όπου οι πληροφορίες είναι διαθέσιμες στο κοινό, προηγμένες υπηρεσίες όπως «χρόνος προς πράσινο φως» & «επείγουσα προσέγγιση οχήματος» μεταφέρονται τακτικά μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας. Επιπλέον, εμπορικές υπηρεσίες όπως τηλεματική, διαγνωστικά, πρόληψη κλοπής, συνδεδεμένη ψυχαγωγία, πλοήγηση σε πραγματικό χρόνο & βελτιστοποίηση κίνησης μπορούν να ενεργοποιηθούν μέσα από κυψελοειδή δίκτυα.

Εκτός από τις επικοινωνίες που βασίζονται στο δίκτυο, η άμεση επικοινωνία μικρής εμβέλειας θα προσφέρει ένα συμπληρωματικό αλλά ολοκληρωμένο σύνολο κρίσιμων υπηρεσιών ασφάλειας μεταξύ οχημάτων & οδικών υποδομών, π.χ. υποβοήθηση κίνησης διασταύρωσης, προειδοποίηση φρένων έκτακτης ανάγκης, προειδοποίηση αλλαγής λωρίδας ή οδικά έργα κτλ.

Η επίτευξη αυτού του οράματος & η σχετική οικονομική & κοινωνική υπόθεση για έξυπνη κινητικότητα χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό 5G & άλλων υφιστάμενων τεχνολογιών, θα απαιτήσει από την Ευρώπη να διαμορφώσει ένα σύνθετο συνδεδεμένο οικοσύστημα οχημάτων που θα περιλαμβάνει πολλές διαφορετικές κοινότητες & τεχνολογίες ενδιαφερομένων.

Έχουμε ήδη τις ακόλουθες κατηγορίες οικοσυστημάτων:

#### **Driving safety & automation sub-system:**

Αυτή η κατηγορία αντιπροσωπεύει την κοινότητα των ενδιαφερομένων που θα πρέπει να συνεργαστούν για να διασφαλίσουν τον προοδευτικό αυτοματισμό των λειτουργιών οδήγησης, από το σημερινό επίπεδο έως τα υψηλότερα επίπεδα αυτοματισμού οχημάτων. Θα αποτελείται από κατασκευαστές αυτοκινήτων, χειριστές δικτύων κινητής τηλεφωνίας, χειριστές οδικών οδών, σχετικές ρυθμιστικές αρχές, κυβερνητικούς φορείς, εταιρείες τεχνολογίας πληροφοριών (IT), κατασκευαστές ανταλλακτικών αυτοκινήτων & τέλος ακαδημαϊκά & ερευνητικά ιδρύματα.

#### **Οι φορείς εκμετάλλευσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας:**

Αυτοί θα διαδραματίσουν επίσης κεντρικό ρόλο & θα πρωτοστατήσουν στην παροχή νέων υψηλής ποιότητας ευζωνικών υπηρεσιών & υπηρεσιών σε κοινόχρηστες υποδομές/πλατφόρμες (on-demand διαδικτυακό περιεχόμενο). Η στενή συνδεσιμότητά τους με μελλοντικά επιχειρηματικά μοντέλα βασιζόμενα σε συγκεκριμένους στόχους (οδική ασφάλεια, διαχείριση & λειτουργία της κυκλοφορίας κ.α.) αποτελεί κρίσιμη προϋπόθεση για την αξιοποίηση τους από τους χειριστές οδικών οδών & τους κατασκευαστές οχημάτων. Κλειδί αποτελεί η εγκατάσταση μιας σωστής διακυβέρνησης & μηχανισμού που θα είναι σε θέση να εξισορροπεί δυναμικά την κοινή χρήση των υποδομών αυτών. Τα σύγχρονα οχήματα αποτελούνται από ψηφιακά συνδεδεμένες συσκευές IoT & AI. Είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες που συλλέγουν συνεχώς δεδομένα σχετικά με τη μηχανική & ηλεκτρονική λειτουργία καθώς & τη θέση του οχήματος. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να κοινοποιηθούν σε πραγματικό ή μεταγενέστερο χρόνο από το

αυτοκίνητο σε πολλούς ενδιαφερόμενους τομείς, από το δημόσιο τομέα έως τους πάροχους ποικίλων υπηρεσιών, προσφέροντας την δυνατότητα για διεύρυνση & βελτιστοποίηση των υπαρχουσών υπηρεσιών.

Τα συνδεδεμένα & πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα θα συνδυαστούν δημιουργώντας υψηλών απαιτήσεων δίκτυα, για να επιτύχουν ασφαλέστερες μεταφορές με στόχο μηδενικά τροχαία περιστατικά & μειωμένους τραυματισμούς στην υφιστάμενη οδική υποδομή & συνεπώς χαμηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Ωστόσο, η πολυπλοκότητα αυτού του τοπίου δημιουργεί πρωτοφανείς προκλήσεις.

Τα συστήματα 5G καλύπτουν δυνατότητες επικοινωνίας, δικτύωσης & υπολογιστών, τόσο στα τμήματα του δικτύου πρόσβασης Radio access network (RAN) όσο & στα τμήματα του κεντρικού δικτύου Central Network (CN)

Το 5G αναπτύσσεται ως ένα κράμα (mashup) υφιστάμενων & νέων τεχνολογιών αιχμής, όπως υφιστάμενες & νέες 3GPP (4G LTE, 5G NR) & non-3GPP (π.χ. IEEE 802.11) Radio Access Technologies (RATs). Στο πλαίσιο V2X, η χρήση πολλαπλών RAT μπορεί να ενισχύσει την απόδοση & χωρητικότητα του δικτύου V2I / V2N, να κάνει πιο αποτελεσματική τη συμπεριφορά μιας τεχνολογίας να παρέχει πλεονάζουσα συνδεσιμότητα για τη βελτίωση της απόδοσης π.χ. των περιπτώσεων απομακρυσμένης οδήγησης. Ο σχεδιασμός ενός πλαισίου πολλαπλών RAT 5G εξακολουθεί να είναι ένα ανοιχτό ζήτημα, το οποίο χρειάζεται κατάλληλες διεπαφές προς το επίπεδο εφαρμογής & προηγμένες λειτουργίες ενορχήστρωσης για εναρμονισμένο προγραμματισμό & διαχείριση ροής προβλημάτων.

Οι προηγμένοι πομποδέκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν, καθώς τα οχήματα δεν περιορίζονται από παράγοντες μεγέθους, θέματα επεξεργασίας & κατανάλωσης ισχύος. Το 5G θα βασιστεί σε μια τεράστια πολλαπλή είσοδο & πολλαπλή εξόδο (MIMO), μεταξύ άλλων τεχνικών, για τη βελτίωση της χωρητικότητας του συστήματος. Η υψηλή ταχύτητα μπορεί ωστόσο να παρεμποδίσει τη μαζική λειτουργία του MIMO λόγω του ξεπερασμένου CSI (channel state information). Βελτιστοποιημένοι αλγόριθμοι πολλαπλών κεραιών πρέπει να σχεδιαστούν ώστε να είναι ισχυροί έναντι του ατελούς CSI, να υποστηρίζουν επαρκώς & άλλους προηγμένους/έξυπνους πομποδέκτες που λαμβάνουν υπόψιν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε οχήματος.

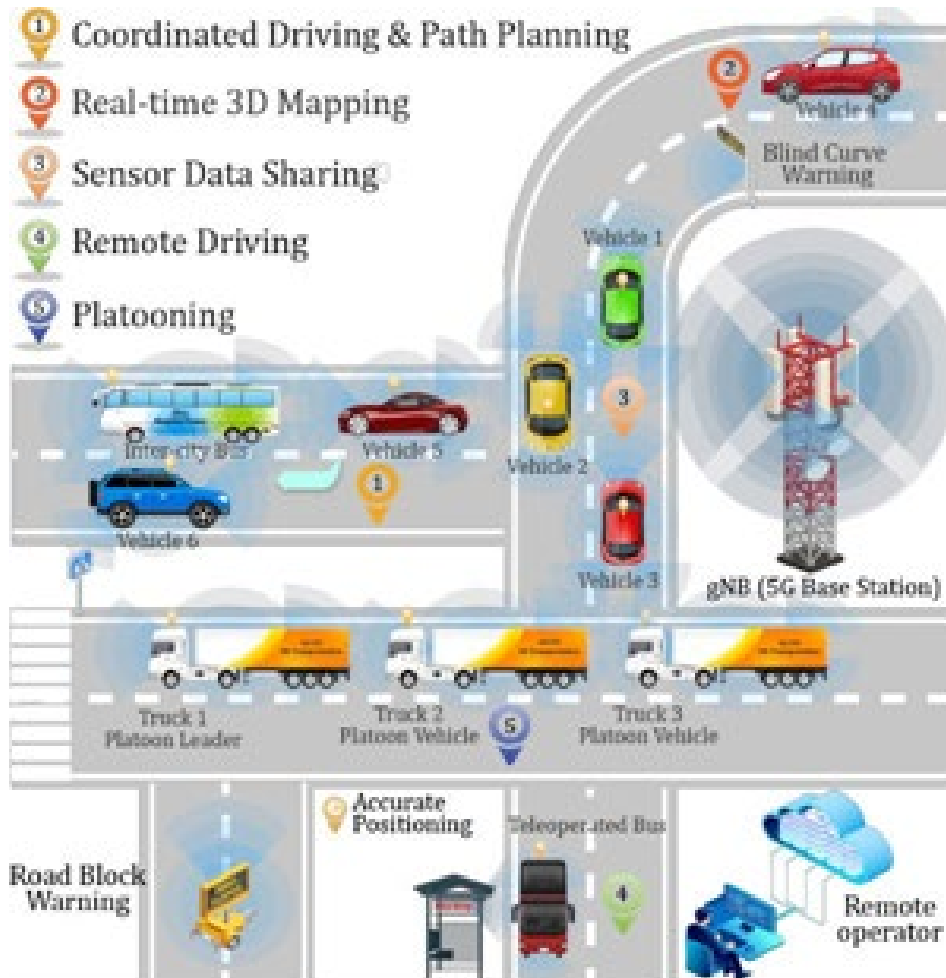
Οι τεχνολογίες softwarization του δικτύου έχουν τη δυνατότητα να διαχειρίζονται αποτελεσματικά πόρους που καλύπτουν τομείς δικτύου & cloud, & να αναπτύσσουν εύκολα & ευέλικτα υπηρεσίες, με σημαντική μείωση σε CapEx (Capital expenditures) & OpEx (operating expenses).

Τα δίκτυα κινητής επικοινωνίας πέμπτης γενιάς (5G), που στοχεύουν σε εξαιρετικά επεκτάσιμη, συγκλίνουσα & πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα, θα αποτελέσουν νέες ευκαιρίες για υπηρεσίες, εφαρμογές & ένα ευρύ φάσμα περιπτώσεων χρήσης. Μία από τις πιο υποσχόμενες περιπτώσεις χρήσης 5G, που αναμένεται να διαμορφώσει & να φέρει επανάσταση στον μελλοντική τομέα των μεταφορών θα είναι η επικοινωνία μεταξύ οχημάτων (V2X), η οποία θεωρείται βασικός παράγοντας για τη συνδεδεμένη & αυτόνομη οδήγηση. Οι επικοινωνίες V2X, όπως ορίζονται από το πρόγραμμα εταιρικής σχέσης 3ης γενιάς (3GPP), αποτελούνται από τέσσερις τύπους συνδεσιμότητας: όχημα σε όχημα (V2V), όχημα προς πεζό (V2P), όχημα προς υποδομή (V2I) & όχημα μεταξύ δικτύου (V2N).

Τα οχήματα επόμενης γενιάς θα είναι εξοπλισμένα με κάμερες, ραντάρ, παγκόσμιο δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS), ασύρματες τεχνολογίες & διάφορους τύπους



αισθητήρων για την υποστήριξη της αυτόνομης οδήγησης σε διαφορετικά επίπεδα. Ωστόσο, η λειτουργικότητα αυτών των ενσωματωμένων αισθητήρων & καμερών περιορίζεται από την ανάγκη διάδοσης οπτικής όρασης. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τον εξοπλισμό οχημάτων με τεχνολογία κυψελοειδούς V2X (C-V2X) (Cellular vehicle-to-everything) που συμπληρώνει τις ενσωματωμένες λειτουργίες αισθητήρων μέσω ανταλλαγής δεδομένων αισθητήρα μεταξύ οχημάτων, παρέχοντας έτσι υψηλότερο επίπεδο επίγνωσης της κατάστασης του οδηγού. Μέχρι στιγμής, το C-V2X έχει προσελκύσει σημαντικά ενδιαφέροντα τόσο από την ακαδημαϊκή όσο & από τη βιομηχανική κοινότητα. (Βλέπε σχήμα 1.1).



Προηγμένες περιπτώσεις χρήσης & υπηρεσίες της 5G NR-V2X. (σχμ.1.1)

## 1.1 The 5G NR Physical Layer (PHY) Design

Η νέα γενιά ασύρματων δικτύων 5G & το πλέγμα δραστηριοτήτων που συνδέονται άμεσα ή έμμεσα με αυτά, έχουν τη δυνατότητα να τονώσουν την καινοτομία & να ανταποκριθούν στις ολοένα & πιο αυξημένες απαιτήσεις της ψηφιακής οικονομίας. Ειδικότερα, εκφράζεται ευρέως η άποψη ότι το 5G δεν είναι μόνο η επόμενη κινητή τεχνολογία, αλλά μια νέα προσέγγιση για σύνθετα συστήματα επικοινωνιών που θα κάνουν πιο αποτελεσματική χρήση των διαθέσιμων πόρων, ενεργοποιώντας νέες & βελτιωμένες υπηρεσίες & εφαρμογές. Οι καινοτόμες τεχνολογίες που το 5G περικλείει θα αναπτυχθούν για να υποστηρίξουν την αποτελεσματική αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων του δικτύου αντικαθιστώντας τα σημερινά μοντέλα & συστήματα επικοινωνιών.

Παράλληλα, το 5G αντιπροσωπεύει μια πρόοδο στην κινητή τεχνολογία, καθώς η κινητή τεχνολογία μπορεί να θεωρηθεί ως μια εξαιρετικά αποδοτική επέκταση των σταθερών δικτύων, προσδίδοντας ευρυζωνικές δυνατότητες σε όλα τα μέρη των ψηφιακών οικονομιών & κοινωνιών. Από την πλευρά των ευρυζωνικών δικτύων ως τεχνολογία γενικού σκοπού - general purpose technology (GPT), τα νέα χαρακτηριστικά που προσφέρουν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ενίσχυση της ανάπτυξης & την αύξηση της παραγωγικότητας σε μια σειρά διαφορετικών σεναρίων.

Τα δίκτυα 5G αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις σχεδιασμού προκειμένου να ικανοποιήσουν όλες τις απαιτήσεις υπηρεσιών που περιγράφονται παρακάτω. Αυτές οι απαιτήσεις έχουν ήδη καθοριστεί μεταξύ των παρόχων & σχετίζονται κυρίως με την ενίσχυση της εμπειρίας του χρήστη, της απόδοσης του συστήματος, της λειτουργίας του δικτύου & τέλος των παρεχόμενων υπηρεσιών.

Τα δίκτυα πέμπτης γενιάς πρέπει να αναπτυχθούν με τρόπο που θα μπορούσε να ωφελήσει οικονομικά τις βιομηχανίες & τους χρήστες όπως:

- **Μείωση κόστους για συσκευές**

Μια μεγάλη πρόκληση που πρέπει να ξεπεράσουν οι βιομηχανίες είναι η μείωση του κόστους στις συσκευές που συνδέονται στο δίκτυο. Η εμφάνιση του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) φέρνει νέες εφαρμογές & χρήσεις που απαιτούν τη σύνδεση δεκάτομμυριων συσκευών όπως οικιακές συσκευές, αισθητήρες, φορητούς Η/Υ κ.α.

- **Αποδοτικότητα κόστους**

Με την αναμενόμενη αύξηση της συνολικής κίνησης δικτύου & την ανάγκη να παραμείνει ανταγωνιστική, η επόμενη γενιά δικτύων κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει να παρέχει ένα σημαντικό όφελος κόστους έναντι της τρέχουσας γενιάς. Η βελτίωση του κόστους θα πρέπει να είναι τουλάχιστον τόσο καλή όσο & πιθανώς πολύ καλύτερη από αυτήν που βιώσαμε κατά τη μετάβαση από το 3G σε 4G.

- **Επεκτασιμότητα**

Μία από τις πιο σημαντικές προκλήσεις που πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά την ανάπτυξη του 5G είναι η επεκτασιμότητα του συστήματος. Ειδικότερα, όπως έχει ήδη προβλεφθεί, ο αριθμός των συνδεδεμένων συσκευών πρόκειται να αυξηθεί κατά εκατοντάδες φορές, κυρίως λόγω της εμφάνισης των τεχνολογιών (IoT) Internet of Things.

Επομένως, τα δίκτυα 5G θα πρέπει να μπορούν να επεκτείνονται για να αντιμετωπίσουν αυτήν την κατάσταση, καθώς & να διαχειριστούν τον όγκο των δεδομένων από μεγάλο αριθμό συσκευών. Επιπλέον, τα δίκτυα 5G θα πρέπει να μπορούν να υποστηρίζουν συμβατικές υπηρεσίες υψηλού ρυθμού δεδομένων & χαμηλής καθυστέρησης παράλληλα με εφαρμογές M2M (Machine to machine) που απαιτούν πολύ χαμηλότερα εύρη ζώνης. Ομοίως, πολλές συσκευές σε δίκτυα 5G θα είναι σταθερές δηλαδή μη κινούμενες & δεν θα απαιτούν υποστήριξη κινητικότητας ή μόνο περιστασιακή υποστήριξη κινητικότητας. Επομένως, ο σχεδιασμός δικτύων 5G δεν θα πρέπει να υποστηρίζει την κινητικότητα για όλες τις συσκευές & τις υπηρεσίες, αλλά & να παρέχει κινητικότητα κατ'απαίτηση μόνο σε αυτές τις συσκευές & υπηρεσίες που τη χρειάζονται

Ο σχεδιασμός 5G NR PHY θα πρέπει να αντιμετωπίζει αυξημένη ζήτηση σε επικοινωνία V2X & διαφορετικές απαιτήσεις υπηρεσίας δεδομένων, συγκεκριμένα:

1) Πολύ δυναμική κινητικότητα από οχήματα χαμηλής ταχύτητας (π.χ. λιγότερο από 60 km / h) έως αυτοκίνητα / τρένα υψηλής ταχύτητας (π.χ. , 500 km / h ή & υψηλότερο). Ο σχεδιασμός της διασύνδεσης για επικοινωνία υψηλής κινητικότητας απαιτεί περισσότερους πόρους συχνότητας χρόνου για την αντιμετώπιση των βλαβών που προκαλούνται από τα κανάλια εξάπλωσης & πολλαπλών διαδρομών του φαινομένου Doppler.

2) Ευρύ φάσμα υπηρεσιών δεδομένων (π.χ. ψυχαγωγία πολυμέσων εντός αυτοκινήτου, τηλεδιάσκεψη, λήψη χάρτη υψηλής ακρίβειας κ.λπ.) με διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας, Quality of Service (QoS), όσον αφορά την αξιοπιστία, τον χρήστη, την καθυστέρηση & τους ρυθμούς δεδομένων. Ορισμένες δε απαιτήσεις (π.χ. υψηλή απόδοση δεδομένων έναντι υπερβολικής αξιοπιστίας) μπορεί να είναι αντικρουόμενες & επομένως μπορεί να είναι δύσκολο να υποστηριχτούν ταυτόχρονα από το σύστημα.

Σε αυτό το πλαίσιο, η δομή του πλαισίου του 5G NR επιτρέπει ευέλικτες διαμορφώσεις για την υποστήριξη της πλειοψηφίας των περιπτώσεων χρήσης C-V2X. Παρόμοια με το LTE, το 5G NR χρησιμοποιεί ορθογώνια πολυπλεξία διαίρεσης συχνότητας (OFDM) της οποίας η απόδοση είναι ευαίσθητη σε παρεμβολές μεταξύ φορέων (ICI) που προκαλούνται από μετατόπιση συχνότητας φορέα & spread / μετατοπίσεις Doppler

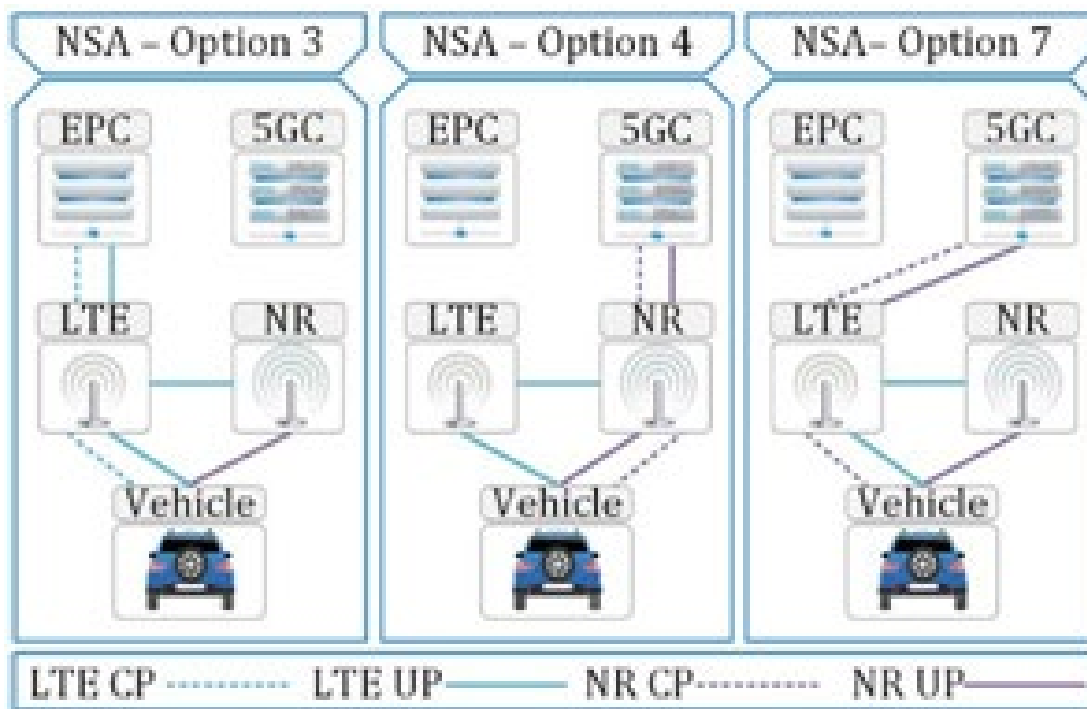
Οι υπηρεσίες C-V2X στο 5G NR (New Radio) αναμένεται να μοιράζονται & να ανταγωνίζονται με άλλες κάθετες εφαρμογές για πόρους συστήματος (π.χ. εύρος ζώνης φάσματος - δικτύου, αποθήκευση, υπολογιστών κ.λπ.) μέσα σε μια κοινή φυσική υποδομή. Ένα κεντρικό ερώτημα είναι πώς να σχεδιαστεί ένα αποτελεσματικό δίκτυο για την παροχή εγγυημένου QoS (Quality of Service) για V2X, ενώ θα πρέπει να υπάρχει ισορροπία (balancing) μεταξύ των υπηρεσιών δεδομένων με άλλες κάθετες εφαρμογές όπως το Network slicing (NS). Το παράδειγμα για τη δημιουργία πολλαπλών λογικών δικτύων προσαρμοσμένων σε διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών δεδομένων & επιχειρηματικών φορέων, προσφέρει έναν μηχανισμό για την κάλυψη των απαιτήσεων όλων των περιπτώσεων χρήσης & επιτρέπει μεμονωμένο σχεδιασμό, ανάπτυξη, προσαρμογή & βελτιστοποίηση σε διαφορετικά τμήματα δικτύου σε μια κοινή υποδομή.

## 1.2 Dual Connectivity & Mobility Robustness

Το 3GPP έχει ορίσει πολλαπλές επιλογές για ανάπτυξη 5G NR, οι οποίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ευρέως σε δύο τρόπους, non-standalone (NSA) & standalone (SA) αρχιτεκτονική. Προκειμένου να επιταχυνθεί η ανάπτυξη δικτύων 5G, η αρχική φάση του NR θα βοηθηθεί από την υπάρχουσα υποδομή 4G & θα αναπτυχθεί σε λειτουργία

λειτουργίας NSA. Αντίθετα, η πλήρης έκδοση του NR θα εφαρμοστεί & θα αναπτυχθεί σε λειτουργία SA.

Η λειτουργία NSA υποστηρίζει τη συνεργασία μεταξύ των δικτύων 4G & 5G. Η αρχιτεκτονική NSA αποτελείται από δίκτυο LTE BS (Base Station) eNB (evolved NodeBs), LTE evolved packet core (EPC), 5G BS (gNBs) & 5G core (5GC) network (Βλέπε σχήμα 1.2).



NSA deployment options for 5G NR (σχμ. 1.2)

Από αρχιτεκτονική άποψη, το NR-V2X πρέπει να διασφαλίζει την ασφάλεια των χρηστών, των οχημάτων, των οντοτήτων επικοινωνίας από άκρο σε άκρο, των λειτουργιών & των διεπαφών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με νέες οντότητες 5G, νέες λειτουργίες δικτύου, ισχυρότερα σχήματα ελέγχου ταυτότητας & εξουσιοδότησης μεταξύ οχημάτων, οχημάτων προς RAN & οχημάτων προς πυρήνα. Η γενική αρχή της εξουσιοδότησης εξοπλισμού χρήστη, user equipment (UE), είναι παρόμοια με αυτήν των συστημάτων LTE. Η μόνη διαφορά είναι ότι η εξουσιοδότηση στο 5G παρέχεται από τη λειτουργία ελέγχου πολιτικής, policy control function (PCF). Η αυτόνομη οδήγηση απαιτεί μια πραγματική & αξιόπιστη διαδικασία ελέγχου ταυτότητας, διατηρώντας παράλληλα τις πληροφορίες που εισάγονται από τα πρωτόκολλα ασφαλείας όσο το δυνατόν χαμηλότερα. Όσον αφορά την προστασία του ιδιωτικού απόρρητου, η κύρια ανησυχία σχετίζεται με συστήματα κρυπτογράφησης για την απόκρυψη του μόνιμου αναγνωριστικού συνδρομητή SUPI (Subscription Permanent Identifier) & για την προστασία της διαρροής δεδομένων χρήστη μέσω αρχικών μηνυμάτων.

