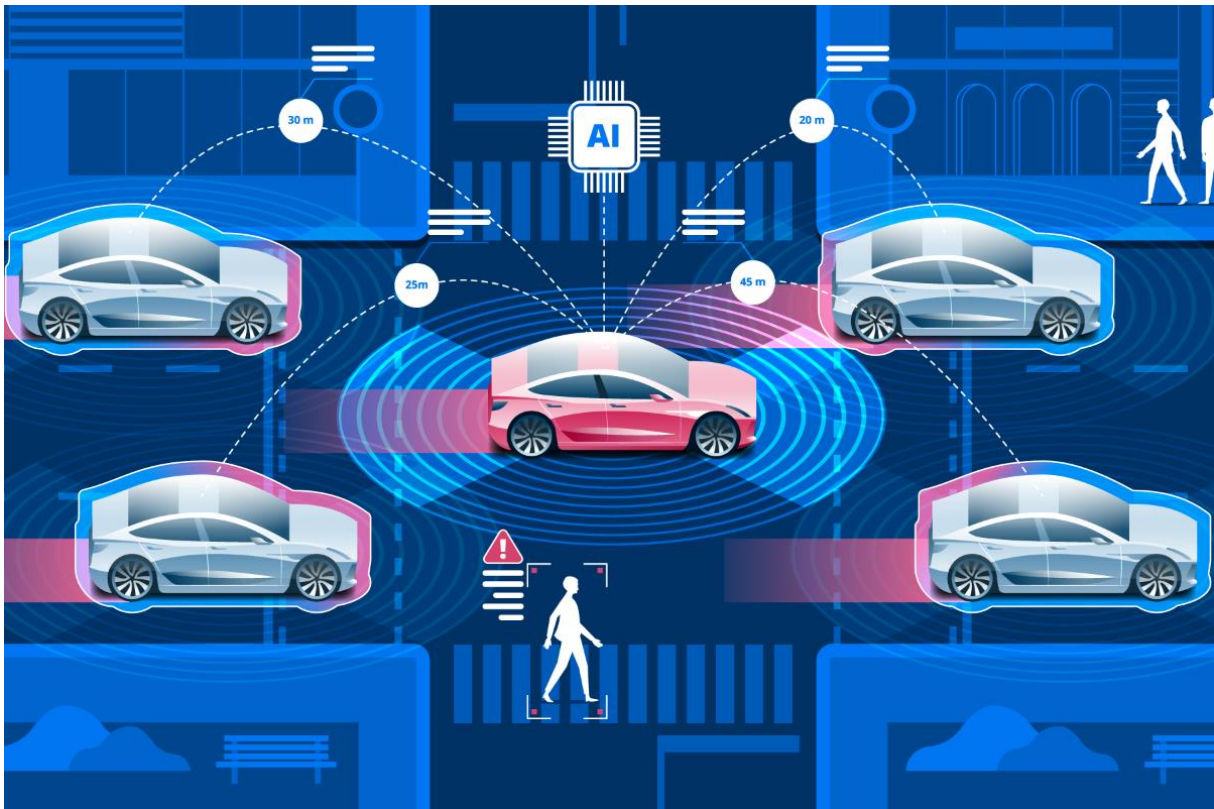


ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΛΟΠΟΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΠΡΟΗΓΜΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ



ΛΑΜΠΡΟΣ ΗΛΙΑΣ (ΑΜ 7362)

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ ΤΣΙΝΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2022

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε με σκοπό την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου και μελετά τα προηγμένα συστήματα ασφάλειας αυτοκινήτων (advanced cars safety systems).

Οι λόγοι οι οποίοι με έκαναν να ασχοληθώ με το κομμάτι της ασφάλειας των αυτοκινήτων είναι αρχικά η λατρεία που έχω για τα αυτοκίνητα καθώς ακόμη και η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας πάνω σε αυτά και συγκεκριμένα πάνω στην ασφάλεια, η οποία τα τελευταία χρόνια έχει παίξει σημαντικό ρόλο στην μείωση των θανάτων από τροχαία ατυχήματα.

Σε αυτό το σημείο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Τσινόπουλο Στέφανο, καθηγητή του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μου προσέφερε για την εκπόνηση της Πτυχιακής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου που στάθηκαν δίπλα μου καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μου. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους μου που ήταν πάντα δίπλα μου και είχα την αμέριστη συμπαράσταση τους όλα αυτά τα χρόνια.

Υπεύθυνη Δήλωση Φοιτητή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος Φοιτητής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο Φοιτητής

Λάμπρος Ηλίας

.....
(Υπογραφή)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γεγονός πως οι συνθήκες που επικρατούν στο οδικό δίκτυο και οι τάσεις που παρατηρούνται στους οδηγούς όταν χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο τους, έχει γίνει αντικείμενο μελέτης των ειδικών κέντρων πρόληψης ατυχημάτων και των αυτοκινητοβιομηχανιών. Δυστυχώς, η χρήση του κινητού τηλεφώνου και η αυξημένη ποσότητα αλκοόλ στο σώμα του οδηγού αποτελούν τις κυριότερες αιτίες που επιδρούν αρνητικά στην οδήγηση. Έτσι, από τα μέσα του 2022 όλα τα νέα αυτοκίνητα που θα διατίθενται στην αγορά είναι υποχρεωμένα να διαθέτουν προηγμένα συστήματα ασφάλειας με σκοπό την μέγιστη ασφάλεια των μηχανοκίνητων οχημάτων, την προστασία των επιβατών ενός οχήματος και των ευάλωτων χρηστών του οδικού δικτύου.

Με γνώμονα όλα τα παραπάνω η παρούσα πτυχιακή πραγματεύεται στην ανάλυση των προηγμένων συστημάτων ασφάλειας, ξεκινώντας με μία αναδρομή στο παρελθόν με σκοπό να φανερώσει την εξέλιξη της ασφάλεια στα αυτοκίνητα. Στη συνέχεια γίνεται μία αναφορά στο πλαίσιο του αυτοκινήτου και τις κατηγορίες του, αλλά και στον τομέα των αισθητήρων όπου αναλύονται οι τρόποι λειτουργίας των αισθητήρων, τα χαρακτηριστικά τους και κάποια παραδείγματα αυτών. Επίσης, γίνεται αναφορά στην αυτοματοποίηση, αναλύοντας τα έξυπνα συστήματα μεταφοράς και την επικοινωνία V2X. Τέλος, παρατίθενται τα συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	i
Εισαγωγή.....	ii
1. Γενικά στοιχεία για τα συστήματα ασφαλείας.....	1
1.1 Ασφάλεια Αυτοκινήτου.....	1
1.2 Η εξέλιξη της ασφαλείας.....	3
2. Πλαίσιο Αυτοκινήτου (Σασί).....	11
2.1 Εισαγωγή.....	11
2.2 Κατηγορίες πλαισίων.....	11
2.3 Υλικά και αντοχές.....	14
2.3.1 Steel - Χάλυβας.....	14
2.3.2 Aluminum - Αλουμίνιο.....	16
2.3.3 Carbon Fiber - Ίνες Άνθρακα.....	17
2.3.4 Magnesium - Μαγνήσιο.....	17
2.4 Crumple Zones - Ζώνες Τσαλακώματος.....	18
3. Αισθητήρες στα αυτοκίνητα.....	20
3.1 Εισαγωγή.....	20
3.2 Τρόποι λειτουργίας των αισθητήρων.....	21
3.3 Χαρακτηριστικά Αισθητήρων.....	23
3.4 Προηγμένα συστήματα υποβοήθησης του οδηγού (ADAS).....	26
3.4.1 RADAR.....	27
3.4.2 LIDAR.....	27
3.4.3 Αισθητήρες υπερήχων (Ultrasonic sensors).....	28
3.4.4 Κάμερες.....	29
3.5 Εφαρμογές ADAS.....	29
4. Αυτοματοποίηση των αυτοκινήτων.....	35
4.1 Εισαγωγή.....	35
4.2 Έξυπνο σύστημα μεταφοράς (ITS).....	37
4.3 Επικοινωνία V2X.....	41
4.3.1 Επικοινωνία V2V.....	42

4.3.2	Επικοινωνία V2I.....	43
4.3.3	Επικοινωνία V2N.....	44
4.3.4	Επικοινωνία V2P.....	45
4.4	Εφαρμογές επικοινωνίας V2X.....	46
4.4.1	Κατηγορίες Εφαρμογών V2X.....	46
4.4.2	Τεχνικές απαιτήσεις.....	49
4.5	Αρχιτεκτονική δικτύου οχημάτων.....	49
4.5.1	IEEE 802.11p.....	50
4.5.2	IEEE 802.11bd.....	54
4.5.3	Cellular V2X (C-V2X).....	55
4.5.4	NR V2X.....	62
	Συμπεράσματα	63
	Βιβλιογραφία	64

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1:	Άνοιγμα αερόσακου σε crash test.....	2
Εικόνα 2:	Υαλοκαθαριστήρας με μοχλό.....	3
Εικόνα 3:	Φώτα τροχοπέδησης.....	4
Εικόνα 4:	Προσκέφαλο καθίσματος.....	4
Εικόνα 5:	Απεικόνιση σχεδίου λειτουργίας των πρώτων υδραυλικών φρένων.....	5
Εικόνα 6:	Παρμπρίζ που παρέμεινε ένα κομμάτι μετά από ζημιά.....	5
Εικόνα 7:	Το πρώτο crash test.....	6
Εικόνα 8:	Σταδιακό άνοιγμα αερόσακου.....	6
Εικόνα 9:	Ζώνη τριών σημείων.....	7
Εικόνα 10:	Απεικόνιση αυτοκινήτου με και χωρίς ABS.....	7
Εικόνα 11:	Μία από τις πρώτες κάμερες οπισθοπορείας σε λειτουργία.....	8
Εικόνα 12:	Παράδειγμα λειτουργίας του ESP.....	8
Εικόνα 13:	Παράδειγμα λειτουργίας του Adaptive Cruise Control.....	9
Εικόνα 14:	Λειτουργία προειδοποίησης τυφλού σημείου.....	9
Εικόνα 15:	Λειτουργία συστήματος ανίχνευσης πεζών.....	10
Εικόνα 16:	Άνοιγμα αερόσακου για πεζούς.....	10
Εικόνα 17:	Πλαίσιο τύπου σκάλας.....	11

Εικόνα 18: Πλαίσιο τύπου μονοκόκ.....	12
Εικόνα 19: Πλαίσιο τύπου κόκκαλο.....	13
Εικόνα 20: Πλαίσιο τύπου σωληνωτό.....	13
Εικόνα 21: Τοποθέτηση τύπου χάλυβα ανάλογα με την επιθυμητή σκληρότητα.....	14
Εικόνα 22: Ανάλυση των διαφόρων ειδών αλουμινίου που τοποθετούνται στο πλαίσιο.....	16
Εικόνα 23: Πλαίσιο από ίνες άνθρακα.....	17
Εικόνα 24: Crash test αυτοκινήτου.....	18
Εικόνα 25: Απεικόνιση των ζωνών τσαλακώματος.....	18
Εικόνα 26: Διαχωρισμός ζωνών τσαλακώματος και κλωβού ασφαλείας.....	19
Εικόνα 27: Ανάλυση επαναληψιμότητας.....	24
Εικόνα 28: Ανάλυση του νεκρού σημείου σε διάγραμμα.....	25
Εικόνα 29: Παράδειγμα χρήσης και εμβέλειας ADAS.....	26
Εικόνα 30: Απεικόνιση LIDAR όταν είναι σε λειτουργία.....	27
Εικόνα 31: Τρόπος λειτουργίας των αισθητήρων υπερήχων.....	28
Εικόνα 32: Παράδειγμα λειτουργίας ACC.....	29
Εικόνα 33: Παράδειγμα αποφυγής προσωρινής τύφλωσης άλλων οδηγών.....	30
Εικόνα 34: Παράδειγμα προσαρμοστικότητας του φωτισμού.....	30
Εικόνα 35: Παράδειγμα αυτόματου παρκαρίσματος.....	31
Εικόνα 36: Παράδειγμα λειτουργίας του συστήματος πλοήγησης.....	31
Εικόνα 37: Παράδειγμα λειτουργίας συστήματος νυχτερινής όρασης.....	32
Εικόνα 38: Σήμανση ανίχνευσης οχήματος στην περιοχή του τυφλού σημείου.....	32
Εικόνα 39: Τρόπος λειτουργίας του φρεναρίσματος έκτακτης ανάγκης.....	33
Εικόνα 40: Παράδειγμα λειτουργίας αντιμετώπισης πλευρικών ανέμων.....	33
Εικόνα 41: Παράδειγμα εντοπισμού υπνηλίας του οδηγού.....	34
Εικόνα 42: Τρόποι μέτρησης της προσοχής του οδηγού.....	34
Εικόνα 43: Σχεδιάγραμμα επαγωγικής ανίχνευσης βρόχου.....	40
Εικόνα 44: Παράδειγμα ανιχνευτή οχήματος επαγωγικού βρόχου.....	40
Εικόνα 45: Παράδειγμα λειτουργίας βίντεο ανίχνευσης οχημάτων.....	41
Εικόνα 46: Παράδειγμα του V2X σε λειτουργία.....	42
Εικόνα 47: Επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων.....	43
Εικόνα 48: Επικοινωνία του οχήματος με τις υποδομές.....	44
Εικόνα 49: Επικοινωνία του οχήματος με τους πεζούς.....	45
Εικόνα 50: Τρόπος λειτουργίας της κάθε επικοινωνίας.....	45
Εικόνα 51: Σύνθεση λειτουργίας των επικοινωνιών.....	46
Εικόνα 52: Πρότυπο DSCR.....	52
Εικόνα 53: Πρότυπο ITS-G5.....	53
Εικόνα 54: Κυψελοειδής δίκτυο.....	55
Εικόνα 55: Τα δύο modes της επικοινωνίας PC5.....	56
Εικόνα 56: Σχέδιο επικοινωνίας Uu.....	57
Εικόνα 57: Αρχιτεκτονική του Cellular V2X.....	58
Εικόνα 58: Χρονοδιάγραμμα των εκδόσεων 3GPP.....	61
Εικόνα 59: Τρόποι επικοινωνίας του NR V2X.....	62

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Αντιστοιχία ανθρώπου με αυτοκίνητο.	20
Πίνακας 2: Ταξινόμηση των ραντάρ και οι εφαρμογές τους στα οχήματα.	27
Πίνακας 3: Επίπεδα αυτοματοποίησης.	35
Πίνακας 4: Τεχνολογίες επικοινωνίας.	37
Πίνακας 5: Διαφορές IEEE 802.11bd με το 802.11p.	55
Πίνακας 6: Διαφορές του 5G NR V2X με το C-V2X.	62

Κεφάλαιο 1 : ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

1.1. ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΥ

Ασφάλεια στα αυτοκίνητα ονομάζουμε τον τομέα όπου μέσω της μελέτης, της πρακτικής του σχεδιασμού, της κατασκευής, του εξοπλισμού και των κανονισμών, έχουν σκοπό την ελαχιστοποίηση της εμφάνισης τροχαίων ατυχημάτων και την μείωση των θανάτων. Η ασφάλεια διαχωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την λεγόμενη **ενεργητική ασφάλεια** και την **παθητική ασφάλεια**.^[1]

Ενεργητική ασφάλεια: Πριν συμβεί το ατύχημα.

Ενεργητική ασφάλεια λέγεται η ασφάλεια που παρέχεται στον οδηγό από τα διάφορα συστήματα του αυτοκινήτου και εξαρτάται από τη λειτουργικότητα και τη σχεδίαση τους. Η ενεργητική ασφάλεια περιλαμβάνει όλα εκείνα τα συστήματα και τους μηχανισμούς που έχουν σκοπό να συμβάλουν στην αποφυγή ενός ατυχήματος. Τέτοιου είδους συστήματα είναι και οι αισθητήρες, όπου η αναλυτική τους λειτουργία αναφέρεται στο 2^ο κεφάλαιο.^[1]

Παθητική ασφάλεια: Την στιγμή του ατυχήματος.

Παθητική ασφάλεια λέγεται η ασφάλεια που παρέχει η καμπίνα και γενικά το αμάξωμα στους επιβάτες σε περίπτωση σύγκρουσης. Περιλαμβάνει όλα εκείνα τα συστήματα και τους μηχανισμούς που προστατεύουν τον οδηγό και τους επιβάτες μετά από μία σύγκρουση. Διακρίνεται σε **εξωτερική** και **εσωτερική** ασφάλεια:

- **Εξωτερική παθητική ασφάλεια**

Η εξωτερική παθητική ασφάλεια αφορά τα μέτρα προστασίας των πεζών, ποδηλατιστών και μοτοσικλετιστών σε περίπτωση σύγκρουσης τους με το αυτοκίνητο. Η εξωτερική ασφάλεια εξαρτάται κυρίως από το εξωτερικό σχήμα και τον ομαλή επιφάνεια του αμαξώματος και δεν πρέπει να υπάρχουν αιχμηρά σημεία σύγκρουσης, όπως πρόσθετοι μεταλλικοί προφυλακτήρες κτλ.

- **Εσωτερική παθητική ασφάλεια**

Η εσωτερική παθητική ασφάλεια αφορά όλα τα μέτρα που λαμβάνονται από τους κατασκευαστές για τη μείωση της επιτάχυνσης και των δυνάμεων που ασκούνται στον οδηγό και τους επιβάτες στη στιγμή της σύγκρουσης. Ανάλογα με το μέγεθος και τον τρόπο παραμόρφωσης του αμαξώματος, η σύγκρουση για τους επιβάτες γίνεται περισσότερο ή λιγότερο ελαστική.

Ένας σημαντικός παράγοντας για την μείωση του κινδύνου να τραυματιστεί κάποιος επιβάτης είναι τα συστήματα συγκράτησης των επιβατών. Αυτά έχουν σκοπό να περιορίσουν τη σύγκρουση του οδηγού και των επιβατών με τα διάφορα εξαρτήματα στο εσωτερικό της καμπίνας, όπως το τιμόνι, το ταμπλό, τα καθίσματα κτλ. σε περίπτωση σύγκρουσης. Τέτοια συστήματα σύγκρουσης είναι οι αερόσακοι και οι ζώνες ασφαλείας.^[1]

Αερόσακοι ασφαλείας: Ο αερόσακος ασφαλείας είναι ένας σάκος που φουσκώνει αυτόματα και ταχύτατα σε περίπτωση σύγκρουσης με ταχύτητα μεγαλύτερη από 30 km/h. Προφυλάσσει το σώμα του οδηγού από χτύπημα στο τιμόνι και στο ταμπλό, τοποθετείται μέσα στο τιμόνι και καλύπτεται από ένα πλαστικό κάλυμμα. Αντίστοιχα, υπάρχει αερόσακος ασφαλείας και για τον συνοδηγό όπου τοποθετείται στο ταμπλό του αυτοκινήτου κοντά στο ντουλαπάκι του συνοδηγού. Ενεργοποιούνται και λειτουργούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και οι δύο αερόσακοι. Τα τελευταία χρόνια οι αερόσακοι έχουν εξελιχθεί και προστατεύουν γενικά όλους τους επιβάτες σε ένα αυτοκίνητο. Τοποθετούνται πλευρικά στις πόρτες, στα καθίσματα και στις κολώνες του αυτοκινήτου για να υπάρχει μια πλήρης προστασία σε περίπτωση πλευρικής ή πολλαπλής σύγκρουσης.[1]



Εικόνα 1: Άνοιγμα αερόσακου σε crash test.

Ζώνη ασφαλείας: Η ζώνη ασφαλείας είναι μία ζώνη η οποία έχει σκοπό να συγκρατεί τον επιβάτη δεμένο στο κάθισμα και δεν τον αφήνει να φύγει σε περίπτωση σύγκρουσης. Διακρίνεται σε δύο είδη:

α) Αυτόματη ζώνη ασφαλείας: Οι αυτόματες ζώνες ασφαλείας είναι έτσι σχεδιασμένες ώστε να ασφαλίζουν και να μην επιτρέπουν το περαιτέρω ξεδίπλωμα του ιμάντα από τον μηχανισμό αναδίπλωσης σε περίπτωση ατυχήματος. Αυτό συμβαίνει όταν η ταχύτητα που ο ιμάντας ξεδιπλώνεται ξεπεράσει κάποια προκαθορισμένα όρια.

β) Αυτόματη ζώνη ασφαλείας με σύστημα προεντατήρα: Η αυτόματη ζώνη ασφαλείας με σύστημα προεντατήρα, εκτός από τον παραπάνω μηχανισμό συγκράτησης του ιμάντα, έχει επιπλέον ένα μηχανισμό προέντασης που λειτουργεί σε συνδυασμό με τον αερόσακο. Το πλεονέκτημα του συστήματος αυτού είναι η μείωση της αδράνειας του μηχανισμού της ζώνης και η αυτόματη σύσφιξη της.[1]

1.2. Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Εκτεθειμένοι από τους διάφορους κινδύνους της οδήγησης, χρειάστηκαν πολλά χρόνια για να εφαρμοστούν στα οχήματα σύγχρονα χαρακτηριστικά ασφαλείας, όπως ζώνες ασφαλείας, αερόσακοι, αυτόνομο φρενάρισμα και κάμερες οπισθοπορείας. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά σχετικά με την ασφάλεια ξεκίνησαν από τις αρχές του 1900.

- **1903 – Πρώτοι Υαλοκαθαριστήρες**

Ο πρώτος υαλοκαθαριστήρας στην ιστορία των αυτοκινήτων κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας από την Mary Anderson, η οποία έφτιαξε έναν υαλοκαθαριστήρα με χειροκίνητο μηχανισμό που αποτελούνταν από έναν μοχλό, ένα κομμάτι σίδηρο και λαστιχένια μπράτσα, βοηθώντας έτσι στην απομάκρυνση του χιονιού και της βροχής.[2]



Εικόνα 2: Υαλοκαθαριστήρας με μοχλό.

- **1914 – Φώτα τροχοπέδησης (φρένων) και Φλας**

Τα πρώτα φώτα τροχοπέδησης και φλας ανακαλύφθηκαν το 1914 από την ηθοποιό Florence Lawrence, η οποία αποφάσισε να βοηθήσει τα αυτοκίνητα και τους οδηγούς ώστε να επικοινωνούν για τις προθέσεις τους. Το σύστημα που χρησιμοποίησε η Lawrence όσον αφορά το φλας, ήταν μία ηλεκτρικά ενεργοποιημένη σημαία η οποία αναδύονταν από το πίσω μέρος του προφυλακτήρα, με σκοπό να δείξει αν το αυτοκίνητο θα έστριβε δεξιά ή αριστερά. Με μία παρόμοια συσκευή χρησιμοποίησε την δράση του πεντάλ του φρένου για να εμφανιστεί μια μικρή πινακίδα που έγραφε STOP στο πίσω μέρος του αυτοκινήτου. Αυτές είναι οι βασικές λειτουργίες όλων των πίσω φώτων στα αυτοκίνητα σήμερα. Το σύστημα της Lawrence βασίστηκε σε μηχανικές πινακίδες και σημαίες σε αντίθεση με τα έγχρωμα φώτα που αναβοσβήνουν, αλλά οι στόχοι και τα αποτελέσματα είναι ουσιαστικά τα ίδια.[3]



Εικόνα 3: Φώτα τροχοπέδησης.

- **1921 – Προσκέφαλο**

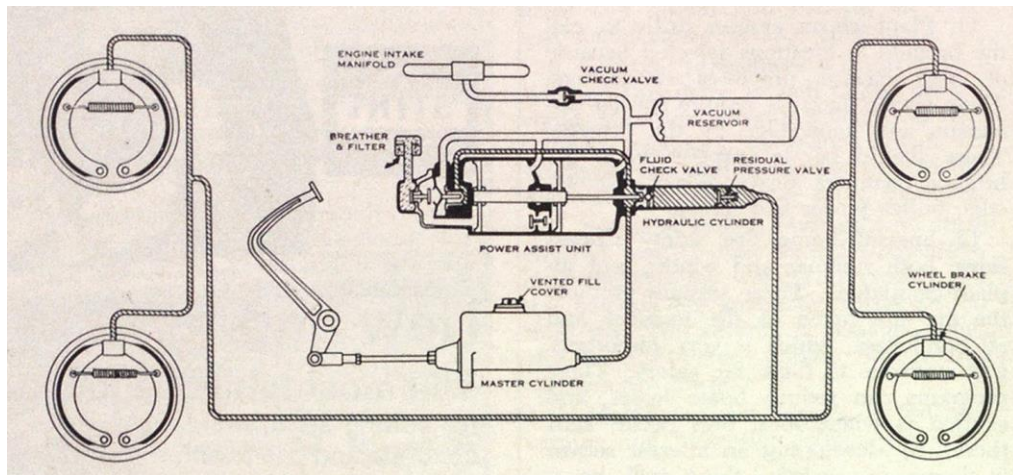
Τα προσκέφαλα εισήχθησαν το 1921 από τον Benjamin Katz. Ο κύριος λόγος που δημιουργήθηκαν τα προσκέφαλα δεν ήταν για την άνεση, αλλά για την μείωση της πιθανότητας τραυματισμού από ένα σοβαρό τράνταγμα στο κεφάλι μετά από ένα τροχαίο ατύχημα.[4]



Εικόνα 4: Προσκέφαλο καθίσματος.

- **1921 – Υδραυλικά φρένα**

Το 1918, ο Malcolm Loughead (Lockheed) πρότεινε μία ιδέα ενός συστήματος πέδησης τεσσάρων τροχών που χρησιμοποιεί υδραυλικά συστήματα. Χρησιμοποιώντας κυλίνδρους και σωλήνες, ο Lockheed χρησιμοποίησε υγρά για να μεταφέρει δύναμη στο σιαγόني του φρένου όταν πατούσε ένα πεντάλ. Αυτό το είδος συστήματος απαιτούσε πολύ λιγότερη προσπάθεια για να πατήσει ο οδηγός τα φρένα. Το υδραυλικό σύστημα πέδησης τοποθετήθηκε για πρώτη φορά σε αυτοκίνητο παραγωγής το 1921.[5]



Εικόνα 5: Απεικόνιση σχεδίου λειτουργίας των πρώτων υδραυλικών φρένων.