Στο 5G, το απόρρητο των συνδρομητών / συσκευών παρέχεται από το SUPI, το οποίο είναι μια σημαντική αλλαγή από το LTE με τη διεθνή ταυτότητα κινητού για συνδρομητή International Mobile Subscriber Identity (IMSI). Ενώ το IMSI συνήθως μεταδίδεται σε απλό κείμενο μέσω ραδιοεπικοινωνίας, το SUPI ταξιδεύει κρυπτογραφημένο μέσω του ράδιο συνδέσμου για προστασία από πλαστογράφιση & παρακολούθηση. Επιπλέον, το 5G βελτιώνει τον έλεγχο ταυτότητας αξιοποιώντας το επεκτάσιμο πρωτόκολλο ελέγχου

ταυτότητας - Extensible Authentication Protocol (EAP) & υποστηρίζοντας τον έλεγχο ταυτότητας EAP & το κλειδί EAP-AKA (Authentication & Key Agreement) προκειμένου να διαχωρίσει τη διαδικασία ελέγχου ταυτότητας & εξουσιοδότησης

Η επιτυχία του 5G NR, στην πράξη, σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με το ζήτημα του πόσο καλά μπορεί το 5G NR να πληροί τις απαιτήσεις καθορισμένων υπηρεσιών & προχωρημένων περιπτώσεων χρήσης. Ένας από τους κύριους στόχους για το πρότυπο NR-V2X είναι η υποστήριξη περιπτώσεων χρήσης με αυστηρές απαιτήσεις εξαιρετικά υψηλής αξιοπιστίας, εξαιρετικά χαμηλού λανθάνοντος χρόνου, πολύ ακριβούς εντοπισμού θέσης & υψηλής απόδοσης, οι οποίες τελικά ενδέχεται να μην μπορούν να επιτευχθούν μόνο από το LTE-V2X. Τέλος το πρότυπο NR-V2X δεν προορίζεται να αντικαταστήσει τις υπηρεσίες LTE-V2X αλλά να τις συμπληρώσει με προηγμένες υπηρεσίες.

Ο κύριος & βραχυπρόθεσμος αντίκτυπος του περίφημου softwarization για το V2X θα εφαρμόζεται στην άκρη του δικτύου, όπου οι πόροι θα είναι στο cloud. Η άκρη είναι κοντά στο σημείο όπου δημιουργούνται δεδομένα (από αισθητήρες & κάμερες επί του οχήματος & του δρόμου) & πιθανότατα καταναλώνονται μετά την επεξεργασία από τα ίδια τα οχήματα.

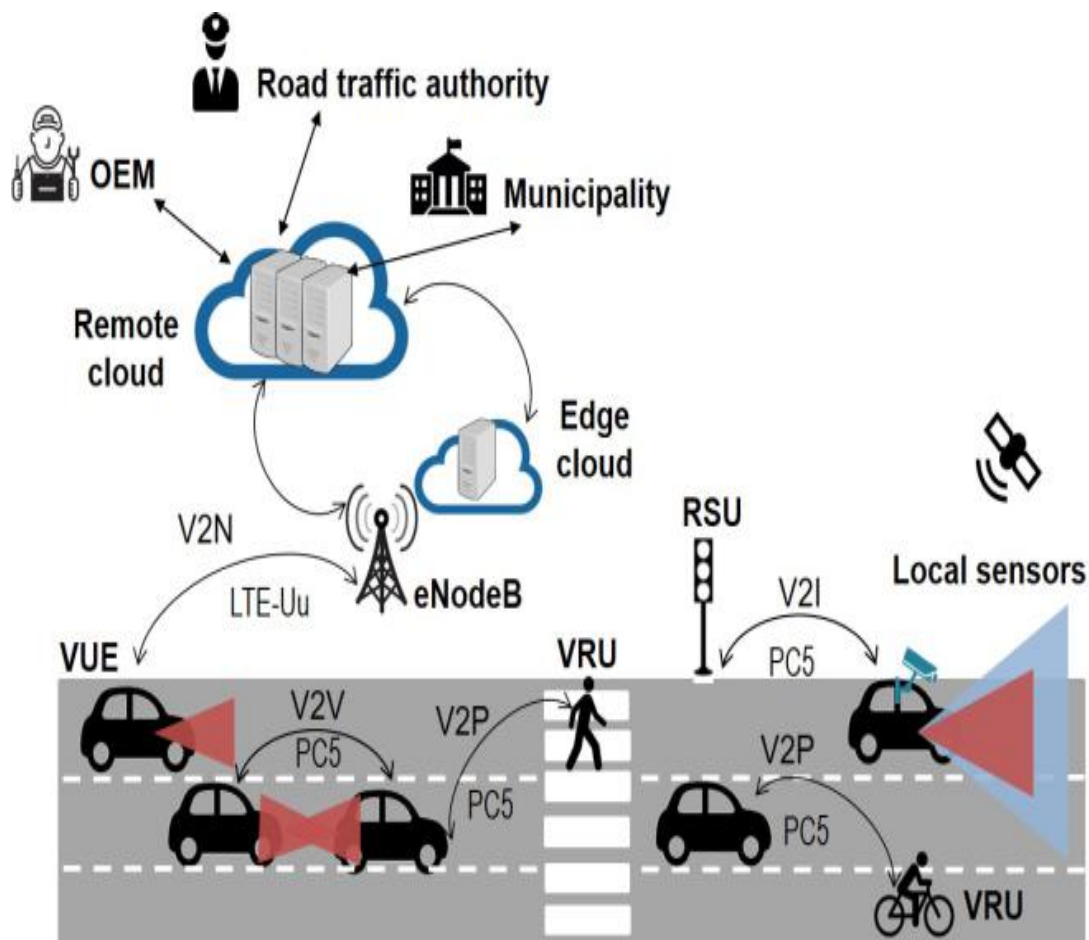
Το MEC (Mobile Edge Computing) επιτρέπει την εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση & το υψηλό εύρος ζώνης, ενώ παράλληλα μπορεί να παρέχει πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο για το δίκτυο & το περιβάλλον. Η δε εφαρμογή V2X AS (Application Server) μπορεί να τρέχει στην μνήμη ενός συστήματος αυτοκινήτου, έτσι ώστε οι διαδικασίες διάδοσης δεδομένων πολλαπλής μετάδοσης καθώς & οι διαδικασίες διαχείρισης της κινητικότητας να μπορούν να ενορχηστρώνονται με μικρότερο λανθάνοντα χρόνο.

Ο τεμαχισμός δικτύου υποστηρίζει κάθετες εφαρμογές με διαφορετικές απαιτήσεις πάνω από την ίδια φυσική υποδομή, μέσω μιας ευέλικτης χρήσης & διαμόρφωσης λειτουργιών & παραμέτρων δικτύου. Αυτό είναι βιώσιμο με τη χρήση δικτύου που καθορίζεται από λογισμικό - Software-Defined Networking (SDN) & την εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου το λεγόμενο Network Function Virtualization (NFV). Αυτό, αντίστοιχα, επιτρέπει τη σωστή καθοδήγηση του δικτύου με εγγυήσεις απόδοσης σε περιπτώσεις εικονικών λειτουργιών δικτύου προσαρμοσμένες για συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης.

Με υπολογιστές & εγκαταστάσεις αποθήκευσης υψηλής απόδοσης & πολλαπλούς προηγμένους αισθητήρες, τα οχήματα καθώς & η οδική υποδομή θα παράγουν, ανταλλάσσουν, επεξεργάζονται & καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες δεδομένων πλούσιων σε πληροφορίες που χρησιμοποιούνται για να κάνουν την οδήγηση ασφαλέστερη, πιο αποτελεσματική & άνετη. Απαιτούνται δε νέες λύσεις για τη διευκόλυνση της ανάλυσης, επεξεργασίας & της διανομής τέτοιων δεδομένων.

Το λεγόμενο ML (Machine learning) αποτελεί σημαντικός κλάδος της τεχνητής νοημοσύνης. Το ML αναπτύσσει αποτελεσματικές μεθόδους για την ανάλυση τεράστιων (μεγάλων) ποσών δεδομένων εξάγοντας πληροφορίες & γνώσεις που επιτρέπουν πιο ενημερωμένες & γνωστικές αποφάσεις. Ο ρόλος του ML στο πλαίσιο του V2X θα είναι πολλαπλός, με τις μεθόδους ML όπως η ενίσχυση της μάθησης, η βαθιά μάθηση & η μη εποπτευόμενη μάθηση να διαδραματίζουν τον κύριο ρόλο. Με την χρήση του ML τα οχήματα μπορούν να εντοπίσουν κρίσιμα δεδομένα που θα ανταλλάσσονται πρωτίστως για τους μεταξύ τους σκοπούς οδήγησης με επαρκή χρήση πόρων δικτύου. Η λήψη αποφάσεων με υποστήριξη ML βελτιώνει επίσης τους αλγόριθμους διαχείρισης των πόρων δικτύων πχ του ψηφιακού ραδιοφώνου.

Οι επικοινωνίες V2X έχουν το περιεχόμενο σε σχηματισμό (π.χ. ειδοποίηση ατυχήματος, προειδοποίηση στατικού οχήματος, προειδοποίηση οδικών έργων) & όχι την ταυτότητα των τελικών σημείων επικοινωνίας. Συγκεκριμένα, τέτοιες ταυτότητες είτε δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων είτε ενδέχεται να αλλάξουν με την πάροδο του χρόνου. Δηλαδή για παράδειγμα ο διακομιστής άκρων στην άλλη πλευρά ενός συνδέσμου V2N μπορεί να αλλάξει όταν κινείται ένα όχημα. Επιπλέον, οι ίδιες πληροφορίες μπορεί να είναι ενδιαφέρον για πολλούς χρήστες στο δρόμο, έτσι ώστε οι αλληλεπιδράσεις V2X να κυριαρχούνται από επικοινωνίες τύπου one-to-many, οι οποίες φημίζονται από λύσεις που βασίζονται σε IP πρωτόκολλα (Βλέπε σχήμα 1.3).



V2X τρόποι επικοινωνίας, διεπαφές & οντότητες (σχμ. 1.3)

Οι ακόλουθες περιπτώσεις χρήσης είναι μεταξύ των κύριων υπηρεσιών που ενδέχεται να υποστηρίζονται από το NR-V2X:

#### Ασφαλής διαμοιρασμός τροχιάς & συντονισμένη οδήγηση:

Η πρόθεση / τροχιά κάθε οχήματος θα διαμοιραστεί για να επιτρέψει γρήγορους, αλλά ασφαλείς ελιγμούς γνωρίζοντας τις προγραμματισμένες κινήσεις των γύρω οχημάτων. Η ανταλλαγή δεδομένων πρόθεσης & αισθητήρων θα εξασφαλίσει πιο προβλέψιμη, συντονισμένη αυτόνομη οδήγηση, καθώς γνωρίζουν τις προβλεπόμενες κινήσεις άλλων οχημάτων.

### **Συντονισμένη οδήγηση πολλαπλών οχημάτων:**

Πρόκειται για μια εφαρμογή συνεταιριστικής οδήγησης που αναφέρεται σε μια ομάδα οχημάτων, που ταξιδεύουν μαζί στην ίδια κατεύθυνση & σε μικρές αποστάσεις μεταξύ οχημάτων. Για να σχηματίσουν & να διατηρήσουν δυναμικά τις λειτουργίες, όλα τα οχήματα πρέπει να λαμβάνουν περιοδικά δεδομένα (δηλαδή, κατεύθυνση, ταχύτητα & προθέσεις) από το κορυφαίο όχημα.

### **Εκτεταμένη διαμοιραζόμενη χρήση αισθητήρων:**

Επιτρέπει την ανταλλαγή πρωτογενών ή επεξεργασμένων δεδομένων που συλλέγονται μέσω τοπικών αισθητήρων ή ζωντανών εικόνων βίντεο μεταξύ οχημάτων, οδικών μονάδων, συσκευών διακομιστών πεζών & εφαρμογών V2X. Τα οχήματα μπορούν να αυξήσουν την αντίληψη του περιβάλλοντός τους πέρα από αυτό που μπορούν να ανιχνεύσουν οι αισθητήρες τους & να έχουν μια ευρύτερη & πιο ολιστική εικόνα της τοπικής κατάστασης.

### **Απομακρυσμένη οδήγηση:**

Ένας απομακρυσμένος οδηγός ή μια εφαρμογή V2X που βασίζεται σε τεχνολογία cloud αναλαμβάνει τον έλεγχο του οχήματος.

Παραδείγματα εφαρμογών απομακρυσμένης οδήγησης / teleoperated απευθύνονται κυρίως σε άτομα με ανικανότητα, σε δημόσιες συγκοινωνίες, απομακρυσμένη στάθμευση, logistics ή ακόμα & σε οχήματα οδήγησης σε επικίνδυνο περιβάλλον.

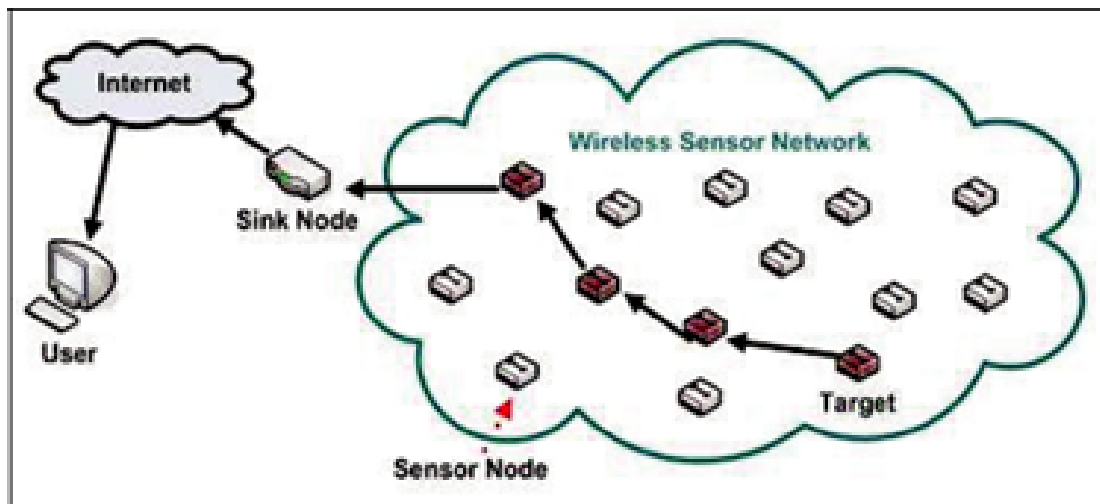
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Ασύρματοι αισθητήρες.

Οι πρόσφατες τεχνολογίες ασύρματων επικοινωνιών & ηλεκτρονικών έχουν φέρει σε πραγματικότητα το όραμα του Wireless Sensor Network (WSN), το οποίο αύξησε την ανάπτυξη αισθητήρων χαμηλού κόστους, χαμηλής ισχύος & πολυλειτουργικών αισθητήρων που είναι μικρού μεγέθους & μπορούν να επικοινωνήσουν σε μικρή απόσταση. Κάθε κόμβος αποτελείται από μικροελεγκτές, μνήμη & πομποδέκτη. Οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση εργασιών, επεξεργασίας δεδομένων & βοηθούν τη λειτουργικότητα άλλων στοιχείων στον κόμβο του αισθητήρα. Η μνήμη, χρησιμοποιείται κυρίως για αποθήκευση δεδομένων, ενώ ο πομποδέκτης αποτελείται από το συνδυασμό λειτουργιών πομπού & δέκτη.

Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των αισθητήρων όπως το MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), οι ασύρματες επικοινωνίες, τα ενσωματωμένα συστήματα, οι καταναμημένοι επεξεργαστές & οι εφαρμογές ασύρματων αισθητήρων συνέβαλαν στο μεγάλο μετασχηματισμό του WSN (Wireless Sensor Network) πρόσφατα. Αυτό βοηθά & βελτιώνει την απόδοση της εργασίας τόσο στον τομέα της βιομηχανίας όσο & στην καθημερινή μας ζωή. Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως σε πολλούς τομείς, ειδικά στην παρακολούθηση της γεωργίας. Η παρακολούθηση του περιβάλλοντος έχει γίνει ένα σημαντικό πεδίο ελέγχου & προστασίας, παρέχοντας πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο & επικοινωνία ελέγχου με τον φυσικό κόσμο. Ένα έξυπνο σύστημα ασύρματου αισθητήρα δικτύου μπορεί να συλλέξει & να επεξεργαστεί μεγάλο αριθμό δεδομένων από την αρχή της παρακολούθησης & να διαχειριστεί την ποιότητα του αέρα, τις συνθήκες κυκλοφορίας, έως ακόμα & τις καιρικές συνθήκες.

Το παρακάτω σχήμα δείχνει την αρχιτεκτονική ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων που εφαρμόζεται στην περιβαλλοντική παρακολούθηση & που περιέχει κόμβους αισθητήρα, κόμβο χρήστη & sink node. Οι κόμβοι αισθητήρων επικοινωνούν μεταξύ τους & μεταδίδουν τα επεξεργασμένα δεδομένα στο sink node μέσω ασύρματης επικοινωνίας (Βλέπε σχήμα 2.1).



Wireless Sensor Network Architecture (σχημ.2.1)



Η περιβαλλοντική παρακολούθηση (τηλεμετρία) αποτελεί σημαντικό μέρος των εφαρμογών στα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων WSN (Wireless Sensor Network). Αναπτύσσεται ευρέως παράλληλα με την εξέλιξη της πρόσφατης τεχνολογίας. Γενικά, το σύστημα περιβαλλοντικής παρακολούθησης ελέγχει & παρακολουθεί περιβαλλοντικές παραμέτρους όπως θερμοκρασία, υγρασία, φως & πίεση.

Υπάρχουν αρκετές μελέτες που εστιάζουν στις εφαρμογές περιβαλλοντικής παρακολούθησης.

Μερικοί ερευνητές μελετούν την διάρκειας ζωής του δικτύου αισθητήρων ώστε να βεβαιωθούν ότι υποστηρίζουν πλεονάζουσα συνδεσιμότητα για την αποτελεσματικότερη ανοχή σφαλμάτων μέσω δημιουργίας εφαρμογών επικοινωνίας πολλαπλών κόμβων, πχ μετάδοση δεδομένων θερμοκρασίας & της υγρασίας σε γειτονικό κόμβο & ακολούθως αποστολή τους στον τελικού χρήστη.

Επομένως, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τις απαιτήσεις για την ανάπτυξη των εφαρμογών περιβαλλοντικής παρακολούθησης-τηλεμετρίας.

- **Αυτονομία**

Είναι υποχρεωτικό να βεβαιωθούμε ότι η μπαταρία που χρησιμοποιείται είναι σε θέση να λειτουργεί σωστά καθ' όλη τη διάρκεια της ανάπτυξης, επειδή ο πομποδέκτης ενός ραδιοφώνου πχ, καταναλώνει ενέργεια από μπαταρίες & το δίκτυο θα πρέπει να είναι ενεργειακά αποδοτικό.

- **Αξιοπιστία**

Απαιτείται απλός χειρισμός & προβλέψιμες λειτουργίες για την αποφυγή απροσδόκητων σφαλμάτων του συστήματος. Εκτός αυτού, η συντήρηση από οποιοδήποτε άτομο πρέπει να αποφεύγεται επειδή οι τελικοί χρήστες μπορεί να μην έχουν τις γνώσεις για τη δικτύωση & επίσης τις αλλαγές στον τομέα ενδιαφέροντος που συμβαίνουν συχνά κατά τη μετάδοση των δεδομένων ενός πακέτου. Ως εκ τούτου, είναι σημαντικό να επιτευχθεί αξιοπιστία προκειμένου να αποφευχθεί η απώλεια πακέτων σε κακές καιρικές οι τηλεπικοινωνιακές συνθήκες.

- **Ανθεκτικότητα (Robustness)**

Το δίκτυο πρέπει να είναι ισχυρό για να αντιμετωπίσει προβλήματα όπως η αποτυχία υλικού & η κακή συνδεσιμότητα σήματος. Για παράδειγμα, η επίδραση της υγρασίας μπορεί να προκαλέσει πρόβλημα βραχυκυκλώματος & να οδηγήσει σε επανεκκίνηση του συστήματος.

- **Προσαρμοστικότητα**

Ο χρήστης πρέπει να μπορεί να προσθέτει, να μετακινεί ή να αλλάζει κόμβους ανά πάσα στιγμή, ανάλογα με τις απαιτήσεις του περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, η τρέχουσα θέση των σταθμών μπορεί να είναι εκτός εμβέλειας για την μετάδοση σήματος από τους κόμβους ή ο χρήστης μπορεί να θέλει να προσθέσει νέους σταθμούς προκειμένου να βελτιώσει το σημείο ενδιαφέροντος των κόμβων.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, wireless sensor networks (WSN) αποτελούνται από κόμβους αισθητήρων που περιέχουν απλούς επεξεργαστές, κεραίες χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας & διάφορους ανιχνευτές. Δεδομένου ότι τα δίκτυα αισθητήρων δεν απαιτούν ενσύρματη υποδομή επικοινωνίας, μπορούν εύκολα & φθηνά να σχηματιστούν χωρίς να βλάψουν το περιβάλλον. Οι κόμβοι αισθητήρων έχουν τη

δυνατότητα να αποθηκεύουν & να επεξεργάζονται δεδομένα τοπικά χάρη στη δομή λογισμικού & υλικού που διαθέτουν. Το γεγονός ότι μπορούν να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους δίνει τη δυνατότητα να συνεργάζονται για την εκτέλεση πολύπλοκων εργασιών μαζί με την ανταλλαγή πληροφοριών.

Καθώς τα μέσα επικοινωνίας έχουν χαμηλή κατανάλωση ισχύος, διασφαλίζει ότι η διάρκεια ζωής των κόμβων αισθητήρα είναι μεγάλη. Το γεγονός, επίσης, ότι οι κόμβοι είναι προγραμματιζόμενοι αφού τοποθετηθούν στο μέσο, παρέχει μεγαλύτερα πλεονεκτήματα. Λόγω του χαμηλού κόστους & της ευελιξίας στη χρήση, οι κόμβοι ασύρματων αισθητήρων είναι βολικοί για χρήση σε πολλές βιομηχανικές & περιβαλλοντικές εφαρμογές. Αποτελούνται δε από μια μονάδα ανίχνευσης κόμβου αισθητήρα, μια μονάδα επεξεργαστή, ένα πομποδέκτη & μια μονάδα ισχύος.

Η κύρια λειτουργία της μονάδας ανίχνευσης είναι η φυσική μέτρηση των δεδομένων στην περιοχή ανίχνευσης & προορισμού. Με τους αισθητήρες μπορούν να μετρηθούν οι φυσικές αλλαγές όπως η θερμοκρασία & η πίεση. Είναι συσκευές εγκατάστασης που μπορούν να δημιουργήσουν απαντήσεις. Οι αισθητήρες μετρούν & ανιχνεύουν φυσικά δεδομένα των περιοχών που πρέπει να παρακολουθούνται. Τα συνεχή αναλογικά σήματα που ανιχνεύονται από τους αισθητήρες ψηφιοποιούνται μέσω των μετατροπέων «Αναλογικό σε ψηφιακό» & αποστέλλονται στους ελεγκτές για περαιτέρω επεξεργασία. Οι κόμβοι αισθητήρων πρέπει να είναι σε μικρά μεγέθη, με χαμηλή κατανάλωση ισχύος, που μπορούν να λειτουργήσουν σε υψηλές φυσικές εντάσεις, αυτόνομα & να λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση & με ικανότητες που μπορούν να προσαρμοστούν στο περιβάλλον. Οι ασύρματοι κόμβοι αισθητήρων μπορούν να χρησιμοποιούν μόνο συσκευές ηλεκτρονικών αισθητήρων με περιορισμένες πηγές ισχύος (όπως 0,5 Ah & 1,2 V). Ως λειτουργική μονάδα, ο μικρο-ελεγκτής εκπληρώνει τα καθήκοντα, επεξεργάζεται τα δεδομένα & ελέγχει τη λειτουργικότητα των άλλων συστατικών μέσα στον κόμβο του αισθητήρα. Μεταξύ των άλλων εναλλακτικών λύσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ελεγκτές, αυτές μπορούν να είναι: μικροεπεξεργαστές επιτραπέζιων υπολογιστών γενικής χρήσης, επεξεργαστές ψηφιακού σήματος (DSP), FPGAs (Field Programmable Gate Array) & εφαρμογές για ειδικά ολοκληρωμένα κυκλώματα.

Οι μικροεπεξεργαστές είναι οι πιο βολικές λύσεις για κόμβους αισθητήρων. Κάθε επιλογή έχει τα δικά της πλεονεκτήματα & μειονεκτήματα. Λόγω της ευελιξίας στη σύνδεση με άλλες συσκευές, του προγραμματισμού & του γεγονότος ότι αυτές οι συσκευές μπορούν να τεθούν σε κατάσταση αναστολής λειτουργίας λόγω της χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, καθώς μόνο ένα μέρος του ελεγκτή είναι ενεργό. Οι μικροεπεξεργαστές είναι η καλύτερη επιλογή για ενσωματωμένα συστήματα. Οι κόμβοι αισθητήρα χρησιμοποιούν τη ζώνη ISM (industrial, scientific & medical).

Λόγω αυτής της ζώνης, η δωρεάν ραδιοφωνική μετάδοση είναι δυνατή μόνο σε ευρυζωνική ζώνη & σε παγκόσμια διαθεσιμότητα. Οι δε προτιμήσεις στην ασύρματη επικοινωνία είναι σε ατμοσφαιρικές ζώνες ραδιοφώνου, οπτική επικοινωνία (λείζερ) & υπέρυθρες. Το λείζερ χρειάζεται λιγότερη ισχύ, αλλά απαιτεί ζώνη παρατήρησης για την ενοποίηση & ευαισθησία στις ατμοσφαιρικές συνθήκες. Η υπέρυθη ακτινοβολία είναι σαν λείζερ, δεν απαιτεί κεραία αλλά περιορίζεται στην ικανότητα εκπομπής.