- **1927 – Εξέλιξη παρμπρίζ**

Στις αρχές του 1909 ο Edouard Benedictus κατέθεσε και έλαβε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, διότι κατασκεύασε το γυαλί ασφαλείας κολλώντας ένα στρώμα ζελατίνας ανάμεσα σε δύο στρώματα γυαλιού. Αυτό είχε ως σκοπό να αποτρέψει τον τραυματισμό των ανθρώπων σε τυχόν ατύχημα λόγω του θρυμματισμού του παρμπρίζ. Τέλος, εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από την Ford το 1927.[6]



Εικόνα 6: Παρμπρίζ που παρέμεινε ένα κομμάτι μετά από ζημιά.

- **1934 – Πρώτο Crash test**

Το 1934 ένας κατασκευαστής αποφάσισε να αξιολογήσει τον τρόπο με τον οποίο ένα αυτοκίνητο συμπεριφέρεται σε μία σύγκρουση, τρακάροντας το σκόπιμα σε ένα εμπόδιο. Εκείνη την χρονιά η General Motors πραγματοποίησε την πρώτη της δοκιμή, όπου ένα μη κατελιμμένο όχημα θα κατέβαινε από ένα λόφο για να αυξήσει την ταχύτητα του ή ένας οδηγός θα αύξανε ο ίδιος την ταχύτητα του οχήματος και στην

συνέχεια θα πηδούσε από το κινούμενο όχημα, το οποίο στην συνέχεια θα συγκρουόταν με ένα τσιμεντένιο εμπόδιο. Σε αυτές τις πρώιμες δοκιμές, η εστίαση ήταν λιγότερο για την προστασία των επιβατών και περισσότερο για την μελέτη κατασκευής ενός ανθεκτικότερου αυτοκινήτου.[7]



Εικόνα 7: Το πρώτο crash test.

- **1952 – Πρώτος αερόσακος**

Ένας μηχανικός του πολεμικού ναυτικού της Αμερικής ονόματι John W. Hetrick, κατέθεσε αίτημα για δίπλωμα ευρεσιτεχνίας αερόσακου στις 5 Αυγούστου 1952 και πιστοποιήθηκε στις 18 Αυγούστου 1953. Παράλληλα, ένας Γερμανός μηχανικός ονόματι Walter Linderer κατέθεσε και αυτός δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τις 6 Οκτωβρίου 1951, αλλά πιστοποιήθηκε στις 12 Νοεμβρίου 1953, περίπου τρεις μήνες μετά τον Αμερικάνο John Hetrick. Οι αερόσακοι του Hetrick και του Linderer βασίστηκαν και οι δύο σε ένα σύστημα πεπιεσμένου αέρα, που είτε θα απελευθερωνόταν με την βοήθεια ενός ελατηρίου ή με την πρόσκρουση του προφυλακτήρα. Ωστόσο, η πρώτη εφαρμογή του αερόσακου στην αυτοκινητοβιομηχανία πραγματοποιήθηκε από τη Ford μετά τη λήξη της πατέντας το 1971.[8]



Εικόνα 8: Σταδιακό άνοιγμα αερόσακου.

- **1959 – Ζώνη ασφαλείας τριών σημείων**

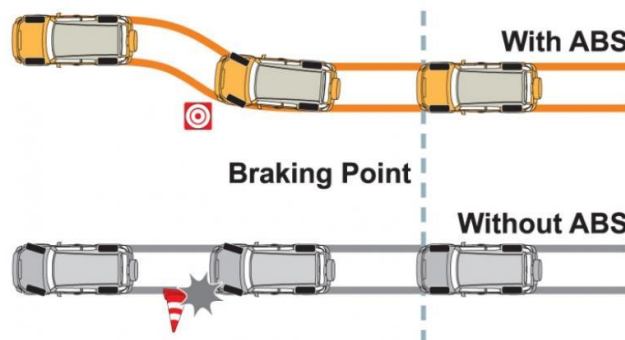
Το 1959 ένας μηχανικός της Volvo κατασκεύασε την πρώτη ζώνη ασφαλείας τριών σημείων, η οποία στην συνέχεια παραχώρησε την ιδέα της ευρεσιτεχνίας της ώστε και οι υπόλοιπες αυτοκινητοβιομηχανίες να μπορούν να χρησιμοποιήσουν το σχέδιο το οποίο είναι μέχρι και σήμερα το νούμερο ένα χαρακτηριστικό ασφαλείας στα αυτοκίνητα.[9]



Εικόνα 9: Ζώνη τριών σημείων.

- **1971 – Αντιμπλοκάρισμα πέδησης (ABS)**

Τα συστήματα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης αναπτύχθηκαν αρχικά το 1929 για χρήση σε αεροσκάφη, για να αποτρέψουν το μπλοκάρισμα των τροχών κατά το φρενάρισμα για την αποφυγή ολίσθησης [10]. Ωστόσο, το σύγχρονο σύστημα αντιμπλοκαρίσματος πέδησης (ABS) εφευρέθηκε το 1971 από τον Mario Palazzetti που τότε το είχε ονομάσει Antiskid, μέχρι που έγινε η εξαγορά της ευρεσιτεχνίας από την Bosch που το μετονόμασε στο γνωστό σε όλους ABS. Το 1978 η Bosch κυκλοφόρησε το ABS στη αγορά αλλά αφορούσε μόνο τα πολυτελή οχήματα της τότε εποχής, μέχρι που το 1985 η Ford εφάρμοσε για πρώτη φορά το ABS σε μία στάνταρ έκδοση αυτοκινήτου.[11]



Εικόνα 10: Απεικόνιση αυτοκινήτου με και χωρίς ABS.

- **1991 – Κάμερες οπισθοπορείας**

Η πρώτη κάμερα οπισθοπορείας χρησιμοποιήθηκε σε ένα πρωτότυπο αυτοκίνητο Buick Centurion, που παρουσιάστηκε τον Ιανουάριο του 1956 στη General Motors Motorama. Ωστόσο, το πρώτο αυτοκίνητο παραγωγής που ενσωμάτωσε κάμερα οπισθοπορείας ήταν το Toyota Soarer Limited στην Ιαπωνία και αντίστοιχο Lexus SC του 1991.[12]



Εικόνα 11: Μία από τις πρώτες κάμερες οπισθοπορείας σε λειτουργία.

- **1995 – Ηλεκτρονικός έλεγχος ευστάθειας (ESP)**

Η Mercedes Benz, η BMW και η Bosch ηγήθηκαν της εφεύρεσης του ηλεκτρονικού ελέγχου ευστάθειας το 1995, με την Mercedes-Benz S 600 Coupe και την BMW Σειρά 7 (E38) να είναι τα πρώτα μοντέλα που το τοποθέτησαν. Το 2014 τέθηκε σε ισχύ η νομοθεσία που εισήγαγε το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, έτσι ώστε όλα τα νέα αυτοκίνητα στην ΕΕ να είναι εξοπλισμένα με το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου ευστάθειας.[10]



Εικόνα 12: Παράδειγμα λειτουργίας του ESP.

- **1999 – Προσαρμοστικό σύστημα ελέγχου ταχύτητας (ACC)**

Το πρώτο προσαρμοστικό σύστημα ελέγχου ταχύτητας εφαρμόστηκε από την Mercedes-Benz στα S-Class μοντέλα της το 1999. Σκοπός αυτού του συστήματος είναι να διατηρεί ένα όχημα που ταξιδεύει με μία καθορισμένη ταχύτητα που επιλέγει ο οδηγός. Το σύστημα μπορεί επίσης να διατηρεί μία προκαθορισμένη απόσταση από το προπορευόμενο όχημα.[10]



Εικόνα 13: Παράδειγμα λειτουργίας του Adaptive Cruise Control.

- **2004 – Ανίχνευση τυφλού σημείου – Blind Spot Detection**

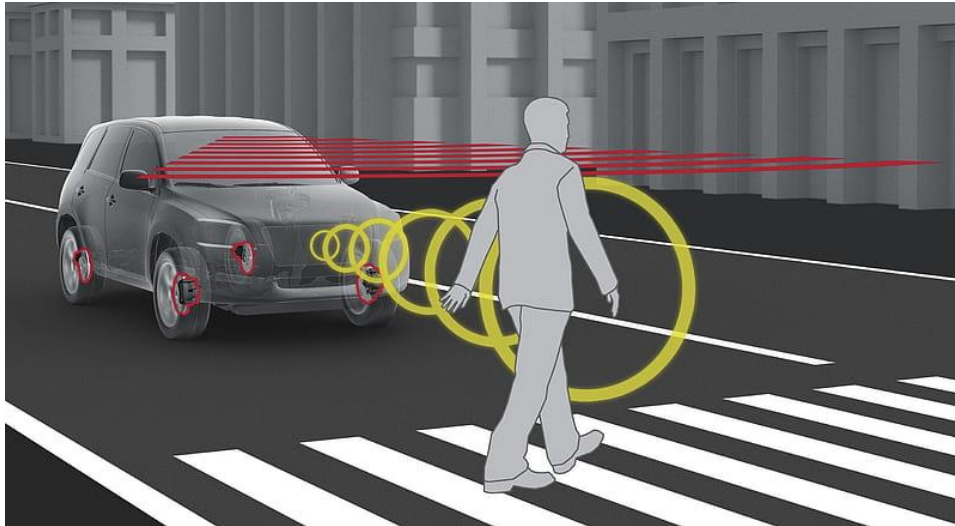
Το 2004 η Volvo παρουσίασε για πρώτη φορά στο μοντέλο S80 το σύστημα ανίχνευσης τυφλού σημείου, χρησιμοποιώντας κάμερες οπισθοπορείας και αισθητήρες κίνησης για να βοηθήσει τους οδηγούς να εντοπίσουν οχήματα, πεζούς και ποδήλατα στο τυφλό σημείο.[13]



Εικόνα 14: Λειτουργία προειδοποίησης τυφλού σημείου.

- **2010 – Σύστημα Ανίχνευσης Πεζών – Pedestrian Detection System**

Το σύστημα ανίχνευσης πεζών εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τη Volvo το 2010 και περιλάμβανε αισθητήρες ραντάρ και κάμερες που μπορούν να ανιχνεύουν του πεζούς μπροστά από το όχημα και να προειδοποιούν τον οδηγό εάν βρίσκεται κάποιο εμπόδιο μπροστά του.[14]



Εικόνα 15: Λειτουργία συστήματος ανίχνευσης πεζών.

- **2012 – Αερόσακος πεζών**

Η Volvo το 2012 παρουσίασε για πρώτη φορά τους αερόσακους πεζών, που έχουν σχεδιαστεί ώστε να προστατεύουν από τραυματισμούς σε ταχύτητες σύγκρουσης έως και 50 km/h. Το σύστημα χρησιμοποιεί επτά αισθητήρες γύρω από το αυτοκίνητο για να ανιχνεύει εάν έχει έρθει σε επαφή με άνθρωπο, ανοίγοντας έτσι έναν αερόσακο από το καπό.[10]



Εικόνα 16: Άνοιγμα αερόσακου για πεζούς.

Κεφάλαιο 2 : Πλαίσιο Αυτοκινήτου (Σασί)

2.1. Εισαγωγή

Οι αυτοκινητοβιομηχανίες με σκοπό να διασφαλίσουν τη μέγιστη ασφάλεια του οδηγού, του επιβάτη και των υπολοίπων χρηστών του δρόμου. Έπρεπε να σχεδιάσουν ένα όχημα, τέτοιο ώστε να μειώνει όσο το δυνατόν τις επιπτώσεις της σύγκρουσης αλλά και να διασφαλίζει στο ελάχιστο τους τραυματισμούς. Έτσι εστίασαν στην κατασκευή του σκελετού του οχήματος (σασί) και στα υλικά κατασκευής του.

Το πλαίσιο αυτοκινήτου (σασί) όπου είναι η κύρια δομή στήριξης του οχήματος, δέχεται τις καταπονήσεις που μπορεί να υποστεί το όχημα, τόσο σε στατικές όσο και σε δυναμικές συνθήκες. Δηλαδή είναι η βάση, που επάνω της στηρίζονται όλα τα μηχανικά μέρη του αυτοκινήτου, όπως ο κινητήρας, οι αναρτήσεις και γενικά όλο το αμάξωμα.[15]

2.2 Κατηγορίες πλαισίων

Υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες πλαισίων:

- **Ladder Frame – Πλαίσιο τύπου σκάλας**

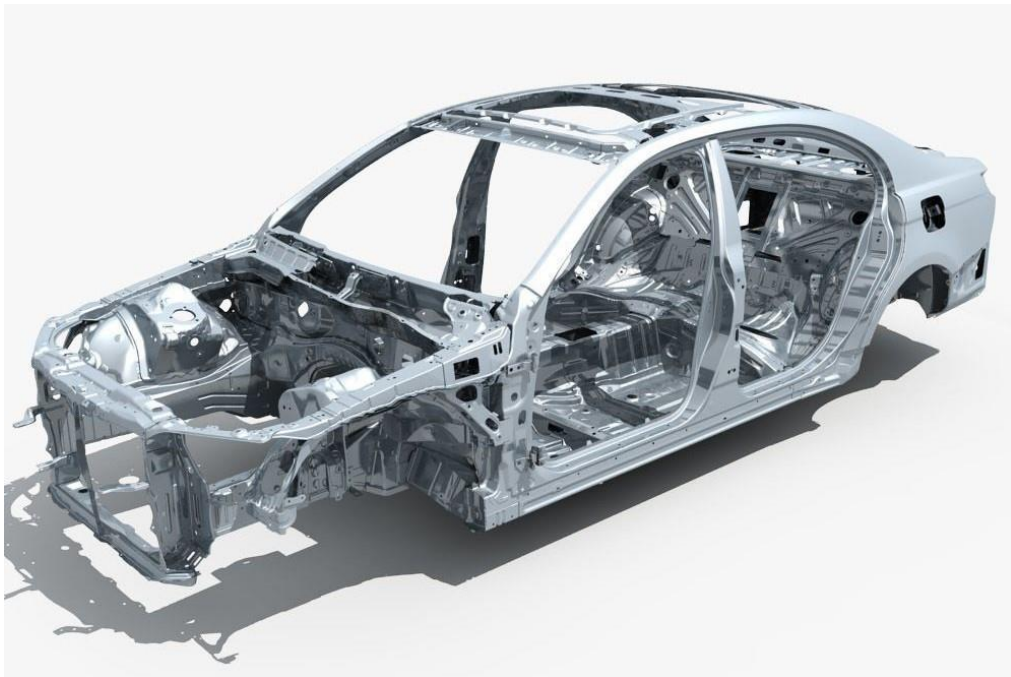
Το πλαίσιο τύπου σκάλας είναι το πρώτο είδους πλαισίου που εμφανίστηκε για τα επιβατικά αυτοκίνητα. Αποτελείται από δύο παράλληλες συμμετρικές δοκούς με σχήμα συνήθως τετραγωνικής διατομής. Αυτά συνδέονται μεταξύ τους με άλλα κάθετα (εγκάρσια) ή χιαστί δοκάρια, για να εξασφαλιστεί μεγαλύτερη αντοχή στο πλαίσιο από τις διάφορες καταπονήσεις που δέχεται.[16]



Εικόνα 17: Πλαίσιο τύπου σκάλας.

- **Monocoque – Μόνοκοκ Πλαίσιο**

Το Μόνοκοκ είναι το πιο δημοφιλές και σύνηθες πλαίσιο που χρησιμοποιείται σχεδόν σε όλα τα αυτοκίνητα σήμερα, στο οποίο το αμάξωμα, το δάπεδο και τα κύρια δομικά στοιχεία στήριξης και προστασίας από τη σύγκρουση είναι συγκολλημένα, βιδωμένα, καλουπωμένα ή με κάποιο τρόπο ενωμένα σε ένα μόνο δομικό στοιχείο [17]. Σε ένα μόνοκοκ σασί, η τάση που δημιουργείται από το όχημα κατά την κίνηση κατανέμεται μεταξύ της δομής και δεν σχηματίζεται τοπική τάση που μπορεί να έχει μεγαλύτερη τιμή παραμόρφωσης. Καθώς η πίεση κατανέμεται εξίσου μεταξύ της δομής, η στρεπτική ακαμψία του πλαισίου είναι υψηλή, γεγονός που αποδεικνύεται ως πλεονέκτημα για την ανάρτηση, καθώς μπορούν να σχεδιαστούν για να είναι πιο στιβαρές και να αυξάνουν την απόδοση του οχήματος. Έτσι, αποδεικνύεται ότι το συγκεκριμένο σασί φέρει μια εξαιρετική ισορροπία μεταξύ δύναμης και βάρους που τελικά αυξάνει την απόδοση του οχήματος. [18]



Εικόνα 18: Πλαίσιο τύπου μονοκόκ.

- **Backbone Frame – Πλαίσιο τύπου κόκκαλο**

Το σασί Backbone είναι ένας τύπος πλαισίου κατασκευής παρόμοιος με τον σχεδιασμό πλαισίου τύπου σκάλας. Αντί για τη διδιάστατη δομή τύπου σκάλας, αποτελείται από ένα ισχυρό σωληνωτό δίκτυο κορμού (ορθογώνιου σχήματος) και συνδέει τον εμπρός και πίσω άξονα σε σχήμα σπονδυλικής στήλης σαν τον άνθρωπο. Ο άξονας μετάδοσης κίνησης είναι προσεκτικά τοποθετημένος κάτω από τη ραχοκοκαλιά και προστατεύεται από ζημιές και τα συστήματα μετάδοσης μαζί με τον κινητήρα είναι συνδεδεμένα στα άκρα αυτού του σωλήνα.[17]



Εικόνα 19: Πλαίσιο τύπου κόκκαλο.

- **Tubular Space Frame – Σωληνωτό Πλαίσιο**

Επειδή το σασί τύπου σκάλας δεν ήταν αρκετά ισχυρό, οι μηχανικοί αυτοκινήτων αγώνων ανέπτυξαν ένα τριών διαστάσεων σωληνωτό πλαίσιο που αποτελούνταν από δεκάδες κυκλικής διατομής σωλήνες, που είναι τοποθετημένοι σε διάφορες κατευθύνσεις για την παροχή μηχανικής αντοχής έναντι των δυνάμεων της από οπουδήποτε αυτές και αν προέρχονται. Αυτοί οι σωλήνες είναι συγκολλημένοι μεταξύ τους και δημιουργούν μία πολύ περίπλοκη δομή.[17]



Εικόνα 20: Πλαίσιο τύπου σωληνωτό.

2.3 Υλικά και Αντοχές

Δεδομένου ότι το πλαίσιο ενός αυτοκινήτου αντιστοιχεί με τη ραχοκοκαλιά ενός ανθρώπου, η σημασία της δύναμης και της απόδοσης του, επιβάλλει να είναι ένα από τα πιο ανθεκτικά εξαρτήματα σε κάθε τύπο αμαξώματος. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το πλαίσιο είναι ένα από τα πιο ογκώδη μέρη ενός αυτοκινήτου, που σημαίνει ότι έχει μεγάλο βάρος. Με την πάροδο του χρόνου υπήρξε μία διαφοροποίηση στο υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλαισίου, πράγμα που συνεχίζεται και σήμερα με στόχο με την εξέλιξη του. Παρακάτω θα αναφερθούν τα στοιχεία και οι ιδιότητες από βασικά αλλά και προηγμένα υλικά τα οποία εφαρμόζονται στα πλαίσια των αυτοκινήτων.[19]

2.3.1 Steel – Χάλυβας

Από τη δεκαετία του 1920, ο χάλυβας ήταν το κύριο υλικό για τις αυτοκινητοβιομηχανίες σε όλο τον κόσμο. Σήμερα, ο χάλυβας αποτελεί περίπου το 65% του μέσου βάρους ενός αυτοκινήτου, δηλαδή κατά μέσο όρο χρησιμοποιούνται 900 κιλά χάλυβα ανά όχημα.

Όσο αναφορά τις ιδιότητες του χάλυβα έχουν βελτιωθεί σημαντικά τον περασμένο αιώνα, από τον μαλακό χάλυβα στις αρχές του 1900 έως τους συμβατικούς χάλυβες υψηλής αντοχής (HSLA) στα τέλη της δεκαετίας του 1970 και την εισαγωγή των πρώτων γενεών προηγμένου χάλυβα υψηλής αντοχής (AHSS) στη δεκαετία του 1990.[20]

- Mild Steel
- High Strength Steel
- Extra High Strength Steel
- Ultra High Strength Steel



Εικόνα 21: Τοποθέτηση τύπου χάλυβα ανάλογα με την επιθυμητή σκληρότητα.

■ Mild Steel – Μαλακός Χάλυβας

Οι μαλακοί ή χάλυβες με χαμηλή σε περιεκτικότητα άνθρακα, είναι χάλυβες με αντοχή σε εφελκυσμό **420 MPa** και περιεκτικότητα σε άνθρακα **0,05% - 0,25%**. Η μικροδομή του μαλακού χάλυβα τον κάνει να είναι σχετικά όλκιμος και εύκολος στην διαμόρφωση. Χρησιμοποιούνται, συνήθως, στη δομή του αμαξώματος και στα πορτμπαγκάζ των οχημάτων.[20]

■ High Strength Steel – Χάλυβας Υψηλής Αντοχής

Οι χάλυβες υψηλής αντοχής (HSLA) ήταν οι πρώτοι χάλυβες υψηλής αντοχής που χρησιμοποιήθηκαν από την αυτοκινητοβιομηχανία και έχουν υψηλότερες αντοχές σε εφελκυσμό έως και **800 MPa**. Χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιοχές του οχήματος όπου η απορρόφηση της ενέργειας είναι σημαντική.[20]

■ Extra High Strength Steel – Υψηλότερης Αντοχής Χάλυβας

Ένας χάλυβας υψηλότερης αντοχής ανήκει στην κατηγορία των (AHSS) και οι αντοχές του σε εφελκυσμό υπερβαίνουν τα **780 MPa**.[20]

■ Ultra High Strength Steel – Εξαιρετικά Υψηλής Αντοχής Χάλυβας

Ένας εξαιρετικά υψηλής αντοχής χάλυβας ανήκει και αυτός στην κατηγορία (AHSS) και φέρει αντοχές σε εφελκυσμό που υπερβαίνουν τα **1000 MPa**. Ωστόσο, οι χάλυβες υψηλής αντοχής (AHSS) έχουν αναπτυχθεί με την πάροδο του χρόνου και έχουν χωριστεί σε γενιές.

- **1^{ης} Γενιάς**

Η πρώτη γενιά χάλυβα υψηλής αντοχής έχει μεγαλύτερη μορφοποίηση σε σχέση με τον HSLA στο ίδιο επίπεδο αντοχής.

- **2^{ης} Γενιάς**

Λόγω της περιορισμένης μορφοποίησης της πρώτης γενιάς AHSS, η ικανότητα της μορφοποίησης της δεύτερης γενιάς είναι σημαντικά υψηλότερη από την πρώτη, ωστόσο λόγω του υψηλού κόστους των στοιχείων του κράματος είναι πολύ ακριβά.[20]

- **3^{ης} Γενιάς**

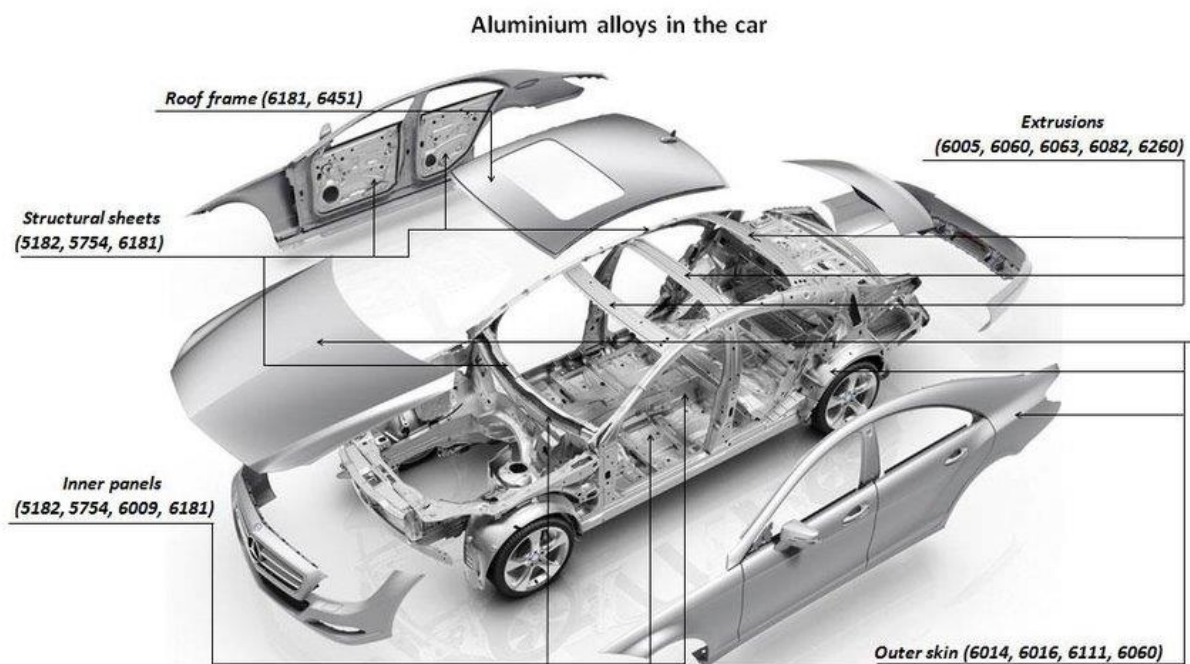
Η τρίτη γενιά AHSS γνωστή και ως NanoSteel βρίσκεται επί του παρόντος υπό ανάπτυξη και έχει ως στόχο να παρέχει τις υψηλές αντοχές που απαιτούν οι αυτοκινητοβιομηχανίες (πάνω από 1000 MPa) σε συνδυασμό με υψηλή όλκιμότητα και επιμήκυνση. Συνήθως, οι συμβατικοί μαλακοί χάλυβες προσφέρουν ανώτερη επιμήκυνση με λιγότερη αντοχή, ενώ οι προηγμένοι χάλυβες AHSS 1^{ης} και 2^{ης} γενιάς προσφέρουν υψηλότερη αντοχή αλλά με χαμηλότερη επιμήκυνση και όλκιμότητα. Η 3^η γενιά AHSS έρχεται να γεφυρώσει αυτό το χάσμα, παράγοντας χάλυβα που είναι και ισχυρός και όλκιμος ταυτόχρονα.