Η επικοινωνία με βάση τη ραδιοσυχνότητα (RF) είναι ο κατάλληλος τρόπος επικοινωνίας για τις περισσότερες από τις εφαρμογές WSN (Wireless sensor networks). Τα WSN χρησιμοποιούν συχνότητες επικοινωνίας μεταξύ 433 -HZ & 2,4 GHz. Ο προσδιορισμός της περιβαλλοντικής ρύπανσης, η παρακολούθηση απομακρυσμένων τοποθεσιών & ακόμη & η παρακολούθηση των συμπεριφορών των πελατών είναι μεταξύ των υλοποιήσεων των δικτύων αισθητήρων. Οι ερευνητές προσπαθούν να προσαρμόσουν τις

τεχνολογίες του δικτύου αισθητήρων στα προβλήματα που δεν μπορούν να επιλυθούν μέσω παραδοσιακών ασύρματων δικτύων. Παρακάτω παρατίθενται ορισμένα παραδείγματα.

- Παρακολούθηση οικοτόπων (Φυτά, ζώα) & παρακολούθηση του περιβάλλοντος, συστήματα πρόγνωσης καιρού.
- Ιατρικές εφαρμογές (Ασθενής, παρακολούθηση ιατρών, παρακολούθηση της φυσιολογικής κατάστασης των ασθενών).
- Συστήματα τροφοδοσίας & μεταφοράς (σε κτίρια παραγωγής, διανομής & κατανάλωσης),
- Εφαρμογές σπιτιού & γραφείου.
- Ανάλυση απομακρυσμένων τοποθεσιών & θέσεων (κινήσεις τυφώνων, ανίχνευση δασικών πυρκαγιών κ.λπ.).
- Παρακολούθηση της κυκλοφορίας με τοποθέτηση αισθητήρων σε ταξί σε μια ευρεία μητροπολιτική περιοχή & σχεδιασμός διαδρομών με βάση αυτές τις παρατηρήσεις.
- Προσδιορισμός κενού & πλήρους χώρου σε χώρο στάθμευσης.
- Παροχή ασφάλειας σε εγκαταστάσεις όπως εμπορικά κέντρα, χώρους στάθμευσης & παρόμοια μέσω ασύρματων δικτύων αισθητήρων παρακολούθησης.
- Στρατιωτικά δίκτυα αισθητήρων για ανίχνευση, εύρεση & παρακολούθηση εχθρικών κινήσεων.
- Τα δίκτυα αισθητήρων αυξάνουν τη γρήγορη ευφυΐα κατά τρομοκρατικών επιθέσεων.

## 2.1 A 5G V2X Ecosystem

Το κυψελοειδές δίκτυο πέμπτης γενιάς (5G) μπορεί να θεωρηθεί ο τρόπος για την επίτευξη του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT). Από την άλλη το διαδίκτυο οχημάτων (IoV) χρησιμοποιεί την υποδομή δικτύου για να επιτρέψει στα αυτοκίνητα να συνδέονται με νέες τεχνολογίες ψηφιακού ραδιοφώνου & μπορεί να υποστηρίζεται από δίκτυα 5G. Με αυτόν τον τρόπο, η ενσωμάτωση Vehicle-to-Everything (V2X) συνδέσεων απαιτεί την υποστήριξη δικτύου 5G αναπόφευκτα. Οι επικοινωνίες οχημάτων απαιτούν κάποια υποδομή ασύρματης επικοινωνίας για πάντα κάλυψη σήματος. Το κυψελοειδές δίκτυο 5G εμφανίζεται ως μια νέα ισχυρή εναλλακτική λύση ασύρματης δικτύωσης, με αξιοπιστία, ασφαλή & γρήγορο τρόπο, παρέχοντας το IoV, καθώς & την ενσωμάτωση V2X συνδεσιμότητας. Αναμένεται στο μέλλον το δίκτυο 5G να μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις για τις μελλοντικές εφαρμογές IoV & να υποστηρίζει Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (ITS) σε διάφορα σενάρια που περιλαμβάνουν υψηλή κινητικότητα, δυναμική τοπολογία δικτύου & υψηλό όγκο δεδομένων.

Το IoV μπορεί να θεωρηθεί μέρος ευφυών πόλεων & χαρακτηρίζεται ως ένα ανοιχτό & ολοκληρωμένο κυψελοειδές δίκτυο, το οποίο αποτελείται από διάφορα στοιχεία, οχήματα, άτομα & πράγματα όπως απεικονίζει στο παρακάτω σχήμα (Βλέπε σχήμα 2.2). Δείχνει ότι υπάρχουν τέσσερις τύποι εφαρμογών V2X χωρισμένοι σε αυτές τις δύο βασικές λειτουργίες: Συσκευή σε συσκευή (D2D) που περιλαμβάνει Vehicle-to-Vehicle (V2V), Vehicle-to-Infrastructure (V2I), Vehicle-to-Pedestrian (V2P); & Vehicle-to-Network (V2N) με εξελιγμένες επικοινωνίες μεταγωγής πακέτων.

Σε αυτό το κυψελοειδές διαδίκτυο των οχημάτων, οι υπηρεσίες ή τα σενάρια Vehicle-to-Everything (eV2X) βελτίωσης της ασφάλειας, περιλαμβάνουν αυτοματοποιημένη οδήγηση, εκτεταμένους αισθητήρες ακόμα & απομακρυσμένη οδήγηση. Ωστόσο για παράδειγμα, η κινητή ψυχαγωγία με υψηλό ρυθμό δεδομένων είναι ένα παράδειγμα σεναρίων eV2X χωρίς ασφάλεια.



**IoV through cellular network (σχημ.2.2)**

Μεταξύ των εγκαταστάσεων του IoV, υπάρχει ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση, έλεγχο & λειτουργικότητα, εκτός από υψηλή χωρητικότητα & διασφάλιση. Στη βιβλιογραφία, το πρωτόκολλο OF (OpenFlow) αποδείχθηκε για την αρχιτεκτονική Internet-of-Vehicles (SDIoV), ως πρωτόκολλο επικοινωνίας μεταξύ του επιπέδου ελέγχου & του επιπέδου των δεδομένων..

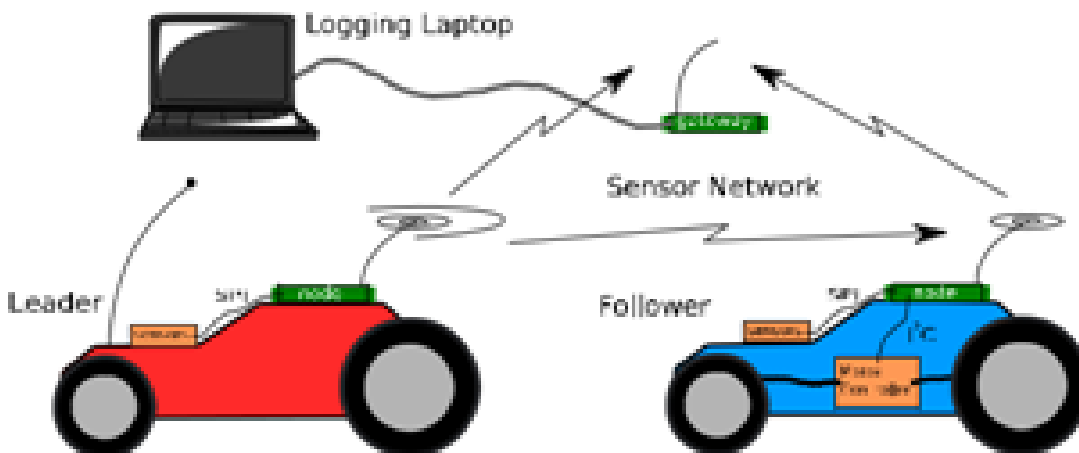
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### Θεωρητική περιγραφή των ασύρματων αισθητήρων στα αυτοκίνητα

#### 3.1 Εισαγωγικά ( & μια επιπλέον προσέγγιση από τη ρομποτική)

Υπάρχει εκτεταμένη βιβλιογραφία για διάφορες τεχνικές ελέγχου για τον έλεγχο σχηματισμού κινήσεων σε ρομπότ. Οι Balch & Arkin (Balch & Arkin 1998) αξιολογούν τις αντιδραστικές συμπεριφορές ενός ρομποτικού σχηματισμού με στόχο την επιτυχή πλοήγηση & ταυτόχρονα την αποφυγή κινδύνων. Η εφαρμογή είναι στρατιωτική, με έμφαση στη διατήρηση μιας γραμμής, ενός σχηματισμού διαμαντιού ή σφήνας με χρήση μη επανδρωμένων επίγειων οχημάτων (UGV). Ξεκινώντας από το πρωτοποριακό έργο του Reynolds (Reynolds 1987), οι βιο-εμπνευσμένες (bio-mimetic) προσεγγίσεις εξετάζουν το συντονισμό & κίνηση κινητών κατασκόπων χωρίς οδηγό. Η σχετική εργασία (Jadbabaie et al. 2003; Οι Tanner et al. 2004) επικεντρώνεται στη σύγκλιση & τη σταθερότητα των τοπικών νόμων ελέγχου σε θεωρητικό επίπεδο. Στις προσεγγίσεις ενός εικονικού μηχανισμού (Egerstedt et al. 2001; Ogren et al. 2002), τα ρομπότ ακολουθούν μια διαδρομή αναφοράς που παραμετροποιείται από ένα εικονικό όχημα που κινείται σε αυτή την ίδια διαδρομή.

Το πρότυπο leader-follower είναι μια δημοφιλής επιλογή για την εφαρμογή ελέγχου σχηματισμού ρομπότ. Ένας σημαντικός αριθμός μελετών (Swaroop & Hedrick 1996; Οι Tanner et al. 2004; Οι Stipanovic et al. 2004) υποθέτουν ότι η παγκόσμια επικοινωνία μεταξύ ρομπότ είναι δυνατή & επικεντρώνεται σε πτυχές όπως η σταθερότητα & η σύνθεση ελεγκτή. Στο δοκίμιο (Fredslund & Mataric 2002) η επικοινωνία περιορίζεται σε έναν περιοδικό καρδιακό παλμό & τα ρομπότ χρησιμοποιούν μόνο τοπικές γνώσεις (από κάμερα, sonar & λέιζερ) για να διατηρούν αλυσίδες φίλων & συνεπώς να ακολουθούν ο ένας τον άλλον. Στο δε δοκίμιο των (Das et al. 2002; Οι Vidal et al. 2004) δεν υπάρχει καμία επικοινωνία μεταξύ των ρομπότ & κατά συνέπεια οι ακόλουθοι πρέπει να εφαρμόζουν συνεχή αντίχρεωση του ηγέτη ρομπότ εκτός από την παρακολούθηση, χρησιμοποιώντας έγχρωμη παρακολούθηση ή πανοραμικές κάμερες.



Overview of the leader-follower scenario (σχημ.3.1)

Θεωρητικά, η σύγχρονη κίνηση επιτυγχάνεται όταν όλα τα οχήματα διατηρούν την ίδια ταχύτητα & κατεύθυνση σε σχέση με ένα σύστημα αναφοράς. Όταν κινείται, ο ηγέτης υπολογίζει την ταχύτητά του, κατευθύνεται δε από τις μετρήσεις αισθητήρων & μεταδίδει αυτά τα δεδομένα περιοδικά στους ακόλουθους. Κάθε ακόλουθος καθορίζει τη δική του ταχύτητα & κατεύθυνση, την συγκρίνει με τις πληροφορίες που λαμβάνονται από τον αρχηγό & λαμβάνει τα απαραίτητα μέτρα για να διορθώσει την πορεία του εάν αυτό είναι απαραίτητο (Βλέπε σχήμα 3.1).

### 3.2 Πρότυπα ασύρματων αισθητήρων σε οχήματα

Το IoV παρέχει όλες τις υπηρεσίες Διαδικτύου σε οδηγούς, επιβάτες & οχήματα & το SDIoV δεν είναι τίποτα άλλο από την ενσωμάτωση του SDN (Software Define Networks) με το IoV. Αυτό φέρνει την ανάγκη για καινοτομία για την υποστήριξη επικοινωνιών, υπηρεσιών & εφαρμογών IoV. Σε αυτήν την ενότητα, επισημαίνονται οι προκλήσεις, όπως η υψηλή αποδοτικότητα στη χρήση πόρων, η αύξηση χωρητικότητας, η διαχείριση & ο έλεγχος με δυνατότητα κλιμάκωσης & ευελιξίας, καθώς & το QoS (Ποιότητα υπηρεσίας) σε δίκτυα οχημάτων.

Όταν το SDN εφαρμόζεται στο IoV αποσυνδέοντας τα επίπεδα ελέγχου & δεδομένων, ο ελεγκτής διαχειρίζεται απλώς το δίκτυο & μπορεί να διαμορφώσει την κίνηση δεδομένων για τη συγκεκριμένη εφαρμογή. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το SDIoV αναμένεται να αντιμετωπίσει τους περιορισμούς των παραδοσιακών IoV, προσφέροντας πιο αποτελεσματική μετάδοση δεδομένων & διαμόρφωση σχηματισμών κίνησης σε διαφορετικά σενάρια οχημάτων, ακόμη & με τα πρωτόκολλα δρομολόγησης που δεν αντιμετωπίζονται σε τέτοιους περιορισμούς περιβάλλοντος. Στο SDIoV, η δρομολόγηση πακέτων μπορεί να καταστήσει εφικτές τις εφαρμογές IoV ενώ τα συνδεδεμένα οχήματα βασίζονται στα μηνύματα που λαμβάνονται από άλλα οχήματα ή / & Road Side Unit (RSU), ενώ ο κεντρικός ελεγκτής έχει μια κεντρική άποψη ολόκληρου του δικτύου ώστε να σχεδιάσει & μια βέλτιστη επιλογή διαδρομής που είναι η ευκολότερη.

Το IoV χρειάζεται τεχνολογική εξέλιξη χωρίς διακοπή για να απαντήσει σε όλες τις νέες απαιτήσεις ασφάλειας & περιπτώσεις χρήσης που συνοδεύουν την ανάπτυξη Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X), με σκοπό να παρέχει ένα ραδιοσήμα υψηλότερης απόδοσης, ενώ επαναχρησιμοποιεί τα ανώτερα επίπεδα που ορίζονται από το αυτοκινητοβιομηχανία. Το Πρόγραμμα Συνεργασίας Τρίτης Γενιάς (3GPP) χρησιμοποιείται για τον καθορισμό του C-V2X & για τον προσδιορισμό των απαιτήσεων υπηρεσίας για συστήματα V2X, με την προσδοκία να υποστηρίξει πολλά προηγμένα σενάρια στο μέλλον.

Οι προδιαγραφές των δικτύων 5G συζητούνται & αναλύονται από την ακαδημία, από τους Οργανισμούς Standard Development (SDOs), από ορισμένες κοινοπραξίες, από την κυβέρνηση & από τη βιομηχανία. Παρουσιάζεται ένα πανόραμα ιδρυμάτων που συμβάλλουν στην ανάπτυξη & την τυποποίηση των δικτύων 5G όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα (Βλέπε σχήμα 3.2).

Institution	Projects & Initiatives	Target	Main Contributions
ITU	International Mobile Telecommunications for 2020 & Beyond (IMT-2020)	Radio regulations; Operational aspects; Protocols & test specifications; Performance, QoS & QoE; Security	Recommendations (standards)
3GPP	5G specifications	Radio access network; Service & systems aspects; Core network & terminals	Releases; Technical specifications
ETSI	5G technologies	mmWave transmission; Next generation protocols; MEC; NFV	Technical specifications
NGMN	Next Generation Mobile Networks (NGMN) 5G Initiative	Technology evolution towards 5G	White Papers
ATIS	Technical forum	Incubator of new business models	White Papers
5G-PPP	Working groups & various 5G Public Private Partnership (5G-PPP) projects	5G infrastructure; 5G architecture	White Papers
IEEE Future Networks	Technical community	Providing practical, timely technical & theoretical content; Development & deployment of 5G	Research publications
5G Americas	5G network development on Americas	Support & promote the full development of wireless technology capabilities	White Papers
5GMF	5G research & development by industry	5G radio access technologies; Network technologies for 5G	5GMF White Paper
Verizon 5G TF	Forum & technical specifications	Specifications for physical layer, MAC, RLC, PDCP, & RRC	5G specifications
5TONIC	Open research laboratory	SDN; NFV; Physical & MAC layer	5G technologies
5GAA	Mobility & transportation services	Use cases & technical requirements; System architecture; Standards & spectrum; Business models	White Papers

### Πίνακας ιδρυμάτων για το 5G (σχμ.3.2)

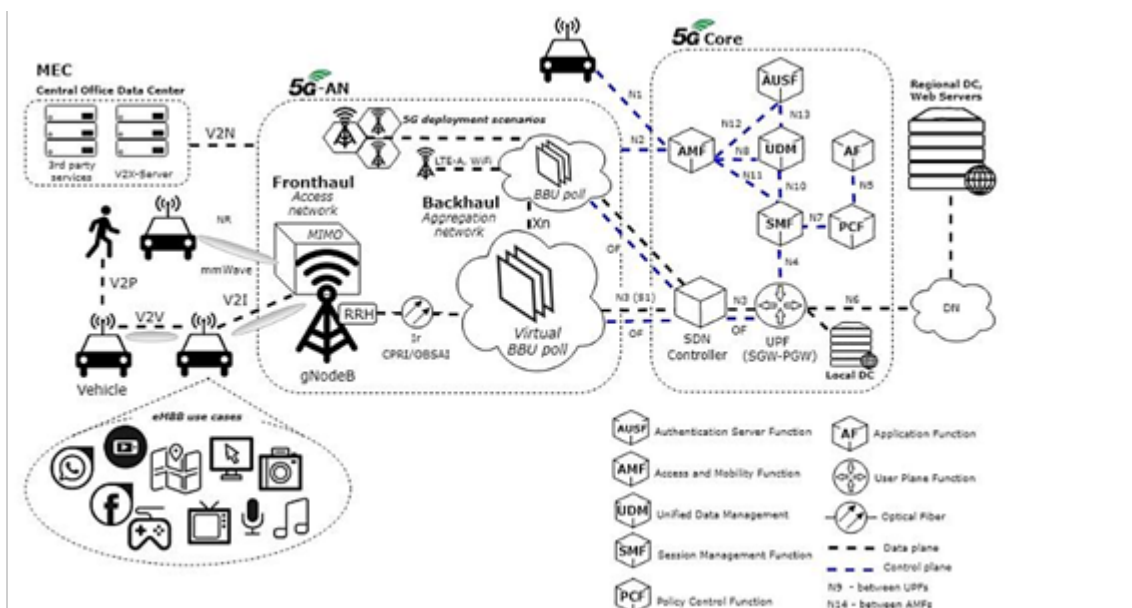
Μεταξύ των πιο πρόσφατων, η 5G Automotive Association (5GAA) αποτελείται από εταιρείες αυτοκινήτων & τηλεπικοινωνιών, μεταξύ των οποίων Audi, BMW, Daimler, Ericsson, Huawei, Intel, Nokia & Qualcomm. Αυτός ο οργανισμός στοχεύει στην παροχή λύσεων κινητικότητας & μεταφοράς μέσω τεχνικών μελετών, δοκιμών, ανάλυσης & ανάπτυξης του C-V2X

Το 5G δίκτυο πρόσβασης - access network (5G-AN) μπορεί να σχεδιαστεί στο δίκτυο 5G λαμβάνοντας υπόψη τις ακόλουθες πτυχές: εξωτερική ή εσωτερική, μακροοικονομική ή μικρο κάλυψη ευρείας περιοχής. Οι τύποι σεναρίων ανάπτυξης 5G είναι αγροτικοί, προαστιακοί, αστικοί, πυκνοί αστικοί & εσωτερικοί. Το περιβάλλον Rural Macro (RMa) επικεντρώνεται σε μεγαλύτερη & συνεχή κάλυψη, υποστηρίζοντας οχήματα υψηλής ταχύτητας. Το Suburban Macro (SMa) επικεντρώνεται στην κάλυψη κατοικημένων περιοχών καθώς & σε αγροτικές πόλεις με χαμηλά κτίρια. Το Urban Macro (UMa) έχει συνήθως σε μεγάλα κελιά & συνεχή & πανταχού παρούσα κάλυψη. Το Dense Urban ή Urban Micro (UMi) έχει υψηλό φορτίο κυκλοφορίας, εξωτερική & εξωτερική κάλυψη. Τέλος, το Indoor Hotspot (InH) χαρακτηρίζεται από μικρή κάλυψη & υψηλή χωρητικότητα.



Ένα παράδειγμα οικοσυστήματος 5G μεταβιβάζει τη νοημοσύνη δικτύου στον ελεγκτή SDN επιτρέποντας έτσι τη δυναμική διαχείριση του δικτύου

Το παρακάτω σχήμα (σχήμα 3.3) δείχνει ένα οικοσύστημα 5G V2X. Υπάρχει μια σύνδεση μεταξύ μιας μονάδας BBU (Baseband Unit) & ενός ελεγκτή SDN. Επικοινωνεί μέσω του backhaul με το CN (Core Network) που ονομάζεται 5GC (5G Core Network) & επιτυγχάνει τον διαχωρισμό του επιπέδου ελέγχου από το επίπεδο δεδομένων. Στο κύριο δίκτυο CN, τα στοιχεία S-GW (Serving Gateway) & P-GW (Packet network Gateway) ενοποιούνται ως UPF (User Plane Function). Διακομιστές όπως ο διακομιστής V2X μπορούν να ενεργοποιηθούν στο Κέντρο δεδομένων του κεντρικού server για την υποστήριξη νέων υπηρεσιών.



5G V2X ecosystem (σχιμ.3.3)

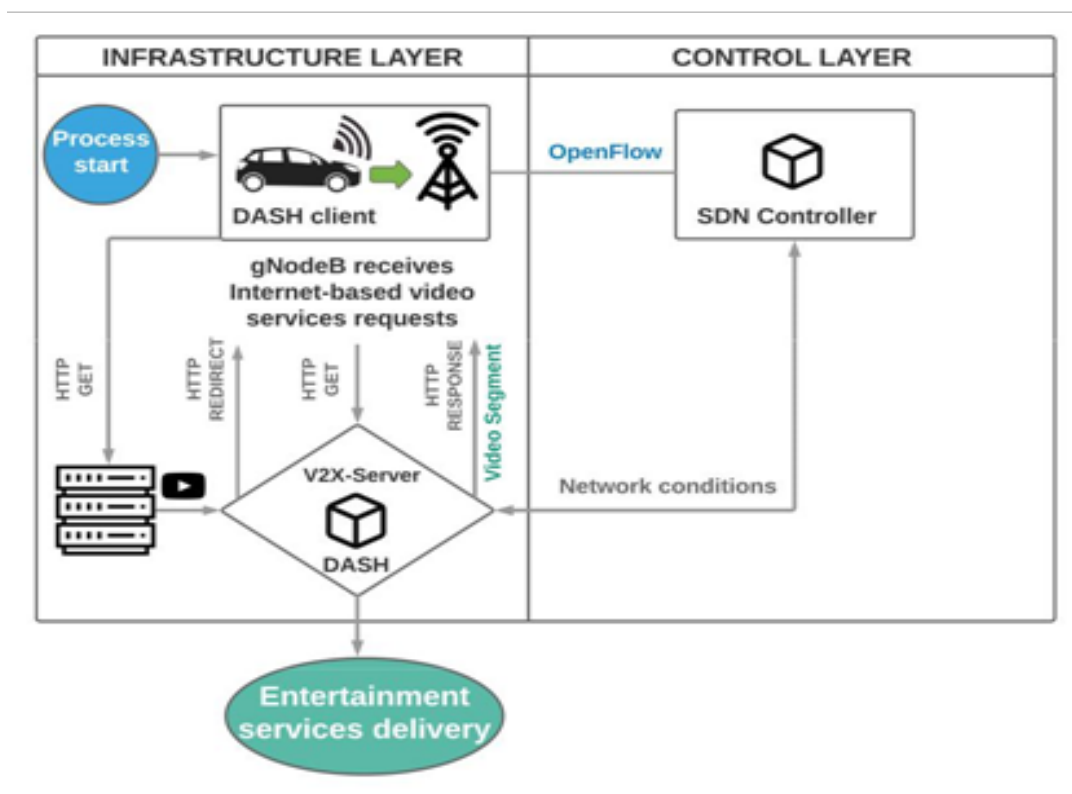
Στο CN, εισάγεται ο ελεγκτής SDN & υιοθετείται το πρωτόκολλο OF (OpenFlow). Το OF έχει συνήθως χρησιμοποιηθεί & γίνεται μια κατάλληλη εναλλακτική λύση για σενάρια 5G V2X, καθώς επιτρέπει την ασφαλή & άμεση επικοινωνία με τον ελεγκτή SDN. Όταν το επίπεδο ελέγχου & το επίπεδο δεδομένων διαχωρίζονται, οι ροές IP δρομολογούνται από το δίκτυο επόμενης γενιάς gNodeB (5G Node Base Station) στο UPF χρησιμοποιώντας τον ελεγκτή SDN.

Η εφαρμογή τεμαχισμού δικτύου 5G V2X μπορεί λογικά να απομονώσει το επίπεδο ελέγχου από το επίπεδο χρήστη. Η αρχιτεκτονική 5G ακολουθεί τις προδιαγραφές 3GPP που συντίθενται από λειτουργίες δικτύου & σημεία σύνδεσης, καθώς & τους τέσσερις τύπους τρόπων επικοινωνίας V2X που προσδιορίζονται ως V2V, V2P, V2I & V2N. Στο τομέα του CN, τα AMF, UDM & AUSF μπορούν να μοιραστούν μεταξύ πολλών slice (τεμαχισμός δικτύου). Οι λειτουργίες δικτύου UPF & SMF μπορούν να αφιερωθούν ανά & σε κάθε τμήμα. Η συνάρτηση SDN είναι η απομακρυσμένη διαμόρφωση του φυσικού δικτύου, εξασφαλίζοντας την κράτηση πόρων για τα διάφορα slices που απαιτούνται από διαφορετικούς τύπους υπηρεσιών V2X. Κάθε όχημα μπορεί να απαιτεί ξεχωριστές φέτες, μία για κάθε τύπο υπηρεσίας, όπως μία φέτα για αυτόνομη οδήγηση & άλλη για ψυχαγωγία επί του οχήματος. Το όραμα μιας αρχικής αρχιτεκτονικής τεμαχισμού δικτύου

5G παρουσιάζεται σε ένα μοντέλο τριών επιπέδων (Business layer, Service layer & Infrastructure layer) με επίσης ένα επιπλέον επίπεδο διαχείρισης & ενορχήστρωσης.