Τέλος, οι προηγμένοι χάλυβες υψηλής αντοχής AHSS χρησιμοποιούνται πλέον για κάθε νέο σχεδιασμό οχήματος και προβλέπεται ότι θα αντικαταστήσουν περίπου το 60% του παρόντος συμβατικού χάλυβα υψηλής αντοχής HSS.[21]

2.3.2 Aluminum – Αλουμίνιο

Το αλουμίνιο χρησιμοποιείται ευρέως στη αυτοκινητοβιομηχανία για την κατασκευή πλαισίου. Παρέχει ιδιότητες όπως ωφέλιμη αντοχή, χαμηλή πυκνότητα, υψηλή θερμική αγωγιμότητα, εξαιρετική συμπεριφορά στην κατεργασία και καλή αντοχή όσον αναφορά την διάβρωση.[22]

Τα βασικά υλικά που εφαρμόζονται για την κατασκευή του πλαισίου των αυτοκινήτων είναι τα κράμα: **Αλουμινίου 5000 (Al-Mg) – 5000 Aluminum Alloy** με κύρια συστατικά το αλουμίνιο (Al) και το Μαγνήσιο (Mg), αλλά και το **Αλουμινίου 6000 (Al-Mg-Si) – 6000 Series Aluminum Alloy** με κύρια συστατικά το Αλουμίνιο (Al), το Μαγνήσιο (Mg) και τη Σιλικόνη (Si). Τα επίπεδα αντοχής ποικίλουν ανάλογα με τις απαιτήσεις που χρειάζονται στο πλαίσιο και κυμαίνονται περίπου στα **412 MPa**. Ωστόσο, έρευνες έδειξαν πως με νέες παραγωγικές διαδικασίες τα κράματα αλουμινίου μπορούν να φτάσουν σε επίπεδα αντοχής άνω των **1000 MPa**.[23]



Εικόνα 22: Ανάλυση των διαφόρων ειδών αλουμινίου που τοποθετούνται στο πλαίσιο.

2.3.3 Carbon Fiber – Ίνες Άνθρακα

Ένα πλαίσιο με ίνες άνθρακα αφορά περισσότερο τα υπεραυτοκίνητα και τα μονοθέσια αυτοκίνητα της φόρμουλα 1, λόγω του τεράστιου κόστους που έχει σαν υλικό. Ωστόσο, τα πλεονεκτήματα ενός τέτοιου πλαισίου σε σχέση με τον χάλυβα και το αλουμίνιο είναι η μεγάλη ακαμψία, η τεράστια αντοχή του σε τάσεις που αγγίζει τα **3,5 GPa** αλλά και το βάρος του που είναι αισθητά ελαφρύτερο σε σχέση με τα άλλα δύο υλικά.[25]

Το βασικό υλικό που εφαρμόζεται για την κατασκευή του πλαισίου με ίνες άνθρακα είναι το **CFRP** (Carbon Fiber Reinforced Polymers – Ίνες άνθρακα ενισχυμένες με πολυμερές υλικό), όπως η εποξική ρητίνη ή τα θερμοπλαστικά πολυμερή (πολυεστέρας, βινυλεστέρας ή το νάιλον) και το πλαίσιο στο οποίο εφαρμόζονται οι ίνες άνθρακα είναι κατά βάση το μονοκόκ.[25]



Εικόνα 23: Πλαίσιο από ίνες άνθρακα.

2.3.4 Magnesium – Μαγνήσιο

Το μαγνήσιο είναι ένα άλλο ελαφρύ μέταλλο που αναπτύσσεται όλο και περισσότερο μαζί με το αλουμίνιο στις αυτοκινητοβιομηχανίες. Είναι 33% ελαφρύτερο από το αλουμίνιο και 75% ελαφρύτερο από τον χάλυβα. Έχει χαμηλότερη αντοχή σε εφελκυσμό και σε κόπωση σε σχέση με το αλουμίνιο, ενώ ο συντελεστής θερμικής διαστολής είναι μεγαλύτερος. Καθώς έχει χαμηλή μηχανική αντοχή, το καθαρό μαγνήσιο δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί και έτσι πρέπει να κραματωθεί με άλλα συστατικά. Ένα κοινό συστατικό για εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι η ομάδα Mg-Al-Zn.[25]

2.4 Crumple Zones – Ζώνες Τσαλακώματος

Η ασφάλεια του αυτοκινήτου έχει προχωρήσει πολύ τις τελευταίες δεκαετίες και μία από τις πιο αποτελεσματικές καινοτομίες είναι οι ζώνες τσαλακώματος. Γνωστές και ως ζώνες σύνθλιψης, είναι περιοχές στο αυτοκίνητο που έχουν σχεδιαστεί για να παραμορφώνονται και να τσαλακώνονται σε μία σύγκρουση. Οι ιδιαιτερότητες των ζωνών τσαλακώματος διαφέρουν από κατασκευαστή σε κατασκευαστή και μπορούν να διαφέρουν πολύ, ανάλογα το μέγεθος και το βάρος του οχήματος. Ένα προηγμένο σχέδιο ζωνών τσαλακώματος μπορεί να χρησιμοποιεί μια ποικιλία μετάλλων και άλλων υλικών που έχουν σχεδιαστεί προσεκτικά για να απορροφούν όσο το δυνατόν περισσότερη κινητική ενέργεια.[26]

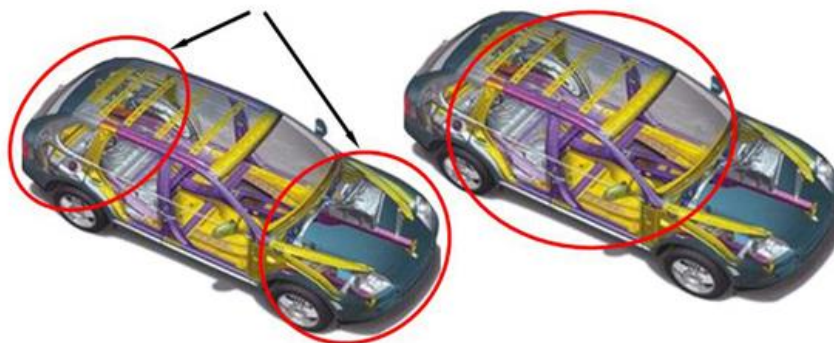


Εικόνα 24: Crash test αυτοκινήτου.

Οι ζώνες τσαλακώματος επιτυγχάνουν δύο στόχους ασφαλείας. **Να μειώνουν την αρχική δύναμη της σύγκρουσης και να ανακατανέμουν τη δύναμη πριν φτάσει στους επιβάτες του οχήματος.**[27]

Ζώνες Τσαλακώματος (καπό, πορτμπαγκάζ), παραμορφώνονται για να απορροφούν ενέργεια και να ελέγξουν το μέγεθος της παραμόρφωσης.

Κλωβός Ασφαλείας (περιοχή επιβατών), αντιστέκεται στην παραμόρφωση για να αποτρέψει την εισβολή.



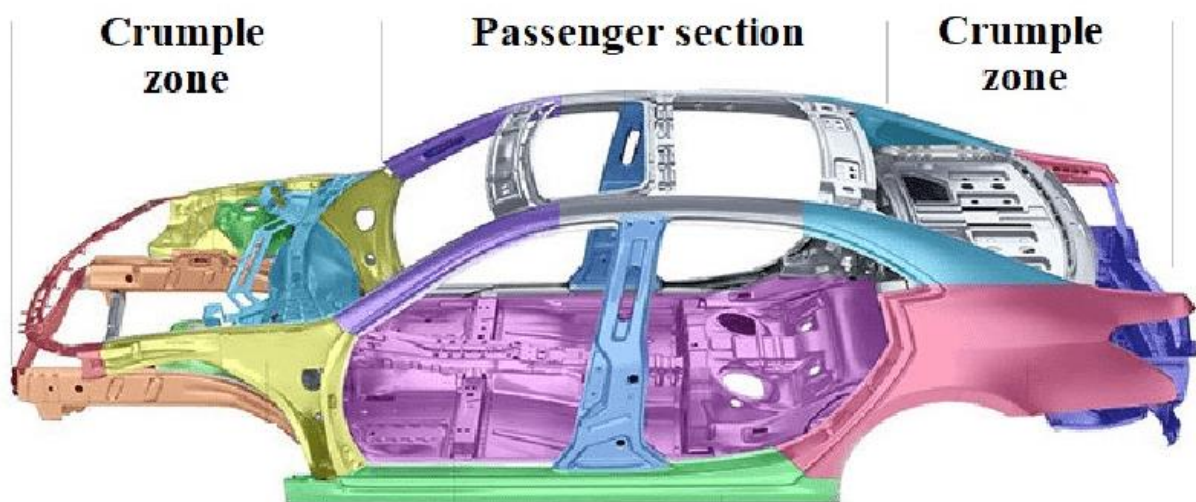
Εικόνα 25: Απεικόνιση των ζωνών τσαλακώματος.

- **Μείωση της αρχικής δύναμης της σύγκρουσης**

Ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να μειωθεί η αρχική δύναμη, είναι να αυξηθεί ο χρόνος που απαιτείται για να φτάσει η πρόσκρουση στην καμπίνα των επιβατών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί δημιουργώντας μία ζώνη προστασίας γύρω από την περίμετρο του αυτοκινήτου. Τοποθετώντας παραμορφώσιμα και λιγότερο άκαμπτα υλικά στη ζώνη τσαλακώματος έχει ως αποτέλεσμα να απορροφά ένα μεγάλο μέρος της αρχικής κρούσης. Έτσι, το αυτοκίνητο αρχίζει να επιβραδύνει μόλις αρχίσει να παραμορφώνεται η ζώνη τσαλακώματος, παρατείνοντας έτσι την επιβράδυνση για μερικά δέκατα του δευτερολέπτου.[27]

- **Μείωση του κινδύνου για της επιβάτες μέσω της ανακατανομής της δύναμης κρούσης.**

Όλη η δύναμη κατά τη διάρκεια της πρόσκρουσης πρέπει να πάει κάπου, και στόχος είναι να απομακρύνεται από τους επιβάτες. Αυτό πραγματοποιείται με την βοήθεια διάφορων μερών του αυτοκινήτου που είναι κατασκευασμένα με μοναδικές δομές στο εσωτερικό της που έχουν σχεδιαστεί για να καταστρέφονται, να τσαλακώνονται, να θρυμματίζονται και να σπάνε. Έτσι, οι ζώνες τσαλακώματος καταναλώνουν όσο το δυνατόν περισσότερη δύναμη, έτσι ώστε όλα τα υπόλοιπα μέρη του αυτοκινήτου, καθώς και οι επιβάτες να μην υποστούν της επιπτώσεις της πρόσκρουσης.[27]



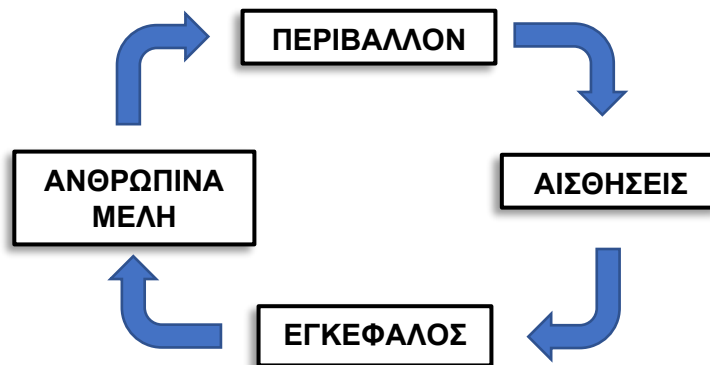
Εικόνα 26: Διαχωρισμός ζωνών τσαλακώματος και κλωβού ασφαλείας.

Κεφάλαιο 3 : Αισθητήρες στα αυτοκίνητα

3.1 Εισαγωγή

Οι αισθητήρες είναι συσκευές που ανιχνεύουν ένα σήμα ή μία διέγερση για την απόκτηση πληροφοριών για τα συστήματα του αυτοκινήτου και για το εξωτερικό περιβάλλον, με σκοπό την αντιμετώπιση μεταβολών και απρόβλεπτων καταστάσεων (δράση) και την επαλήθευση της ποιότητας στα αποτελέσματα πολλών ενεργειών (ανάδραση).[28]

Οι αισθητήρες και ο εγκέφαλος του αυτοκινήτου είναι αντίστοιχοι με τα νεύρα ενός ανθρώπινου σώματος και με τον εγκέφαλο του. Όπως τα νεύρα του ανθρώπου δίνουν εντολές στον εγκέφαλο από διάφορα ερεθίσματα που δέχονται και εκείνος με την σειρά του δίνει εντολές στο ανθρώπινο σώμα, έτσι και οι αισθητήρες λειτουργούν σαν τα νεύρα του αυτοκινήτου και ο εγκέφαλος του συμπεριφέρεται όπως και ο ανθρώπινος εγκέφαλος.[29]



Σχήμα 1 : Λειτουργία ανθρώπινου εγκεφάλου.

ΑΝΘΡΩΠΟΣ	ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟ
Περιβάλλον	Συστήματα
Αισθήσεις	Αισθητήρες
Εγκέφαλος	Μικροϋπολογιστές
Ανθρώπινα Μέλη	Ενεργοποιητές

Πίνακας 1: Αντιστοιχία ανθρώπου με αυτοκίνητο.

3.2 Τρόπος λειτουργίας των Αισθητήρων

Γενικότερα, υπάρχουν αρκετές ομοιότητες ανάμεσα στους αισθητήρες ενός αυτοκινήτου και στην αισθητήρια αντίληψη ενός ανθρώπου, υπάρχουν όμως και σημαντικές διαφορές:

- Πολλά φυσικά μεγέθη δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά από τις πέντε αισθήσεις ενός ανθρώπου. Για παράδειγμα, ένα μαγνητικό πεδίο δεν μπορεί να γίνει αντιληπτό παρά μόνο με την βοήθεια ενός μετατροπέα όπου μέσω μηχανικών, θερμικών, μαγνητικών, χημικών, οπτικών ή άλλων αποτελεσμάτων που προκαλεί αυτό το φυσικό μέγεθος.

- Επιπλέον, οι ανθρώπινες αισθήσεις επιτρέπουν την ανίχνευση ενός φυσικού μεγέθους αλλά δεν έχουν την ικανότητα να μετρήσουν το μέγεθος αυτό. Αντίθετα οι αισθητήρες έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν ένα φυσικό μέγεθος που ονομάζεται είσοδος σε μία μετρήσιμη ποσότητα που ονομάζεται έξοδος.

Οι εφαρμογές των αισθητήρων κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: **Συστήματα μέτρησης** και **Συστήματα ελέγχου**. Τα συστήματα ελέγχου με αισθητήρες μπορούν να διακριθούν σε συστήματα ελέγχου **Ανοικτού βρόχου** και σε συστήματα ελέγχου **Κλειστού βρόχου**. [29]

- **Συστήματα Μέτρησης**

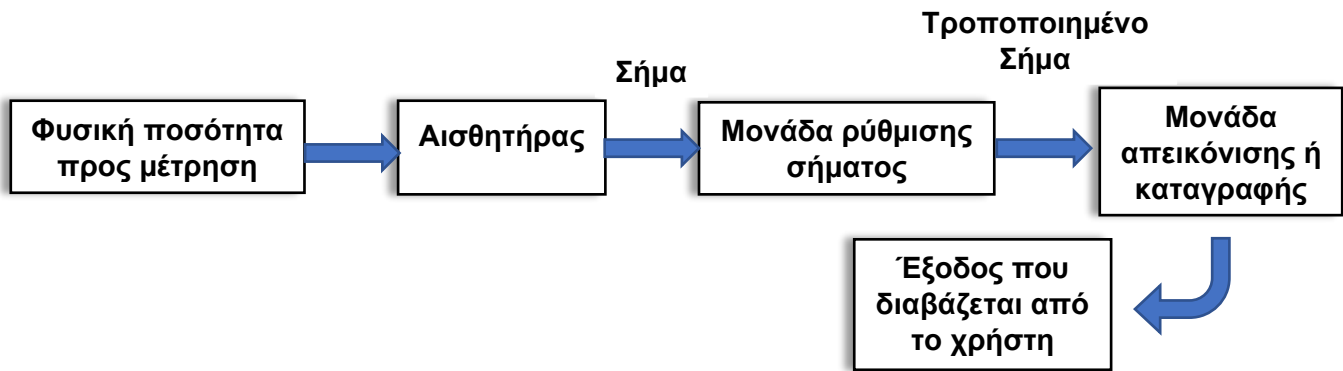
Τα συστήματα μέτρησης έχουν ως σκοπό να απεικονίζουν ή να καταγράφουν μια ποσοτική έξοδο που αντιστοιχεί σε μία παράμετρο που μετρούν, η οποία αποτελεί και την ποσότητα εισόδου.



Σχήμα 2: Σύστημα μέτρησης.

Ένα σύστημα μέτρησης δεν αντιδρά στην ποσότητα εισόδου, απλά την καθιστούν κατανοητή στον χρήστη μέσω της απεικόνισης ή της καταγραφής.

Μια διαδικασία μέτρησης μπορεί να χωριστεί σε επιμέρους στάδια. Τα στάδια αυτά αφορούν περίπλοκα συστήματα μέτρησης, όπου είναι απαραίτητος ο διαχωρισμός των λειτουργικών στοιχείων. Εκεί ο αισθητήρας μετατρέπει την φυσική ποσότητα σε ένα σήμα, το οποίο με μία κατάλληλη τροποποίηση, μέσω της μονάδας ρύθμισης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τη μονάδα απεικόνισης ή καταγραφής. [29]

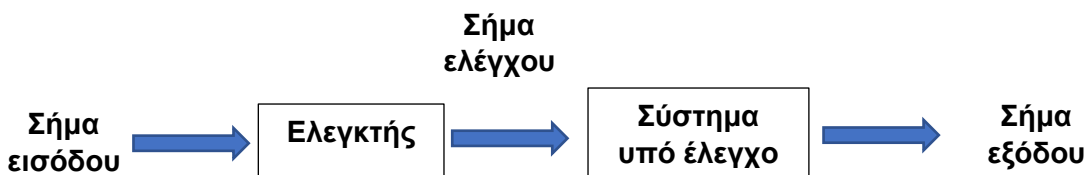


Σχήμα 3: Τα στάδια της διαδικασίας μέτρησης.

- **Συστήματα Ελέγχου Ανοικτού Βρόχου**

Τα συστήματα ελέγχου ανοικτού βρόχου αποτελούν την απλούστερη δομή ελέγχου μιας παραμέτρου. Όπως κάθε σύστημα ελέγχου έτσι και αυτά, δέχονται μια είσοδο, την επεξεργάζονται και παράγουν μια έξοδο. Η διαδικασία υπολογισμού της εισόδου αυτής είναι ανεξάρτητη της τιμής της εξόδου και για αυτό αποκαλούνται και συστήματα χωρίς ανατροφοδότηση.

Για να γίνει αυτό κατανοητό, ένα απλό παράδειγμα ανοικτού βρόχου είναι το φουρνάκι μικροκυμάτων που ανεξάρτητα του πόσο ζεστό είναι το φαγητό, δουλεύει όσο χρόνο εμείς του ζητήσουμε.



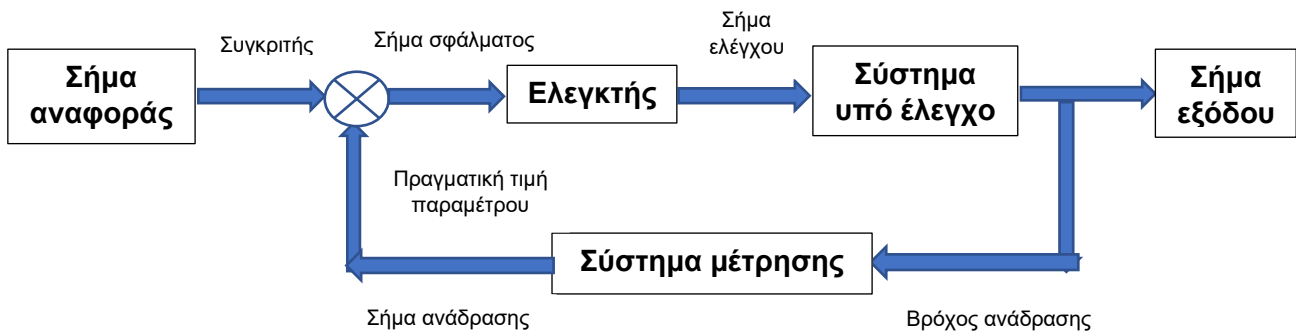
Σχήμα 4: Σύστημα ελέγχου ανοικτού βρόχου.

Αν μια παράμετρος που ελέγχουν αλλάξει θα πρέπει να επαναρυθμιστούν και σε περιπτώσεις όπου οι συνέπειες από ανακριβή έλεγχο της παραμέτρου που ελέγχεται είναι σημαντικές, τα συστήματα ανοικτού βρόχου θα πρέπει να αποφεύγονται.[29]

- **Συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου**

Στα συστήματα ελέγχου κλειστού βρόχου, η κατάσταση της εξόδου επηρεάζει άμεσα την κατάσταση της εισόδου. Αυτό συμβαίνει διότι τα συστήματα αυτά πραγματοποιούν την μέτρηση της τιμής της ελεγχόμενης παραμέτρου στην έξοδο του συστήματος και γίνεται μια σύγκριση με την επιθυμητή τιμή μέσω του ελεγκτή με στόχο να διατηρούν στην έξοδο στην επιθυμητή τιμή. Έτσι, η πραγματική τιμή της ελεγχόμενης παραμέτρου συγκρίνεται με την επιθυμητή τιμή και η διαφορά των τιμών αυτών ονομάζεται σφάλμα [29]. Για να γίνει αντιληπτός ο τρόπος λειτουργίας του σφάλματος στους ελεγκτές αυτούς, ένα απλό παράδειγμα αποτελεί ο ρυθμιστής ταχύτητας αυτοκινήτου. Οι δυνάμεις που ασκούνται στο αυτοκίνητο είναι τόσες που γίνεται αμέσως αντιληπτό ότι για μια επιθυμητή ταχύτητα δεν αρκεί μόνο μια σταθερή γωνία πίεσης στο πεντάλ. Έτσι στους ελεγκτές αυτούς υπάρχει διαρκείς

ανατροφοδότηση της παρούσας ταχύτητας και με βάση την απόκλιση της από την επιθυμητή (σφάλμα) προσαρμόζεται το σήμα ελέγχου.



Σχήμα 5: Σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου.

3.3 Χαρακτηριστικά Αισθητήρων

- **Ακρίβεια (Accuracy):** Είναι ο βαθμός εγγύτητας της τιμής που μετράει ο αισθητήρας προς την πραγματική τιμή. Στους αισθητήρες η ακρίβεια αφορά την εγγύτητα της τιμής εξόδου του αισθητήρα προς την μετρούμενη τιμή και εκφράζεται ως καθαρός αριθμός μικρότερος ή ίσος του 1 (σχετική ακρίβεια) ή ως ποσοστό (εκατοστιαία ακρίβεια). [30]

$$A_{σχετ.} = 1 - \left| \frac{y-x}{y} \right|$$

y : μετρούμενη τιμή (πραγματική)

$$A(\%) = \left(1 - \left| \frac{y-x}{y} \right| \right) \cdot 100$$

x : τιμή εξόδου αισθητήρα

- **Σφάλμα (error):** Είναι η διαφορά ανάμεσα στην έξοδο του αισθητήρα ή του συστήματος και την μετρούμενη (πραγματική τιμή) και εκφράζεται ως προς τις μονάδες της μετρούμενης ποσότητας (απόλυτο σφάλμα) και ως σχετικό (καθαρός αριθμός) ή εκατοστιαίο σφάλμα (ποσοστό).[30]

$$e_{απ} = |y - x|$$

y : μετρούμενη τιμή (πραγματική)

$$e_{σχετ.} = \frac{|y-x|}{y}$$

x : τιμή εξόδου αισθητήρα

$$e(\%) = \frac{|y-x|}{y} \cdot 100$$

- **Γραμμικότητα (linearity):** Είναι ο βαθμός κατά τον οποίο οι μεταβολές της μετρούμενης παραμέτρου (είσοδος αισθητήρα) προκαλούν μεταβολές στην έξοδο του αισθητήρα με ανάλογο τρόπο. Είναι μια ιδιότητα με βάση την οποία η γραφική παράσταση της εξόδου ως προς την είσοδο του αισθητήρα να είναι μία ευθεία γραμμή.[30]
- **Ευαισθησία (sensitivity):** Ονομάζουμε τη σχέση της μεταβολής εξόδου ενός αισθητήρα με την μεταβολή της εισόδου του και εκφράζεται από το λόγο της μεταβολής της εξόδου προς την αντίστοιχη αλλαγή της εισόδου. Για παράδειγμα, όσο πιο υψηλή είναι η τιμή που λαμβάνει η έξοδος του αισθητήρα για κάθε μονάδα της μετρούμενης παραμέτρου τόσο μεγαλύτερη είναι η ευαισθησία του αισθητήρα.[30]

$$\text{Ευαισθησία (S)} = \frac{[\text{Μέγιστη τιμή εξόδου}] - [\text{Ελάχιστη τιμή εξόδου}]}{[\text{Μέγιστη τιμή εισόδου}] - [\text{Ελάχιστη τιμή εισόδου}]}$$

- **Διακριτική ικανότητα (resolution):** Αναφέρεται στη μικρότερη αλλαγή εισόδου (Δx) που μπορεί να ανιχνεύσει ένας αισθητήρας. Δηλαδή, όσο μεγαλύτερη είναι η διακριτική ικανότητα, τόσο μικρότερο είναι το βήμα που μπορεί να μετρηθεί.[30]

$$\text{Διακριτική ικανότητα} = \frac{\Delta x}{r_i} \cdot 100(\%)$$

- **Υστέρηση (hysteresis):** Είναι ένα χαρακτηριστικό ενός αισθητήρα που προκαλεί διαφορές στην έξοδό του, δηλαδή όταν η κατεύθυνση μεταβολής της εισόδου του αντιστραφεί (από αυξανόμενη θα γίνει μειούμενη ή αντιστρόφως).[30]
- **Επαναληψιμότητα (repeatability):** Είναι ο βαθμός κατά τον οποίο ο αισθητήρας παράγει το ίδιο αποτέλεσμα όταν σε διαφορετικές χρονικές στιγμές τροφοδοτείται από την ίδια είσοδο.[30]



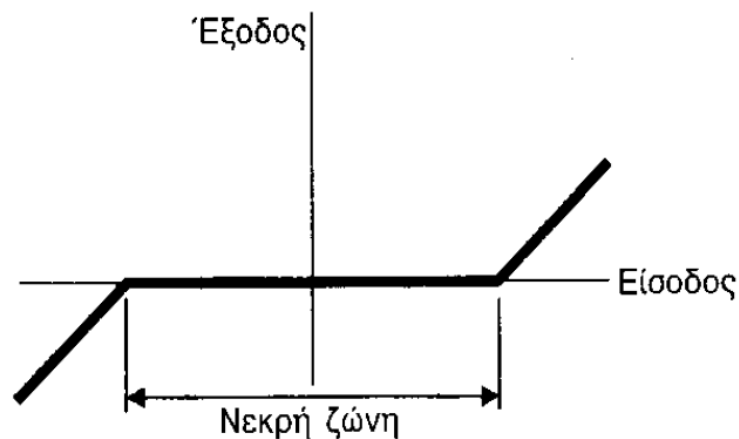
Εικόνα 27: Ανάλυση επαναληψιμότητας.

X: έξοδος (αποτέλεσμα μέτρησης)

$$P = 1 - \left| \frac{(x-m)}{m} \right|$$

m: μέση τιμή σειράς εξόδων

- **Νεκρή ζώνη (dead-zone):** Είναι η μέγιστη αλλαγή της μετρούμενης παραμέτρου (εισόδου του αισθητήρα) που δεν προκαλεί αλλαγή στην έξοδο του αισθητήρα.[30]



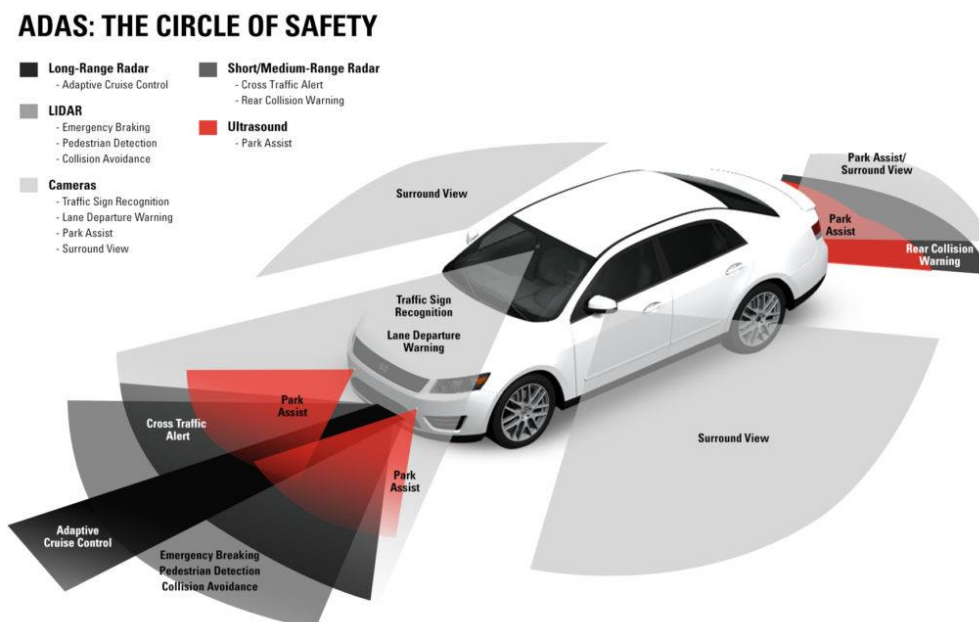
Εικόνα 28: Ανάλυση του νεκρού σημείου σε διάγραμμα.

- **Απόκριση (response):** Αφορά το χρόνο που απαιτείται για να έχουμε την τελική τιμή στην έξοδο του για μια δεδομένη είσοδο.[30]
- **Ολίσθηση (drift):** Είναι η φυσική τάση του αισθητήρα ή συστήματος να μεταβάλλει τα χαρακτηριστικά του με το χρόνο λόγω γήρανσης υλικών και λόγω περιβαλλοντικών μεταβολών, που έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μεταβολής στην έξοδο του αισθητήρα, ενώ η είσοδος του παραμένει σταθερή.[30]
- **Καθυστέρηση (lag):** Ονομάζουμε την καθυστέρηση της αλλαγής της τιμής εξόδου του αισθητήρα ως την αλλαγή της εισόδου του.[30]

- **Χρόνος λειτουργίας (operating life):** Είναι το χρονικό διάστημα κατά το οποίο αναμένεται ο αισθητήρας να λειτουργεί στα πλαίσια των προδιαγραφών του.[30]
- **Αξιοπιστία (reliability):** Είναι η ικανότητα του αισθητήρα να λειτουργήσει στα πλαίσια των προδιαγραφών του, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και για μία δεδομένη περίοδο ή πλήθος κύκλων λειτουργίας.[30]
- **Ευστάθεια (stability):** Είναι το μέτρο μεταβολής της εξόδου της συσκευής, όταν η είσοδος και οι συνθήκες μέτρησης παραμένουν σταθερές, κατά τη διάρκεια μεγάλης χρονικής περιόδου.[30]

3.4 Προηγμένα Συστήματα Υποβοήθησης Οδηγού (ADAS)

Τα προηγμένα συστήματα υποβοήθησης οδηγού (ADAS) είναι ηλεκτρονικά συστήματα σε ένα όχημα που χρησιμοποιούν προηγμένες τεχνολογίες για να βοηθήσουν τον οδηγό. Μπορούν να περιλαμβάνουν πολλά χαρακτηριστικά ενεργητικής ασφάλειας και χρησιμοποιούν αισθητήρες στο όχημα, τα ραντάρ και τις κάμερες για να αντιληφθεί τον κόσμο γύρω του. Αυτό έχει ως σκοπό να παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες στον οδηγό ή να πραγματοποιεί αυτόματη ενέργεια με βάση αυτό που αντιλαμβάνεται.[31]



Εικόνα 29: Παράδειγμα χρήσης και εμβέλειας ADAS.

Κάποιοι από τις βασικούς αισθητήρες οι οποίοι χρησιμοποιούνται στα συστήματα **ADAS** είναι:

3.4.1 RADAR

Το ραντάρ έχει γίνει βασικό χαρακτηριστικό της τεχνολογίας ADAS και των αυτόνομων οχημάτων. Με την ικανότητά του να ανιχνεύει αντικείμενα και να μετρά την απόσταση και την ταχύτητά της.

Το ραντάρ χρησιμοποιεί ακτινοβολίες χιλιοστομετρικού κύματος (30 GHz έως 300 GHz) για τον εντοπισμό αντικειμένων που βρίσκονται μπροστά, στα πλάγια και στο πίσω μέρος του οχήματος και μετρά την απόσταση από αυτά.

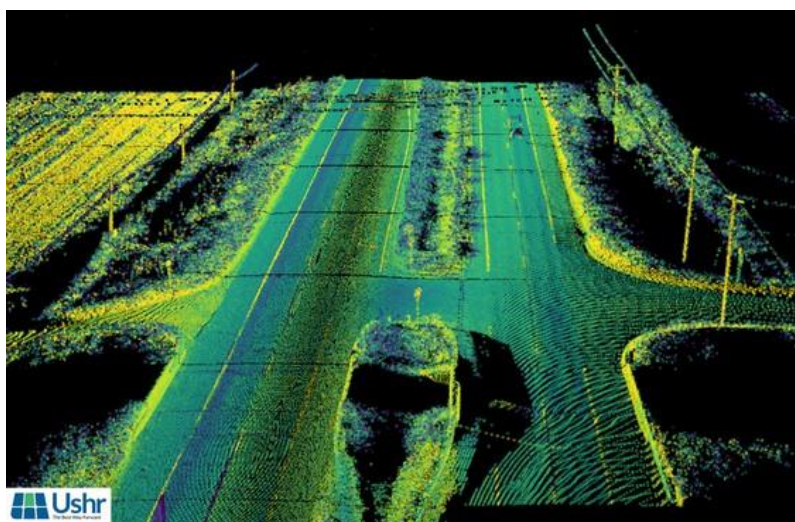
Συνήθως, τα ραντάρ των αυτοκινήτων ταξινομούνται ανάλογα με το φάσμα και την εφαρμογή τους. Αυτό εμφανίζεται συνοπτικά στον παρακάτω πίνακα.[32]

Η ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΩΝ ΡΑΝΤΑΡ ΟΧΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΟΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΙΣ			
Χαρακτηριστικά	Ραντάρ μεγάλης εμβέλειας	Ραντάρ μεσαίας εμβέλειας	Ραντάρ μικρής εμβέλειας
Συχνότητα	77 GHz	79 GHz	79 GHz
Εμβέλεια	10 έως 250 μέτρα	1 έως 100 μέτρα	0.15 έως 30 μέτρα
Εφαρμογή	Προσαρμοστικός έλεγχος ταχύτητας	Αλλαγή λωρίδας, τυφλά σημεία	Βοήθεια στάθμευσης

Πίνακας 2: Ταξινόμηση των ραντάρ και οι εφαρμογές τους στα οχήματα.

3.4.2 LIDAR

Το LIDAR είναι μια τεχνολογία αισθητήρων που μπορεί να δημιουργήσει έναν χάρτη του περιβάλλοντος γύρω από το αυτοκίνητο. Οι χάρτες που δημιουργούνται από αυτές τις συσκευές είναι κρίσιμοι για την λειτουργία αυτόματης οδήγησης. Η λειτουργία των αισθητήρων LIDAR πραγματοποιούνται στέλνοντας υπέρυθρο φως και μετρούν το χρόνο που χρειάζεται για να αναπηδήσει το φως από ένα αντικείμενο και να επιστρέψει στον αισθητήρα, δημιουργώντας έτσι έναν τρισδιάστατο χάρτη.[33]



Εικόνα 30: Απεικόνιση LIDAR όταν είναι σε λειτουργία.

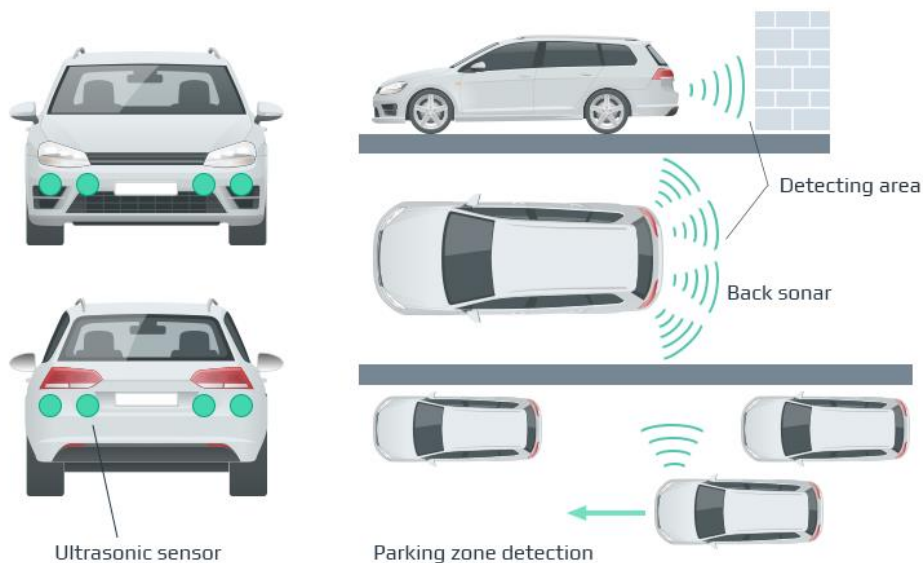
Ωστόσο, υπάρχουν δύο διαφορετικοί τύποι LIDAR:

- **Time of Flight (ToF):** Ο τύπος ToF είναι η πιο κοινή μορφή LIDAR σε οχήματα που χαρτογραφούν το περιβάλλον, μετρώντας παλμούς ή φωτόνια φωτός, τα οποία αναπηδούν και επιστρέφουν πίσω. Τυπικά ένας ο τύπος LIDAR έχει εύρος 360 μοιρών, επιτρέποντας έτσι την χρήση μιας μόνο συσκευής.
- **Συνεχούς κύματος (FMCW):** Ο τύπος FMCW για την χαρτογράφηση του περιβάλλοντος στέλνει ένα συνεχές ρεύμα φωτός και όχι παλμούς φωτός, επειδή έχει περιορισμένο οπτικό πεδίο και χρειάζονται πολλαπλοί αισθητήρες σε ένα όχημα.

Ωστόσο, η χρήση των αισθητήρων LIDAR δεν είναι ιδιαίτερα συχνή εξαιτίας του μεγάλου κόστους που έχουν οι συγκεκριμένοι αισθητήρες.[33]

3.4.3 Αισθητήρες Υπερήχων (ultrasonic sensors)

Οι αισθητήρες υπερήχων έχουν σκοπό να υπολογίσουν την απόσταση μεταξύ των αντικειμένων σε κοντινή απόσταση από το όχημα. Ο υπολογισμός μίας μεθόδου πραγματοποιείται μεταδίδοντας ηχητικά κύματα υψηλής συχνότητας.[34]



Εικόνα 31: Τρόπος λειτουργίας των αισθητήρων υπερήχων.

Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες μιμούνται την ηχοτοποθέτηση των νυχτερίδων, δηλαδή μέσω της εκπομπής ηχητικών κυμάτων υψηλής συχνότητας ο ήχος ταξιδεύει μέσω του αέρα ως κύμα και η ενέργεια αυτού του κύματος αναπηδά από οποιοδήποτε αντικείμενο και αν συναντά. Στη συνέχεια, η νυχτερίδα επεξεργάζεται την ηχώ που επιστράφηκε από το αντικείμενο και έτσι υπολογίζει την απόσταση που έχει μεταξύ του. Με παρόμοιο τρόπο δουλεύουν και οι αισθητήρες υπερήχων.[35]

3.4.4 Κάμερες

Οι συμβατικές ενσωματωμένες κάμερες χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ως κάμερες προβολής που αντισταθμίζουν τα τυφλά σημεία κατά την οδήγηση. Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία αναγνώρισης εικόνας έχει βελτιωθεί σημαντικά στον τομέα της αναγνώρισης οχημάτων, πεζών και πινακίδων κυκλοφορίας.

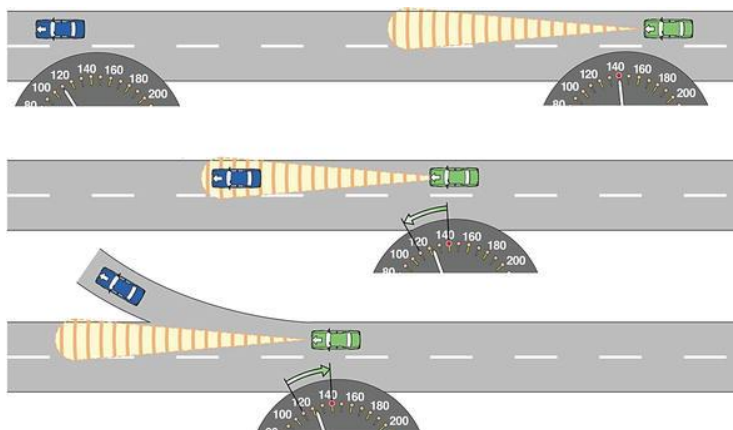
Υπάρχουν δύο τύποι καμερών για τα συστήματα ADAS:

- **Μονόφθαλμη κάμερα:** Είναι η κάμερα που βλέπουμε συχνά στην καθημερινή ζωή. Η μονόφθαλμη κάμερα παρουσιάζεται ως κύρια κάμερα που χρησιμοποιείται για το οπτικό πεδίο μέσα από την οθόνη του οχήματος.
- **Στερεοφωνική κάμερα:** Μετρά αντικείμενα με δύο κάμερες σαν ανθρώπινο μάτι και έτσι καθιστά δυνατή την ακριβή μέτρηση μεγάλων αποστάσεων, κάτι που είναι πολύ σημαντικό για την πραγματοποίηση μιας αυτόνομης οδήγησης.[36]

3.5 Εφαρμογές ADAS

- **Adaptive Cruise Control (ACC)**

Το Adaptive cruise control ή αλλιώς αυτορρυθμιζόμενο σύστημα σταθερής ταχύτητας είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στον αυτοκινητόδρομο, όπου οι οδηγοί δυσκολεύονται να παρακολουθήσουν την ταχύτητα τους και παράλληλα άλλα αυτοκίνητα για μεγάλο χρονικό διάστημα. Το προηγμένο cruise control μπορεί αυτόματα να επιταχύνει, να επιβραδύνει και κάποιες φορές να σταματήσει το όχημα, ανάλογα με τις ενέργειες άλλων αντικειμένων σε κοντινή απόσταση.[37]



Εικόνα 32: Παράδειγμα λειτουργίας ACC.

- **Glare-Free High Beam and Pixel Light**

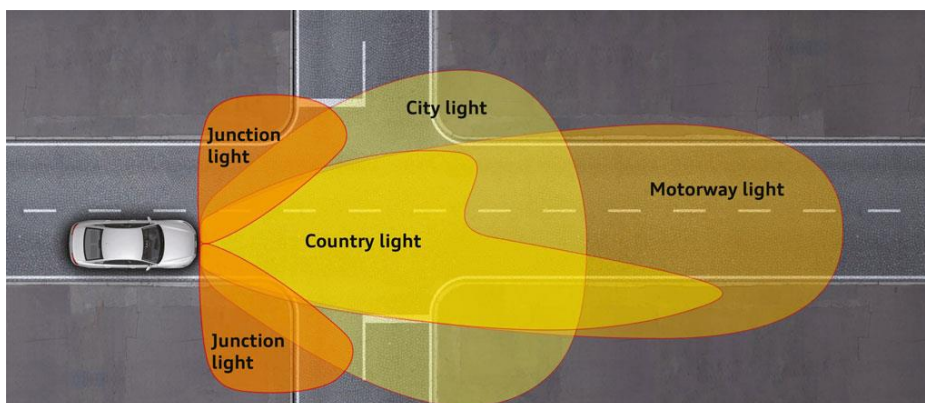
Είναι αισθητήρες οι οποίοι προσαρμόζονται στο σκοτάδι και στο περιβάλλον του οχήματος χωρίς να διαταράσσουν την κυκλοφορία. Εφαρμόζονται σαν προβολείς και σκοπός τους είναι να ανιχνεύουν τα φώτα άλλων οχημάτων και να ανακατευθύνουν τα φώτα του οχήματος για να αποτραπεί η προσωρινή τύφλωση των άλλων οδηγών του δρόμου.[37]



Εικόνα 33: Παράδειγμα αποφυγής προσωρινής τύφλωσης άλλων οδηγών.

- **Adaptive Light Control**

Adaptive light control ή αλλιώς προσαρμοσμένος έλεγχος φωτισμού έχει ως σκοπό να προσαρμόζει τους προβολείς του οχήματος με τις συνθήκες του εξωτερικού φωτισμού. Αλλάζει, δηλαδή, την ένταση, την κατεύθυνση και την περιστροφή των προβολέων ανάλογα με το περιβάλλον και το σκοτάδι γύρω από το όχημα.[38]



Εικόνα 34: Παράδειγμα προσαρμοστικότητας του φωτισμού.

- **Automatic Parking**

Το αυτόματο παρκάρισμα είναι μία εξέλιξη του απλού αισθητήρα παρκαρίσματος (parktronic). Βοηθά, δηλαδή, τους οδηγούς να ενημερώνονται για τα τυφλά σημεία, ώστε να γνωρίζουν πότε πρέπει να στρίψουν το τιμόνι και πότε να σταματήσουν. Ορισμένα, όμως, συστήματα μπορούν ακόμη να ολοκληρώσουν αυτόματα τη στάθμευση του οχήματος χωρίς τη βοήθεια του οδηγού.[39]



Εικόνα 35: Παράδειγμα αυτόματου παρκαρίσματος.

- **Navigation System**

Τα συστήματα πλοήγησης αυτοκινήτου παρέχουν οδηγίες στην οθόνη και φωνητικές υποδείξεις για να βοηθήσουν τους οδηγούς να ακολουθήσουν μία διαδρομή ενώ είναι συγκεντρωμένοι στον δρόμο και στα υπόλοιπα αυτοκίνητα. Κάποια ορισμένα συστήματα πλοήγησης μπορούν να εμφανίζουν ακριβή δεδομένα κίνησης και όταν είναι απαραίτητο, να σχεδιάζουν μία νέα διαδρομή για την αποφυγή ένας μποτιλιαρίσματος. Τα προηγμένα συστήματα ενδέχεται να προσφέρουν την τεχνολογία Heads Up Display (HUD) με σκοπό να μην αποσπάται η προσοχή του οδηγού από τον δρόμο.[37]



Εικόνα 36: Παράδειγμα λειτουργίας του συστήματος πλοήγησης.

- **Night Vision**

Τα συστήματα νυχτερινής όρασης επιτρέπουν στους οδηγούς να βλέπουν πράγματα που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο ή και αδύνατο να τα δουν την νύχτα. Τα συστήματα νυχτερινής όρασης έχουν δύο κατηγορίες εφαρμογών:

Τα **ενεργά συστήματα** νυχτερινής όρασης, όπου προβάλλουν υπέρυθρο φως.

Τα **παθητικά συστήματα**, τα οποία βασίζονται στη θερμική ενέργεια που προέρχεται από τα αυτοκίνητα, τα ζώα και άλλα αντικείμενα.[37]



Εικόνα 37: Παράδειγμα λειτουργίας συστήματος νυχτερινής όρασης.

- **Blind Spot Monitoring**

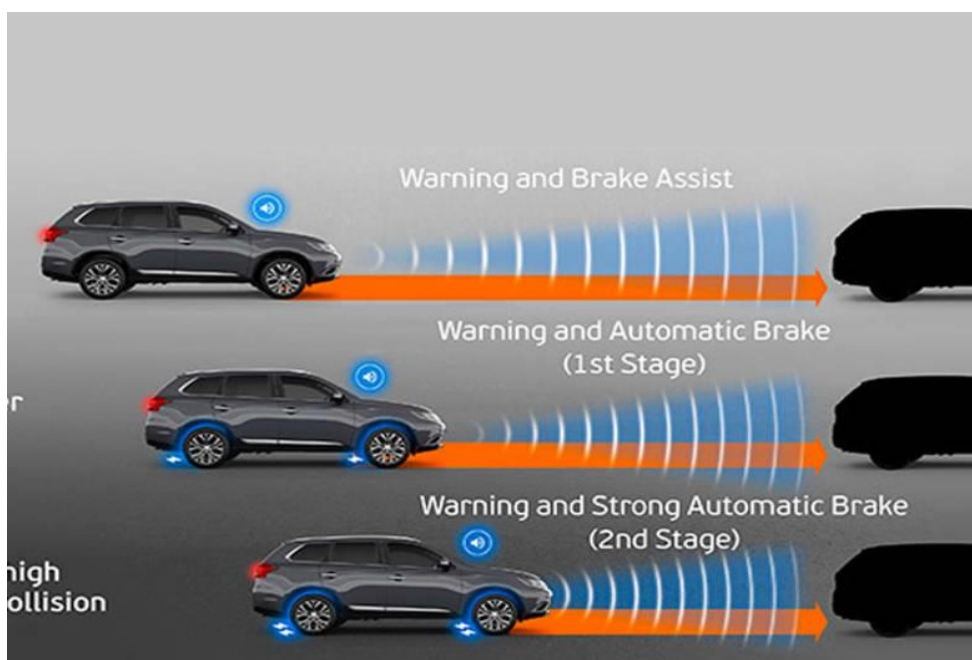
Τα συστήματα ανίχνευσης τυφλού σημείου χρησιμοποιούν αισθητήρες για να παρέχουν στους οδηγούς σημαντικές πληροφορίες που κατά τα άλλα είναι δύσκολο να ανιληφθούν. Ορισμένα συστήματα χτυπούν συναγερμό όταν εντοπίζουν ένα αντικείμενο στο τυφλό σημείο του οδηγού.[37]



Εικόνα 38: Σήμανση ανίχνευσης οχήματος στην περιοχή του τυφλού σημείου.

- **Automatic Emergency Braking**

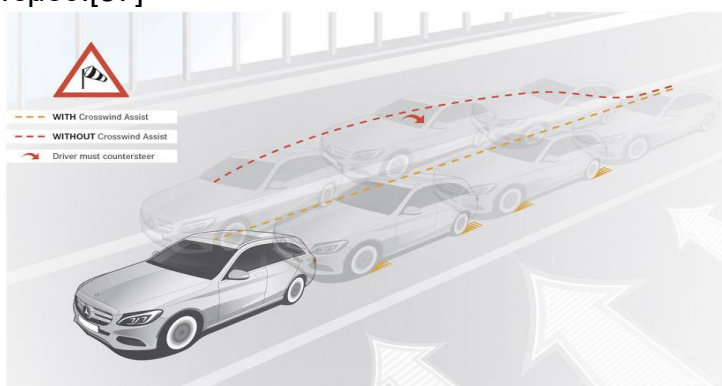
Το αυτόματο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης χρησιμοποιεί αισθητήρες για να ανιχνεύει εάν ο οδηγός βρίσκεται στη διαδικασία να χτυπήσει άλλο όχημα ή άλλα αντικείμενα στο δρόμο. Αυτή η εφαρμογή μπορεί να μετρήσει την απόσταση των οχημάτων που κυκλοφορούν κοντά στο προπορευόμενο όχημα και να ειδοποιήσει τον οδηγό για κάθε κίνδυνο. Ορισμένα συστήματα πέδησης έκτακτης ανάγκης μπορούν να λάβουν προληπτικά μέτρα ασφαλείας, ένα σφίξιμο των ζωνών ασφαλείας, μείωση της ταχύτητας και ρύθμιση του τιμονιού για αποφυγή σύγκρουσης.[37]



Εικόνα 39: Τρόπος λειτουργίας του φρεναρίσματος έκτακτης ανάγκης.