Το γενικό σχήμα της προτεινόμενης λειτουργίας αρχιτεκτονικής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. (Βλέπε σχήμα 3.4).

Αρχικά, το gNodeB λαμβάνει αιτήματα για υπηρεσίες βίντεο που βασίζονται στο Διαδίκτυο από κάθε όχημα που είναι συνδεδεμένο σε αυτό. Η παρακολούθηση των συνθηκών δικτύου πραγματοποιείται από τον κεντρικό ελεγκτή. Όταν ο διακομιστής βίντεο λαμβάνει το HTTP GET, ωθεί το βίντεο στον διακομιστή V2X & ειδοποιεί τα οχήματα αποστέλλοντας ένα HTTP REDIRECT. Το DASH (Dynamic Adaptive Streaming over HTTP) αναπτύχθηκε στον διακομιστή V2X χρησιμοποιώντας την έννοια MEC, επιτρέποντας μια επεξεργασία που είναι πιο κοντά στον τελικό χρήστη. Μέσω προσαρμοστικών αλγορίθμων, το DASH επιτρέπει τη δυναμική προσαρμογή της αναπαράστασης βίντεο για τις συνθήκες του δικτύου. Στη συνέχεια, το όχημα στέλνει ένα άλλο αίτημα HTTP GET για το αίτημα βίντεο στον διακομιστή V2X, ο οποίος απαντά παρέχοντας το κατάλληλο τμήμα βίντεο, μετά την επεξεργασία.



**Operation of the proposed architecture** (σχμ.3.4)

Τα οχήματα μπορούν να εφαρμόσουν τις ακόλουθες λειτουργίες για τις διάφορες υπηρεσίες V2X: μονάδα συλλογής πληροφοριών οχήματος & περιβάλλοντος μέσω αισθητήρων, ενότητα τοποθέτησης & ενότητα επικοινωνίας συμπεριλαμβανομένων των V2I & V2V. Ο συσχετισμός V2X με MEC (διακομιστής V2X που χρησιμοποιείται για εφαρμογή HAS) βασίζεται σε μια μονάδα προσωρινής μνήμης για την αποθήκευση πρόσφατων & δημοφιλών περιεχομένων, καθώς & για την επεξεργασία πληροφοριών αιχμής μετά από αποφάσεις ενορχήστρωσης μέσω εικονικοποίησης λειτουργίας δικτύου. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία επιπέδου εφαρμογής SDN, όπως υπηρεσίες ασφάλειας & διαλειτουργικότητας.

### 3.3 Παραδείγματα τεχνολογίας V2V (Vehicle-to-Vehicle)

Για να γίνει καλύτερα κατανοητή η παραπάνω τεχνολογική εξέλιξη στο χώρο των αυτόνομων οχημάτων, παρατίθενται κάποια παραδείγματα με τις εφαρμογές αυτής της τεχνολογίας.

#### **Προειδοποίηση ζώνης οδικών έργων & σταθμευμένων οχημάτων.**

Αν & συνήθως τα οδικά έργα είναι επαρκώς σηματοδοτημένα, η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ αυτών & του αυτοκινήτου θα μεταφέρει έγκαιρα στον οδηγό πληροφορίες σχετικά με την απόσταση, την ταχύτητα που πρέπει να τηρεί, ακόμα & το μήκος των οδικών εργασιών. Επιπροσθέτως, σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης, θα μπορεί να προσφέρει εκτιμήσεις σχετικά με το χρόνο που απαιτείται για τη διέλευση από αυτά. Αντίστοιχα το σύστημα θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιλαμβάνεται σταθμευμένα οχήματα σε επικίνδυνα σημεία, όπως για παράδειγμα επάνω σε στροφές, ενημερώνοντας & πάλι τον οδηγό μέσω των ανάλογων προειδοποιητικών οπτικών σημάτων.

#### **Παραχώρηση προτεραιότητας στις διασταυρώσεις.**

Είτε λόγω έλλειψης ορατότητας, είτε λόγω απροσεξίας των οδηγών, η παραβίαση προτεραιότητας στις διασταυρώσεις αποτελεί ένα από τα κυριότερα αίτια ατυχημάτων. Χάρη στην τεχνολογία V2V (Vehicle-to-Vehicle) τα οχήματα αντιλαμβάνονται έγκαιρα το ένα το άλλο, πολύ πριν βρεθούν σε οπτική επαφή. Σε περίπτωση που οι οδηγοί δεν συμμορφωθούν με την υπάρχουσα σήμανση & κινούνται χωρίς να κόψουν ταχύτητα σε τροχιά σύγκρουσης, το σύστημα αναλαμβάνει αυτόματα να τους προειδοποιήσει μέσω οπτικών & ηχητικών σημάτων. Εάν και πάλι δεν αντιδράσουν, τότε άμεσα θα αναλάβει μόνο του πρωτοβουλία, επεμβαίνοντας στα φρένα του ενός ή & των δύο οχημάτων ανάλογα με την περίπτωση.

#### **Προειδοποίηση σύγκρουσης με προπορευόμενο όχημα.**

Ένα απότομο φρενάρισμα του προπορευόμενου οχήματος θέτει αυτομάτως σε δοκιμασία τα αντανάκλαστα των οδηγών που ακολουθούν, ενώ μπορεί να αποδειχτεί ιδιαίτερα επικίνδυνο όταν δεν τηρούνται οι αποστάσεις ασφαλείας όπως σε περίπτωση κακών καιρικών συνθηκών, περιορισμένης ορατότητας ή κατά τη διάρκεια της νύχτας. Όλα τα αυτοκίνητα που εφοδιάζονται με το σύστημα V2V (Vehicle-to-Vehicle) μπορούν να αντιλαμβάνονται μία τέτοια κατάσταση σε απόσταση τουλάχιστον 300 μέτρων, ενημερώνοντας εγκαίρως τους οδηγούς τους. Αυτό ισχύει & σε περιπτώσεις που ένα ταχέως κινούμενο αυτοκίνητο κινείται στην ίδια λωρίδα με ένα πιο αργό προπορευόμενο όχημα. Εάν ο δεύτερος οδηγός δεν αλλάξει λωρίδα, ούτε & επιβραδύνει, ένα οπτικό σήμα συνδυαζόμενο με κάποιους κραδασμούς που προέρχονται από τη βάση του καθίσματος του εφιστούν την προσοχή.

#### **Συνεργασία με οχήματα έκτακτου ανάγκης.**

Η διέλευση οχημάτων έκτακτης ανάγκης σε συνθήκες αυξημένης κίνησης είναι αρκετά προβληματική στις μέρες μας, καθώς αρκετοί οδηγοί δεν αντιλαμβάνονται έγκαιρα την παρουσία τους & ως εκ τούτου καθυστερούν να αντιδράσουν. Μέσω της τεχνολογίας V2V (Vehicle-to-Vehicle) το ίδιο το αυτοκίνητο θα ενημερώνει άμεσα τον οδηγό για τη θέση & την πορεία των οχημάτων έκτακτης ανάγκης, όπως ασθενοφόρων, περιπολικών, πυροσβεστικών οχημάτων κτλ, μεταφέροντάς του επιπλέον πληροφορίες όπως 'Κινηθείτε

προς τα δεξιά', 'Ανοίξτε δρόμο μεταξύ δεύτερης & τρίτης λωρίδα' & άλλων αντίστοιχων μνημάτων.

### Έλεγχος τυφλών σημείων & Αλλαγή λωρίδας.

Μια σημαντική λειτουργία του συστήματος V2V είναι αυτή της υποστήριξης αλλαγής λωρίδας. Όταν δύο αυτοκίνητα κινούνται παράλληλα, με μικρή απόσταση το ένα από το άλλο, ένα οπτικό σήμα κοντά στον ανάλογο πλευρικό καθρέφτη ενημερώνει προληπτικά τον προπορευόμενο οδηγό. Εάν τώρα αυτός δεν το αντιληφθεί ή το αγνοήσει και αποπειραθεί να περάσει στη λωρίδα του άλλου αυτοκινήτου, άμεσα το σήμα αρχίζει να αναβοσβήνει, ενώ ταυτόχρονα μία δόνηση στη δεξιά ή ανάλογα στην αριστερή πλευρά του καθίσματος του εφιστά την προσοχή.

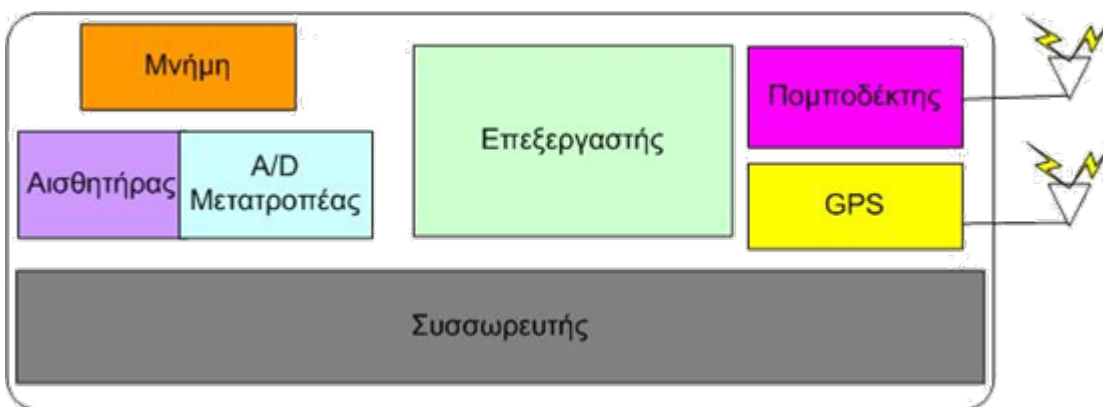
## 3.4 Ασφάλεια στα δίκτυα αισθητήρων – Προκλήσεις & δυνατότητες

Ένα δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό κόμβων αισθητήρων, οι οποίοι είναι πυκνά κατενεμημένοι, είτε μέσα στο χώρο μέτρησης είτε πολύ κοντά σε αυτό (Βλέπε σχήμα 3.6). Η θέση των αισθητήρων ενδέχεται να μην έχει προαποφασιστεί. Αυτό επιτρέπει την τυχαία εξάπλωσή τους σε μη προσβάσιμες οδικά περιοχές ή σε επιχειρήσεις που σχετίζονται με την αντιμετώπιση καταστροφών. Από την άλλη πλευρά, αυτό σημαίνει ότι τα πρωτόκολλα & οι αλγόριθμοι των δικτύων αισθητήρων πρέπει να διαθέτουν αυτό-οργανωτικές δυνατότητες. Ένα άλλο μοναδικό χαρακτηριστικό των δικτύων αισθητήρων είναι η συνεργατική λειτουργία των κόμβων αισθητήρων του χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση.

Επειδή ένας μεγάλος αριθμός κόμβων αισθητήρων αναπτύσσεται με πυκνή διάταξη, οι γειτονικοί κόμβοι μπορεί να βρίσκονται πολύ κοντά ο ένας στον άλλο. Έτσι η επικοινωνία μεταξύ πολλαπλών διαδοχικών κόμβων (multi-hop communication) στα δίκτυα αισθητήρων αναμένεται να απαιτεί λιγότερη ενέργεια από ότι η παραδοσιακή επικοινωνία μεταξύ γειτονικών κόμβων (single-hop communication). Η επικοινωνία μεταξύ πολλαπλών διαδοχικών κόμβων (multi-hop) μπορεί να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά κάποια από τα προβλήματα διάδοσης του σήματος σε μακρινές αποστάσεις.

Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων WSN (Wireless Sensor Networks) αποτελούν, τα τελευταία χρόνια, μία περιοχή με μεγάλη ερευνητική δραστηριότητα. Οι ιδιαιτερότητες αυτών των δικτύων καθιστούν τη μελέτη τους ξεχωριστή από τις ήδη υπάρχουσες τεχνολογίες ασύρματων δικτύων (όπως Ad-Hoc ή IEEE 802.11). Τα δίκτυα αυτά αποτελούνται από μικρού μεγέθους κόμβους που έχουν περιορισμένη αυτονομία & υπολογιστικές δυνατότητες. Συνήθως, αφού τοποθετηθούν για να παρακολουθήσουν ένα δεδομένο φαινόμενο, λειτουργούν αυτόνομα χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Η χρήση πρωτοκόλλων επικοινωνίας & συνεργασίας για την επεξεργασία δεδομένων, με μικρή κατανάλωση ενέργειας, είναι απαραίτητη για την διατήρηση του δικτύου στη ζωή όσο το δυνατόν περισσότερο.

Ένας αισθητήριος κόμβος αποτελείται κατά βάση από τέσσερα τμήματα : μια μονάδα αισθήσεως, μια μονάδα επεξεργασίας, ένα πομποδέκτη & μια μονάδα ενέργειας (βλέπε σχήμα 3.5).

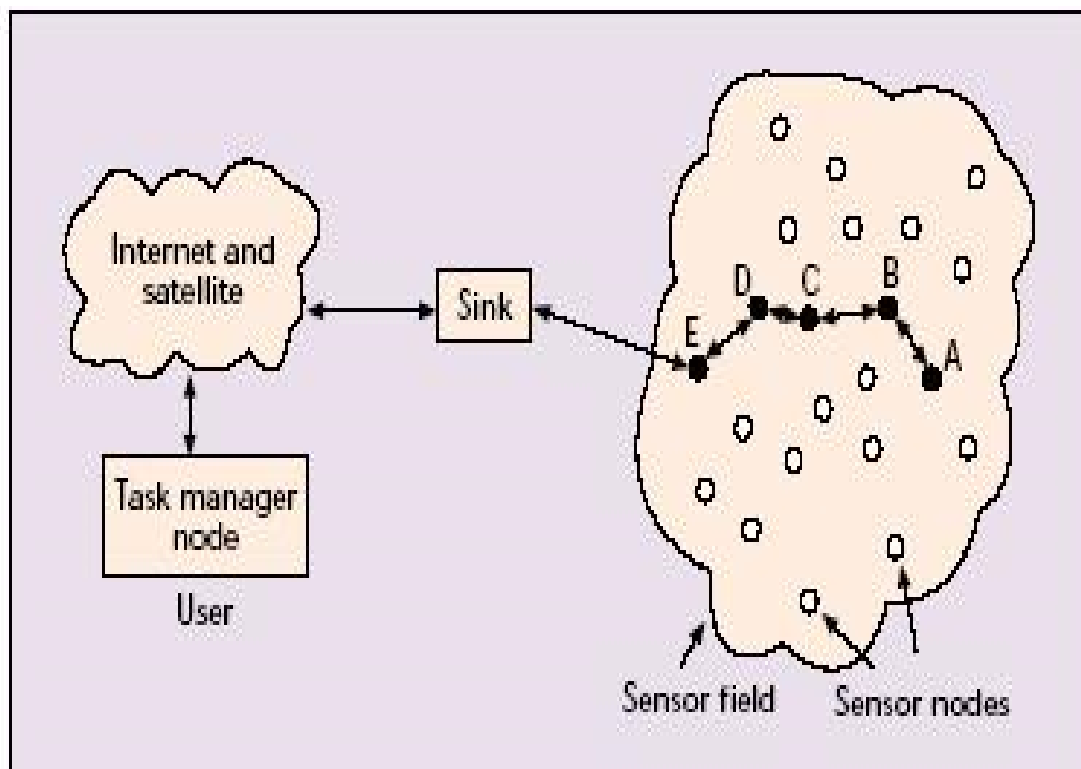


Τα τμήματα ενός αισθητήριου κόμβου (σχημ.3.5)

Ανάλογα με την εφαρμογή για την οποία προορίζεται μπορεί να διαθέτει επιπλέον τμήματα όπως σύστημα εντοπισμού θέσης, μονάδα παραγωγής ενέργειας & μονάδα κίνησης. Η μονάδα αισθήσεως συνήθως αποτελείται από δύο υπομονάδες. Τους αισθητήρες & τους αναλογικό-ψηφιακούς μετατροπείς. Τα αναλογικά σήματα που παράγονται από τα αισθητήρια όργανα & βασίζονται στα παρατηρούμενα φαινόμενα μετατρέπονται σε ψηφιακά σήματα από τους αναλογικό-ψηφιακούς μετατροπείς & κατόπιν μεταφέρονται στην μονάδα επεξεργασίας. Αυτή η μονάδα, που γενικά σχετίζεται με μια μικρή μονάδα αποθήκευσης, διαχειρίζεται τις διαδικασίες που κάνουν τον αισθητήριο κόμβο να συνεργάζεται με άλλους κόμβους για να φέρει σε πέρας τους προσδιορισμένους στόχους. Η μονάδα του πομποδέκτη συνδέει τον αισθητήριο κόμβο στο δίκτυο. Ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα του αισθητήριου κόμβου είναι η μονάδα ενέργειας. Οι μονάδες ενέργειας είναι δυνατόν να υποστηρίζονται από μια μονάδα εξαγωγής & παραγωγής ενέργειας (scavenging energy) από το περιβάλλον όπως οι ηλιακές κυψέλες. Υπάρχουν όμως & άλλες υπομονάδες, των οποίων η χρήση εξαρτάται από την εφαρμογή για την οποία χρησιμοποιούνται οι αισθητήριοι κόμβοι.

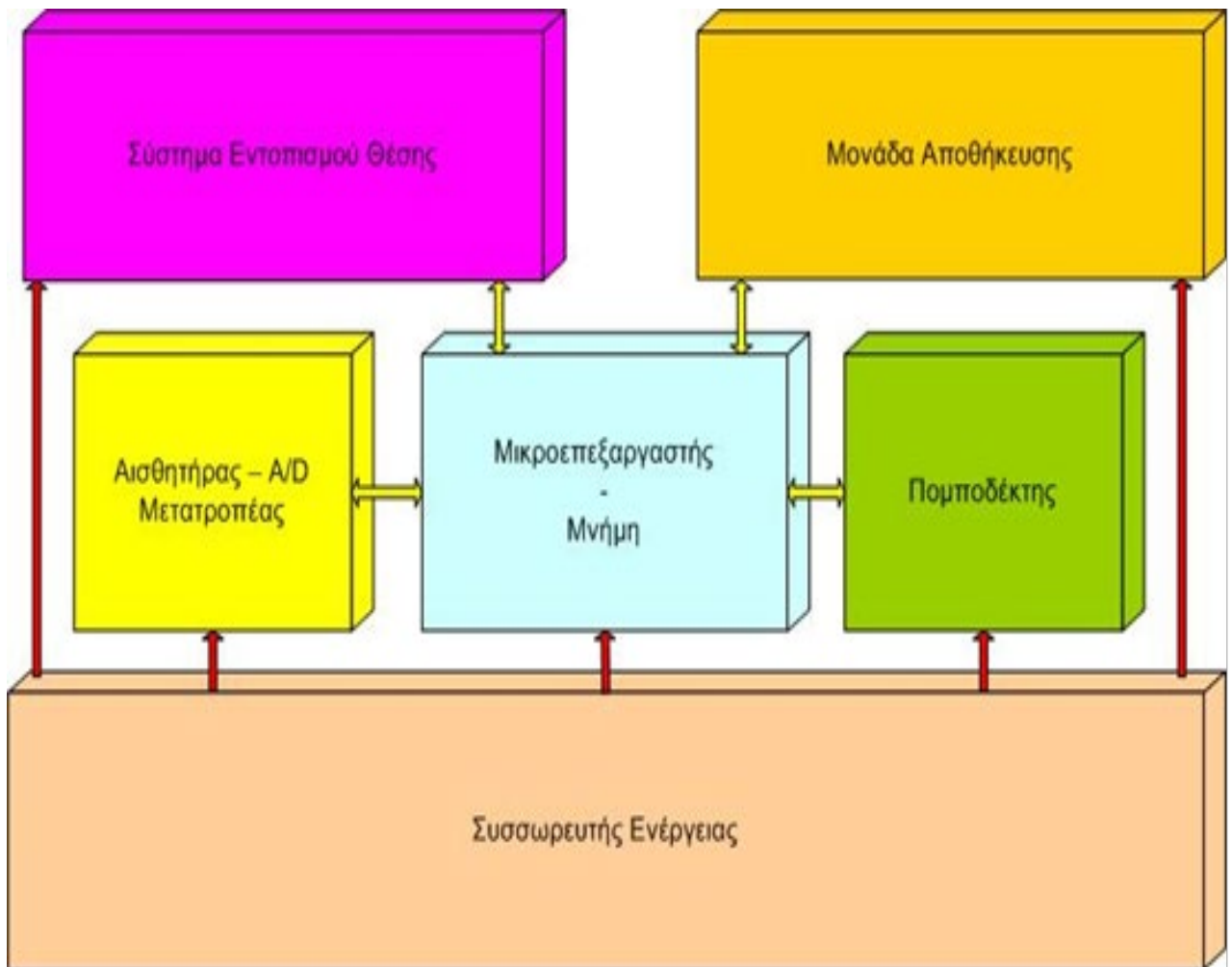
Οι περισσότερες εφαρμογές για ένα κόμβο απαιτούν γνώση της θέσης (location-based applications). Αφού οι αισθητήριοι κόμβοι εγκαθίστανται γενικά με τυχαία διάταξη & λειτουργούν χωρίς παρακολούθηση, υπάρχει η ανάγκη να συνεργάζονται με ένα σύστημα εντοπισμού θέσης. Τα συστήματα εντοπισμού θέσης απαιτούνται επίσης & από μερικά πρωτόκολλα δρομολόγησης, προκειμένου να λειτουργήσουν. Είναι σύνηθες να θεωρείται ότι κάθε αισθητήριο κόμβος πρέπει να έχει & ένα σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) το οποίο να έχει τουλάχιστον 5m ακρίβεια. Αυτό αναιρείται συχνά διότι ο εξοπλισμός των κόμβων με ένα σύστημα εντοπισμού θέσης δεν είναι πάντα εφικτός.

Τα δίκτυα αισθητήρων έχουν έξι στοιχεία: επεξεργαστή, πομποδέκτη, αποθηκευτικό χώρο, αισθητήρες & συσσωρευτή. Υπάρχει ένας αριθμός με σχετικά τεχνολογικά στοιχεία τα οποία πρέπει να εξεταστούν, π.χ. μια τεράστια ποικιλία από πανίσχυρες τεχνολογίες χαμηλής ισχύος, χαμηλής τιμής επεξεργαστές & χαμηλής τιμής μνήμης που είναι προσιτές. (Βλέπε σχήμα 3.7).



Διασπορά ασύρματων κόμβων σε ένα πεδίο παρακολούθησης (σχημ.3.6)

Κάθε αισθητήρας πρέπει να έχει επαρκείς μηχανισμούς ασφάλειας προκειμένου να εμποδίσει μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση, επιθέσεις & άσκοπες καταστροφές πληροφοριών εντός του κόμβου του δικτύου αισθητήρων. Παρόλα αυτά, πρόσθετοι μηχανισμοί κρυπτογράφησης πρέπει να υπάρχουν στον αισθητήρα. Ο σκοπός των αισθητήριων κόμβων ενός δικτύου δεν είναι ούτε ο υπολογισμός ούτε η επικοινωνία, παρά, η αίσθηση. Το κύριο συστατικό των κόμβων αισθητήρων δικτύου είναι η τρέχουσα περιορισμένη τεχνολογία. Επίσης, οι ημιαγωγοί λειτουργούν σε πραγματικές συνθήκες, ενώ οι υπολογιστικές & επικοινωνιακές μονάδες λειτουργούν σε κάποια ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Οι μορφομετατροπείς (transducers) είναι τα απαιτούμενα συστατικά σε κόμβους αισθητήρων & χρησιμοποιούνται να μετατρέψουν την μία μορφή ενέργειας σε άλλη. Σε αντίθεση, οι αισθητήρες μπορούν να έχουν 4 άλλα συστατικά: analog, A/D, ψηφιακά & μικροελεγκτές (βλέπε σχήμα 3.7). Η πιο καλή επιλογή σχεδιασμού περιλαμβάνει μόνο τον transducer. Παρόλα αυτά, η τρέχουσα τάση στην βιομηχανία παραγωγής αισθητήρων είναι να τοποθετούνται όλο & πιο πολύ «έξυπνοι» μικροελεγκτές μέσα στους αισθητήριους κόμβους του δικτύου. Γι' αυτό, οι δυνατότητες επεξεργασίας καθώς & υπολογισμού έχουν προστεθεί στους κόμβους αισθητήρων.



Συστατικά του αισθητήριου κόμβου (σχημ.3.7)

### 3.5 AT Εντολές & Χρήση Κώδικα στα πρότυπα του 5G

Οι ασύρματες επικοινωνίες & η ευρεία διανομή του Διαδικτύου έχουν αλλάξει εντελώς την κοινωνία τα τελευταία είκοσι χρόνια. Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας επικοινωνιών κατέστησε δυνατή την εφαρμογή του παραδείγματος όλων των ατόμων που επικοινωνούν παντού & οποτεδήποτε. Το επόμενο βήμα, το οποίο έχει ήδη ξεκινήσει αλλά είναι ακόμη στα σπάργα, είναι η διασύνδεση & διαλειτουργικότητα των ρομπότ, τα οποία θα έχουν δραστικό αντίκτυπο σε πολλούς τομείς, συμπεριλαμβανομένης της βιομηχανίας, της υγείας & της κινητικότητας.

Με μια απρόβλεπτη περίοδο μετάβασης, κάποια μέρα τα οχήματα θα είναι όλα αυτόνομα & θα συνδέονται, με την υπόσχεση ότι δεν θα υπάρξουν περισσότεροι θάνατοι στο δρόμο, περισσότερη αποτελεσματικότητα των κυκλοφοριακών ροών & περισσότερη άνεση για όλους τους επιβάτες. Ένα από τα κύρια πρώτα βήματα σε αυτό το μονοπάτι είναι ο μετασχηματισμός αυτοκινήτων & φορτηγών από απομονωμένους χρήστες του δρόμου, τηρώντας κοινούς κανόνες, σε επικοινωνιακά, συντονισμένα & συνεργατικά μέρη ενός οικοσυστήματος. Ένας τέτοιος μετασχηματισμός περνά από την ικανότητα των οχημάτων να συνδέονται μεταξύ τους & με τον υπόλοιπο κόσμο, & ένας βασικός ρόλος

διαδραματίζεται από ασύρματες τεχνολογίες μικρής εμβέλειας. Στην πραγματικότητα, απαιτείται μικρής εμβέλειας για την επεκτασιμότητα της υπηρεσίας καθώς & για την αποφυγή κινδύνων περιοχών όπου η δυνατότητα σύνδεσης δεν είναι διαθέσιμη.

### IEEE 802.11p

Ραδιόφωνα που εφαρμόζουν την IEEE 802.11p σουίτα πρωτοκόλλου - βασισμένη στο πρότυπο WiFi IEEE 802.11a - αναμένεται να υποστηρίξουν επικοινωνία V2X στις ΗΠΑ (με το πρόσχημα της ασύρματης πρόσβασης σε περιβάλλοντα οχημάτων - WAVE - που ορίζεται στο σετ πρωτοκόλλου IEEE 1609) & σε Ευρώπη ( με το όνομα ITS-G5 & καθορίζεται από το ETSI TC ITS

### IEEE 802.11bd

Τον Μάιο του 2018, η IEEE & η IEEE Standards Association ανακοίνωσαν τη δημιουργία μιας νέας ομάδας μελέτης που θα εστιάζει στην εξέλιξη της τεχνολογίας 802.11 για επικοινωνίες V2X επόμενης γενιάς, με την ονομασία IEEE 802.11 Next Generation V2X (NGV) & τώρα προετοιμάζει την τροποποίηση IEEE 802.11bd.

Αυτή η δραστηριότητα ενθαρρύνθηκε επίσης έντονα από την Κοινοπραξία Επικοινωνίας CAR 2 CAR, η οποία στις πρώτες μελέτες της για την Έκδοση 2 ITS-G5, σημείωσε ότι το IEEE 802.11ac είναι ήδη η τελευταία λέξη της τεχνολογίας για τις τεχνολογίες Wi-Fi. Ως εκ τούτου, η ιδέα ήταν να πάρουμε αυτήν την έκδοση του προτύπου ως σημείο εκκίνησης & να την προσαρμόσουμε στην υψηλή κινητικότητα & τη λειτουργία OCB (Occupied Channel Bandwidth), ενώ ταυτόχρονα εγγυάται συμβατότητα με συσκευές παλαιού τύπου. Έμφαση δόθηκε, ιδίως, σε πολλαπλές εισόδους - πολλαπλών εξόδων (MIMO) τεχνικές, βελτιωμένη κωδικοποίηση καναλιού & καλύτερο σχεδιασμό αυτόματων πιλότων (ειδικά σχεδιασμένα για το ασύρματο κανάλι του οχήματος).

## 3.6 Next Generation: 5G

Στο κυψελοειδές οικοσύστημα, οι διαδικασίες τυποποίησης προχωρούν συνεχώς & τα πρώτα βήματα προς το 5G & το νέο ραδιόφωνο (NR) έχουν γίνει από στην Έκδοση 15 που αναπτύχθηκε τον Μάρτιο του 2019.

Μετά από μια σκέψη για το πώς να υποστηρίξουμε κάθε περίπτωση χρήσης V2X στο πρότυπο 3GPP, το συμπέρασμα είναι ότι, ενώ το 5G NR θα προσφέρει βελτιώσεις σε μελλοντικές εκδόσεις για την υποστήριξη προηγμένων υπηρεσιών, το Release 14 C-V2X (δηλαδή το LTE-V2X) θα είναι το μοναδικός πυρήνας των βασικών επικοινωνιών ασφαλείας. Διαφορετικά σε σχέση με το Wi-Fi, η αρχή δεν έχει συμβατότητα προς τα πίσω, αλλά προσθέτει μια προαιρετική δεύτερη διεπαφή με βελτιωμένη απόδοση σε διαφορετικά κανάλια.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

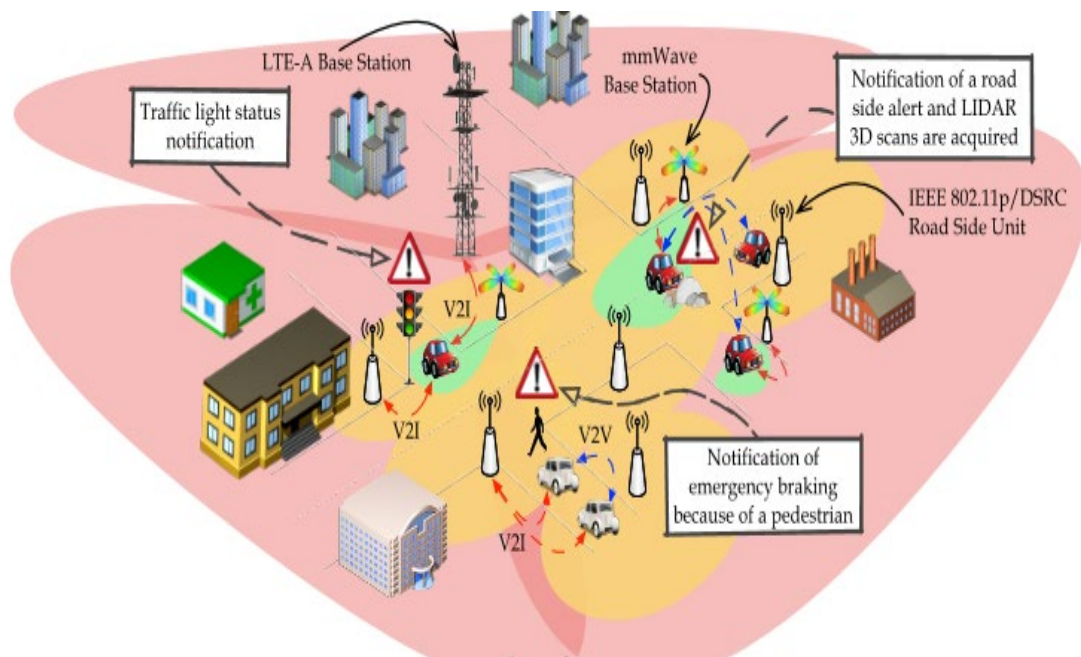
### 4.1 Αυτόνομα αυτοκίνητα & 5G

Η εισαγωγή αυτόνομων οχημάτων θα αντιπροσωπεύει τη μεγαλύτερη επανάσταση στους δρόμους μας από την έλευση του κινητήρα εσωτερικής καύσης. Τα οφέλη περιλαμβάνουν μείωση της κυκλοφορίας & αυξημένη προβλεψιμότητα της κυκλοφορίας, καλύτερη οδική ασφάλεια, νέες επιλογές κινητικότητας & κοινωνική ένταξη. Πρόσφατες προβλέψεις εκτιμούν ότι παγκοσμίως ο αριθμός των ανθρώπων που ζουν σε αστικές περιοχές αναμένεται να αυξηθεί σε πάνω από 66% έως το 2050. Συγκεκριμένα, η οδική συμφόρηση καθορίζει σημαντικές απώλειες παραγωγικότητας. Σκεφτείτε την απλή πράξη αναζήτησης ενός χώρου στάθμευσης. Αυτό αντιπροσωπεύει περίπου το 30% του συνόλου της οδικής κυκλοφορίας σε μεσαίες έως μεγάλες πόλεις, κυρίως λόγω δύο παραγόντων:

- **έλλειψη γνώσης** - Εάν οι οδηγοί γνώριζαν την παρουσία κυκλοφοριακής συμφόρησης, θα προσπαθούσαν να αποφύγουν τους δρόμους με συμφόρηση επιλέγοντας διαφορετική διαδρομή (αλλαγή διαδρομής οχήματος) ή θα επέλεγαν εναλλακτικά μέσα μεταφοράς (εκτός δρόμου φόρτωση).
- **έλλειψη εμπιστοσύνης** - Οι οδηγοί δεν γνωρίζουν τη θέση του επόμενου διαθέσιμου χώρου στάθμευσης & δεν μπορούν να φτάσουν γρήγορα στους προορισμούς τους, σπαταλώντας χρόνο αναζητώντας προσεκτικά διαθέσιμους χώρους & ακόμη οδηγώντας ακανόνιστα & επικίνδυνα.

Τα Παραδοσιακά Ευφυή Συστήματα Μεταφορών, intelligent transport systems (ITS), θα πρέπει να επιτρέπουν στον χρήστη: (i) να σχεδιάζει το ταξίδι του & (ii) να αντιδρά σε κυκλοφοριακή συμφόρηση με την αναδρομολόγηση του οχήματος του. Ωστόσο, δεδομένης της αναμενόμενης αύξησης του πληθυσμού, η οδική συμφόρηση πρέπει να αποφευχθεί πιο αποτελεσματικά με πρόληψη.

Τα Συνεργατικά ITS επόμενης γενιάς (C-ITS) αναμένεται να φέρουν το παράδειγμα του MaaS (Mobility-as-a-Service) σε ένα εντελώς νέο επίπεδο μέσω των Συνδεδεμένων Αυτόνομων Οχημάτων CAVs (Connected Autonomous Vehicles). Ένας κρίσιμος παράγοντας σε ένα πρότυπο MaaS που βασίζεται σε CAVs αντιπροσωπεύεται από αυτόνομα οχήματα που παύουν να είναι αυτόνομα συστήματα & γίνονται συνεργατικές οντότητες. Συγκεκριμένα, η συνεργασία μεταξύ αυτόνομων οχημάτων είναι δυνατή μέσω της ομαδικής ανταλλαγής δεδομένων αισθητήρων & προθέσεων ελιγμών μέσω Vehicle-to-Vehicle (V2V) & Vehicle-to-Infrastructure (V2I) διαύλων επικοινωνίας. Για τους λόγους αυτούς, τα μοντέλα πόλης MaaS που βασίζονται σε CAVs έχουν τη δυνατότητα να ξεπεράσουν την έλλειψη γνώσης & εμπιστοσύνης των χρηστών, μέσω έξυπνων συστημάτων σχεδιασμού διαδρομών & αποτελεσματικών στρατηγικών κατανομής πόρων για οδικά συστήματα.



**General overview of the considered system model. (σχημ.4.1)**

Όπως απεικονίζεται παραπάνω (βλέπε σχήμα 4.1), βλέπουμε ένα σύστημα όπου είναι το μέρος που αναπτύσσονται όλες οι υπηρεσίες & εφαρμογές ITS επόμενης γενιάς, ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο οι ροές δεδομένων θα χαρτογραφηθούν σε πολλαπλά υποστρώματα & ανεξάρτητα από το RAT που θα χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση κάθε υποεπίπεδου. Θεωρούμε τις ακόλουθες βασικές υπηρεσίες ITS επόμενης γενιάς, οι οποίες αναμένεται να ενισχύσουν το πρότυπο MaaS με βάση τα CAVs:

- **Έξυπνος σχεδιασμός κυκλοφορίας:**

Απαιτούνται μελλοντικές υπηρεσίες σχεδιασμού κυκλοφορίας ITS για τον αναπροσανατολισμό των αυτόνομων οχημάτων σε περίπτωση κυκλοφοριακής συμφόρησης, για τον συντονισμό των φωτεινών σηματοδοτών, για την εκφόρτωση ενός συμφορημένου δρόμου ή για την παροχή βασικών ενημερωμένων πληροφοριών στους οδηγούς.

- **Έξυπνη διαδρομή οχημάτων έκτακτης ανάγκης:**

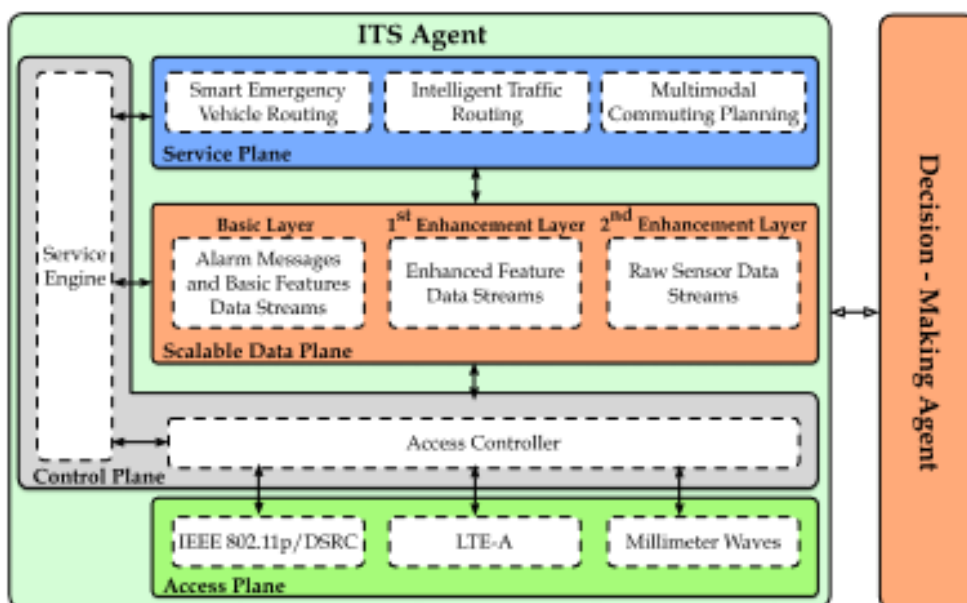
Αυτή η υπηρεσία είναι μια εξειδίκευση της προηγούμενης, βοηθά οχήματα έκτακτης ανάγκης & παρέχει την καλύτερη διαδρομή για να φτάσετε σε έναν προορισμό. Τυπικές κρίσιμες καταστάσεις αντιστοιχούν σε άμεση ιατρική βοήθεια ή διαχείριση έκτακτης ανάγκης σε καταστροφές, όπως συναγερμοί πυρκαγιάς, όπου τα αστυνομικά οχήματα πρέπει να συνοδεύουν αμέσως τα πυροσβεστικά οχήματα.

Υπό αυτές τις συνθήκες, τα γύρω οχήματα πρέπει να ενημερώνονται για τα οχήματα έκτακτης ανάγκης που πλησιάζουν & να στραφούν προς την κατεύθυνση για να μειώσουν δραστικά την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Επιπλέον, ένα σύστημα συγχρονισμού των φωτεινών σηματοδοτών μπορεί να ελαχιστοποιήσει τον συνολικό χρόνο ταξιδιού. Ένα πιο σύνθετο σενάριο περίπτωσης χρήσης αντιστοιχεί σε ένα πλήρως αυτόνομο σύστημα Ηλεκτρονικού Ασθενοφόρου, όπου τα οχήματα είναι εξοπλισμένα με συσκευές παρακολούθησης της υγείας, όπως φορητοί αισθητήρες, που μπορούν να μεταδώσουν τα

δεδομένα του ασθενούς που συλλέγονται, στο νοσοκομείο ή σε ένα κέντρο ελέγχου πριν φτάσουν στους προορισμούς τους.

- **Πολυτροπικές μετακινήσεις:**

Αυτή η υπηρεσία στοχεύει στον δυναμικό & προσαρμοστικό σχεδιασμό της διαδρομής ενός χρήστη του δρόμου, συνδυάζοντας διαφορετικά συστήματα μεταφοράς, ανάλογα με τα σημεία έναρξης & λήξης. Για παράδειγμα, ένα έξυπνο σύστημα μετακίνησης μπορεί να ειδοποιεί τους οδηγούς για τους διαθέσιμους χώρους στάθμευσης, όπου παρέχεται υπηρεσία μεταφοράς με λεωφορείο για την αποτελεσματική μεταφορά των εργαζομένων στο χώρο εργασίας τους.



Structure of an ITS agent (σχμ. 4.2)

Για να εγγυηθούμε την υψηλή ευελιξία & προσαρμοστικότητα του συστήματος, προτείνουμε να διαχωρίσουμε το Access Plane, ενσωματώνοντας όλα τα θεωρούμενα RAT, από το Control Plane, το οποίο είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο εισαγωγής ροής δεδομένων & την επιλογή RAT. (Βλέπε σχήμα 4.2).

## 4.2 Αυτόνομα αυτοκίνητα στην ΕΕ

Τα αυτόνομα οχήματα έχουν ήδη κυκλοφορήσει στην αγορά της ΕΕ από το 2020. Χάρη στις πιο πρόσφατες εξελίξεις της ψηφιακής τεχνολογίας, όπως είναι η ρομποτική, η τεχνητή νοημοσύνη & οι υπολογιστές υψηλών επιδόσεων, τα αυτόνομα αυτοκίνητα που κάποτε βλέπαμε σε ταινίες επιστημονικής φαντασίας δεν θα αργήσουν να γίνουν πραγματικότητα.

### Τα οφέλη των αυτόνομων οχημάτων για τους πολίτες

Στο στην ΕΕ υπεισέρχεται σε κάποιο επίπεδο το ανθρώπινο σφάλμα, κοστίζοντας τη ζωή σε χιλιάδες ανθρώπους κάθε χρόνο. Η έλευση μη επανδρωμένων αυτοκινήτων & φορτηγών μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον αριθμό των ατυχημάτων & να βελτιώσουν την οδική ασφάλεια. Οι ψηφιακές τεχνολογίες μπορούν επίσης να περιορίσουν την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ατμοσφαιρικών ρύπων, αλλά & να αυξήσουν την πρόσβαση στην κινητικότητα για άτομα που δεν μπορούν να οδηγήσουν, για παράδειγμα, τους ηλικιωμένους & τα άτομα με κινητικές δυσκολίες.

Επιπλέον, η αγορά των αυτόνομων οχημάτων αναμένεται να αυξηθεί θεαματικά, δημιουργώντας νέες θέσεις εργασίας και αποκομίζοντας κέρδη 620 δις ευρώ για την αυτοκινητοβιομηχανία της ΕΕ μέχρι το 2025 & 180 δις ευρώ για τον κλάδο της ηλεκτρονικής. Βλέπε σχήμα 4.3.



Τα οφέλη της αυτοματοποιημένης κινητικότητας (σχήμα 4.3)

## Προκλήσεις που επιφέρει η αυτόνομη οδήγηση στην ΕΕ

**Οδική ασφάλεια:** Εφόσον τα μη επανδρωμένα οχήματα πρέπει να χρησιμοποιούν τους ίδιους δρόμους που χρησιμοποιούν τα μη αυτόνομα οχήματα (οι πεζοί, οι ποδηλάτες κτλ) είναι αναγκαία η επιβολή κατάλληλων μέτρων ασφαλείας & η εναρμόνιση των κανόνων οδικής κυκλοφορίας σε επίπεδο ΕΕ.

**Ζητήματα ευθύνης:** Η μεταβίβαση των καθηκόντων οδήγησης από τους οδηγούς σε αυτόνομες τεχνολογίες απαιτεί την προσαρμογή των ευρωπαϊκών νομοθετικών διατάξεων περί ευθύνης που καθορίζουν, μεταξύ άλλων, ποιος είναι υπεύθυνος σε περίπτωση ατυχήματος, δηλαδή ο οδηγός ή ο κατασκευαστής;

**Επεξεργασία δεδομένων:** Οι κανόνες προστασίας δεδομένων της ΕΕ ισχύουν & για τον κλάδο αυτοματοποίησης, παρότι δεν έχουν ακόμα ληφθεί συγκεκριμένα μέτρα για την εγγύηση της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο & την προστασία των αυτόνομων οχημάτων έναντι κυβερνοεπιθέσεων.

**Ηθικά ζητήματα:** Τα αυτόνομα οχήματα θα πρέπει να σεβαστούν την ανθρώπινη αξιοπρέπεια & την ελευθερία επιλογής. Η διαδικασία σύνταξης των κατευθυντήριων γραμμών της ΕΕ για την τεχνητή νοημοσύνη βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη, ενδέχεται όμως να χρειαστούν ειδικές προδιαγραφές.

**Υποδομές:** είναι απαραίτητες οι επενδύσεις στην έρευνα & την καινοτομία προκειμένου να αναπτυχθεί η κατάλληλη τεχνολογία και υποδομή.

### Τι κάνει η ΕΕ:

Την ώρα που η τεχνολογία εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς, η ΕΕ εργάζεται προκειμένου να διασφαλίσει κοινούς κανόνες. Ακολουθώντας την ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής «**Οδεύοντας προς την αυτοματοποιημένη κινητικότητα: Μια στρατηγική της ΕΕ για την κινητικότητα του μέλλοντος**», ο ευρωβουλευτής Βιμ Βαν ντε Καμπ (Ευρωπαϊκό Λαϊκό Κόμμα, Ολλανδία) συνέταξε έκθεση με δική του πρωτοβουλία σχετικά με την αυτόνομη οδήγηση, η οποία εγκρίθηκε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο τη Τρίτη 15 Ιανουαρίου 2018.

Η έκθεση υπογραμμίζει ότι:

- Η νομοθεσία & οι πολιτικές της ΕΕ που αφορούν τη συνδεδεμένη & αυτοματοποιημένη κινητικότητα πρέπει να καλύπτουν κάθε τρόπο μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων μεταφορών μικρών αποστάσεων, των πλοίων εσωτερικής ναυσιπλοΐας, των ελαφρών σιδηροδρομικών συστημάτων αλλά & των τηλεκατευθυνόμενων ελικοπτέρων που μεταφέρουν αγαθά (drones).
- Οι προσπάθειες τυποποίησης σε παγκόσμιο επίπεδο χρειάζονται περαιτέρω συντονισμό για τη διασφάλιση της ασφάλειας & της διαλειτουργικότητας των οχημάτων σε παγκόσμιο επίπεδο.
- Τα συστήματα καταγραφής δεδομένων πρέπει να είναι υποχρεωτικά στα αυτόνομα οχήματα για τη βελτίωση της ποιότητας, των διερευνήσεων ατυχημάτων & την αντιμετώπιση ζητημάτων ανάληψης ευθύνης.

- Είναι αναγκαία η ταχεία θέσπιση κατάλληλων κανόνων δεοντολογίας & προστασίας των δεδομένων στον κλάδο της αυτοματοποίησης, προκειμένου, μεταξύ άλλων, να αυξηθεί η εμπιστοσύνη των Ευρωπαίων πολιτών απέναντι στα μη επανδρωμένα οχήματα.
- Ειδική προσοχή πρέπει να δοθεί στην ανάπτυξη αυτόνομων οχημάτων που να επιτρέπουν την πρόσβαση σε άτομα με αναπηρία ή με μειωμένη κινητικότητα.

### Επίπεδα αυτοματισμού & χρονοδιάγραμμα

Τα αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες, ενσωματωμένες κάμερες, ηλεκτρονικούς υπολογιστές, συστήματα GPS υψηλής ευκρίνειας, δορυφορικούς δέκτες & ραντάρ μικρής εμβέλειας.



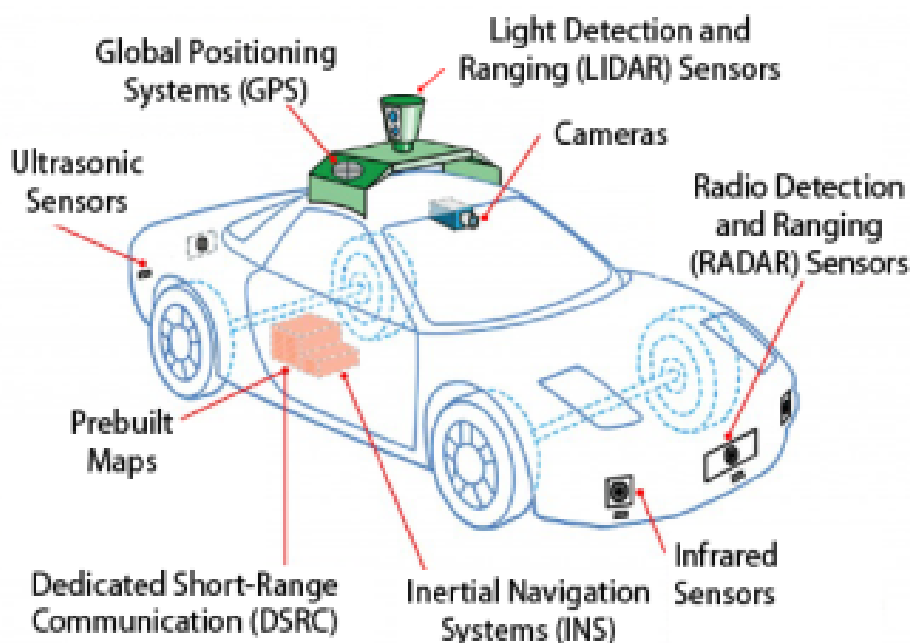
### Επίπεδα αυτοματοποιημένης κινητικότητας (σχήμα 4.4)

Τα συστήματα υποβοήθησης οδηγού (επίπεδα αυτοματισμού 1 & 2) αποτελούν ήδη πραγματικότητα στην ευρωπαϊκή αγορά. Τα αυτόνομα οχήματα (επίπεδα 3 & 4) βρίσκονται, προς το παρόν, σε δοκιμαστικό στάδιο και προβλέπεται να κάνουν την εμφάνισή τους στην αγορά μεταξύ του 2023 & του 2030, ενώ τα πλήρως αυτοματοποιημένα οχήματα (επίπεδο 5) αναμένονται για μετά το 2030. Η πλήρης συνδεσιμότητα όλων των νέων οχημάτων αναμένεται να επιτευχθεί έως το 2022. (Βλέπε σχήμα 4.4).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### Machine vision - Machine learning

Η μεταφορά δεδομένων από & προς τα οχήματα παίζει σημαντικό ρόλο σε ένα Αυτόνομο Όχημα με διάφορους τρόπους. Αυτά τα οχήματα χρησιμοποιούν πόρους βάσεων στο cloud & πρέπει συνεπώς να ενημερώνουν τους χάρτες συνεχώς καθώς η τοποθεσία συνεχώς αλλάζει όταν το όχημα κινείται. Για παράδειγμα η ομοσπονδιακή κυβέρνηση των ΗΠΑ, υποστηρίζει την ανάπτυξη εφαρμογών DSRC (Dedicated Short-Range Communications) που βοηθούν στην επικοινωνία μεταξύ οχημάτων & υποδομής. Ένα παράδειγμα που δείχνει πως λειτουργεί η αυτόνομη οδήγηση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (Βλέπε σχήμα 5.1).