- **Crosswind Stabilization**

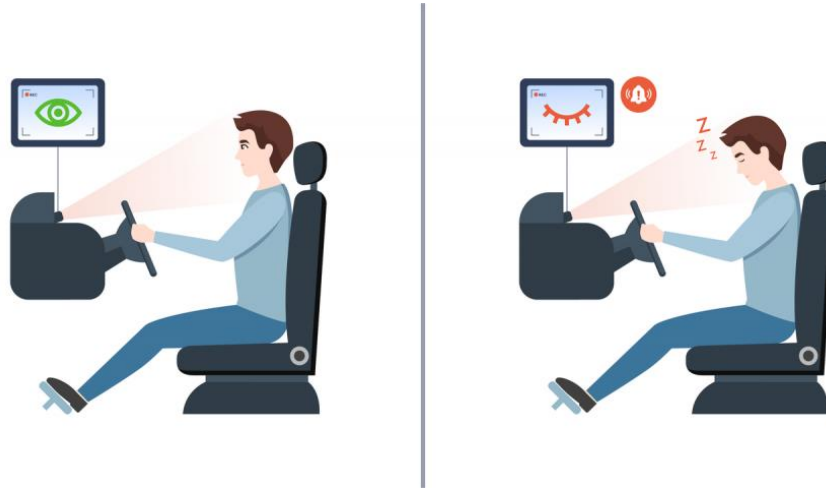
Είναι σχετικά νέο χαρακτηριστικό των συστημάτων ADAS και έχει σκοπό να υποστηρίξει το όχημα στην αντιμετώπιση ισχυρών ανέμων. Οι αισθητήρες αυτού του συστήματος μπορούν να ανιχνεύουν την ισχυρή πίεση που ασκείται στο όχημα κατά την οδήγηση και να φρενάρουν στους τροχούς που επηρεάζονται από τη διαταραχή του πλευρικού ανέμου.[37]



Εικόνα 40: Παράδειγμα λειτουργίας αντιμετώπισης πλευρικών ανέμων.

- **Driver Drowsiness Detection**

Σκοπός αυτού του συστήματος είναι να εντοπίζει πιθανή υπνηλία του οδηγού, μέσω διάφορων αισθητήρων, οι οποίοι μπορούν να αναλύσουν την κίνηση του κεφαλιού του οδηγού και τον καρδιακό ρυθμό για να καθορίσουν εάν υποδηλώνουν υπνηλία.[37]



Εικόνα 41: Παράδειγμα εντοπισμού υπνηλίας του οδηγού.

- **Driver Monitoring System**

Το σύστημα παρακολούθησης οδηγού είναι ένας τρόπος μέτρησης προσοχής του οδηγού. Οι αισθητήριες κάμερες μπορούν να αναλύσουν εάν τα μάτια του οδηγού είναι στραμμένα στο δρόμο ή παρασύρονται. Τα συστήματα παρακολούθησης οδηγού μπορούν να ειδοποιούν τους οδηγούς με θορύβους, μέσω δόνησης του τιμονιού ή φώτα που αναβοσβήνουν. Σε ορισμένες περιπτώσεις το αυτοκίνητο θα λάβει το ακραίο μέτρο να σταματήσει εντελώς.[37]



Εικόνα 42: Τρόποι μέτρησης της προσοχής του οδηγού.

Κεφάλαιο 4 : Αυτοματοποίηση των αυτοκινήτων

4.1 Εισαγωγή

Γενικότερα, ο όρος αυτόματα οχήματα βασίζονται πάνω στο λογισμικό της τεχνητής νοημοσύνης. Σκοπός, δηλαδή, αυτού του λογισμικού είναι να διδάξουν στο όχημα πως να οδηγεί διατηρώντας μία ασφαλή πορεία, πειθαρχία στη λωρίδα κυκλοφορίας και να διατηρεί τον έλεγχο του αυτοκινήτου. Έτσι, τα τελευταία χρόνια η διαθεσιμότητα των αισθητήρων και των καμερών έχει αυξήσει την ανάγκη δημιουργίας πιο αξιόπιστων και ασφαλέστερων δρόμων με σκοπό την πλήρη αυτοματοποίηση των οχημάτων στα επόμενα χρόνια.[40]

Για να υπάρχει ένας διαχωρισμός ανάμεσα στο πόσο αυτοματοποιημένο είναι ένα αυτοκίνητο, έχουν οριστεί επίπεδα κατηγοριοποίησης των αυτόνομων αυτοκινήτων και καθορίστηκαν ως εξής:

Επίπεδο	Αυτοματοποίηση
0	Χωρίς Αυτοματοποίηση
1	Βοήθεια στην οδήγηση
2	Μερική Αυτοματοποίηση
3	Αυτοματισμός υπό όρους
4	Υψηλό επίπεδο αυτοματισμού
5	Πλήρης Αυτοματοποίηση

Πίνακας 3: Επίπεδα αυτοματοποίησης.

- **Επίπεδο 0 – Χωρίς Αυτοματοποίηση**

Ο οδηγός είναι απόλυτα υπεύθυνος για τον έλεγχο του οχήματος, για το τιμόνι, το φρενάρισμα, την επιτάχυνση ή την επιβράδυνση. Ένα όχημα επιπέδου 0 μπορεί να έχει χαρακτηριστικά ασφαλείας τις εφεδρικές κάμερες, προειδοποιήσεις τυφλών σημείων και προειδοποιήσεις σύγκρουσης.

- **Επίπεδο 1 – Βοήθεια στην οδήγηση**

Σε αυτό το επίπεδο, τα αυτοματοποιημένα συστήματα αρχίζουν να αναλαμβάνουν τον έλεγχο του οχήματος σε συγκεκριμένες καταστάσεις, αλλά δεν αναλαμβάνουν πλήρως τον έλεγχο. Ένα παράδειγμα αυτοματισμού επιπέδου 1 είναι το cruise control, το οποίο ελέγχει την επιτάχυνση και το φρενάρισμα του οχήματος.

- **Επίπεδο 2 – Μερική Αυτοματοποίηση**

Στο συγκεκριμένο επίπεδο παρόλο που ο οδηγός πρέπει να έχει τα χέρια στο τιμόνι και να είναι σε ετοιμότητα να πάρει το έλεγχο ανά πάσα στιγμή, ο αυτοματισμός επιπέδου 2 έχει ως σκοπό να βοηθά στον έλεγχο της ταχύτητας και του τιμονιού. Βοηθά στην κυκλοφορία σταματήματος – ξεκινήματος διατηρώντας την απόσταση από το μπροστινό όχημα, ενώ παράλληλα βοηθά στο κεντράρισμα του αυτοκινήτου εντός της λωρίδας.

- **Επίπεδο 3 – Αυτοματισμός υπό όρους**

Σε αυτό το επίπεδο οι οδηγοί μπορούν να μην εμπλακούν στο κομμάτι της οδήγησης, αλλά μόνο σε συγκεκριμένες καταστάσεις. Τέτοιες καταστάσεις θα μπορούσαν να είναι σε ορισμένες ταχύτητες του οχήματος, σε ορισμένους δρόμους και σε ορισμένες καιρικές συνθήκες. Έτσι, οι οδηγοί μπορούν να επικεντρώσουν την προσοχή τους σε κάποια άλλη δουλειά όπως για παράδειγμα το τηλέφωνο ή το διάβασμα. Αυτό θεωρείται από τα αρχικά στάδια της αυτόνομης οδήγησης. Παρόλα αυτά, ο οδηγός αναμένεται να αναλάβει τον χειρισμό του οχήματος όταν αυτό του ζητηθεί από το σύστημα διότι το όχημα πρέπει να παρακολουθεί την κατάσταση του οδηγού για να διασφαλίσει ότι η υγεία του είναι εντάξει. Αν διαπιστώσει ότι κάτι δεν πάει καλά, βγαίνει στην άκρη του δρόμου με ασφάλεια και ακινητοποιεί το όχημα.

- **Επίπεδο 4 – Υψηλό επίπεδο αυτοματισμού**

Σε αυτό το επίπεδο το αυτόνομο σύστημα οδήγησης του οχήματος είναι πλήρως ικανό να παρακολουθεί το περιβάλλον γύρω του και να χειρίζεται τις λειτουργίες οδήγησης για τις συνήθεις διαδρομές και τις συνθήκες που καθορίζονται στο πεδίο λειτουργίας του. Το όχημα μπορεί να ειδοποιήσει τον οδηγό ότι φτάνει στα όρια λειτουργίας του, εάν υπάρχουν, όπως για παράδειγμα μία έντονη χιονόπτωση η οποία απαιτεί ανθρώπινο έλεγχο. Εάν το όχημα αντιληφθεί ότι ο οδηγός δεν ανταποκρίνεται στο αίτημα του, τότε ασφαρίζει αυτόματα το όχημα.

- **Επίπεδο 5 – Πλήρης Αυτοματοποίηση**

Τα οχήματα που έχουν δυνατότητα επιπέδου 5 είναι πλήρως αυτόνομα και δεν απαιτείται καθόλου ο οδηγός να βρίσκεται πίσω από το τιμόνι. Στην πραγματικότητα, τα οχήματα επιπέδου 5 μπορούν να μην έχουν καθόλου τιμόνι ή πετάλια, να λειτουργούσαν όλα μέσω φωνητικών εντολών (πλοήγηση, ρύθμιση θερμοκρασίας κ.α.).

Κάθε επίπεδο αυτοματισμού απαιτεί επιπλέον επίπεδα αισθητήρων, καθώς τα οχήματα αναλαμβάνουν ολοένα και περισσότερες λειτουργίες που ελέγχονταν προηγουμένως από τον οδηγό. Για παράδειγμα, ένα όχημα επιπέδου 1 μπορεί να έχει μόνο ένα ραντάρ και μία κάμερα, ενώ ένα όχημα επιπέδου 5 το οποίο μπορεί να πλοηγηθεί σε οποιοδήποτε περιβάλλον συναντά. Για αυτό απαιτείται πλήρη ανίχνευση 360 μοιρών με πολλαπλούς τύπους αισθητήρων.[40]

4.2 Έξυπνο σύστημα μεταφοράς (ITS)

Το έξυπνο σύστημα μεταφοράς είναι μία προηγμένη εφαρμογή που στοχεύει στην παροχή καινοτόμων υπηρεσιών που σχετίζονται με διαφορετικούς τρόπους μεταφοράς και διαχείρισης της κυκλοφορίας, έτσι ώστε να επιτρέπει στους χρήστες να είναι καλύτερα ενημερωμένοι και να κάνουν ασφαλέστερη, πιο συντονισμένη και 'έξυπνη' την χρήση των δικτύων μεταφορών.

Το έξυπνο σύστημα μεταφοράς ενσωματώνει τρέχουσες και αναπτυσσόμενες τεχνολογίες επικοινωνίας, έτσι μέσω της τεράστιας ποικιλίας τεχνολογιών, τα συστήματα μεταφοράς είναι σε θέση να βελτιώνουν όλο ένα και περισσότερο τις συνθήκες μεταφοράς, ασφάλειας και υπηρεσιών.[41]

Τεχνολογίες Επικοινωνίας	
1	Ασύρματες επικοινωνίες
2	Υπολογιστικές Τεχνολογίες
3	Κινούμενα Δεδομένα Αυτοκινήτου
4	Τεχνολογίες Ανίχνευσης
5	Επαγωγική Ανίχνευση Βρόχου
6	Βίντεο Ανίχνευσης Οχήματος
7	Ανίχνευση Bluetooth

Πίνακας 4: Τεχνολογίες επικοινωνίας.

1. Ασύρματες επικοινωνίες – Wireless communications

Η ασύρματη επικοινωνία έχει ένα τεράστιο εύρος λειτουργίας όπου μέσω των ασύρματων δικτύων μπορούν να συνδεθούν οι συσκευές και να μεταδίδουν τα δεδομένα χρησιμοποιώντας ραδιοκύματα και μικροκύματα. Ασύρματη επικοινωνία διαθέτουν διάφορες τεχνολογίες όπως:

α) **Επικοινωνία ραδιοφωνικού μόντεμ – Radio modem communication:**

Αυτό το είδος επικοινωνίας χρησιμοποιείται για την αποστολή δεδομένων μεταξύ δύο τοποθεσιών, τυπικά η εμβέλεια ενός μόντεμ είναι μεταξύ 16 – 64 χιλιομέτρων. Υπάρχουν δύο είδη συχνοτήτων που μπορεί να εκπέμπει ένα ραδιοφωνικό μόντεμ: Σε **Εξαιρετικά Υψηλή Συχνότητα – Ultra High Frequency (UHF)** και σε **Πολύ Υψηλή Συχνότητα – Very High Frequency (VHF)**. Σε αυτό το είδος επικοινωνίας εφαρμογή έχουν τα συστήματα που μας ενημερώνουν για την κυκλοφοριακή συμφόρηση και τις καταστάσεις έκτακτης ανάγκης μέσω ραδιοσυχνοτήτων, επίσης μπορεί να προειδοποιεί τους οδηγούς για τυχόν αλλαγές στις καιρικές συνθήκες.

- **Διαχείριση στόλου – Fleet Management:** Η διαχείριση του στόλου είναι όταν μία ομάδα ειδικών διαχειρίζεται το στόλο των επαγγελματικών οχημάτων, με σκοπό την συντήρηση των οχημάτων, την διαχείριση των οδηγών ως προς τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούν το αυτοκίνητο για την βελτίωση της απόδοσης του καυσίμου και τέλος για την διαχείριση των κινδύνων για την υγεία και την ασφάλεια των οδηγών.[42]
- **Αυτόματη ανάγνωση μετρητή – Automatic meter reading:** Η αυτόματη ανάγνωση μετρητή είναι μία τεχνολογία η οποία συλλέγει αυτόματα δεδομένα κατανάλωσης, διάγνωσης και κατάστασης από μετρητές νερού ή μετρητές ενέργειας (καυσίμου, ηλεκτρικής ενέργειας) και μεταφέρει αυτά τα δεδομένα σε μία κεντρική βάση δεδομένων για ανάλυση και τυχόν αντιμετώπιση προβλημάτων.[43]
- **Τηλεμετρία – Telemetric:** Η τηλεμετρία είναι η συλλογή και μετάδοση δεδομένων από απομακρυσμένους αισθητήρες σε μία κεντρική τοποθεσία.[41]
- **Εποπτικός έλεγχος και απόκτηση δεδομένων – Supervisory control and data acquisition (SCADA):** Ο εποπτικός έλεγχος και η απόκτηση δεδομένων είναι μια αρχιτεκτονική συστήματος ελέγχου που περιλαμβάνει υπολογιστές, δικτυακές επικοινωνίες δεδομένων και γραφικές διεπαφές χρηστών για την επίβλεψη υψηλού επιπέδου μηχανών και διαδικασιών. Ένα σύστημα SCADA μπορεί να παρατηρεί την κατάσταση της κυκλοφορίας και να ανιχνεύει ελεύθερες λωρίδες, να καταγράφει τα άτομα τα οποία παραβιάζουν των κώδικα οδικής κυκλοφορίας σε πραγματικό χρόνο και τέλος να εντοπίζει τα κλεμμένα αυτοκίνητα και να τα αναφέρει στο σύστημα σε πραγματικό χρόνο.[44]

β) **Επικοινωνίες Μικρής Εμβέλειας – Short Range Communications:**

Είναι πρότυπα επικοινωνίας μικρής εμβέλειας, πιο συγκεκριμένα το WAVE (Wireless Access for Vehicular Environment) ή το DSRC (Dedicated Short Range Communication) χρησιμοποιώντας τα πρωτόκολλα IEEE 802.11. Σκοπός αυτής της επικοινωνίας είναι να προσφέρει ένα γρήγορο δίκτυο, με χαμηλή καθυστέρηση, υψηλή αξιοπιστία και ασφάλεια.[41]

γ) Επικοινωνίες Μεγάλης Εμβέλειας – Long Range Communications:

Η επικοινωνία μεγάλης εμβέλειας χρησιμοποιεί διαφορετικά δίκτυα όπως το WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) και το GSM (Global System for Mobile Communication). Έχουν ως σκοπό την παροχή ασύρματης πρόσβασης σε μεγάλες αποστάσεις.[41]

2. Υπολογιστικές Τεχνολογίες – Computational Technologies

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας, η υπολογιστική επιστήμη χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς. Στα έξυπνα συστήματα μεταφοράς, οι υπολογιστικές τεχνολογίες παρέχουν μια πλατφόρμα και ανάπτυξη όσον αφορά την αρχιτεκτονική και το λογισμικό για εφαρμογές σε πραγματικό χρόνο. Σκοπός της υπολογιστικής μηχανικής είναι η κατανόηση και ο έλεγχος των δύσκολων συστημάτων. Παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι τα Προηγμένα Συστήματα Υποβοήθησης του Οδηγού (ADAS).[41]

3. Μεταβλητά Δεδομένα Αυτοκινήτου – Floating Car Data:

Τα μεταβλητά δεδομένα αυτοκινήτου (FCD), είναι μία μέθοδος για τον προσδιορισμό της ταχύτητας κυκλοφορίας στο οδικό δίκτυο. Βασίζεται σε μία συλλογή δεδομένων εντοπισμού, ταχύτητας, χρόνου και κατεύθυνση του ταξιδιού μέσα από πληροφορίες που παρέχουν τα κινητά τηλέφωνα που βρίσκονται μέσα στο όχημα. Αυτά τα δεδομένα είναι η βασική πηγή για πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφορία και για τα περισσότερα έξυπνα συστήματα μεταφοράς (ITS). Αυτό σημαίνει ότι κάθε όχημα με ενεργό κινητό τηλέφωνο λειτουργεί ως αισθητήρας για το οδικό δίκτυο. Με βάσει αυτά τα δεδομένα μπορεί να δημιουργηθούν γρήγορα αναφορές σχετικά με την κυκλοφορία.[41]

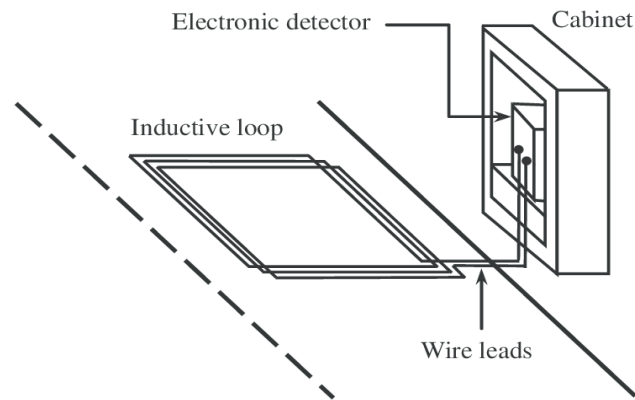
4. Τεχνολογίες Ανίχνευσης – Sensing Technologies:

Η τεχνολογία ανίχνευσης στα συστήματα μεταφορών, χρησιμοποιεί ως μέσο ανίχνευσης τους αισθητήρες και εστιάζει πάνω στα έξυπνα συστήματα μεταφοράς, που έχουν ως σκοπό να σχεδιάσουν και να αναπτύξουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών για τον έλεγχο της κυκλοφορίας και της ασφάλειας. Έτσι, τα τελευταία χρόνια οι αισθητήρες και οι ενεργοποιητές, όπως ο αισθητήρας πίεσης ελαστικών και τα συστήματα ορατότητας οπισθοπορείας, έχουν καταστεί υποχρεωτικά σε διάφορες χώρες, για την κατασκευή των οχημάτων και την εφαρμογή των έξυπνων συστημάτων μεταφοράς. Αυτό έχει ως στόχο την παροχή υπηρεσιών για την αύξηση της ικανοποίησης των οδηγών και των επιβατών, τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας και τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης.[41]

5. Επαγωγική Ανίχνευση Βρόχου – Inductive Loop Detection:

Ένας επαγωγικός βρόχος είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό σύστημα επικοινωνίας το οποίο προκαλεί μία ηλεκτρική διέγερση σε ένα κοντινό καλώδιο. Όσον αφορά τους βρόχους ανίχνευσης οχημάτων, που ονομάζονται ανιχνευτές κυκλοφορίας

επαγωγικού βρόχου, μπορούν να ανιχνεύουν οχήματα που περνούν ή φτάνουν σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Για παράδειγμα, σε μία διασταύρωση οι επαγωγικοί βρόχοι εγκαθίστανται στο δρόμο με σκοπό να προτρέπουν τους σηματοδότες κυκλοφορίας, να παραχωρούν, δηλαδή, περισσότερο χρόνο στον δρόμο στον οποίο υπάρχει μεγαλύτερη προσέλευση οχημάτων που έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των σημείων συμφόρησης σε περιόδους υπερφόρτωσης της κυκλοφορίας.[41]



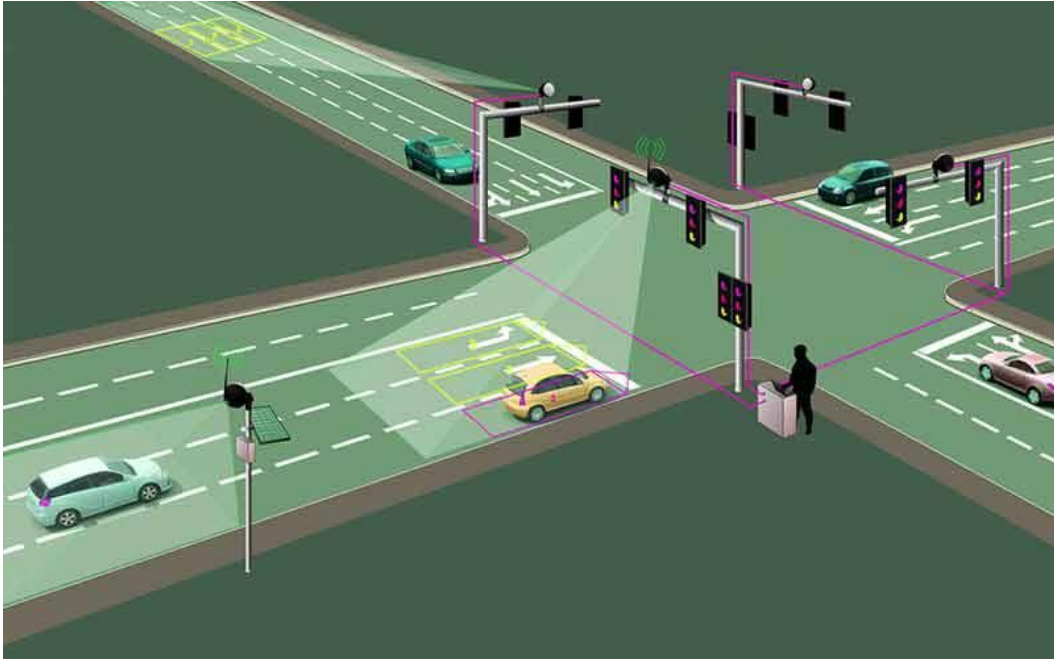
Εικόνα 43: Σχεδιάγραμμα επαγωγικής ανίχνευσης βρόχου.



Εικόνα 44: Παράδειγμα ανιχνευτή οχήματος επαγωγικού βρόχου.

6. Βίντεο Ανίχνευσης Οχήματος – Video Vehicle Detection:

Η ανίχνευση των οχημάτων είναι μια κυρίαρχη μορφή ανίχνευσης στα έξυπνα συστήματα μεταφοράς και αλλάζει το ήδη υπάρχον σύστημα ανίχνευσης βρόχου. Αυτό το σύστημα έχει ως σκοπό να προειδοποιεί για τυχόν συμφορήσεις στους αυτοκινητόδρομους και αποτελείται από μία σειρά σταθμών παρακολούθησης βίντεο εξοπλισμένων με συσκευές εγγραφής βίντεο που παρέχουν καλύτερη ακρίβεια, ανάλυση και χρήσιμες πληροφορίες βελτιώνοντας έτσι τις οδηγικές ικανότητες του οδηγού.[41]



Εικόνα 45: Παράδειγμα λειτουργίας βίντεο ανίχνευσης οχημάτων.