Αυτόνομη οδήγηση (σχμ. 5.1)

Καθώς εξελίσσεται η τεχνολογία των οχημάτων, τα δεδομένα που συλλέγονται από τα συστήματα του οχήματος & η προστασία που παρέχουν αυτά από ενδεχόμενη εισβολή κτλ γίνονται όλο & πιο ισχυρά σε ασφάλεια. Πολλοί από τους αισθητήρες & τα αυτοματοποιημένα συστήματα παράγουν μεγάλο αριθμό δεδομένων σχετικά με την απόδοση του οχήματος, τη θέση του, τη συμπεριφορά του οδηγού κ.λπ. Η προστασία ενός Αυτόνομου Οχήματος από τους εισβολείς (hackers κτλ) αποτελεί πρόβλημα για τους κατασκευαστές, τις κυβερνήσεις & τους παρόχους υπηρεσιών Internet. Το όχημα θα πρέπει να είναι σε θέση συνεχώς να αποδέχεται ενημερώσεις λογισμικού αυτόματα & χωρίς την παρέμβαση του ιδιοκτήτη κάθε φορά που αυτό απαιτείται για την ενημέρωση του λογισμικού του.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω προβλημάτων, οι κατασκευαστές οχημάτων οργάνωσαν μια κοινότητα, η οποία είναι ευρέως γνωστή ως 'Κέντρο Ανταλλαγής &

Ανάλυσης Πληροφοριών Αυτοκινήτου'. Η αρχή αυτή έχει ως καθήκον να δημοσιεύει ένα σύνολο αρχών ασφάλειας στον κυβερνοχώρο, τον οποίο θα πρέπει να ακολουθηθούν & να μοιραστούν τις αναφορές τυχόν περιστατικών, που σχετίζονται με απειλές ή παραβιάσεις, οι κατασκευαστές των οχημάτων.

Το αυτόνομο όχημα (AV) χρησιμοποιεί αλγόριθμους μηχανικής εκμάθησης που αντικαθιστούν τον ανθρώπινο εγκέφαλο στην εκτέλεση της σωστής δράσης. Η μηχανική εκμάθηση χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για την αντίληψη & τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Οι αλγόριθμοι πρέπει να λαμβάνουν τις αποφάσεις σε ένα κλάσμα του δευτερολέπτου για να εφαρμόσουν μια στάση, να κάνουν μια στροφή δεξιά ή αριστερά.

Η μηχανική μάθηση είναι ικανή να παρέχει περισσότερες επιλογές στον υπολογιστή για να πάρει μια λογική & σωστή απόφαση από μόνη της. Ο στόχος του Machine Learning είναι να εκπαιδεύσει ένα σύστημα να αποκτήσει νόηση ώστε να λαμβάνει πιο αποδοτικά & αποτελεσματικά αποφάσεις & να προσαρμόζεται γρήγορα σε μεταβαλλόμενες καταστάσεις. Οι άλλες εφαρμογές του Machine Learning σε ένα αυτόνομο όχημα (AV) είναι η παρατήρηση του περιβάλλοντος γύρω από ένα όχημα με συνεχή επικαιροποίηση δεδομένων ώστε να προβλέπονται εγκαίρως τυχών αλλαγές σε παραμέτρους & να ενεργοποιείται η ανάλογη αντίδραση.

## 5.1 Κατηγορίες Machine Learning

Η Μηχανική εκμάθηση (ML) σε ένα αυτόνομο όχημα (AV) χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό, από τους αισθητήρες του οχήματος, την πλοήγηση, την κίνηση & την αναγνώριση της συμπεριφοράς του οδηγού (κούραση, υπνηλία κτλ). Έτσι οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης (ML) κατηγοριοποιούνται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης – Support Vector Machines (αλγόριθμοι παλινδρόμησης)
- Αλγόριθμοι αναγνώρισης προτύπων – Pattern recognition (ομαδοποίηση/clustering)
- Τεχνητού νευρωνικού δικτύου – Artificial Neural Networks
- Decision Matrix Αλγόριθμοι

Οι αλγόριθμοι παλινδρόμησης εμπίπτουν στην οικογένεια της εποπτευόμενης μηχανικής μάθησης που αποτελεί & το υποσύνολο αυτής. Αυτοί οι αλγόριθμοι προβλέπουν την έξοδο με βάση τα δεδομένα εισόδου που τροφοδοτούνται στο σύστημα. Χρησιμοποιούνται κυρίως για δύο σκοπούς. Πρώτον για πρόβλεψη & δεύτερον κυρίως για την ανάλυση της σχέσης μεταξύ εξαρτημένων & ανεξάρτητων μεταβλητών. Οι μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης είναι ένα σύνολο μεθόδων επιτηρούμενης μάθησης που χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση & την παλινδρόμηση.



Στα προηγμένα συστήματα βοήθειας προγράμματος οδήγησης ADAS (Advanced Driver-Assistance Systems), τα συστήματα radar & κάμερών ενός οχήματος, διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο αφού οι προβλέψεις & αποφάσεις πραγματοποιούνται με βάση τις εικόνες & τα δεδομένα που λαμβάνουν από τα συστήματα αυτά. Επίσης αυτά χρησιμοποιούνται & για την πρόβλεψη της κυκλοφορίας. Τέλος οι αλγόριθμοι παλινδρόμησης νευρικού δικτύου, οι αλγόριθμοι αναγνώρισης προτύπων & η γραμμική παλινδρόμηση (Bayesian), μεταξύ άλλων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη λειτουργικότητα ενός αυτόνομου οχήματος (AV).

Η ομαδοποίηση είναι η διαδικασία κατά την οποία ένα σύνολο παρατηρήσεων χωρίζεται σε υποσύνολα έτσι ώστε οι παρατηρήσεις που ανήκουν στην ίδια ομάδα (cluster) είναι όμοιες, σύμφωνα με κάποιο ή κάποια προκαθορισμένα κριτήρια, ενώ οι παρατηρήσεις που προέρχονται από διαφορετικά υποσύνολα είναι ανόμοιες. Διαφορετικές τεχνικές κατηγοριοποίησης οδηγούν σε διαφορετικές υποθέσεις σχετικά με τη δομή των δεδομένων, οι οποίες συχνά καθορίζονται από κάποιο μέτρο ομοιότητας & αξιολογούνται για παράδειγμα ως προς την εσωτερική συνοχή (ομοιότητα μεταξύ των μελών του ίδιου cluster) & το διαχωρισμό ανάμεσα σε διαφορετικές ομάδες. Άλλες μέθοδοι βασίζονται στην εκτιμώμενη πυκνότητα & την συνεκτικότητα των γραφημάτων. Η ομαδοποίηση είναι μία μέθοδος μη επιτηρούμενης μάθησης & αποτελεί μία τεχνική η οποία χρησιμοποιείται επίσης στην στατιστική ανάλυση δεδομένων. Η αναγνώριση προτύπων είναι η διαδικασία όπου αναγνωρίζει τα αντικείμενα αφαιρώντας τα άσχετα σημεία δεδομένων. Η αναγνώριση των προτύπων σε ένα σύνολο δεδομένων είναι το πιο σημαντικό βήμα πριν από την ταξινόμηση των αντικειμένων.

Στο ADAS, οι εικόνες που λαμβάνονται από διαφορετικούς αισθητήρες πρέπει να φιλτραριστούν για να προσδιοριστούν τα σχήματα & τα αντικείμενα από διαφορετικές γωνίες ακόμη & όταν είναι εν μέρει κρυμμένα. Τα μη σχετικά σημεία δεδομένων αφαιρούνται χρησιμοποιώντας την αναγνώριση προτύπων. Λαμβάνονται τα δεδομένα τα οποία επεξεργάζονται & μετατρέπονται σε μια μορφή που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των μηχανών. Αυτός ο αλγόριθμος χρησιμοποιείται στην επεξεργασία εικόνας, στην όραση του υπολογιστή, στη σεισμική ανάλυση, στην ταξινόμηση σήματος radar, στην αναγνώριση ομιλίας κ.λπ. Στο αυτόνομο όχημα (AV) οι εικόνες που λαμβάνονται από τους αισθητήρες υποβάλλονται σε επεξεργασία & φιλτράρονται για αναγνώριση, για την κατηγορία αντικειμένων & για να αποκλειστούν τα άσχετα δεδομένα,

Από την άλλη, οι αλγόριθμοι συμπλέγματος (τεχνητού νευρωνικού δικτύου) χρησιμοποιούνται συχνά ως τεχνική ανάλυσης δεδομένων για την ανακάλυψη των μοτίβων στα δεδομένα, όπως ομάδες παρόμοιων εικόνων & μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για εξερεύνηση. Μερικές φορές, είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστούν αντικείμενα στις εικόνες που λαμβάνονται από το σύστημα καθώς δεν είναι πάντα καθαρές. Ο λόγος για αυτό οφείλεται κυρίως σε εικόνες χαμηλής ανάλυσης, διακεκομμένα κατά την λήψη δεδομένα ή πολύ λίγα στοιχεία δεδομένων. Ένας αλγόριθμος εκμάθησης Τεχνητού νευρωνικού δικτύου, που συνήθως ονομάζεται "νευρωνικό δίκτυο" NN (Neural Network), είναι ένας αλγόριθμος μάθησης, που εμπνέεται από τη δομή και τις λειτουργικές πτυχές των βιολογικών νευρωνικών δικτύων. Η δομή των υπολογισμών βασίζεται σε μια ομάδα εσωτερικά διασυνδεδεμένων τεχνητών νευρώνων, οι οποίοι επεξεργάζονται την πληροφορία & εκτελούν υπολογισμούς (π.χ. συνελίξεις) σε πολλαπλά επίπεδα επικοινωνώντας μεταξύ τους. Τα σύγχρονα νευρωνικά δίκτυα είναι εργαλεία μη γραμμικής στατιστικής μοντελοποίησης δεδομένων. Συνήθως χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση σύνθετων σχέσεων μεταξύ δεδομένων εισόδου και εξόδου, για την ανακάλυψη προτύπων στα δεδομένα, ή για τον εντοπισμό στατιστικής

δομής σε μία άγνωστη κοινή κατανομή πιθανότητας μεταξύ των παρατηρούμενων μεταβλητών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα συνελκτικά δίκτυα & τα δίκτυα βαθιάς εκμάθησης.

Decision Matrix Αλγόριθμοι. Αυτός ο τύπος αλγορίθμου χρησιμοποιείται συνήθως για συστηματική αναγνώριση, ανάλυση & αξιολόγηση της απόδοσης από τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες. Τα δεδομένα που λαμβάνονται από τους αισθητήρες μερικές φορές είναι λανθασμένα & ελλιπή λόγω της επεξεργασίας τους. Αυτοί οι αλγόριθμοι χρησιμοποιούνται κυρίως για τον εντοπισμό, την ανάλυσή τους & επίσης για τη λήψη αποφάσεων. Π.χ μπορεί να αποφασίζει εάν ένα αυτοκίνητο πρέπει να κάνει μια στροφή ή να κάνει ένα διάλειμμα βάσει των παρεχόμενων δεδομένων. Μπορεί να μην είναι η τέλεια λύση, αλλά αποτελεί την καλύτερη επιλογή με βάση τις διαθέσιμες εισόδους & αισθητήρες.

Η ικανότητα ενός αυτόνομου αυτοκινήτου να βρει μια διαδρομή μεταξύ δύο σημείων, δηλαδή μια θέση εκκίνησης & μια επιθυμητή τοποθεσία προορισμού, αντιπροσωπεύει τον σχεδιασμό διαδρομών ενός συστήματος. Σύμφωνα με τη διαδικασία σχεδιασμού διαδρομών, ένα αυτοκινούμενο όχημα θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη όλα τα πιθανά εμπόδια που υπάρχουν στο περιβάλλον & να υπολογίζει μια τροχιά κατά μήκος μιας διαδρομής χωρίς σύγκρουση. Η αυτόνομη οδήγηση είναι μια ρύθμιση πολλαπλών παραμέτρων όπου το όχημα θα πρέπει να εφαρμόζει εξελιγμένες δεξιότητες επικοινωνίας με άλλους χρήστες του δρόμου κατά την προσπέραση, τον τρόπο αυτής, το παρκάρισμα, την αριστερή & τη δεξιά στροφή, όλα κατά την πλοήγηση σε μη δομημένους αστικούς δρόμους όπως χωματόδρομους & δρόμους εκτός πλοήγησης/χαρτών.

## 5.2 Ασφάλεια της βαθιάς μάθησης (ML) στην αυτόνομη οδήγηση

Η ασφάλεια στην αυτόνομη οδήγηση συνεπάγεται την απουσία συνθηκών που μπορούν να προκαλέσουν ένα επικίνδυνο σύστημα ατύχημα. Η αποδοτικότητα της ασφάλειας ενός συστήματος που χρησιμοποιεί τεχνικές βαθιάς μάθησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο της τεχνικής & το πλαίσιο εφαρμογής. Έτσι, ο συλλογισμός για την ασφάλεια των τεχνικών βαθιάς μάθησης απαιτεί τα ακόλουθα:

- κατανόηση του αντίκτυπου των πιθανών αποτυχιών.
- κατανόηση του πλαισίου στο ευρύτερο σύστημα.
- καθορισμός της υπόθεσης σχετικά με το πλαίσιο του συστήματος & το περιβάλλον στο οποίο πιθανότατα θα χρησιμοποιηθεί
- ορίζοντας τι σημαίνει μια ασφαλής συμπεριφορά, συμπεριλαμβανομένων μη λειτουργικών περιορισμών.

Ένα παράδειγμα των παραπάνω απαιτήσεων σε σχέση με ένα στοιχείο βαθιάς μάθησης είναι π.χ, η ανίχνευση πεζών με νευρικά δίκτυα. Το παράδειγμα ενός οχήματος είναι να εντοπίσει ένα αντικείμενο (πεζό ας πούμε) από απόσταση 100 μέτρων, με πλευρική ακρίβεια +/- 20 cm, ψευδώς αρνητικό ρυθμό 1% & ψευδώς θετικό ρυθμό 5%. Υποθέτουμε πάντα ότι η απόσταση & η ταχύτητα πέδησης του οχήματος επαρκούν για την αντίδραση κατά την ανίχνευση ατόμων (πεζών) που βρίσκονται 100 μέτρα μπροστά

από την προγραμματισμένη πορεία του οχήματος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικές μέθοδοι ανίχνευσης προκειμένου να μειωθούν οι συνολικοί ψευδείς αρνητικοί & ψευδείς θετικοί ρυθμοί του συστήματος σε αποδεκτό επίπεδο. Η διεύρυνση του πεδίου ασφάλειας, προτείνει έναν θεωρητικό ορισμό της ασφάλειας που ισχύει για ένα ευρύ φάσμα τομέων & συστημάτων. Ορίζεται η ασφάλεια ως η μείωση ή ελαχιστοποίηση του κινδύνου & της επιστημονικής αβεβαιότητας που σχετίζονται με ανεπιθύμητα αποτελέσματα που είναι αρκετά σοβαρά για να θεωρηθούν επιβλαβή. Τα βασικά σημεία σε αυτόν τον ορισμό είναι:

- Το κόστος των ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων πρέπει να είναι αρκετά υψηλό, όσον αφορά τον ανθρώπινου παράγοντα, ώστε τα συμβάντα να είναι επιβλαβή.
- Η ασφάλεια να περιλαμβάνει τη μείωση τόσο της πιθανότητας αναμενόμενων βλαβών, όσο & της πιθανότητας απροσδόκητων καταστάσεων.

Ανεξάρτητα από τους παραπάνω εμπειρικούς ορισμούς & τις πιθανές ερμηνείες της ασφάλειας, η χρήση εξαρτημάτων βαθιάς μάθησης σε κρίσιμα συστήματα ασφαλείας εξακολουθεί να αποτελεί προβληματισμό για τις αυτοκινητοβιομηχανίες. Το πρότυπο ISO 26262 για τη λειτουργική ασφάλεια των οδικών οχημάτων παρέχει ένα ολοκληρωμένο σύνολο απαιτήσεων για τη διασφάλιση της ασφάλειας, αλλά δεν αντιμετωπίζει τα μοναδικά χαρακτηριστικά του λογισμικού βάσης μάθησης.

Αναλύοντας τα μέρη όπου η μηχανική μάθηση μπορεί να επηρεάσει το πρότυπο αυτό & να παρέχει συστάσεις σχετικά με τον τρόπο αντιμετώπισης αυτού του αντίκτυπου ίσως να αποτελέσει ένα παράγοντα μείωσης αυτού του κενού. Αυτές οι συστάσεις επικεντρώνονται στην αντιπαραβολή του εντοπισμού των κινδύνων, των εργαλείων εφαρμογής & του μηχανισμού για καταστάσεις σφάλματος & αποτυχίας, αλλά & στην εξασφάλιση πλήρων συνόλων δεδομένων εκπαίδευσης & στο σχεδιασμό μιας αρχιτεκτονικής πολλαπλών επιπέδων. Η χρήση συγκεκριμένων τεχνικών για διάφορα στάδια στον κύκλο ζωής της ανάπτυξης λογισμικού είναι στο σημείο αυτό επιθυμητή.

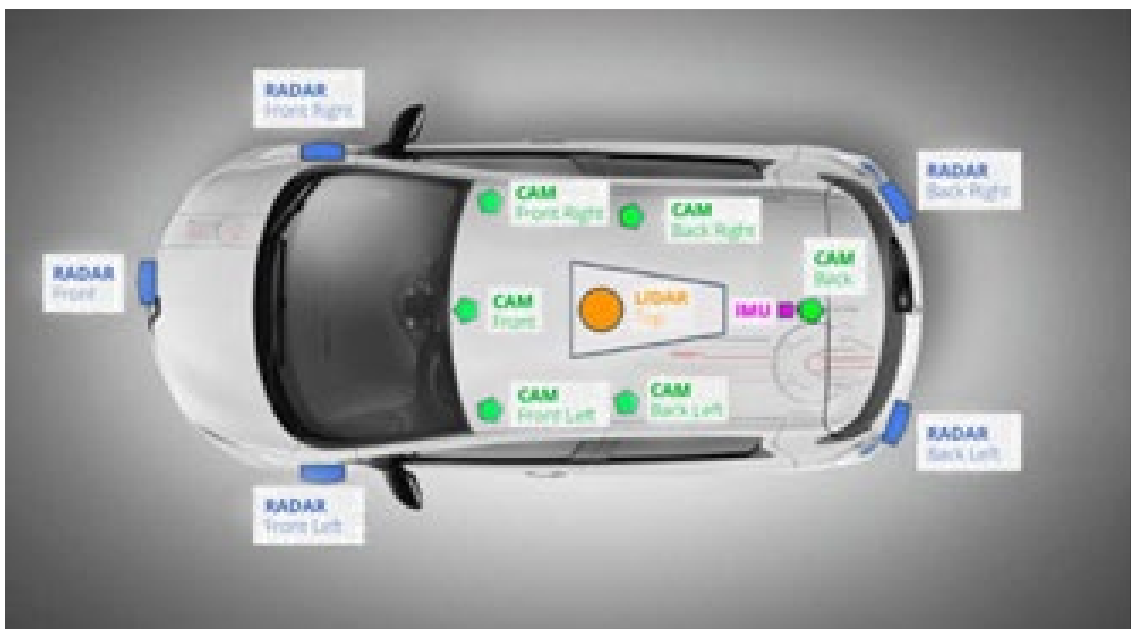
Το πρότυπο ISO 26262 συνιστά τη χρήση μιας μεθόδου Ανάλυσης Κινδύνου & Εκτίμησης Ρίσκου, HARA (Hazard Analysis & Risk Assessment) για τον εντοπισμό επικίνδυνων συμβάντων στο σύστημα & για τον καθορισμό στόχων ασφαλείας που μετριάζουν τους κινδύνους. Το πρότυπο αυτό αποτελείται δε από 10 μέρη. Ένα από αυτά είναι η ανάπτυξη προϊόντων σε επίπεδο λογισμικού, το πρότυπο που ακολουθεί το γνωστό μοντέλο V για τη μηχανική. Το Επίπεδο Ακεραιότητας Ασφάλειας Αυτοκινήτου ASIL (Automotive Safety Integrity Level) αναφέρεται σε ένα σχήμα ταξινόμησης κινδύνου που ορίζεται στο ISO 26262 για ένα στοιχείο (π.χ. υποσύστημα) σε ένα σύστημα αυτοκινήτων.

Τα σφάλματα & οι αποτυχίες ενός προγραμματισμένου στοιχείου (π.χ. ένα που χρησιμοποιεί έναν επίσημο αλγόριθμο για την επίλυση ενός προβλήματος) είναι εντελώς διαφορετικά από αυτά ενός συστατικού βαθιάς μάθησης. Συγκεκριμένα σφάλματα ενός εξαρτήματος βαθιάς μάθησης μπορεί να προκληθούν από αναξιόπιστα ή θορυβώδη σήματα αισθητήρων (σήμα βίντεο λόγω κακού καιρού, σήμα radar λόγω απορρόφησης δομικών υλικών, δεδομένων GPS κ.λπ.), τοπολογία νευρικού δικτύου, αλγόριθμος εκμάθησης ή μη αναμενόμενες αλλαγές στο περιβάλλον (π.χ. άγνωστες σκηνές οδήγησης ή ατυχήματα στο δρόμο). Πρέπει να αναφέρουμε το πρώτο αυτόνομο ατύχημα οδήγησης, που δημιουργήθηκε από ένα αυτοκίνητο Tesla®, όπου, λόγω σφαλμάτων εσφαλμένης ταξινόμησης αντικειμένων, στη λειτουργία AutoPilot συγκρούστηκε με φορτηγό. Παρά τις δοκιμές & την αξιολόγηση των 130 εκατομμυρίων μιλίων, το ατύχημα προκλήθηκε

κάτω από εξαιρετικά σπάνιες συνθήκες, γνωστές & ως Black Swans, δεδομένου του ύψους του φορτηγού, του λευκού χρώματος κάτω από φωτεινό ουρανό, σε συνδυασμό με τη θέση του οχήματος απέναντι από το δρόμο.

Τα αυτοκινούμενα οχήματα πρέπει να διαθέτουν μηχανισμούς ασφαλούς αστοχίας, που συνήθως συναντώνται με το όνομα Οθόνες ασφαλείας. Αυτές θα πρέπει να σταματήσουν/διακόπτουν το αυτόνομο λογισμικό ελέγχου μόλις εντοπιστεί μια αποτυχία. Συγκεκριμένοι τύποι σφαλμάτων & αστοχίες έχουν καταγραφεί κατά την χρήση αλγορίθμων νευρωνικών δικτύων στο πλαίσιο του ML.

Αυτό οδήγησε στην ανάπτυξη συγκεκριμένων & εστιασμένων εργαλείων & τεχνικών για την εύρεση βλαβών μέσω αισθητήρων, καμερών σε ένα αυτόνομο όχημα όπως βλέπουμε στο παρακάτω σχήμα (Βλέπε σχήμα 5.2).



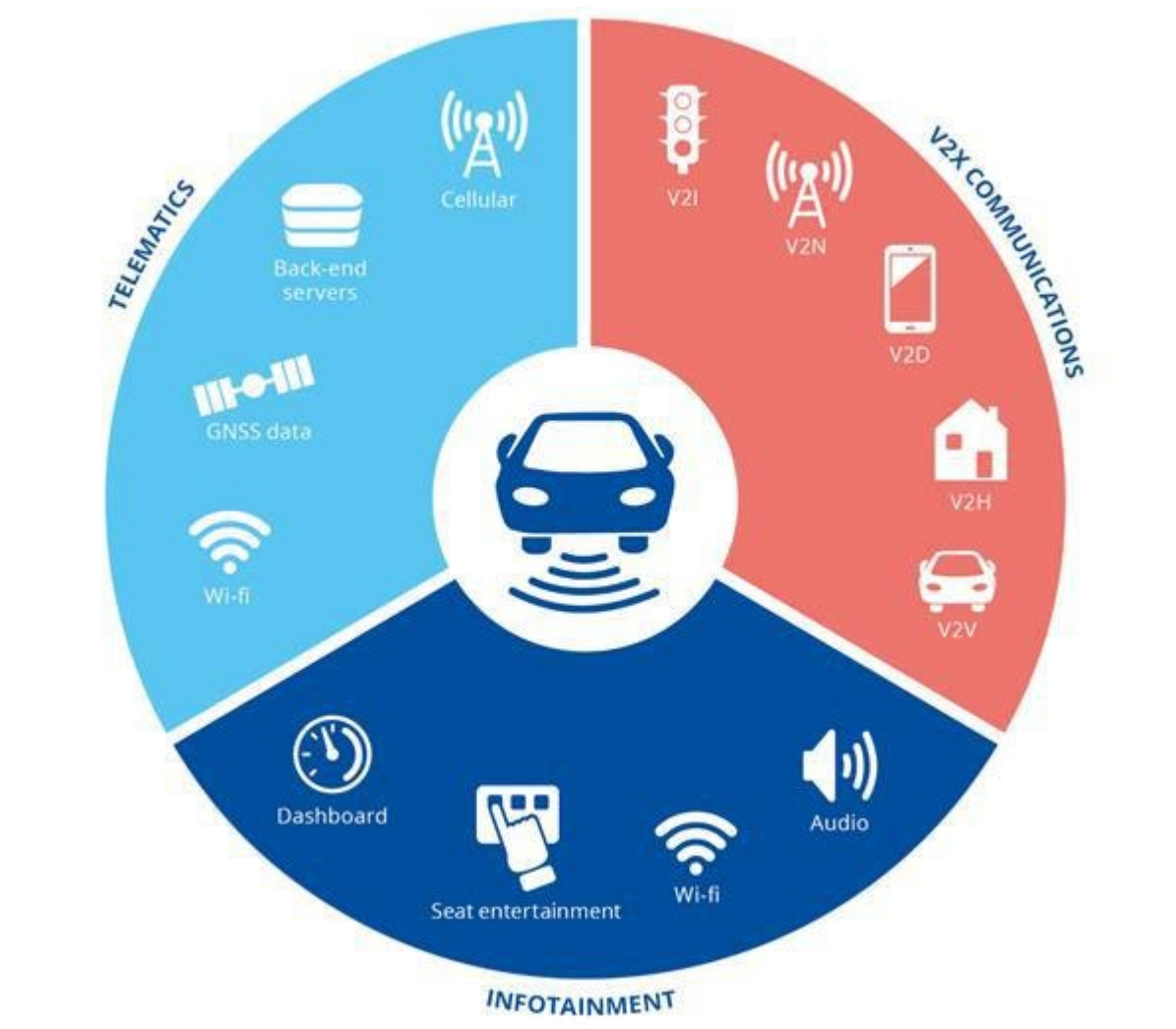
**Sensor suite of the nuTonomy® self-driving car (σχμ. 5.2)**

Οι τεχνικές μηχανικής μάθησης & βαθιάς μάθησης αρχίζουν να γίνονται αποτελεσματικές & αξιόπιστες ακόμη & για κρίσιμα συστήματα ασφαλείας, ακόμη & αν η πλήρης διασφάλιση ασφάλειας για αυτόν τον τύπο συστημάτων εξακολουθεί να αποτελεί ανοιχτή πρόκληση. Τα ισχύοντα πρότυπα & οι κανονισμοί από την αυτοκινητοβιομηχανία δεν μπορούν να χαρτογραφηθούν πλήρως σε τέτοια συστήματα, απαιτώντας την ανάπτυξη νέων προτύπων ασφαλείας που στοχεύουν κυρίως στη βαθιά μάθηση.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Παραδείγματα έξυπνων αυτοκινήτων

Το V2I περιλαμβάνει επικοινωνίες V2P (Vehicle-to-Pedestrian) & V2N (Vehicle-to-Network). Για την ενεργοποίηση των επικοινωνιών V2X, τα οχήματα είναι εξοπλισμένα με διαφορετικά συστήματα ασύρματης επικοινωνίας όπως το Visible Light Communication (VLC), το Image Sensor Communication (ISC), το Wi-Fi ή τεχνολογίες κινητής επικοινωνίας, όπως 3G, 4G & 5G.