7. Ανίχνευση Bluetooth – Bluetooth Detection:

Η ανίχνευση Bluetooth αφορά κυρίως επικοινωνίες μικρής εμβέλειας και πιο συγκεκριμένα στα έξυπνα συστήματα μεταφοράς χρησιμοποιείται για την αναγνώριση των πινακίδων κυκλοφορίας και για την συλλογή δεδομένων.[41]

4.3 Επικοινωνία V2X

Η επικοινωνία Vehicle to Everything (V2X) είναι ένα σύστημα επικοινωνίας οχημάτων που υποστηρίζει τη μεταφορά πληροφοριών από ένα όχημα σε άλλα κινούμενα μέρη του συστήματος κυκλοφορίας όπου μπορούν να επηρεάσουν το όχημα. Ο κύριος σκοπός της τεχνολογίας V2X είναι να βελτιώσει την οδική ασφάλεια, την εξοικονόμηση ενέργειας και την αποδοτικότητα της κυκλοφορίας στους δρόμους.[45]. Αυτό έχει ως σκοπό να δημιουργηθεί ουσιαστικά ένα «έξυπνο» κυκλοφοριακό σύστημα και μέσω νέων εφαρμογών και υπηρεσιών που θα παρέχονται να αυξάνεται το ποσοστό ασφάλειας των επιβατών σε ένα όχημα αλλά και των πεζών. Σε ένα σύστημα επικοινωνίας V2X, οι πληροφορίες μεταφέρονται από τους αισθητήρες του οχήματος και από άλλες πηγές μέσω συνδέσεων υψηλής ευρυζωνικότητας και υψηλής αξιοπιστίας, αυτό έχει ως αποτέλεσμα να είναι εφικτή η επικοινωνία με άλλα αυτοκίνητα, και διάφορες υποδομές.[46]



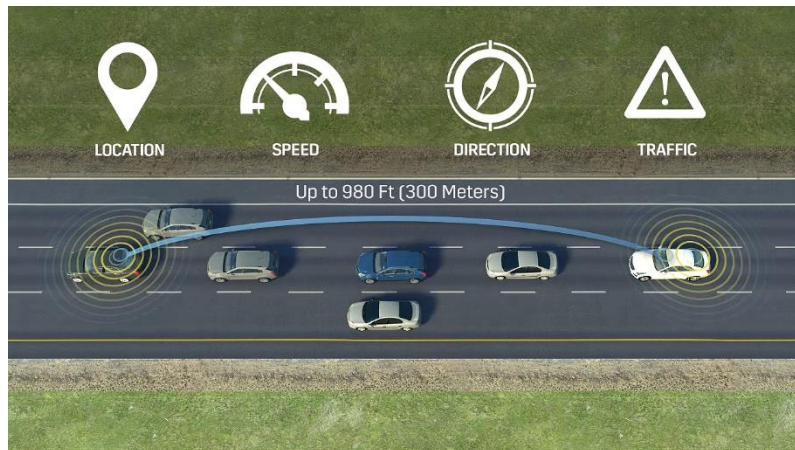
Εικόνα 46: Παράδειγμα του V2X σε λειτουργία.

Η επικοινωνία V2X χωρίζεται στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Επικοινωνία οχήματος με όχημα – Vehicle to Vehicle (V2V)**
- **Επικοινωνία οχήματος με υποδομές – Vehicle to Infrastructure (V2I)**
- **Επικοινωνία οχήματος με δίκτυο – Vehicle to Network (V2N)**
- **Επικοινωνία οχήματος με πεζό – Vehicle to Pedestrian (V2P)**

4.3.1 Επικοινωνία V2V

Οι επικοινωνίες από όχημα σε όχημα (V2V) περιλαμβάνουν ένα ασύρματο δίκτυο όπου τα αυτοκίνητα στέλνουν μηνύματα μεταξύ τους διάφορες πληροφορίες, που έχουν ως σκοπό την οργάνωση και ανάπτυξη της συνεργασίας των οχημάτων. Η επικοινωνία V2V είναι κατά βάση ad hoc (μοντέλο λειτουργίας δικτύων) επικοινωνία. Αυτός ο τύπος επικοινωνίας χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές ασφάλειας, όπως την προειδοποίηση ασφάλειας, τις πληροφορίες κυκλοφορίας, την προειδοποίηση για τυχόν εμπόδια και την προειδοποίηση σύγκρουσης. Στην επικοινωνία V2V κάθε όχημα είναι εξοπλισμένο με σύστημα GPS, αισθητήρες, συσκευές δικτύωσης, ψηφιακό χάρτη που έχει πληροφορίες για τα τμήματα του δρόμου και υπολογιστικές συσκευές. Έτσι, τα οχήματα συλλέγουν τις πληροφορίες που μπορούν να τους παρουσιάσουν στο δρόμο και στην συνέχεια επικοινωνούν με τα γειτονικά οχήματα μέσω μίας συσκευής που μεταδίδει ένα συνεχές ραδιοσήμα.[47]



Εικόνα 47: Επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων.

Η επικοινωνία V2V χρησιμοποιεί τεχνικές προώθησης των πληροφοριών μέσω unicast και multicast μεταξύ του οχήματος προέλευσης και του οχήματος προορισμού. Η προώθηση unicast σημαίνει ότι ένα όχημα μπορεί να στείλει και να λάβει πληροφορίες μόνο από τα κοντινά(γειτονικά) οχήματα ενώ η προώθηση μέσω multicast επιτρέπει την ανταλλαγή πληροφοριών με απομακρυσμένα οχήματα χρησιμοποιώντας ένα ενδιάμεσο όχημα ως πομπό και δέκτη ταυτόχρονα για μεγαλύτερη εμβέλεια.[47]

Κάποιες εφαρμογές ασφαλείας V2V περιλαμβάνουν προειδοποιήσεις για την ασφάλεια των οδηγών. Τέτοιες προειδοποιήσεις είναι:

- Προειδοποίηση μέσω ένδειξης για φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης (διότι ένα από τα προπορευόμενα οχήματα φρέναρε απότομα).
- Προειδοποίηση για σύγκρουση ενός από τα προπορευόμενα οχήματα.
- Προειδοποίηση όταν το όχημα κινείται σε διασταύρωση.
- Προειδοποίηση τυφλού σημείου.
- Προειδοποίηση αλλαγής λωρίδας.
- Προειδοποίηση να μην προσπεράσει ο οδηγός.
- Προειδοποίηση απώλειας ελέγχου επικοινωνίας.

4.3.2 Επικοινωνία V2I

Η επικοινωνία οχήματος με τις υποδομές (V2I) είναι ένα είδος επικοινωνίας που επιτρέπει σε πολλά οχήματα να μοιράζονται πληροφορίες με διάφορες συσκευές που υποστηρίζουν το σύστημα των αυτοκινητόδρομων μίας συγκεκριμένης χώρας. Αυτού του είδους συσκευές αποτελούνται από αναγνώστες RFID (είναι συσκευές που λαμβάνουν και μεταδίδουν ραδιοκύματα προκειμένου να επικοινωνήσουν με άλλα σημεία RFID) και κάμερες.[48]



Εικόνα 48: Επικοινωνία του οχήματος με τις υποδομές.

Μία τεχνολογία V2I είναι συνήθως ασύρματη και αμφίδρομη, δηλαδή οι πληροφορίες από τις συσκευές υποδομής μεταφέρονται εύκολα στο όχημα μέσω ενός ad hoc δικτύου.[48]

Κάποιες εφαρμογές για την επικοινωνία V2I:

- Ασφάλεια διασταύρωσης
- Διαχείριση ταχύτητας
- Προστασία και έλεγχο στις διαβάσεις
- Ανάθεση προτεραιότητας για προπορευόμενα οχήματα

4.3.3 Επικοινωνία (V2N)

Η επικοινωνία του οχήματος με το δίκτυο (V2N) στοχεύει στη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ οχημάτων και του συστήματος διαχείρισης. Ένα τέτοιο δίκτυο μπορεί να περιέχει διάφορα είδη τεχνολογίας όπως, τεχνολογία δικτύωσης ομίχλης (Fog Networking), τεχνολογία δικτύωσης νέφους (Cloud Networking), δίκτυα πλέγματος (Grid Networks) και κέντρα δεδομένων (Data Center). Τέλος, μία τέτοια διαδικασία καθίσταται δυνατή μέσω ενός δικτύου υψηλού εύρους ζώνης, χαμηλής καθυστέρησης και υψηλής αξιοπιστίας. Έτσι, τα αυτοκίνητα μπορούν να λαμβάνουν ειδοποιήσεις μετάδοσης για την κυκλοφοριακή συμφόρηση ή για τυχόν ατυχήματα πιο κάτω στο δρόμο στον οποίο κινείται το όχημα.[49]

Εφαρμογές για την επικοινωνία V2N:

- Απόσταση από το ατύχημα.
- Αναφορά μέσου όρου χρόνου και ταχύτητας ενός οχήματος (π.χ. ασθενοφόρο) από το σημείο του ατυχήματος.
- Υπολογισμός χρόνου ταξιδιού ανάλογα με την κυκλοφοριακή συμφόρηση.

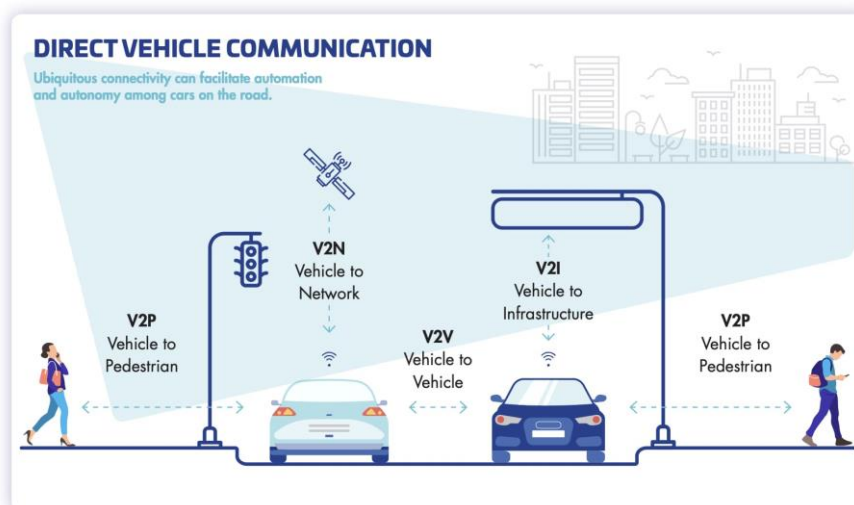
4.3.4 Επικοινωνία (V2P)

Η επικοινωνία του οχήματος με τους πεζούς (V2P) έχει σχεδιαστεί για να αναγνωρίζει σωστά τους πεζούς, να εκτιμούν συνεχώς το χρόνο σύγκρουσης και να κάνει εκτιμήσεις για το πότε θα πρέπει να ενεργοποιηθούν τα συστήματα προειδοποίησης του αυτόματου φρεναρίσματος για την αποφυγή ή την μείωση της σοβαρότητας του ατυχήματος.

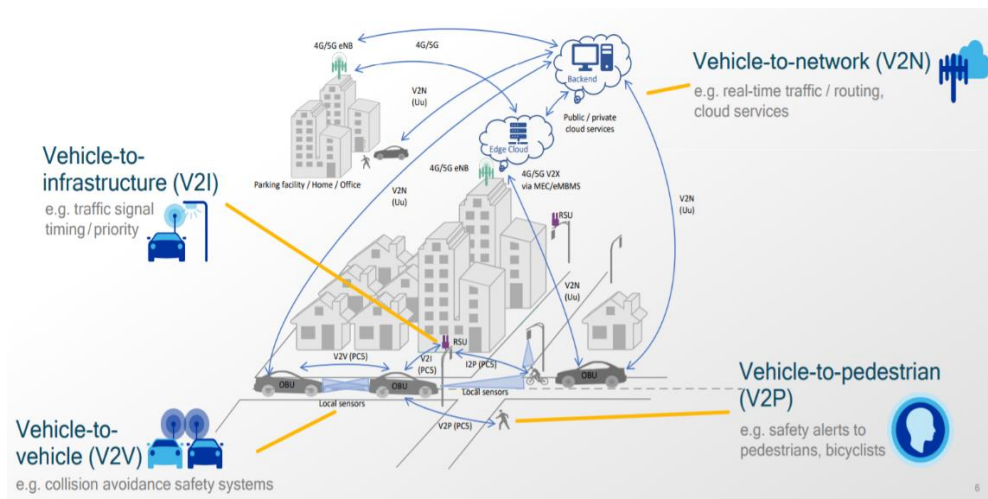


Εικόνα 49: Επικοινωνία του οχήματος με τους πεζούς.

Τα συστήματα ανίχνευσης πεζών μπορούν να εφαρμοστούν σε οχήματα, στις υποδομές ή και με τους ίδιους τους πεζούς για να παρέχουν προειδοποιήσεις στους οδηγούς και στους πεζούς. Μία τέτοια συσκευή μπορεί να είναι κάποιος αισθητήρας στο κινητό του πεζού ή και κάποια άλλη συσκευή (π.χ. smartwatch). Αν δεν διατίθεται κάποια τέτοια συσκευή από τους πεζούς τότε η επικοινωνία γίνεται από το όχημα με αισθητήρες που διαθέτουν τεχνολογίες LIDAR καθώς επίσης με RADAR και κάμερες 360 μοιρών.[50]



Εικόνα 50: Τρόπος λειτουργίας της κάθε επικοινωνίας.



Εικόνα 51: Σύνοψη λειτουργίας των επικοινωνιών.

4.4 Εφαρμογές επικοινωνίας V2X

Οι επικοινωνίες V2X μέσω των εφαρμογών έχουν ως σκοπό την ασφαλή και άνετη κίνηση στους δρόμους. Έτσι, υπάρχει μια κατηγοριοποίηση αυτών των εφαρμογών.

4.4.1 Κατηγορίες εφαρμογών V2X

α) **Ενεργές εφαρμογές οδικής ασφάλειας:** Ο ρόλος της οδικής ασφάλειας είναι να αποφεύγει τα οδικά ατυχήματα μέσω της έγκαιρης ενημέρωσης των οδηγών για τις κυκλοφοριακές και οδικές καταστάσεις. Έτσι, η ενημέρωση πραγματοποιείται μέσα από δύο είδη μηνυμάτων [51]: **Cooperative Awareness Messages (CAM)** είναι τα μηνύματα με πληροφορίες που αποστέλλει σε τακτική βάση το όχημα σε άλλα κοντινά οχήματα, όπως η τοποθεσία, η κατεύθυνση της λωρίδας, ταχύτητα και η επιτάχυνση. **Decentralized Environmental Notification Message (DENM)** χρησιμοποιείται από τα οχήματα και τις υποδομές για να ειδοποιούν άλλα οχήματα που βρίσκονται στην ίδια κατεύθυνση κυκλοφορίας για συγκεκριμένα γεγονότα στους γύρω δρόμους. Κάθε DENM είναι αποτέλεσμα μίας διαδικασίας ανίχνευσης συμβάντων που διεξάγεται από προπορευόμενα οχήματα.[52]

Κάποια τέτοια συστήματα οδικής ασφάλειας είναι:

- **Προειδοποίηση σύγκρουσης διασταυρώσεων:** Σε αυτήν την περίπτωση χρήσης, ο κίνδυνος για κάποια πιθανή σύγκρουση των οχημάτων που πλησιάζουν κοντά σε διασταύρωση εντοπίζεται είτε από κάποιο όχημα είτε από πλευρικές μονάδες που βρίσκονται στο δρόμο. Έτσι, οι πληροφορίες

αποστέλλονται στα οχήματα που πλησιάζουν την διασταύρωση με σκοπό την αποφυγή συγκρούσεων.

- **Βοήθεια αλλαγής λωρίδας:** Ο κίνδυνος των συγκρούσεων για οχήματα που πραγματοποιούν αλλαγή λωρίδας με τυφλό σημείο μειώνεται.
- **Προειδοποίηση για προσπέραση:** Αποσκοπεί στην αποφυγή σύγκρουσης οχημάτων σε κατάσταση προσπέρασης.
- **Προειδοποίηση σύγκρουσης:** Ο κίνδυνος σύγκρουσης μειώνεται με την αποστολή έγκαιρης προειδοποίησης στα οχήματα που κινούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις.
- **Συνεργασία προειδοποίησης σύγκρουσης:** Ένα ατύχημα ανιχνεύεται μέσω ενός οχήματος και στην συνέχεια αυτό στέλνει προειδοποίηση στα πίσω οχήματα.
- **Προειδοποίηση οχήματος έκτακτης ανάγκης:** Η προειδοποίηση αυτή στέλνεται όταν ένα όχημα έκτακτης ανάγκης ενημερώνει τα οχήματα που βρίσκονται γειτονικά ώστε να ελευθερώσουν την λωρίδα έκτακτης ανάγκης. Μία τέτοια είδους πληροφορία μπορεί να μεταδοθεί επίσης από άλλα αυτοκίνητα που βρίσκονται γειτονικά και από μονάδες που βρίσκονται πλάγια στο δρόμο.
- **Ανίχνευση/Προειδοποίηση πριν από τη συντριβή:** Αυτή η περίπτωση χρήσης, λαμβάνεται υπόψη ότι μία συντριβή είναι αναπόφευκτη. Έτσι, τα οχήματα και διάφορα συστήματα οδικής ασφάλειας μοιράζονται περιοδικά πληροφορίες ώστε να προβλέψουν συγκρούσεις. Οι ανταλλασσόμενες αυτές πληροφορίες περιλαμβάνουν λεπτομερή δεδομένα θέσης και μεγέθους του οχήματος και έχουν ως αποτέλεσμα την μειωμένη επίδραση σε μία σύγκρουση μέσα από διάφορα συστήματα στα οχήματα. Τέτοιος εξοπλισμός μπορεί να αποτελείται από ενεργοποιητές, αερόσακους και προεντατήρες ζώνης ασφαλείας.
- **Φώτα φρένων έκτακτης ανάγκης:** Όταν ένα όχημα πρέπει να φρενάρει απότομα λόγω κάποιου εμποδίου, ενημερώνει τα υπόλοιπα οχήματα πίσω του χρησιμοποιώντας τη συνεργασία με τα άλλα οχήματα.
- **Προειδοποίηση οδήγησης σε λάθος κατεύθυνση:** Εάν ένα όχημα ανιχνεύσει ότι οδηγεί σε λάθος κατεύθυνση (π.χ. σε απαγορευμένη κατεύθυνση) τότε προειδοποιεί τα άλλα οχήματα που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση και κινούνται προς το μέρος του.
- **Προειδοποίηση στάσιμου οχήματος:** Σε αυτήν την περίπτωση, κάθε όχημα που είναι απενεργοποιημένο λόγω βλάβης, ατυχήματος ή οποιουδήποτε άλλου λόγου, ενημερώνει τα υπόλοιπα οχήματα και τις οδικές μονάδες για αυτήν την κατάσταση.
- **Προειδοποίηση για την κατάσταση της κυκλοφορίας:** Όταν οποιοδήποτε όχημα εντοπίσει γρήγορα την εξέλιξη της κυκλοφορίας, ενημερώνει τα υπόλοιπα οχήματα και τα συστήματα του δρόμου για την συγκεκριμένη κατάσταση.

- **Προειδοποίηση παραβίασης σήματος:** Όταν μία ή περισσότερες μονάδες δρόμου εντοπίσουν παραβίαση του σηματοδότη κυκλοφορίας από κάποιο όχημα. Στέλνει αυτές τις πληροφορίες στα υπόλοιπα γειτονικά οχήματα.
- **Προειδοποίηση κινδύνου σύγκρουσης:** Όταν μία οδική μονάδα εντοπίσει κίνδυνο σύγκρουσης δύο ή περισσότερων οχημάτων που δεν έχουν την ικανότητα επικοινωνίας μεταξύ τους. Οι πληροφορίες αυτές μεταδίδονται από μία οδική σήμανση προς όλα τα γειτονικά οχήματα.
- **Ειδοποίηση επικίνδυνων τοποθεσιών:** Τα οχήματα και τα οδικά συστήματα στέλνουν πληροφορίες σε άλλα οχήματα για επικίνδυνες τοποθεσίες, όπως εμπόδιο στο δρόμο, έργα στο δρόμο ή ολισθηρές συνθήκες στο δρόμο.

β) Εφαρμογές απόδοσης και διαχείρισης κυκλοφορίας: Οι εφαρμογές απόδοσης και διαχείρισης της κυκλοφορίας επικεντρώνεται στη βελτίωση της ροής της κυκλοφορίας των οχημάτων, τον συντονισμό της οδικής βοήθειας και την παροχή ενημερωμένων τοπικών πληροφοριών και χαρτών.[53] Υπάρχουν δύο είδη εφαρμογών:

- **Διαχείριση ταχύτητας:** Οι εφαρμογές διαχείρισης ταχύτητας στοχεύουν να βοηθήσουν τον οδηγό να διαχειριστεί την ταχύτητα του οχήματος για μία ομαλή οδήγηση και να αποφύγει τα άσκοπα σταματήματα. Παραδείγματα τέτοιας υποβοήθησης είναι η ρύθμιση της ταχύτητας σύμφωνα με τους κανονισμούς και το green light optical speed advisory (GLOSA), όπου είναι ένα σύστημα το οποίο προτείνει ταχύτητες στα οχήματα, επιτρέποντας τους να περάσουν από μία διασταύρωση όταν ο σηματοδότης είναι πράσινος.[54]
- **Πλοήγηση με συνεργασία:** Τέτοιου είδους εφαρμογές χρησιμοποιούνται μέσω της συνεργασίας οχημάτων με άλλα οχήματα και των οχημάτων με τα οδικά συστήματα, με σκοπό την αύξηση της αποτελεσματικότητας της κυκλοφορίας μέσω της διαχείρισης της πλοήγησης των οχημάτων.

γ) Εφαρμογές Infotainment (Ψυχαγωγίας): Σκοπός αυτών των εφαρμογών είναι να ενισχύσουν την εμπειρία του οδηγού μέσω διαφόρων υπηρεσιών [51]:

- **Συνεργασία τοπικών υπηρεσιών:** Αυτός ο τύπος εφαρμογών επικεντρώνεται στο infotainment (που είναι η οθόνη πλοήγησης, πληροφοριών, μουσικής κ.α.) όπου μπορεί να λαμβάνει, μέσα από τις τοπικές υπηρεσίες, ειδοποιήσεις για ενδιαφέροντα σημεία της περιοχής, πληροφορίες για τοπικό εμπόριο και για τα μέσα ενημέρωσης της περιοχής.
- **Παγκόσμιες υπηρεσίες διαδικτύου:** Αυτού του είδους οι υπηρεσίες εστιάζουν στα δεδομένα που μπορούν να ληφθούν από τις παγκόσμιες υπηρεσίες διαδικτύου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι οι υπηρεσίες της κοινότητας, οι οποίες περιλαμβάνουν ασφαλιστικές και χρηματοοικονομικές υπηρεσίες.

4.4.2 Τεχνικές απαιτήσεις

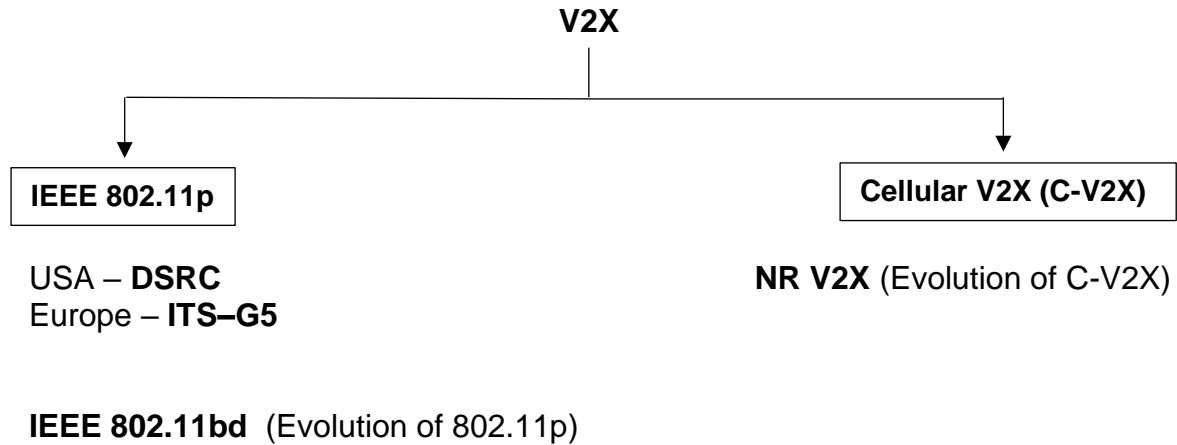
Για να υπάρχουν ακριβείς και σωστές εφαρμογές θα πρέπει να πληρούν και τις προκαθορισμένες τεχνικές απαιτήσεις [55]:

- **Καθυστέρηση από άκρο σε άκρο (ms):** Είναι ο μέγιστος ανεκτός χρόνος από τη στιγμή που δημιουργείται η πληροφορία από τον πομπό μέχρι να γίνει αντιληπτό από τον δέκτη. Εάν η επικοινωνία μεταξύ των οχημάτων γίνεται απευθείας τότε ο ανεκτός χρόνος καθυστέρησης διάδοσης είναι ίσος με την διεπαφή στον αέρα. Εάν η επικοινωνία των οχημάτων περιλαμβάνει δικτυακή υποδομή τότε ο ανεκτός χρόνος καθυστέρησης είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ανοδική υποδομή (uplink) και την αντίστροφη κατεύθυνση (downlink).
- **Αξιοπιστία (10^{-x}):** Η αξιοπιστία μετριέται με το μέγιστο ανεκτό ρυθμό απώλειας των πακέτων ή το ελάχιστο ποσοστό παράδοσης. Ένα πακέτο, δηλαδή, θεωρείται ότι έχει χαθεί εάν δεν έχει παραληφθεί από την εφαρμογή εντός του μέγιστου ανεκτού χρόνου καθυστέρησης.
- **Ρυθμός μετάδοσης (Mbit/s):** Είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος ρυθμός μετάδοσης bit με σκοπό την σωστή λειτουργία της εφαρμογής.
- **Κινητικότητα κόμβου (km/h):** Είναι η μέγιστη σχετική ταχύτητα κάτω από την οποία πρέπει να επιτευχθεί η συγκεκριμένη αξιοπιστία.
- **Πυκνότητα κόμβων (οχήματα/km²):** Είναι ο μέγιστος αριθμός οχημάτων κάτω από το οποίο μπορεί να εξυπηρετηθεί το σύστημα.
- **Εμβέλεια επικοινωνίας (m):** Είναι η μέγιστη απόσταση μετάδοσης των μηνυμάτων εντός της οποίας η εφαρμογή λειτουργεί αξιόπιστα.
- **Ακρίβεια θέσης (cm):** Είναι το μέγιστο ανεκτό σφάλμα ως προς τον προσδιορισμό της θέσης ενός χρήστη.
- **Ασφάλεια:** Είναι οι συγκεκριμένες λειτουργίες ασφάλειας που απαιτούνται από την εφαρμογή. Κάποιες από τις λειτουργίες είναι ο έλεγχος ταυτότητας χρήστη, η γνησιότητα των δεδομένων, ακεραιότητα των δεδομένων, εμπιστευτικότητα και ιδιωτικότητα του χρήστη.

4.5 Αρχιτεκτονική δικτύου οχημάτων

Όσον αναφορά την αρχιτεκτονική του δικτύου επικοινωνίας των οχημάτων, υπάρχουν δύο βασικοί τύποι της τεχνολογίας V2X. Ο ένας τύπος επικοινωνίας γίνεται με βάση των προτύπων του οργανισμού IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) και ο δεύτερος τύπος επικοινωνίας βασίζεται στα πρότυπα οργανισμού 3GPP (3rd Generation Partnership Project). Γενικότερα, η επικοινωνία V2X μπορούμε να πούμε πως δεν συμβάλει μόνο στην τεχνολογία της αυτοματοποίησης στην οδήγηση, αλλά και σε μία γενικότερη έννοια οικοδόμησης ενός ευφυούς συστήματος μεταφορών, με σκοπό την προώθηση νέων υπηρεσιών μεταφοράς στο οδικό δίκτυο.

Έτσι, το δίκτυο επικοινωνίας V2X χρησιμοποιεί δύο βασικούς τύπους επικοινωνίας, Αυτοί οι τύποι είναι οι εξής [56]:



Σχήμα 6: Κατηγοριοποίηση του δικτύου επικοινωνίας V2X.

4.5.1 IEEE 802.11p

Το IEEE 802.11p είναι μία εγκεκριμένη τροποποίηση στο πρότυπο IEEE 802.11 με την προσθήκη ασύρματης πρόσβασης στο περιβάλλον του αυτοκινήτου (wireless access in vehicle environment – WAVE). Ορίζει δηλαδή βελτιώσεις στο ήδη υπάρχον 802.11 (όπου είναι η βάση των προϊόντων που διατίθενται στο εμπόριο ως Wi-Fi) με σκοπό την υποστήριξη εφαρμογών του Ευφυούς Συστήματος Μεταφοράς (Intelligent Transportation Systems – ITS) [57]. Έτσι, σύμφωνα με το Αμερικάνικο Υπουργείο Μεταφορών που βασίζεται η αρχιτεκτονική του CALM (Communication Access for Land Mobiles) και το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιών Προτύπων (ETSI) κατέληξαν μέσα από ξεχωριστά ερευνητικά προγράμματα σε δύο ανεξάρτητα πρότυπα για τα ITS:

- **DSRC (Dedicated Short Range Communication)** για τις ΗΠΑ.
- **ITS – G5** για την Ευρώπη.

Όμως παρά τις διαφορές τους, τα δύο αυτά πρότυπα βασίζόμενα στην τεχνολογία IEEE 802.11p και σύμφωνα με τα πρωτόκολλα δικτύων χρησιμοποιούν την έννοια των επιπέδων για να διαχωρίσουν διαφορετικές λειτουργίες σε ανεξάρτητες μονάδες. Αυτά τα επίπεδα είναι το Φυσικό επίπεδο (PHY) και το Επίπεδο Ελέγχου Πρόσβασης Πολυμέσων (MAC) [58].

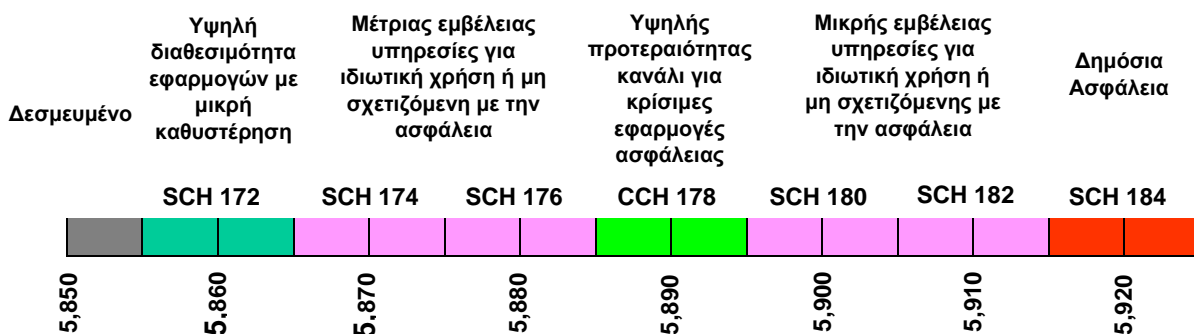
- **DSRC**

Το DSRC είναι ένα πρότυπο που προτάθηκε από την Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνίας (FCC – Federal Communication Commission), το οποίο το 1999 επιλέχθηκε ως δεσμευμένο εύρος ζώνης στα 75 MHz στη ζώνη συχνότητας των 5.9 GHz (5.850-5.925 GHz) με σκοπό την υποστήριξη στις επικοινωνίες τόσο του V2V όσο

και του V2I. Ένα σύστημα DSRC αποτελείται από μια ενσωματωμένη μονάδα στο όχημα (OBU – Onboard Unit) και μία πλευρική μονάδα οδού (RSU – Road Side Unit).

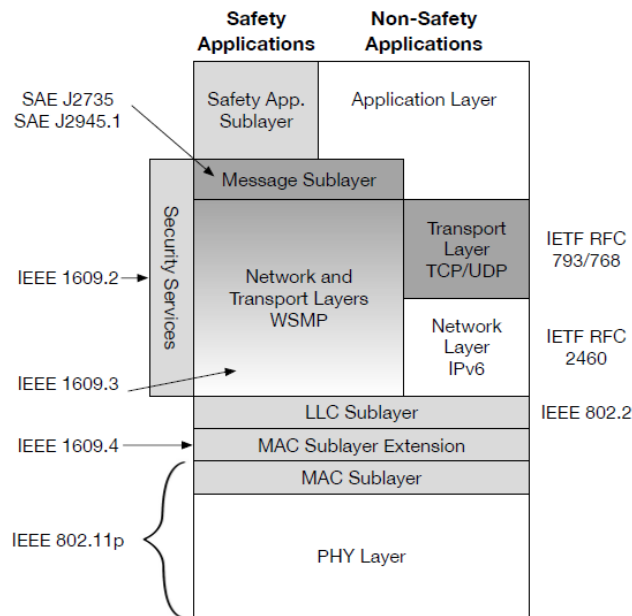
Το πρότυπο IEEE 802.11p διαθέτει ένα σύνολο προδιαγραφών χρήσιμων για να καθιστούν δυνατή την επικοινωνία στο περιβάλλον του οχήματος. Η συχνότητα λειτουργίας του WAVE είναι σταθερή στο DSRC στη ζώνη των 5.850-5.925 GHz. Μέσα σε αυτό το εύρος, υπάρχει ένα κανάλι των 5 MHz και επτά κανάλια στα 10 MHz. Το κάθε κανάλι υποστηρίζει ένα εύρος ζώνης 3 – 27 Mbps. Υπάρχει ένα κανάλι ελέγχου (CCH – Control) που προορίζεται για τον έλεγχο του συστήματος και τα μηνύματα που σχετίζονται με την ασφάλεια και άλλα έξι κανάλια εξυπηρέτησης (SCH – Service Channels) όπου προορίζονται για την ανταλλαγή δεδομένων μη ασφάλειας. Το κανάλι των 5 MHz θεωρείται ως ζώνη προστασίας, δηλαδή ένα μέρος του φάσματος δεν χρησιμοποιείται λόγω της πρόσληψης παρεμβολών. Το κανάλι ελέγχου (CCH) με αριθμό 178 (5.885-5.895 GHz) προορίζεται αποκλειστικά για επικοινωνίες ασφαλείας όπου μέσω του κόμβου RSU μπορεί να εκπέμπει μηνύματα για ατυχήματα, απότομα φρεναρίσματα κ.α. Τα κανάλια 174,176 και 180,182 μπορούν να συνδυαστούν σε κανάλια των 20 MHz. Τα δύο κανάλια στην άκρη του φάσματος προορίζονται για μελλοντικές εφαρμογές, όπως προηγμένες προφυλάξεις ατυχημάτων και χρήσεις για την δημόσια ασφάλεια. Τα υπόλοιπα κανάλια είναι κανάλια εξυπηρέτησης (SCH) όπου προορίζονται για τις υπόλοιπες εφαρμογές [57].

Στον παρακάτω σχήμα αναφέρονται οι ζώνες συχνοτήτων, το εύρος τους και οι εφαρμογές που λαμβάνουν μέρος σε ένα πρότυπο DSRC.



Σχήμα 7: Ανάλυση φάσματος για το DSRC πρότυπο.

Τώρα όσο αναφορά την αρχιτεκτονική του DSRC, κάθε επίπεδο εφαρμόζει διαφορετικά πρωτόκολλα. Για τα επίπεδα PHY και MAC υιοθετείται το IEEE 802.11p, ενώ στα ανώτερα επίπεδα εφαρμόζονται τα πρωτόκολλα IEEE 1609.2, 1609.3 και 1609.4, καθένα από τα οποία ασχολείται ρητά με ορισμένες υπηρεσίες. Συγκεκριμένα είναι οι Υπηρεσίες ασφαλείας (1609.2), Υπηρεσίες Δικτύου (1609.3) και Εναλλαγή Καναλιών (1609.4). Στο επίπεδο του δικτύου χρησιμοποιείται το πρωτόκολλο σύντομου μηνύματος WAVE (WAVE Short Message Protocol – WSMP), αλλά όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχήμα ανάλογα με την εφαρμογή επιτρέπεται η χρήση και άλλων πρωτοκόλλων, όπως IPv6 (Internet Protocol Version 6), TCP (Transmission Control Protocol) και UDP (User Datagram Protocol).



Εικόνα 52: Πρότυπο DSCR.

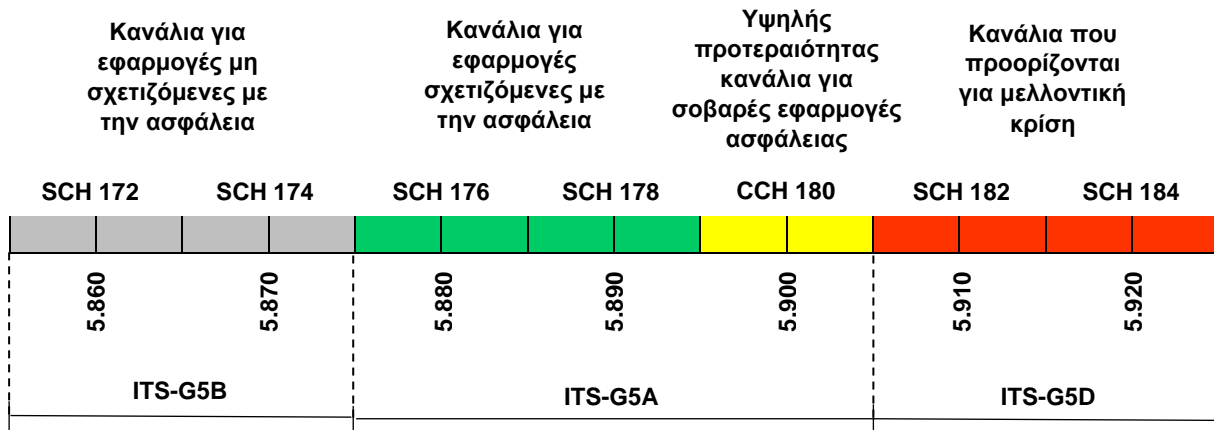
Τώρα όσον αναφορά το πρότυπο SAE J2735, έχει ως σκοπό να καθορίζει την σύνταξη των μηνυμάτων V2X. Επιπλέον, το SAE J2735 περιλαμβάνει τις ακόλουθες κατηγορίες μηνυμάτων όπως: ασφάλεια, γεωεντοπισμό, πληροφορίες ταξιδιωτών και ηλεκτρονικές πληρωμές [57].

• ITS-G5

Το ITS-G5 είναι το ισοδύναμο DSRC της Ευρώπης για την επικοινωνία των οχημάτων και έχει ως βάση το πρότυπο IEEE 801.11p. Τα δύο τελευταία γράμματα στην ονομασία υποδεικνύουν ότι λειτουργεί στη ζώνη των 5 GHz και πιο συγκεκριμένα στη ζώνη των 5.850-5.925 GHz με υποστήριξη ρυθμού δεδομένων μεταξύ 3 και 27 Mbps σε εύρος ζώνης καναλιού 10 MHz και μεταξύ 6 και 54 Mbps σε εύρος ζώνης καναλιού 20 MHz. Το ITS-G5 υποστηρίζει εμβέλεια έως και 1000 μέτρα σε διάφορες συνθήκες, όπως αγροτικά, αστικά, προαστιακά και αυτοκινητόδρομους με μέγιστες σχετικές ταχύτητες των οχημάτων στα 110 km/h. Επίσης, υπάρχει μία ειδική απαίτηση για την Ευρώπη. Είναι το φάσμα ITS-G5 όπου πρέπει να ελαχιστοποιεί τις παρεμβολές στη ζώνη των 5,8 GHz. Ωστόσο, τα βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας του DSRC και του ITS-G5 είναι παρόμοια [59]. Τώρα όσον αναφορά την ευρωπαϊκή κατανομή φάσματος υποδιαιρείται σε τέσσερα μέρη από A έως D. Αυτές οι υποδιαιρέσεις είναι [60]:

- **ITS – G5A:** Προορίζεται για εφαρμογές ασφάλειας και καλύτερης απόδοσης της κυκλοφορίας και η κύρια ζώνη του είναι τα 30 MHz και εύρος συχνοτήτων (5.875-5.905 GHz).
- **ITS – G5B:** Προορίζεται για εφαρμογές που δεν σχετίζονται με την ασφάλεια και έχει ζώνη τα 20 MHz και εύρος συχνοτήτων (5.855-5.875 GHz).
- **ITS - G5C:** Προορίζεται για την επικοινωνία V2I και μέσω της RLAN (Radio Local Networks) μοιράζεται το εύρος συχνότητας (5.470-5.725 GHz) με τοπικά δίκτυα.

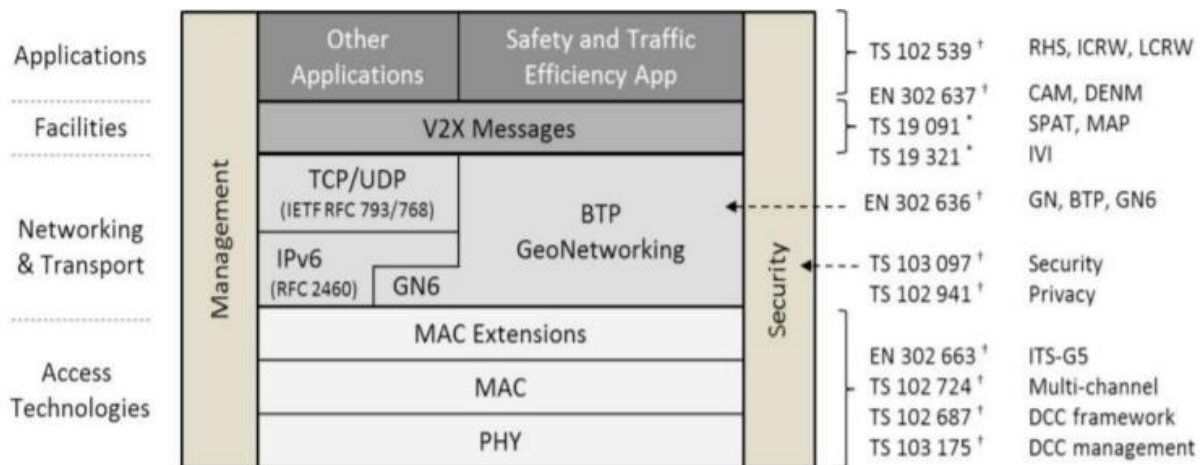
- **ITS – G5D:** Προορίζεται για μελλοντική χρήση και έχει εύρος συχνοτήτων (5.905-5.915 GHz).



Σχήμα 8: Ανάλυση φάσματος για το ITS-G5.

Όσον αναφορά την αρχιτεκτονική το ITS-G5 αποτελείται από δύο βασικά στάδια στρώματος:

- Το στρώμα **Πρόσβασης Τεχνολογίας**, όπου αποτελείται από το Φυσικό στρώμα (PHY), το στρώμα MAC και τις προεκτάσεις του στρώματος MAC.
- Το στρώμα **Δίκτυο και Μεταφοράς**. Το ITS-G5 υποστηρίζει τη μεταφορά μηνυμάτων V2X όπως και το DSRC μέσα από τα πρωτόκολλα TCP/UDP και IPv6 όπου χρησιμοποιούνται κυρίως για εφαρμογές που δεν σχετίζονται με την οδική ασφάλεια. Για τα υπόλοιπα μηνύματα εφαρμογών δημιουργήθηκαν δύο πρωτόκολλα: Το πρωτόκολλο GeoNetworking, που είναι ένα πρωτόκολλο επιπέδου δικτύου που χρησιμοποιεί γεωγραφικές θέσεις των χρηστών για την μεταφορά πακέτων σε δίκτυο ad hoc [61]. Το Βασικό Πρωτόκολλο Μεταφοράς (BTP – Basic Transport Protocol) που παρέχει μια υπηρεσία μεταφοράς από άκρο σε άκρο χωρίς σύνδεση στο ad hoc δίκτυο και είναι παρόμοιο με το UDP [62].



Εικόνα 53: Πρότυπο ITS-G5

- **Εφαρμογές του IEEE 802.11p στην αυτοκινητοβιομηχανία:**

General Motors: Το 2017, η GM εξόπλισε τα νέα Cadillac CTS με υπηρεσίες V2V βασισμένες στην τεχνολογία IEEE 802.11p. Τον Μάιο του 2017, η Cadillac παρουσίασε για πρώτη φορά την τεχνολογία V2I [56].

Volkswagen: Από το 2019, η Volkswagen δήλωσε ότι σχεδιάζει να εξοπλίσει τα νέα οχήματα της με τεχνολογία IEEE 802.11p [56].

4.5.2 IEEE 802.11bd

Το IEEE 802.11bd είναι το πρωτόκολλο που θα είναι ο διάδοχος του IEEE 802.11p τα επόμενα χρόνια. Μία ομάδα μελέτης IEEE με όνομα Next Generation Vehicular (NGV) ιδρύθηκε το 2018 με σκοπό την βελτίωση του πρότυπου IEEE για βελτιωμένες τεχνολογίες επικοινωνίας V2X. Αυτή η βελτίωση, δηλαδή, στοχεύει σε υψηλότερη φασματική απόδοση, αυξημένη αξιοπιστία και εκτεταμένο εύρος, ενώ ταυτόχρονα εγγυάται προσαρμοστικότητα με τα ήδη υπάρχοντα συστήματα που λειτουργούν στα 5,9 GHz. Έτσι στο μέλλον, οι συσκευές που βασίζονται στο IEEE 802.11bd θα μπορούσαν να επικοινωνούν με οποιαδήποτε συστήματα που βασίζονται στο IEEE 802.11p και θα μπορούσαν να μεταδίδουν με τέτοιο τρόπο ώστε οι συσκευές IEEE 802.11p να μπορούν να λαμβάνουν και να αποκωδικοποιούν [57]. Έτσι η ομάδα μελέτης έθεσε κάποιους πρωταρχικούς στόχους σχεδιασμού της IEEE 802.11bd [63]:

- Να έχει τουλάχιστον μία λειτουργία που να επιτυγχάνει διπλάσια απόδοση MAC σε σχέση με το 802.11p, με σχετικές ταχύτητες έως 500km/h.
- Να έχει τουλάχιστον μία λειτουργία που να επιτυγχάνει διπλάσιο εύρος επικοινωνίας από το 802.11p.
- Να έχει τουλάχιστον μια μορφή επικοινωνίας V2X.

Επίσης το IEEE 802.11bd θα πρέπει να υποστηρίζει και τα ακόλουθα [63]:

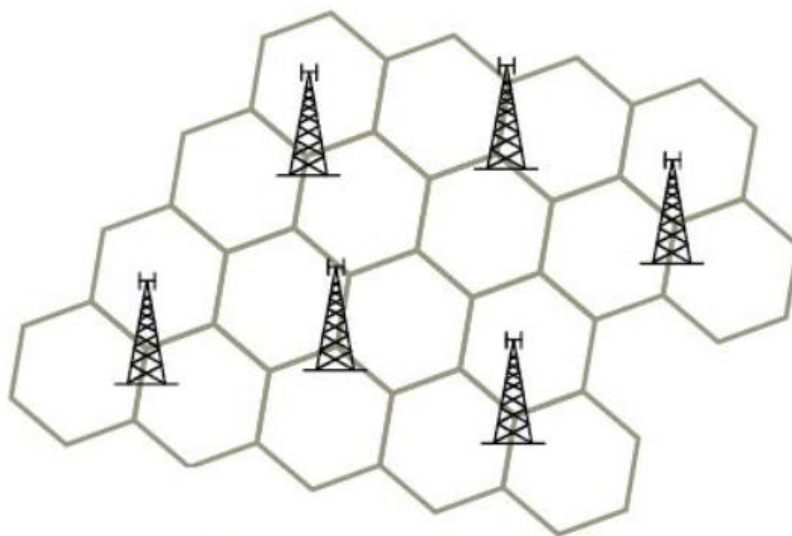
- **Διαλειτουργικότητα** (Οι συσκευές 802.11p πρέπει να είναι σε θέση να αποκωδικοποιούν μεταδόσεις από συσκευές 802.11bd και αντίστροφα.
- **Συνύπαρξη** (Δηλαδή οι συσκευές 802.11bd θα πρέπει να ανιχνεύουν μεταδόσεις από συσκευές 802.11p.
- **Δίκαιη μοιρασιά καναλιών** (Όταν υπάρχει συνεργασία των καναλιών, 802.11p και 802.11bd θα πρέπει να έχουν ίσες ευκαιρίες πρόσβασης σε κανάλια.

Χαρακτηριστικά	802.11p	802.11bd
Ραδιοφωνικές ζώνες λειτουργίας	5.9 GHz	5.9 & 60 GHz
Κωδικοποίηση καναλιών	BCC	LDPC
Αναμεταδόσεις	-	Εξαρτώμενη συμφόρηση
Απόσταση μεταξύ των φορέων	156,25 kHz	312.5 kHz , 156.25 kHz , 78.125 kHz
Υποστήριξη σχετικών ταχυτήτων	252 Km/h	500 Km/h

Πίνακας 5: Διαφορές IEEE 802.11bd με το 802.11p.

4.5.3 Cellular V2X (C-V2X)

Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X) είναι μία τεχνολογία επικοινωνίας V2X που αναπτύχθηκε βασιζόμενη στις υποδομές της κινητής τηλεφωνίας και πιο συγκεκριμένα πάνω στα κυψελοειδή συστήματα. Ένα κυψελοειδές δίκτυο έχει την μορφή κυψελών στις οποίες χωρίζεται μία γεωγραφική περιοχή [56].



Εικόνα 54: Κυψελοειδές δίκτυο.

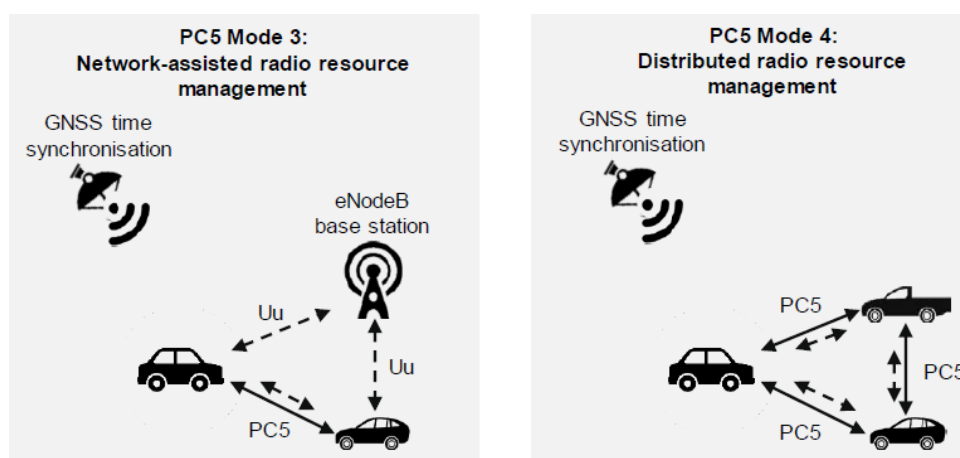
Αυτό το είδος επικοινωνίας έχει οριστεί από τον φορέα 3GPP (3rd Generation Partnership Project) μέσω συγκεκριμένων εκδόσεων. Πιο συγκεκριμένα οι αρχικές προδιαγραφές της τεχνολογίας C-V2X εισήχθησαν ως μέρος της έκδοσης 14, που απορρέει χαρακτηριστικά από την συσκευή σε συσκευή (D2D) που πρωτοεμφανίστηκαν στην 3GPP έκδοση 12, και στην συνέχεια προσαρμόστηκαν ανάλογα με την κινητικότητα των οχημάτων και τις απαιτήσεις ως προς το μέγεθος των μηνυμάτων. Οι τρέχουσες προδιαγραφές της C-V2X τεχνολογίας είναι οι εκδόσεις 15 και 16 όπου διασφαλίζουν νέες δυνατότητες και υποστήριξη σε μελλοντικές προβλεπόμενες περιπτώσεις χρήσης V2X. Έτσι, για την επίτευξη αυτών των προδιαγραφών υπάρχουν δύο τρόποι επικοινωνίας [56]:

- **PC5 – Άμεση επικοινωνία**

Είναι η επικοινωνία που βασίζεται σε LTE (Long Term Evolution) και πραγματοποιείται χωρίς την υποστήριξη δικτύου κινητής τηλεφωνίας της ευρείας περιοχής και δεν απαιτείται κάποιο είδος συνδρομής σε προγράμματα κινητής τηλεφωνίας. Η λειτουργία άμεσης επικοινωνίας υποστηρίζει επικοινωνίες V2V, V2I και V2P. Με βάση την έκδοση 3GPP 14 έχουν οριστεί δύο συγκεκριμένες διαμορφώσεις ανάπτυξης (Modes) [56]:

(Mode 3): Στη λειτουργία πλευρικής σύνδεσης, η προγραμματισμένη λειτουργία λειτουργεί μόνο παρουσία σταθμού βάσης ή eNB. Η κατανομή των πόρων πραγματοποιείται μέσω του κυψελοειδούς δικτύου. Ωστόσο, αυτή η λειτουργία έχει ένα πρόβλημα σε σενάρια υψηλής κινητικότητας στους αυτοκινητόδρομους, όπου τα οχήματα πρέπει να συνδέονται με το eNodeB [64].