**Infotainment** (σχημ. 6.1)

Η ασφάλεια για έξυπνα οχήματα σχετίζεται με την αρχιτεκτονική του έξυπνου αυτοκινήτου. Η έννοια των αυτοκινήτων αλλάζει μαζί με την τεχνολογική πρόοδο. Αν το αυτοκίνητο ήταν «μηχανική συσκευή» στο παρελθόν, έχει γίνει «σύστημα μέσων» σε συνδυασμό με διάφορες ηλεκτρικές, ηλεκτρονικές & τεχνολογίες επικοινωνίας. Τα αυτοκίνητα σήμερα υπάρχουν ως ένα είδος οικιστικού χώρου που παρέχει στους οδηγούς άνεση & ξεκούραση. Αποτελούν δε μια πλατφόρμα επικοινωνίας πολλαπλών εργασιών & ένα κέντρο εντολών για τη γενική χειραγώγηση των τηλεφώνων, της τηλεόρασης & του Διαδικτύου (Featherstone, 2004) (Βλέπε σχήμα 6.1).

Ο Dant (2004) λέει ότι το αυτοκίνητο γίνεται «οδηγό-αυτοκίνητο» που χαρακτηρίζεται από τη σχέση του με τον οδηγό & είναι απαραίτητο να δούμε το «οδηγό-αυτοκίνητο» ως κοινωνική οντότητα όσον αφορά την πρόκληση νέας κοινωνικής συμπεριφοράς. Στη σύγχρονη κοινωνία, είναι σημαντικό να κατανοήσουμε την αλληλεπίδραση μεταξύ ανθρώπων & αυτοκινήτων, συμπεριλαμβανομένης της διαδικασίας οδήγησης, καθώς & του «οικονομικού κόστους» που λειτουργεί σε αυτήν τη διαδικασία & της ενσωματωμένης σχέσης με το όχημα, υποστηρίζει ο Dant.

Επίσης οι τεχνολογίες έξυπνων αυτοκινήτων διαδραματίζουν βασικό ρόλο στην οικοδόμηση του «οδηγού-αυτοκινήτου» τονίζει ο Dant. Αυτές οι τεχνολογίες «διδασκούν» στο όχημα, παρέχοντας αναπαραστάσεις πολυμέσων όπως βίντεο ή ήχο & συντονίζοντας τη συμπεριφορά του οδηγού. Οι έξυπνες τεχνολογίες αυτοκινήτου «μεσολαβούν» στον οδηγό & το αυτοκίνητο, & διάφορες πληροφορίες στο εξωτερικό περιβάλλον συνδέονται με αυτό το «οδηγό-αυτοκίνητο». Η φύση του «οδηγού-αυτοκινήτου» εξαρτάται από την τεχνολογία ή τις πληροφορίες που σχετίζονται με αυτό. Για παράδειγμα, όταν η τεχνολογία ψυχαγωγίας χρησιμοποιείται ευρέως, ένα "οδηγό-αυτοκίνητο" είναι πιθανό να είναι πιο ευαίσθητο στις πληροφορίες, ενώ γίνεται πιο φιλικό προς την οδήγηση όταν χρησιμοποιείται κυρίως η συσκευή οδήγησης. Ως ένα είδος «μέσων κινητικότητας», το έξυπνο αυτοκίνητο ορίζεται από την τεχνολογία που εισάγεται στο όχημα, & το πιο σημαντικό, από αυτό που πραγματικά χρησιμοποιεί ο οδηγός.

Σε σύγκριση με προηγούμενες έρευνες που επικεντρώθηκαν στην αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας σε μια τεχνητή πειραματική κατάσταση, θα ήταν σημαντικό να επαληθευτεί η επίδραση της τεχνολογίας έξυπνων αυτοκινήτων σε καθημερινές καταστάσεις με μια έρευνα. Επιπλέον, αξίζει να εξεταστεί η αντίληψη του οδηγού, καθώς μπορεί να διαφέρει από την «πραγματική» συνέπεια της υιοθέτησης έξυπνου αυτοκινήτου, όπως το διάσπαρτο βλέμμα ή το αυξημένο ποσοστό ατυχημάτων. Έτσι ορίζουμε τον αντιληπτό έλεγχο ως «επίγνωση της ικανότητας στρατηγικής προσαρμογής των λειτουργιών του οχήματος με κατάλληλο τρόπο», με βάση τους Weyer et al. (2015).

Στη σύγχρονη κοινωνία, τα αυτοκίνητα υπάρχουν ως μέρη που επεκτείνουν τον προσωπικό χώρο που αντικατοπτρίζει την ατομική ταυτότητα & τις προτιμήσεις, αντί να είναι απλά μέσα μεταφοράς ή συσκευές. Το αυτοκίνητο είναι ένα εργαλείο για την έκφραση της προσωπικότητας & είναι ένα σύμβολο που αποκαλύπτει κοινωνικούς πόρους όπως η ταυτότητα & η δύναμη (Gartman, 2004; Gatersleben, 2007). Ο Collin-Lange (2014) περιγράφει ότι η οδήγηση ενός οχήματος είναι η διαδικασία της εδαφικής έκφρασης που προσεγγίζει τη δική του κινητικότητα & χώρο. Τέλος το αυτοκίνητο παρέχει στον οδηγό έναν ιδιωτικοποιημένο χώρο & υπάρχει ως συνέχεια της ιδιοσυγκρασίας του.

Το γεγονός ότι ένα έξυπνο αυτοκίνητο μπορεί να προσαρμόζεται από την χρήση που του κάνει ο εκάστοτε χρήστης σημαίνει ότι το αυτοκίνητο υπόκειται σε ψυχολογική προσκόλληση. Το προσάρτημα αναφέρεται σε έναν «ισχυρό στοργικό δεσμό που συνδέεται στενά με έναν αγαπημένο» (Bowlby, 1979). Χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει τη σχέση μεταξύ ανθρώπων, αλλά μπορεί να επεκταθεί σε συναισθήματα για αντικείμενα όπως κατοικίδια ζώα (Woodward & Bauer, 2007), μάρκα (Schouten & McAlexander, 1995) ή συσκευές μέσων (Kleine & Baker, 2004; Wehmeyer, 2007). Ένα συγκεκριμένο μέρος είναι επίσης ένα θέμα συναισθηματικής προσκόλλησης. Πολλές μελέτες έχουν δείξει ότι η προσήλωση στο μέρος συμβάλλει σημαντικά στην αίσθηση του τόπου (Brown & Raymond, 2007; Jorgensen & Stedman, 2006; Kyle, Graefe & Manning,

2005; Raymond, Brown & Weber, 2010; Williams & Vaske, 2003). Η προσκόλληση του τύπου δίνει ιδιαίτερη έμφαση στην προσωπική εμπειρία & τους συναισθηματικούς δεσμούς ενός τύπου & το μοναδικό νόημα που σχηματίζεται μέσα από αυτό (Shamai, 1991).

Ένα αυτοκίνητο μπορεί να θεωρηθεί ως ένας τύπος έκφρασης & σύνθεσης της ταυτότητας του οδηγού & ως εκ τούτου μπορεί να είναι το αντικείμενο συναισθηματικού δεσμού, προσκόλλησης. Αυτό που είναι αξιοσημείωτο είναι ότι η εισαγωγή της τεχνολογίας έξυπνων αυτοκινήτων αποτελεί έναν «υβριδικό χώρο» (de Souza e Silva, 2006) όπου ο χώρος πληροφοριών & ο πραγματικός χώρος είναι συντηγμένοι. Η έξυπνη τεχνολογία αυτοκινήτου αλλάζει το περιβάλλον που βιώνει ο οδηγός. Υπενθυμίζοντας ότι ένα αυτοκίνητο έχει εγγενή χαρακτηριστικά κινητικότητας, το ίδιο το αυτοκίνητο γίνεται σαν ένα μεγάλο φορητό μέσο με την εισαγωγή έξυπνης τεχνολογίας αυτοκινήτου που συνδυάζει τον κινητό χώρο με τον χώρο επικοινωνίας & πληροφοριών. Ένας οδηγός βρίσκεται σε αυτόν τον «υβριδικό χώρο» καθώς χρησιμοποιεί τεχνολογίες εντός του οχήματος.

Πώς λοιπόν αυτό το υβριδισμό θα επηρέαζε τον οδηγό η προσκόλληση σε ένα μέρος; Προηγούμενη έρευνα πάνω στο αυτοκίνητο, ειδικά για τον ήχο του αυτοκινήτου, λέει ότι η τεχνολογία μέσων που εισήχθη στο αυτοκίνητο μετατρέπει το αυτοκίνητο σε έναν πιο ιδιωτικό χώρο. Ο Bull (2004) προτείνει ότι η τεχνολογία ήχου αποτελεί έναν νέο τρόπο «κατοικίας» στον καθημερινό χώρο μας, δημιουργώντας ειδικά έναν μη υποκατάστατο «θάλαμο ακουστικής ακρόασης». Μέσα στο χώρο του αυτοκινήτου, ο οδηγός μπορεί να νιώσει την άνεση & την ευτυχία του βυθίζοντας τον εαυτό του στον ήχο. Παρομοίως, ο Bysterveld (2010) ανέλυσε επίσης το ραδιόφωνο του αυτοκινήτου & τον εσωτερικό σχεδιασμό αυτού & κυρίως των ευρωπαϊκών αυτοκινήτων από τη δεκαετία του 1920 έως τη δεκαετία του 1990, διαπίστωσε πως η εισαγωγή συστημάτων ήχου αυτοκινήτου έκανε το αυτοκίνητο μια πολύ προσωπική, ελεγχόμενη, «ηχητική φούσκα». Ο ήχος του αυτοκινήτου έχει κάνει το αυτοκίνητο να εξελιχθεί σε «ακουστική κουκούλα», ενώ διαμορφώνει το αισθητήριο απόρρητο. Αυτές οι μελέτες δείχνουν ότι όταν ο χώρος του αυτοκινήτου εξατομικεύεται με τη διείσδυση της τεχνολογίας των μέσων, ο οδηγός μπορεί να αισθανθεί μια ισχυρότερη αίσθηση προσκόλλησης.

Το πρόβλημα είναι ότι οι τεχνολογίες έξυπνων αυτοκινήτων σχετίζονται όχι μόνο με τα μέσα ακρόασης αλλά & με διάφορες αισθητηριακές πληροφορίες. Μπορεί να προκαλέσει ρωγμές σε εγκεφαλικές φυσαλίδες όταν οι πληροφορίες σχετικά με τον εξωτερικό χώρο εισέρχονται συνεχώς μέσω του συστήματος ψυχαγωγίας. Σύμφωνα με τα λόγια του Edward Soja (1999), ο χώρος που σχηματίζεται πρόσφατα στο ραγισμένο μέρος ενός εγκεφάλου δεν είναι ο φυσικός χώρος ούτε ο χώρος πληροφοριών, αλλά ο «τρίτος χώρος». Ο οδηγός ταλαντεύεται μεταξύ του τύπου & του χώρου πληροφοριών (Thielmann, 2006), το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε σύγχυση της προσκόλλησης.

## 6.1 Smart Cities

- Μια έξυπνη πόλη χρησιμοποιεί τεχνολογίες πληροφοριών & επικοινωνιών
- Βελτιώνει την ποιότητα, την απόδοση & τη διαδραστικότητα των αστικών υπηρεσιών.
- Την μείωση του κόστους & της κατανάλωσης πόρων &
- Την βελτίωση της επαφής μεταξύ πολιτών & κυβέρνησης.

### Case Study

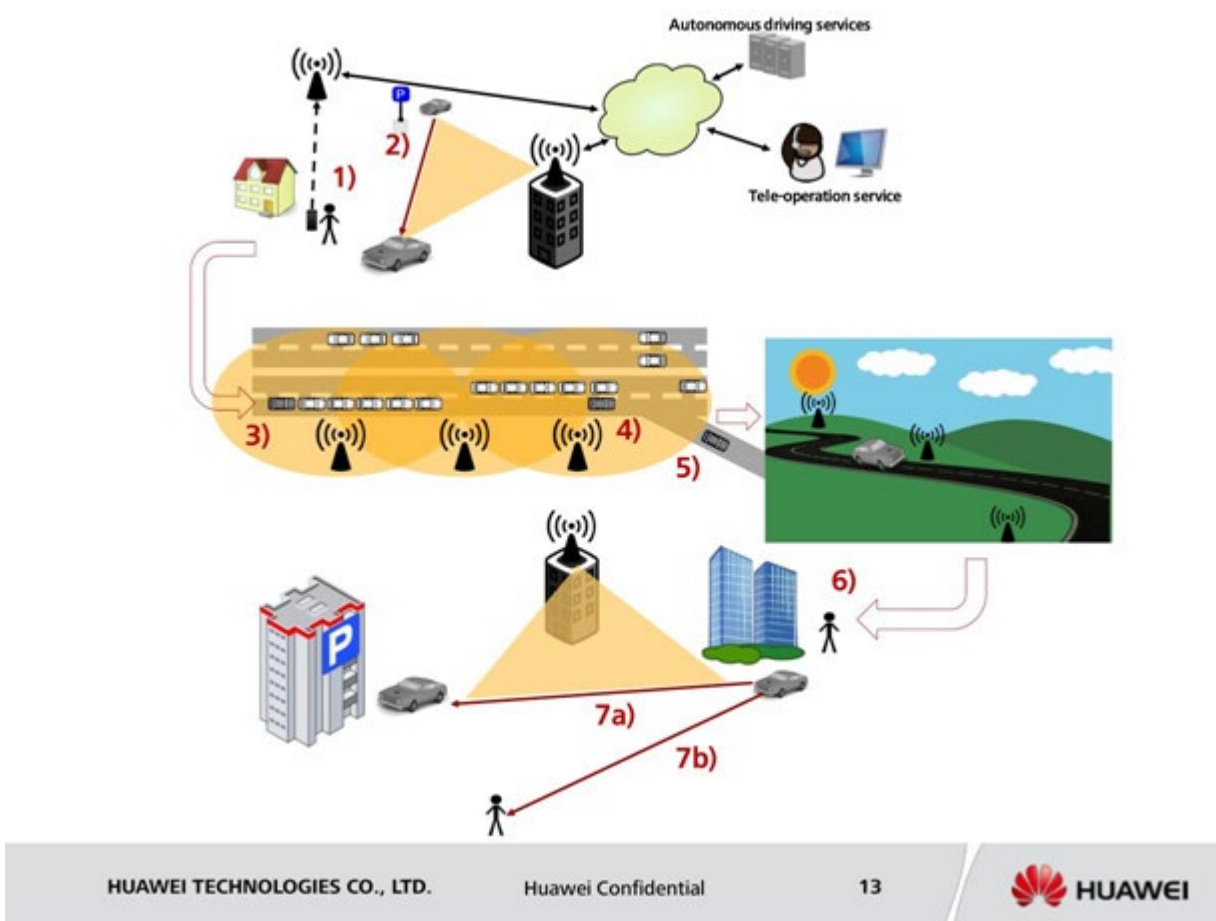
Ενώ οι αισθητήρες εντός του οχήματος μπορούν να επιτρέψουν πολλές λειτουργίες χωρίς τη χρήση της επικοινωνίας μεταξύ οχημάτων, τα οφέλη που υπόσχεται η επικοινωνία V2X είναι: i) ασφαλέστερη οδήγηση ως συνέπεια της ενεργοποίησης των καλά μελετημένων περιπτώσεων χρήσης ασφάλειας & ii) της βελτιωμένης οδικής χωρητικότητας λόγω στην καλύτερη χρήση των υποδομών οδικών & χώρων στάθμευσης.

Ως σημείο εκκίνησης, παρακάτω επεξεργαζόμαστε τα πιθανά οφέλη της επικοινωνίας V2X μέσω ενός επεξηγηματικού παραδείγματος

Οι ακόλουθες περιπτώσεις χρήσης χρησιμοποιούνται σε διαδοχικά βήματα αναλόγως.

- Όχημα κατ' απαίτηση: ένας χρήστης οχήματος χαιρετά ένα αυτοκίνητο μέσω μιας εφαρμογής ανάλογα με το σκοπό (π.χ., μια ημέρα της εβδομάδας: οικογενειακό sedan, σε ένα ηλιόλουστο Σαββατοκύριακο: μετατρέψιμο).
- Το όχημα αυτοδηγείται ή τηλεχειρίζεται (είτε από ανθρώπινο είτε απομακρυσμένο ρομπότ με τεχνητή νοημοσύνη) από χρήστη. Η προσωπική εφαρμογή μεταφοράς του χρήστη που είναι συνδεδεμένη μέσω του κινητού ραδιοφωνικού δικτύου προσαρμόζει το αυτοκίνητο στις προεπιλογές του.
- Το όχημα είναι ικανό να οδηγεί τον εαυτό του: ψάχνει για την πινακίδα που ταιριάζει καλύτερα στις προτιμήσεις του χρήστη του οχήματος & εκτελεί συνεργατικούς ελιγμούς για να ενταχθεί σε επιλεγμένη ουτοπία, εξοικονομώντας έτσι ενέργεια επιτρέποντας στο αυτοκίνητο να ακολουθεί σε πολύ σύντομα κενά.





Απεικόνιση λειτουργίας μιας smart city από την Huawei (σχημ. 6.2)

Παρόλο που αυτό το παράδειγμα μπορεί να φαίνεται πολύ στο μέλλον, το μεγαλύτερο μέρος της τεχνολογίας που απαιτείται για την ενεργοποίησή του (χάρτες υψηλής ακρίβειας, πληροφορίες κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο, αισθητήρες μέσα στο όχημα όπως ραντάρ, κάμερες, υπερήχων κ.λπ.) είτε είναι ήδη διαθέσιμοι είτε θα είναι στο εγγύς μέλλον. Το πιο σημαντικό στοιχείο που λείπει είναι το σύστημα επικοινωνίας υψηλής αξιοπιστίας & χαμηλού λανθάνοντος χρόνου. Η σύγκλιση των τεχνολογιών επικοινωνίας με προηγμένους αισθητήρες μέσα στο όχημα, σε συνδυασμό με την πανταχού παρούσα συνδεσιμότητα δικτύου & τα διαθέσιμα δεδομένα πληροφοριών κυκλοφορίας, μπορεί να οδηγήσει σε απρόσκοπτη κινητικότητα μεταξύ προέλευσης & προορισμού του χρήστη, χωρίς την ανάγκη παραλαβής, αποβίβασης ή ακόμη & ιδιοκτησίας ενός οχήματος. Τα οφέλη αυτού του παραδείγματος κινητικότητας είναι πολλαπλά:

Λόγω της καλύτερης χρήσης του δρόμου & του συντονισμού της κυκλοφορίας σε επίπεδο συστήματος, η οδική ικανότητα βελτιώνεται, έχοντας ως συνέπεια τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, την καλύτερη οικονομία καυσίμου & λιγότερο χρόνο στην κυκλοφορία (Βλέπε σχήμα 6.2).

Ο χρήστης πηγαίνει κατευθείαν από την πόρτα του στον προορισμό, χωρίς να χρειάζεται να ακολουθήσει τα ενδιάμεσα βήματα:

- να πάρει το αυτοκίνητο από χώρο στάθμευσης.
- οδήγηση σε άλλο χώρο στάθμευσης αντί για προορισμό.
- περπάτημα από το χώρο στάθμευσης στον προορισμό.

Το μελλοντικό όχημα μπορεί να εκληφθεί ως μια ισχυρή κινητή συσκευή που είναι εξοπλισμένη με διάφορους αισθητήρες (κάμερα, ραντάρ, εξαιρετικά ήχος κ.λπ.), με επαρκείς υπολογιστικούς πόρους για την υποστήριξη ενός ευρέος φάσματος υπηρεσιών αυτοκινήτων. Πολλές τρέχουσες προσπάθειες σχετικά με τα αυτοματοποιημένα αυτοκίνητα υιοθετούν μια μη συνεργατική προσέγγιση για την αυτοματοποιημένη οδήγηση, όπου ο βασικός στόχος είναι η αντικατάσταση του ανθρώπινου οδηγού με ένα πρόγραμμα οδήγησης «ρομπότ»: ένας συνδυασμός αισθητήρων & λογισμικού στο όχημα. Ωστόσο, ενώ η αντικατάσταση ενός ανθρώπου με ένα πρόγραμμα οδήγησης ρομπότ ενδέχεται να έχει περιορισμένο αντίκτυπο όσον αφορά την ασφάλεια, ο αντίκτυπος στην οδική απόδοση είναι ελάχιστος

Οι περιπτώσεις χρήσης V2X εστιάζονται στην ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα της κυκλοφορίας & τις υπηρεσίες ψυχαγωγίας. Βασικές λειτουργικές απαιτήσεις & απαιτήσεις απόδοσης για την ασφάλεια έχουν ήδη περιγραφεί από το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων (ETSI) & το Intelligent Transport Systems (ITS) του Υπουργείου Μεταφορών των ΗΠΑ & μεμονωμένα ερευνητικά έργα.

Με την αυξανόμενη διαθεσιμότητα οχημάτων που είναι ικανά να υποστηρίξουν υψηλότερα επίπεδα αυτοματισμού, η ανάγκη συντονισμού μεταξύ των οχημάτων & η ικανότητά τους να το κάνουν γίνεται όλο & πιο σημαντική. Όλα τα αυτοματοποιημένα οχήματα βασίζονται στην υπόθεση ότι σχεδιάζουν συνεχώς τις τροχιές τους & με βάση το παρατηρούμενο περιβάλλον, επιλέγουν την τροχιά οδήγησης. Λόγω των απαιτήσεων ασφάλειας, η αυτοματοποιημένη οδήγηση ορίζει τις πιο αυστηρές απαιτήσεις απόδοσης για το επίπεδο επικοινωνίας όσον αφορά την καθυστέρηση, την αξιοπιστία & την χωρητικότητα. Cooperative Lane Change, Cooperative Collision, Convoy Management (Platooning) κ.α πολλά είναι τα τυπικά παραδείγματα περιπτώσεων χρήσης V2X που αναμένεται τελικά να οδηγήσουν σε πλήρως συνδεδεμένα αυτοματοποιημένα οχήματα.

Τα εμπλεκόμενα οχήματα ενεργοποιούν μια συγκεκριμένη περίπτωση χρήσης για λόγους ασφαλείας (π.χ. ελιγμός έκτακτης ανάγκης) ή για αποτελεσματική ροή κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας τα δεδομένα παρακολούθησης από τους εγκατεστημένους αισθητήρες, μαζί με τις πληροφορίες που λαμβάνονται από γειτονικά οχήματα. Στη συνέχεια, τα αυτοματοποιημένα οχήματα αναλαμβάνουν να συντονίσουν & να σχεδιάσουν τους ελιγμούς ή τις τροχιές τους, προκειμένου να αντιμετωπίσουν το κατάλληλο ελιγμό & οδήγηση με βάση την ενσωματωμένη περιβαλλοντική αντίληψη. Καθώς τα οχήματα προχωρούν σε υψηλότερα επίπεδα αυτοματισμού & πρέπει να αντιμετωπίζουν όλο & πιο περίπλοκες καταστάσεις δρόμου, θα υπάρχει ανάγκη για μια συμπληρωματική τεχνολογία επικοινωνίας για την ανταλλαγή πληροφοριών συνεργασίας με υψηλότερο εύρος ζώνης & βελτιωμένη αξιοπιστία (Βλέπε σχήματα 6.3 & 6.4).



**5 May 2015: First Self-Driving Truck on a Highway (σχμ.6.3)**



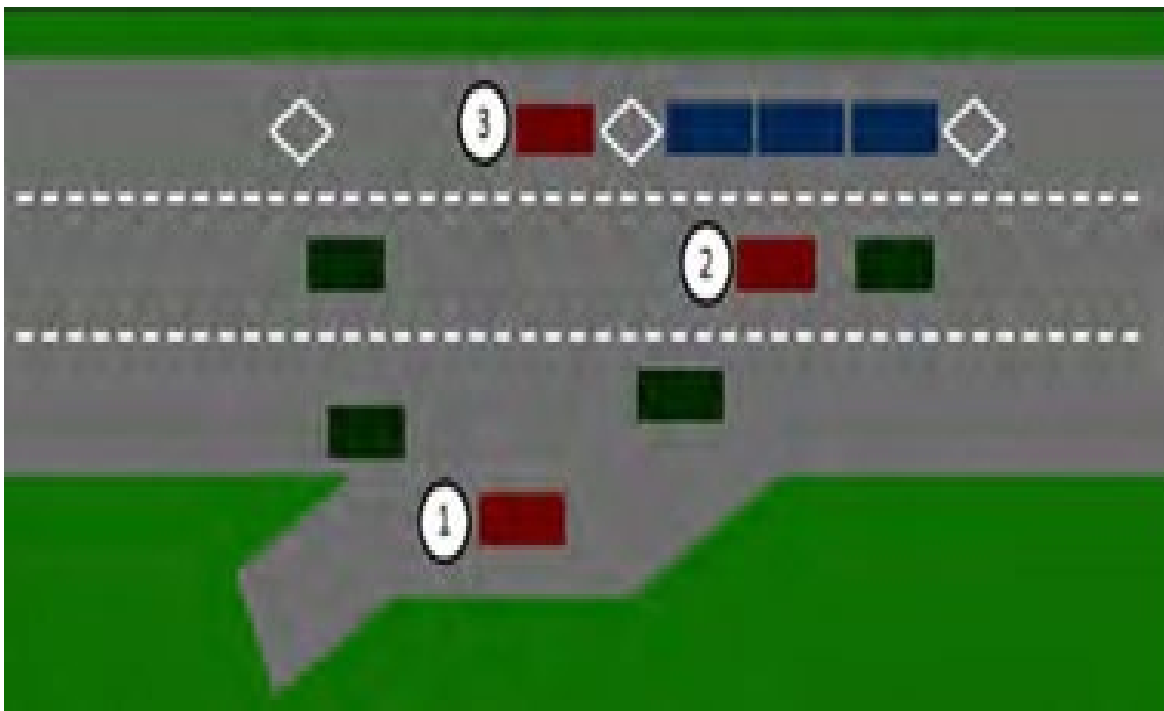
**2015 Mercedes-Benz Driverless F-01 (σχμ.6.4)**

## 6.2 Control Transfer Between Driver & Automated System

Το αυτοματοποιημένο σύστημα λειτουργεί κανονικά υπό συνθήκες που υπερβαίνουν τις δυνατότητες των οδηγών.

Ελέγχεται η μεταφορά κανονικά στις τοποθεσίες check-in & check-out κατά την είσοδο & την έξοδο από την αυτοματοποιημένη λωρίδα αυτοκινητόδρομου.

Ζητήματα: Μη φυσιολογικό έλεγχο έχουμε όταν ένα αυτοματοποιημένο σύστημα αποφασίζει υπό ποιες συνθήκες, ο οδηγός παίρνει τον έλεγχο από το αυτοματοποιημένο σύστημα. (Βλέπε σχήμα 6.5).

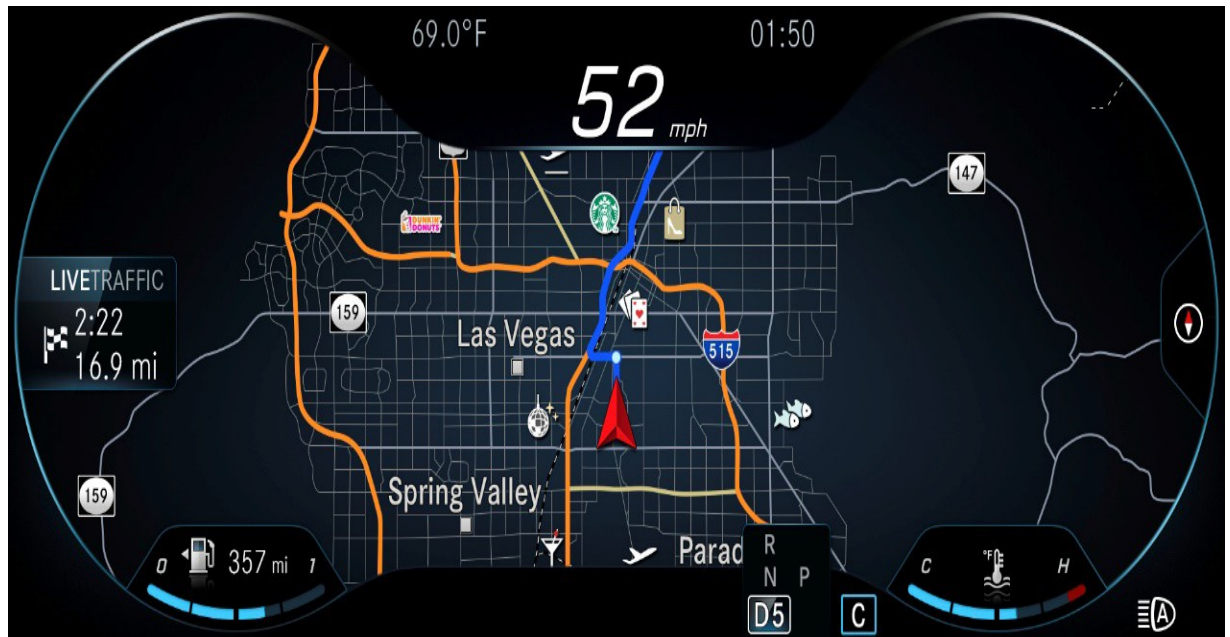


Αυτοματοποιημένο σύστημα αυτοκινήτων (σχμ. 6.5)

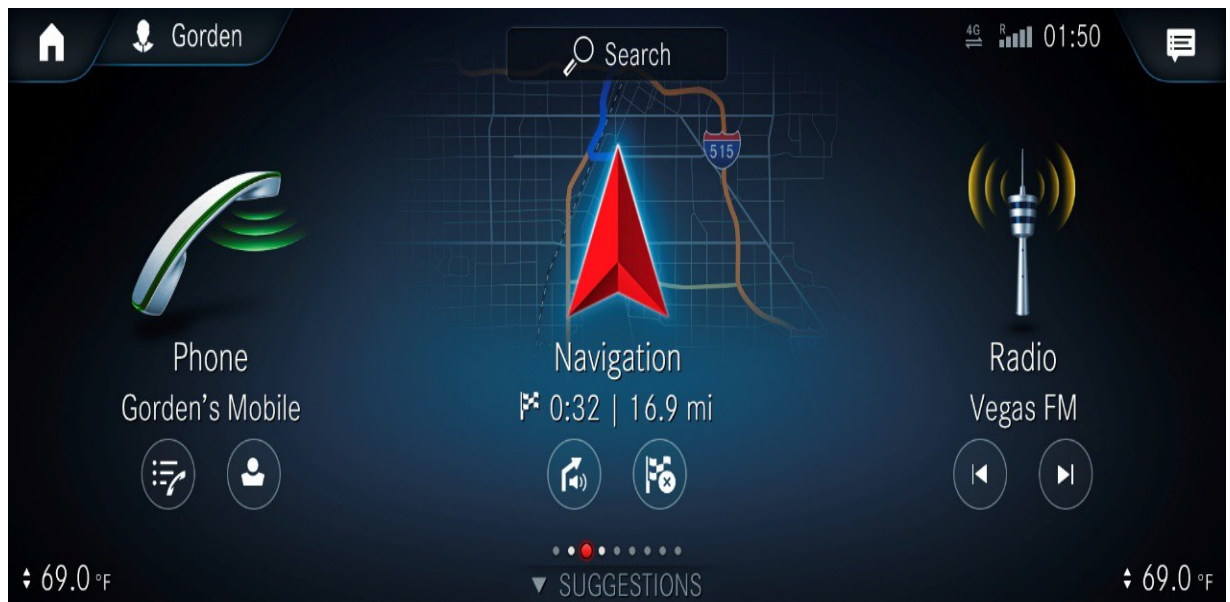
## 6.3 MBUX - Ένα διαδραστικό σύστημα τηλεματικής

Στα νέα ξεχωριστά χαρακτηριστικά της νέων αυτοκινήτων της Mercedes-Benz, περιλαμβάνεται το εντελώς νέο σύστημα τηλεματικής & πολυμέσων MBUX (Mercedes-Benz User Experience). Πρόκειται για ένα είδος ασύρματης σύνδεσης ανάμεσα στον οδηγό, το όχημα & τους επιβάτες & διαθέτει δυνατότητα εκμάθησης μέσω τεχνητής νοημοσύνης.

Στο ταμπλό ενσωματώνονται δύο οθόνες (η μια είναι αφής) που ξεκινούν από μέγεθος 7 ιντσών & φτάνουν έως τις 10.25 ίντσες (26 cm) για να δημιουργήσουν ένα εντελώς αυτόνομο σύνολο ευρείας οθόνης όπως βλέπουμε στις επόμενες εικόνες (Βλέπε σχήματα 6.6 & 6.7).



Οθόνη οδηγού 7' (σχμ. 6.6)



Οθόνη αφής 10' (σχμ. 6.7)

Η νέα A-Class είναι το πρώτο μοντέλο Mercedes-Benz που διαθέτει το ολοκαίνουργιο σύστημα τηλεματικής & πολυμέσων MBUX. Μοναδικό χαρακτηριστικό αυτού του συστήματος είναι η ικανότητά του να μαθαίνει χάρη στην τεχνητή νοημοσύνη. Το MBUX προσαρμόζεται στις απαιτήσεις & στις συνήθειες κάθε χρήστη. Έτσι δημιουργεί μια συναισθηματική σύνδεση ανάμεσα στο όχημα, στον οδηγό & τους επιβάτες. Στα δυνατά του σημεία περιλαμβάνονται το κόκπιτ (οθόνη οδηγού) με ευρεία οθόνη (Widescreen) υψηλής ανάλυσης, η λειτουργία αφής της οθόνης πολυμέσων, η οθόνη πλοήγησης με τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας & ο έξυπνος φωνητικός έλεγχος με αναγνώριση φυσικού λόγου που ενεργοποιείται με τη φράση “Hey Mercedes”. Η οθόνη αφής αποτελεί μέρος του ολοκληρωμένου σχεδιασμού ελέγχου μέσω αφής του MBUX, μιας τριάδας που περιλαμβάνει την οθόνη αφής, το touchpad στην κεντρική κονσόλα & τα πλήκτρα ελέγχου αφής στο τιμόνι (Βλέπε σχήμα 6.8).



Άποψη καμπίνας Mercedes A Class (σχμ. 6.8)

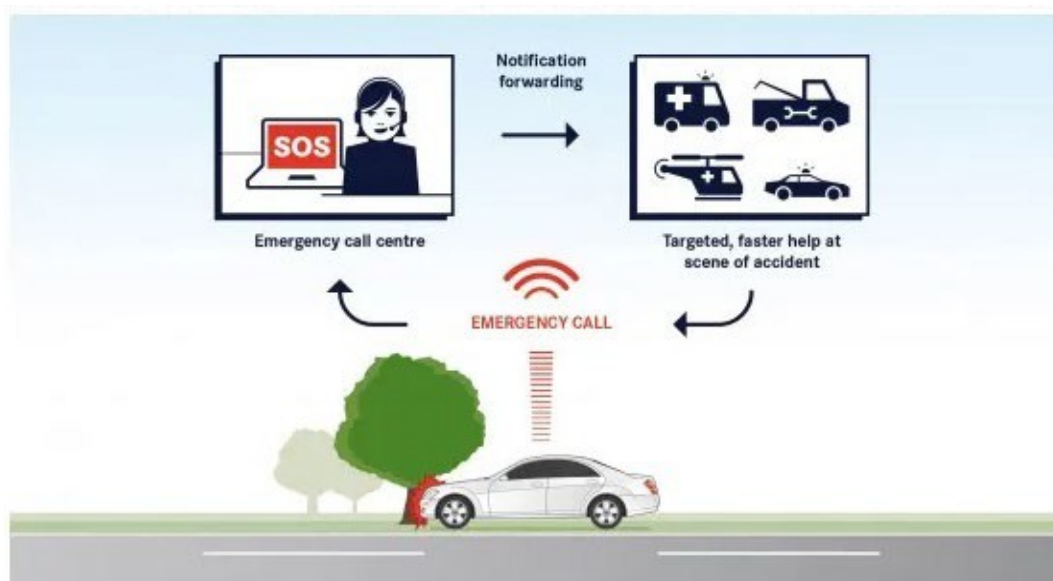
Το MBUX προκαλεί επανάσταση στην εμπειρία χρήστη μέσα στο αυτοκίνητο. Ελκυστικά χαρακτηριστικά προβολής υπογραμμίζουν την ευκολία κατανόησης του συστήματος ελέγχου & ενθουσιάζουν με εντυπωσιακά τρισδιάστατα γραφικά ύψιστης ανάλυσης, τα οποία παρέχονται, δηλαδή υπολογίζονται & εμφανίζονται, σε πραγματικό χρόνο.

Η συλλογή εφαρμογών Mercedes me μπορεί να τοποθετηθεί ως εικονίδιο στην οθόνη με τρόπο φιλικό προς το χρήστη & να ταξινομηθεί ελεύθερα στην αρχική σελίδα, όπως όλες οι υπόλοιπες βασικές εφαρμογές. Επιπλέον, στο MBUX εμφανίζονται προαιρετικά online πληροφορίες, όπως οι ισχύουσες τιμές των πρατηρίων καυσίμου ή οι θέσεις στάθμευσης σε πολύροφους χώρους στάθμευσης κτλ. Η online ενημέρωση είναι ένας εύκολος τρόπος εισαγωγής νέου περιεχομένου στο MBUX.

Η Ευρωπαϊκή επιτροπή είχε ορίσει ως το 2015, οι αυτοκινητοβιομηχανίες να έχουν ένα σύστημα κλήσης έκτακτης ανάγκης eCall σε όλα τα αυτοκίνητα, με την Mercedes-Benz να πρωτοπορεί & να το θέτει σε λειτουργία, 3 χρόνια πριν την υποχρεωτική έναρξη λειτουργίας του συστήματος. Η πρωτοβουλία της ΕΕ ονομάζεται eSafety & με το eCall μειώνεται κατά 50% ο χρόνος που φτάνουν στο σημείο του ατυχήματος οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης σε αγροτικές περιοχές & 40% εντός πόλεων. Αυτό θα μπορούσε να σημαίνει έως & 2.500 λιγότερους θανάτους ετησίως, στους δρόμους της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Το Mercedes-Benz eCall, που ενσωματώνεται στο σύστημα infotainment MBUX, είναι ένα σύστημα το οποίο σε περίπτωση σοβαρού τροχαίου, στέλνει αυτόματα την ακριβή τοποθεσία που συνέβη το ατύχημα καθώς & το μοντέλο, το VIN (Vehicle Identification Number) & τα χαρακτηριστικά του αυτοκινήτου, στα κεντρικά της Mercedes & από εκεί προωθούνται στις ομάδες διάσωσης, όπως στα νοσοκομεία, στη πυροσβεστική & στην αστυνομία.

Το σύστημα είναι στάνταρ στη τελευταία έκδοση του συστήματος διεπαφής COMAND Online & συνεργάζεται πλήρως με τον ενιαίο αριθμό έκτακτης ανάγκης της ΕΕ, το 112. Ο χαρακτηριστικός τρόπος λειτουργίας του συστήματος eCall απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (Βλέπε σχήμα. 6.9).



Σύστημα eCall (σχμ. 6.9)

## ΕΠΙΛΟΓΟΣ

### Επίλογος

Γνωρίζουμε ότι η τεχνολογία σήμερα προοδεύει ραγδαία & οι εξελίξεις τρέχουν πέρα από κάθε προσδοκία, προχωρώντας στην δημιουργία & την κατασκευή των λεγόμενων «μικροαισθητήρων» & «έξυπνων αισθητήρων», όπως παρουσιάσαμε παραπάνω & τα τεράστια οφέλη που προκύπτουν από αυτές τις διατάξεις. Οι περίπλοκες συσκευές που υπάρχουν σήμερα σε χώρους εργασίας, στα σπίτια καθώς & σε άλλους τομείς περιλαμβάνουν τεχνολογίες, οι οποίες μόλις πριν από μερικά χρόνια αποτελούσαν την πραγματικότητα στις εργαστηριακές εφευρέσεις. Το κύριο αίτιο φυσικά για την ύπαρξη, την ραγδαία ανάπτυξη & διαθεσιμότητα αυτού του εξοπλισμού είναι η εξέλιξη της μικροηλεκτρονικής, των υπολογιστών & των μικροεπεξεργαστών σε συνδυασμό πάντα με τα σημερινά υψηλής τεχνολογίας συστήματα μέτρησης. Εντούτοις η λειτουργία τέτοιων συστημάτων θα ήταν πολύ φτωγή, εάν τα υπολογιστικά προγράμματα λήψης αποφάσεων δεν εφοδιάζονταν με εξελιγμένους αλγόριθμους μηχανικής μάθησης καθώς και με το πλήθος της πολυ-διάστατης πληροφορίας που είναι διαθέσιμη σήμερα. Εφόσον αυτή η πληροφορία συλλέγεται από τους αισθητήρες, ρυθμίζεται να έχει την κατάλληλη μορφή & στη συνέχεια παρέχεται στο σύστημα του Η/Υ, όπου εκεί αξιοποιείται & δημιουργεί μία κατάλληλη απόκριση. Όλα τα στοιχεία μιας διάταξης αισθητήρα θα πρέπει να παρέχουν το απαιτούμενο επίπεδο απόδοσης. Η αλματώδης πρόοδος στην τεχνολογία κατασκευής όλων των στοιχείων διάταξης των σύγχρονων αισθητήρων οδήγησαν συνδυαστικά στην περαιτέρω ανάπτυξη εντυπωσιακά «έξυπνων» αισθητήρων & των δικτύων τους.

Η ανάπτυξη έξυπνων οχημάτων με υψηλής αυτονομίας συσσωρευτές, ως μονάδα διεσπαρμένης αποθήκευσης ενταγμένων σε «ευφυή» δίκτυα 5G, μπορεί αφενός να λειτουργήσει ως κίνητρο για την ενισχυμένη κατανάλωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) έναντι άλλων μορφών ενέργειας & αφετέρου μπορεί να συμβάλλει κατά τρόπο αξιόπιστο στη μείωση της κορύφωσης ζήτησης ορυκτών καυσίμων & στην συνακόλουθη μείωση των εκπομπών εναέριων ρύπων, ενισχύοντας παράλληλα & τα κοινωνικό-οικονομικά οφέλη από την πιο εντατική χρήση του ηλεκτρικού δικτύου. Η παραπάνω πρακτική μπορεί να βρει κάλλιστα εφαρμογή στα ελληνικά νησιά & κυρίως στα μη-διασυνδεδεμένα, με εντυπωσιακά αποτελέσματα στη μείωση των εκπομπών, στην αξιοπιστία του δικτύου, αλλά & αλλά & στην οικονομική αυτάρκεια του καταναλωτή. Η Πολιτεία οφείλει επίσης να βοηθήσει προκειμένου να διευκολύνει τη διείσδυση πράσινων ηλεκτρικών οχημάτων θεσπίζοντας πρόσθετα μέτρα, όπως εφαρμογή προγράμματος απόσυρσης με συνδυασμό με την επιδοτηση αγοράς υβριδικού ή ηλεκτρικού αυτοκινήτου. Διάθεση δημόσιου δικτύου φόρτισης ηλεκτρικών αυτοκινήτων, μετατροπή δημόσιων & δημοτικών οχημάτων σε υβριδικά & ή αγορά νέων ηλεκτρικών οχημάτων, καθώς επίσης & ειδική τιμολογιακή πολιτική & ελαφρύνσεις για τους κατόχους ηλεκτρικών οχημάτων.

Τέλος θα πρέπει να καλλιεργηθούν συνθήκες ευαισθητοποίησης των πολιτών σε θέματα εξοικονόμησης ενέργειας & προστασίας του περιβάλλοντος. Οπότε & αναδιάταξης των προτεραιοτήτων τους ως προς τα κριτήρια με τα οποία αποφασίζουν για τις αγορές νέων αυτοκινήτων ή τις αποσύρσεις των παλαιών τους.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Βιβλιογραφία

AKYILDIZ, I. AND KASIMOGLU, I. 2004. Wireless sensor & actor networks: Research challenges.

Ad Hoc Networks Journal 2, 4, 351–367.

ALLRED, J., HASAN, A., PANICHSAKUL, S., W. PISANO, P. G., J. HUANG, R. H., LAWRENCE, D.,

AND MOHSENI, K. 2007. Sensorflock: an airborne wireless sensor network of micro-air vehicles.

In SenSys. ACM, 117–129.

BALCH, T. AND ARKIN, R. C. 1998. Behavior-based formation control for multirobot teams. IEEE Transactions on Robotics & Automation 14, 6, 926–939.

BIH, J. 2006. Paradigm shift - an introduction to fuzzy logic. IEEE Potentials 25, 1, 6–21.

BURGARD, W., MOORS, M., STACHNISS, C., AND SCHNEIDER, F. 2005. Coordinated multi-robot exploration. IEEE Transactions on Robotics 21, 3, 376–386.

CARUSO, M., BRATLAND, T., SMITH, C., AND SCHNEIDER, R. 1998. A New Perspective on Magnetic Field Sensing. Sensors 15, 12, 34–46.

CARUSO, M. J. 2000. Applications of magnetic sensors for low cost compass systems. IEEE Position Location & Navigation Symposium, 177–184.

COATES, A., ABBEEL, P., AND NG, A. 2008. Learning for control from multiple demonstrations. In

ACM JOURNAL NAME, VOL. V, NO. N, MONTH 20YY.

Proceedings of the 25th Annual International Conference on Machine Learning (ICML 2008), A. McCallum & S. Roweis, Eds. Omnipress, 144–151.

DAS, A., FIERRO, R., OSTROWSKI, V. K. J., SPLETZER, J., AND TAYLOR, C. 2002. A vision-based

Information control framework. IEEE Transactions on Robotics & Automation 18, 5, 813–825. EGERSTEDT, M., HU, X., AND STOTSKY, A. 2001. Control of mobile platforms using a virtual vehicle approach. IEEE Transactions on Automatic Control 46, 11, 17771782.

FOLLOWME. 2008. Demonstration video. <http://www.youtube.com/watch?v=ZzWYO5dbo1M>. FREDSLUND, J. AND MATARIC, M. 2002. A general algorithm for robot formations using local sensing & minimal communication. IEEE Transactions on Robotics & Automation 18, 5, 837–846.

FRITZ, H. 1999. Longitudinal & lateral control of heavy-duty trucks for automated vehicle following in mixed traffic: experimental results from the chauffeur project. Control Applications 2, 1348–1352 vol. 2.

GAURA, E. AND NEWMAN, R. 2006. Wireless sensor networks: The quest for planetary field sensing.

In LCN. 596–603.

HAYAT, D. 2002. Traffic regulation system for the future automated highway. Systems, Man & Cybernetics 3.

HENKIND, S. J. AND HARRISON, M. 1988. An analysis of four uncertainty calculi. IEEE Tran. on Systems, Man & Cybernetics 18, 5, 700–714.

JADBABAIE, A., LIN, J., AND MORSE, A. 2003. Coordination of groups of mobile autonomous agents using nearest neighbor rules. Automatic Control, IEEE Transactions on 48, 6, 988–1001.

LIU, S., TAN, D., AND LIU, G. 2007. Robust leader-follower formation control of mobile robots based on a second order kinematics model. Acta Automatica Sinica 33, 9, 947–955.

MAMDANI, E. H. AND ASSILIAN, S. 1975. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller. *International Journal of Man-Machine Studies* 7, 1, 1–13.

MARIN-PERIANU, M. AND HAVINGA, P. 2007. D-FLER: A distributed fuzzy logic engine for rule-based wireless sensor networks. In *UCS*. 86–101.

OGREN, P. EGERSTEDT, M. AND HU, X. gent coordination. *IEEE Transactions on Robotics & Automation* 18, 5, 847851.

PNI CORPORATION. 2008. <http://www.pnicorp.com>.

REYNOLDS, C. 1987. Flocks, herds, & schools: A distributed behavioral model. *Computer Graphics* 21, 4, 25–34.

SAMARASOORIYA, V. N. S. AND VARSHNEY, P. K. 2000. A fuzzy modeling approach to decision fusion under uncertainty. *Fuzzy Sets & Systems* 114, 1, 59–69.

STIPANOVIC, D., INALHAN, G., TEO, R., AND TOMLIN, C. 2004. Decentralized overlapping control of a formation of unmanned aerial vehicles. *Automatica* 40, 8, 1285–1296.

STMICROELECTRONICS. 2008. <http://www.st.com>.

SWAROOP, D. AND HEDRICK, J. 1996. String stability of interconnected systems. *IEEE Transactions on Automatic Control* 3, 41, 349–357.

TANNER, H., JADBABAIE, A., AND PAPPAS, G. 2004. Flocking in teams of nonholonomic agents. In *Cooperative Control*. Springer, 229–239.

TITTERTON, D. AND WESTON, J. 2004. *Strapdown Inertial Navigation Technology*, 2nd Edition.

Institution of Electrical Engineers.

TUCK, K. 2007. Tilt sensing using linear accelerometers. Tech. Rep. AN3461, Freescale Semiconductor.

VIDAL, R., SHAKERNIA, O., AND SASTRY, S. 2004. Following the flock. IEEE Robotics & Automation Magazine 11, 4, 1420.

WANG, Z., CHEN, P., SONG, Z., CHEN, Y., AND MOORE, K. 2005. Formation control in mobile actuator/sensor networks. Unmanned Ground Vehicle Technology VII 5804, 1, 706–717.

WANG, Z., SONG, Z., CHEN, P.-Y., ARORA, A., STORMONT, D., AND CHEN, Y. 2004. Masmote- a mobility node for mas-net (mobile actuator sensor networks). Robotics & Biomimetics, 816–821.

Q. Memon, M. Ahmed, S. Ali, A. R. Memon and W. Shah, "Self-driving & driver relaxing vehicle," 2016

T. Luettel, M. Himmelsbach and H. Wuensche, "Autonomous Ground Vehicles—Concepts and a Path to the Future," in Proceedings of the IEEE, vol. 100, no. Special Centennial Issue, pp. 1831-1839, 13 May 2012

(Koopman, 2017), (Kurd et al., 2007), (Harris, 2016) & (McPherson, 2018).

Shalev-Shwartz et al., 2016, Chakarov et al., 2018)

Pendleton et al., 2017

Ferrel, 2010

Moller, 2012 & Burton S., 2017

Salay et al., 2017

Αυτόνομη Οδήγηση. Προκλήσεις, Προοπτικές & Ηθικά Διλήμματα του Κώτσιου Ποσειδώνα. Α.Π.Θ.

**Ασφαλής παρακολούθηση & διαχείριση έξυπνων αυτοκινήτων με χρήση ασύρματων αισθητήρων**

Mercedes-Benz Hellas,

[europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20190110STO23102/autonomia-autokinita-stin-ee-apo-epistimoniki-fantasia-se-apti-pragmatikotita](http://europarl.europa.eu/news/el/headlines/economy/20190110STO23102/autonomia-autokinita-stin-ee-apo-epistimoniki-fantasia-se-apti-pragmatikotita)