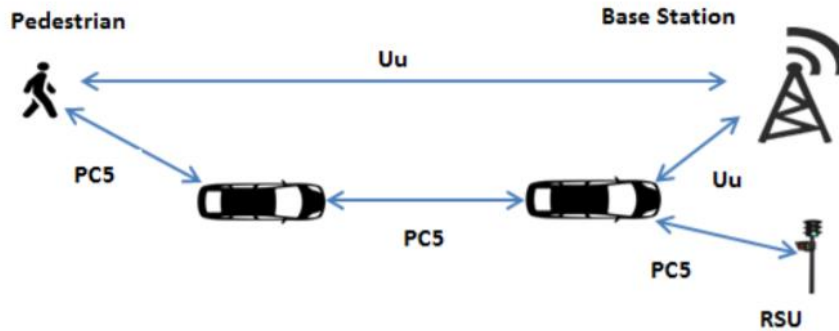
(Mode 4): Αυτό το είδος πλευρικής σύνδεσης λειτουργεί ανεξάρτητα από το eNodeB, για άμεση αλληλεπίδραση χρησιμοποιεί τη ραδιοφωνική διεπαφή πλευρικής σύνδεσης PC5 χρησιμοποιώντας ως ζώνη συχνοτήτων τα 5,9 GHz, παρόμοια με το DSRC. Επίσης, μπορεί να αλληλεπιδράσει με άλλα κοντινά οχήματα χωρίς να εξαρτάται από τις κεντρικές συνδέσεις του κυψελοειδούς δικτύου. Τέλος, το Mode 4 έδειξε καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με το πρωτόκολλο IEEE 802.11p σε διάφορες καταστάσεις κατά τη διάρκεια μιας αρχικής σύγκρισης και παρέχει υψηλή ασφάλεια για διάφορους τρόπους λειτουργίας [64].



Εικόνα 55: Τα δύο modes της επικοινωνίας PC5.

- **Uu – Επικοινωνία δικτύου κινητής τηλεφωνίας**

Είναι η επικοινωνία που βασίζεται πάνω σε LTE μέσω κινητής υποδομής. Αυτός τρόπος επικοινωνίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνήθως για επικοινωνίες V2N μεταξύ ενός οχήματος και ενός διακομιστή εφαρμογών και αντιπροσωπεύει την εξέλιξη και τη βελτιστοποίηση της ήδη υπάρχουσας πρόσβασης στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον συντονισμό των άμεσων επικοινωνιών V2V μέσω κατανομής πόρων που διαχειρίζεται ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας [56].



Εικόνα 56: Σχέδιο επικοινωνίας Uu.

Πώς το C-V2X μπορεί να αλλάξει την οδήγηση:

Το C-V2X μπορεί να χρησιμοποιηθεί με πολλούς διαφορετικούς τρόπους για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, κάνοντας ταυτόχρονα πιο αποτελεσματική χρήση των δικτύων μεταφορών και των υποδομών. Παρακάτω παρουσιάζονται παραδείγματα σεναρίων στα οποία το C-V2X μπορεί να βοηθήσει για την ενίσχυση της ασφάλειας [65].

Platooning: Είναι ο σχηματισμός μιας συνοδείας στην οποία τα οχήματα είναι πολύ κοντά μεταξύ τους από ότι μπορεί να επιτευχθεί με ασφάλεια με τους ανθρώπους ως οδηγούς. Τέτοιες αυτοματοποιημένες συνοδείες κάνουν καλύτερη χρήση του οδικού χώρου, εξοικονομούν καύσιμα και κάνουν τη μεταφορά εμπορευμάτων πιο αποτελεσματική. Το C-V2X μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επιτρέψει την επικοινωνία μεταξύ έως και τριών οχημάτων στη διμοιρία, έτσι ώστε όλα να επιβραδύνουν ή να επιταχύνουν ταυτόχρονα. Επίσης, το C-V2X θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να σηματοδοτήσει την παρουσία της διμοιρίας σε άλλα οχήματα και υποδομές στην άκρη του δρόμου. Τέλος, οι διμοιρίες είναι ευέλικτες όταν ένα από τα οχήματα εγκαταλείπει τον αυτοκινητόδρομο για κάποιον άλλον προορισμό.

Co-operative Driving (Συνεργασία Οδήγησης): Τα οχήματα μπορούν να χρησιμοποιήσουν το C-V2X για να συνεργαστούν ώστε να αξιοποιήσουν καλύτερα τον διαθέσιμο χώρο του δρόμου και να ελαχιστοποιήσουν την αναστάτωση που προκαλείται από αλλαγές των λωρίδων και από τα απότομα φρεναρίσματα. Το C-V2X μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μεταφέρει την πρόθεση που έχει ένας χρήστης σε άλλους χρήστες του δρόμου. Για παράδειγμα, όταν ένα όχημα προσπεράσει ένα άλλο, ο πιο αποτελεσματικός τρόπος για να ξαναμπεί το όχημα σε μία πιο αργή λωρίδα κατά την διάρκεια πυκνής κυκλοφορίας, είναι το μπροστινό του όχημα να επιταχύνει ελαφρά και στην συνέχεια το όχημα που ακολουθεί να επιβραδύνει ελαφρά ώστε να δημιουργήσει επαρκή χώρο για το όχημα που θέλει να εισέλθει.

Queue Warning (Προειδοποίηση Ουράς): Οι οδικές υποδομές μπορούν επίσης να χρησιμοποιήσουν το C-V2X για να προειδοποιούν τα οχήματα για τυχόν ουρές ή οδικές εργασίες μπροστά τους, ώστε να μπορούν να επιβραδύνουν ομαλά και να αποφύγουν το δυνατό φρενάρισμα.

Avoiding Collisions (Αποφυγή Συγκρούσεων): Κάθε όχημα στο δρόμο θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το C-V2X για να μεταδώσει την ταυτότητα, τη

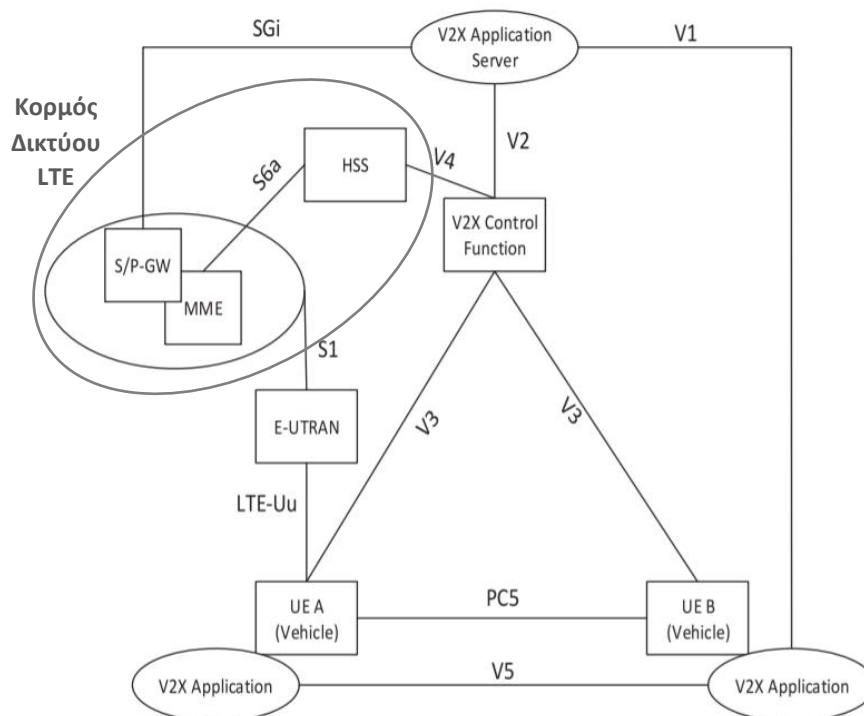
θέση, την ταχύτητα και την κατεύθυνση του. Ένας ενσωματωμένος υπολογιστής θα μπορούσε να συνδυάσει αυτά τα δεδομένα με αυτά από άλλα οχήματα για να δημιουργήσει το δικό του χάρτη του γύρω περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο και να υπολογίσει εάν κάποιο από άλλο όχημα βρίσκεται σε τροχιά πιθανής σύγκρουσης. Σε περίπτωση όπου ένας οδηγός προκαλέσει ατύχημα, οι πληροφορίες που συλλέγονται από το C-V2X, θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για να παρακάμψουν τον χειροκίνητο έλεγχο. Για παράδειγμα, εάν ένας οδηγός πρόκειται να πεταχτεί σε μία διασταύρωση στην πορεία ενός άλλου οχήματος, ο ενσωματωμένος υπολογιστής θα μπορούσε να ενεργήσει αυτόματα και να φρενάρει έτσι ώστε να εμποδίσει το αυτοκίνητο να κινηθεί προς τα εμπρός.

Hazard Ahead Warning (Προειδοποίηση Μελλοντικών Κινδύνων):

Το C-V2X μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να επεκτείνει τον ηλεκτρονικό ορίζοντα του οχήματος, ώστε να μπορεί να ανιχνεύει κινδύνους γύρω από μια τυφλή γωνία, που καλύπτεται από ομίχλη ή άλλα εμπόδια. Οι οδικές πινακίδες θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το C-V2X για να μεταδίδουν προειδοποιήσεις κινδύνου σε κάθε όχημα σε ένα συγκεκριμένο τμήμα του δρόμου. Επιπλέον, ένα όχημα θα μπορούσε να χρησιμοποιήσει το C-V2X για να στείλει σημαντικά δεδομένα που καταγράφονται από τους αισθητήρες του στα άλλα οχήματα που ταξιδεύουν πίσω του, όπως για παράδειγμα τον πάγο στο δρόμο.

• **Αρχιτεκτονική Cellular V2X**

Η αρχιτεκτονική της επικοινωνίας Cellular V2X σύμφωνα με το σχήμα βασίζεται πάνω στον δίκτυο κορμού LTE και πιο συγκεκριμένα πάνω στο PC5 και Uu, και έχουν οριστεί κάποια σημεία αναφοράς [66].



Εικόνα 57: Αρχιτεκτονική του Cellular V2X.

Σημεία αναφοράς [66]:

V1: Το σημείο αναφοράς είναι μεταξύ του διακομιστή εφαρμογών V2X και της εφαρμογής V2X.

V2: Το σημείο αναφοράς είναι μεταξύ της λειτουργίας ελέγχου V2X στο δίκτυο του χειριστή και του διακομιστή εφαρμογών V2X.

V3: Το σημείο αναφοράς μεταξύ του ενεργοποιημένου V2X UE και της λειτουργίας ελέγχου V2X στο δίκτυο.

V4: Το σημείο αναφοράς είναι μεταξύ του κεντρικού διακομιστή συνδρομητών (HSS) και της λειτουργίας ελέγχου V2X στο δίκτυο του χειριστή.

V5: Το σημείο αναφοράς είναι μεταξύ των εφαρμογών V2X στα UE.

S1: Χρησιμοποιείται για την μεταφορά της εξουσιοδοτημένης υπηρεσίας V2X από το MME στο eNodeB.

S6a: Είναι μεταξύ του MME και HSS και χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ταυτότητας, τοποθεσίας και υπηρεσίες σχετικά με τον συνδρομητή.

Ο κορμός ενός δικτύου LTE αποτελείται από [66]:

MME: Η Οντότητα Διαχείρισης Κινητικότητας (Mobility Management Entity) παρουσιάζεται ως το κλειδί ελέγχου ενός δικτύου κορμού LTE. Έχει ως σκοπό την διαχείριση του δικτύου πρόσβασης και τον καθορισμό της διαδρομής του φορέα για τα UE.

HSS: Ο Κεντρικός Διακομιστής Συνδρομητών (Home Subscriber Server) είναι μία κεντρική βάση δεδομένων που περιέχει πληροφορίες που σχετίζονται με τους χρήστες. Το HSS παρέχει ανοιχτή πρόσβαση ανάγνωσης/εγγραφής σε μεμονωμένα δεδομένα χρήστη που σχετίζονται με υπηρεσίες, παρέχει λειτουργίες υποστήριξης για την διαχείριση της κινητικότητας, τον έλεγχο της ταυτότητας του χρήστη και την εξουσιοδότηση της πρόσβασης.

S-GW: Η Πύλη Εξυπηρέτησης (Serving Gateway) δρομολογεί και προωθεί πακέτα δεδομένων μεταξύ χρηστών – οχημάτων και είναι η μονάδα που συνδέει το δίκτυο κορμό LTE με οποιοδήποτε εξωτερικό δίκτυο ραδιοπρόσβασης RAN (Radio Access Network).

P-GW: Η Πύλη Δικτύωσης Πακέτων Δεδομένων (Packet Data Networking Gateway) παρέχει την δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ του UE και των εξωτερικών δικτύων πακέτων δεδομένων. Ένα UE μπορεί να έχει ταυτόχρονη συνδεσιμότητα με περισσότερες από μία πύλες δικτύου πακέτων δεδομένων για πρόσβαση σε δίκτυα πολλαπλών δεδομένων πακέτων.

Εκδόσεις 3GPP

- **Έκδοση 12**

Η έκδοση 12 ολοκληρώθηκε σε μεγάλο βαθμό εγκαίρως τον Μάρτιο του 2015. Προτεραιότητα αυτής της έκδοσης ήταν η χρήση της τεχνολογίας LTE για υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης και ασφάλειας. Επίσης, σε αυτήν την έκδοση πρωτοεμφανίστηκε η επικοινωνία D2D (Device-to-Device) [67].

- **Έκδοση 13**

Η έκδοση 13 άρχισε να δημιουργείται στις αρχές του 2014 και ολοκληρώθηκε τον Μάρτιο του 2016. Στόχος αυτής της έκδοσης είναι να επιτύχει υψηλούς ρυθμούς δεδομένων για την LTE καθώς και την ευελιξία να συγκεντρώνει μεγάλους αριθμούς φορέων σε διαφορετικές ζώνες [68].

- **Έκδοση 14**

Η έκδοση 14 ξεκίνησε στις αρχές του 2016 και ολοκληρώθηκε στα τέλη του 2017, είχε ως σκοπό να σηματοδοτήσει την έναρξη για την είσοδο του 5G στο 3GPP. Εκτός από την ήδη συνεχιζόμενη εξέλιξη του LTE η έκδοση 14 εισήγαγε την πλευρική σύνδεση (V2V, V2I, V2P) για την υποστήριξη βασικών περιπτώσεων χρήσης ασφάλειας και σε συνδυασμό με μία νέα τεχνολογία ραδιοπρόσβασης σχηματίζουν την 5G τεχνολογία. Το 5G αποτελεί την εξέλιξη του LTE μαζί με μία νέα τεχνολογία ραδιοπρόσβασης, η οποία ονομάζεται NR και θα επικεντρώνεται σε νέο φάσμα μεγαλύτερο από το ήδη υπάρχον φάσμα του LTE [69].

- **Έκδοση 15**

Μετά την αρχική παράδοση στα τέλη του 2017 των νέων προδιαγραφών ραδιοφώνου NR για 5G, έγινε μεγάλη προσπάθεια έγκαιρης ολοκλήρωσης της έκδοσης 15, όπου θα αφορούσε ένα πλήρες σύνολο προτύπων 5G. Επίσης ενημερώνει τις κρίσιμες αποστολές (MC) όσο αφορά τις επικοινωνίες και τις λειτουργίες των υπηρεσιών. Αυτές οι λειτουργίες υπήρχαν και συνεχίζουν να εξελίσσονται καθώς επηρεάζουν άμεσα τα πάντα, από τις ιδιωτικές επικοινωνίες σε ευρυζωνικές συνδέσεις έως τις ειδοποιήσεις έκτακτης ανάγκης. Η οριστικοποίηση της έκδοσης 15 πραγματοποιήθηκε το 2018 [70].

- **Έκδοση 16**

Η έκδοση 16 ξεκίνησε στα τέλη του 2018 και ολοκληρώθηκε τον Ιούνιο του 2020. Μέσω των εκδόσεων 14-15 και βασισμένη στην NR παρουσίασε μία πλευρική σύνδεση που θα επιτρέψει νέες χρήσεις προηγμένης ασφάλειας ενώ παράλληλα ανοίγει το δρόμο για την αυτόνομη οδήγηση. Η έκδοση 16 υποστηρίζει μία αξιόπιστη και αποτελεσματική επικοινωνία πολλαπλής εκπομπής με βάση την ανάδραση HARQ. Ένα ακόμη σημαντικό έργο της έκδοσης 16 είναι η επέκταση της εμβέλειας του 5G, δηλαδή με βάση τις ήδη υπάρχουσες απαιτήσεις του 5G καθόρισε τη γραμμή βάσης

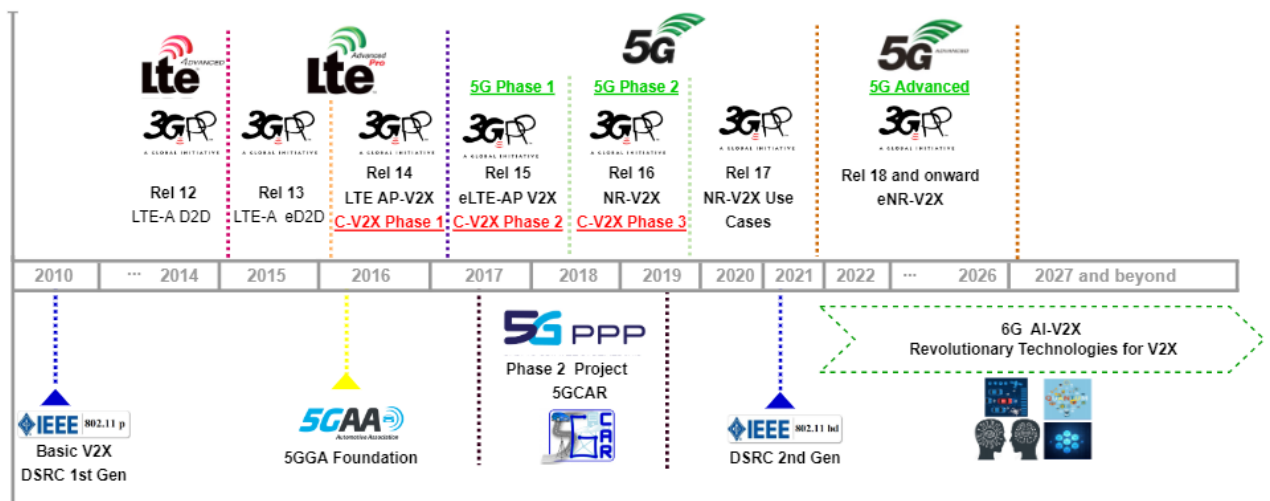
για τον εντοπισμό θέσης να ανταποκρίνεται με ακρίβεια 3 μέτρων στους εσωτερικούς χώρους και ακρίβεια 10 μέτρων στους εξωτερικούς χώρους [71].

- Έκδοση 17

Η έκδοση 17 ξεκίνησε στα μέσα του 2019 και ολοκληρώνεται στα τέλη του 2022. Έχουν ως σκοπό να ενισχύσουν τα θεμέλια της τεχνολογίας 5G NR και να επεκτείνουν περαιτέρω την εμβέλεια του 5G όσο αφορά την παροχή νέων υπηρεσιών, αναπτύξεων και ζωνών φάσματος. Επίσης, η έκδοση 17 φέρνει θεμελιώδεις βελτιώσεις στην συνολική χωρητικότητα του δικτύου, της κάλυψης, της καθυστέρησης, της ισχύος της συσκευής και της κινητικότητας [72].

- Έκδοση 18

Για την έκδοση 18 έχουν ήδη ξεκινήσει την ιεράρχηση των δυνατοτήτων όπου αναμένεται να ολοκληρωθεί στο τέλος του 2021, όπου από εκεί και μετά θα ξεκινήσει η διαδικασία υλοποίησης της συγκεκριμένης έκδοσης που αναμένεται να ολοκληρωθεί στα τέλη του 2024. Σκοπός της έκδοσης αυτής είναι να εισέλθει στην δεύτερη φάση του 5G την 5G-Advanced, η οποία όμως βρίσκεται σε πολύ αρχικό στάδιο κατασκευής [73].



Εικόνα 58: Χρονοδιάγραμμα των εκδόσεων 3GPP.

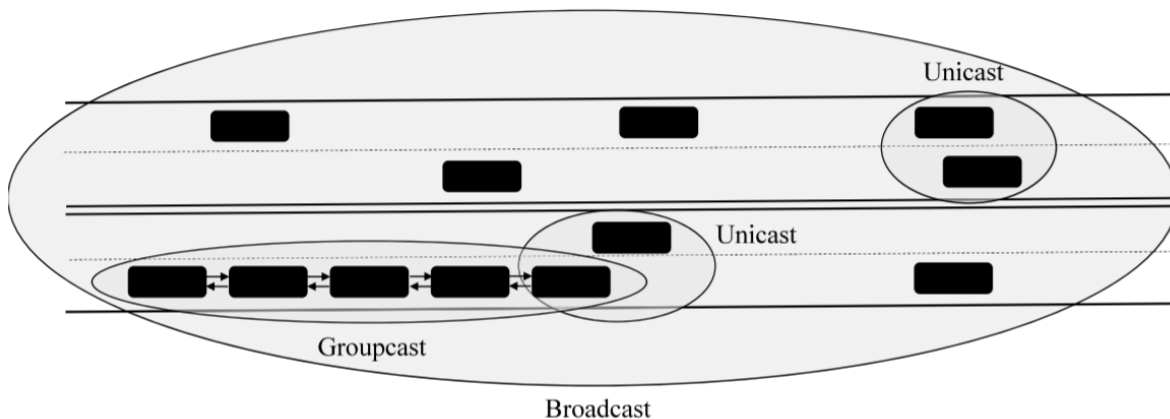
- Εφαρμογές του C-V2X στην αυτοκινητοβιομηχανία:

BMW: Από τις αρχές του 2015 η επικοινωνία C-V2X έχει εφαρμοστεί σε όλα τα καινούργια αυτοκίνητα της BMW, με την ονομασία “**BMW Connected Drive**”. Αυτή η τεχνολογία προσφέρει πληροφορίες που αφορούν το αυτοκίνητο και ασφάλεια γενικότερα [56].

Mercedes-Benz: Από τον Σεπτέμβριο του 2014 Mercedes-Benz άρχισε να εφαρμόζει στα αυτοκίνητα της την τεχνολογία “**Mercedes Me**”, η οποία προσφέρει μία σειρά υπηρεσιών (π.χ. πλοήγηση, πληροφορίες σχετικά με την κίνηση και την ασφάλεια του δρόμου, απομακρυσμένη υποστήριξη πελατών) [56].

4.5.4 NR V2X

Το NR V2X (New Radio V2X) έρχεται για να συμπληρώσει το ήδη υπάρχον C-V2X για προηγμένες υπηρεσίες V2X και θα υποστηρίξει την συνεργασία με το C-V2X. Ωστόσο, αυτό δεν σημαίνει ότι οι δυνατότητες το NR V2X περιορίζονται απαραίτητα σε προηγμένες υπηρεσίες. Το σύστημα NR V2X αναμένεται να έχει ευέλικτο σχεδιασμό για την υποστήριξη με χαμηλή καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία. Το NR αναμένεται επίσης να έχει μεγάλη χωρητικότητα και καλύτερη κάλυψη στο σύστημα του. Οι υπηρεσίες NR V2X μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τύπους επικοινωνιών όπως το unicast, groupcast και το broadcast. Στις unicast επικοινωνίες ένας Εξοπλισμός Χρήστη – User Equipment (UE) επικοινωνεί μόνο με έναν UE. Στις groupcast επικοινωνίες ο UE που μεταδίδει τις πληροφορίες επικοινωνεί μόνο με μία επιλεγμένη ομάδα UE. Η μετάδοση broadcast επιτρέπει στον UE που μεταδίδει τις πληροφορίες να επικοινωνεί με όλα τα οχήματα που βρίσκονται εντός εμβέλειας. Στο Cellular V2X επιτρεπόταν μόνο η μετάδοση πληροφοριών μέσω broadcast, αλλά στο NR V2X ένα όχημα έχει ταυτόχρονα πολλούς τρόπους επικοινωνίας. Για παράδειγμα, σε μία ομάδα οχημάτων που κινούνται όλα σε πολύ κοντινή απόσταση και με την ίδια ταχύτητα το λεγόμενο (platooning), το προπορευόμενο όχημα (κύριο όχημα) επικοινωνεί με τα άλλα οχήματα χρησιμοποιώντας τη λειτουργία ομαδικής επικοινωνίας (groupcast) και τη λειτουργία broadcast τη χρησιμοποιεί για να μεταδώσει μηνύματα σε άλλα οχήματα που δεν βρίσκονται εντός της ομάδας [63].



Εικόνα 59: Τρόποι επικοινωνίας του NR V2X.

Χαρακτηριστικά	C-V2X	5G NR V2X
Βασική επικοινωνία	4G/LTE	5G
Τρόποι επικοινωνίας	Broadcast	Broadcast, Unicast & Groupcast
Ζώνη συχνοτήτων	Έως 6 GHz	5.9 & 52 GHz

Πίνακας 6: Διαφορές του 5G NR V2X με το C-V2X.

Συμπεράσματα

Από όσα αναφέρθηκαν στην παρούσα πτυχιακή γίνεται αντιληπτό πως τα νέα τεχνολογικά προηγμένα συστήματα ασφαλείας έχουν ως στόχο, εκτός από την βελτίωση των συνθηκών διαβίωσης του ανθρώπου, να συμβάλουν αποφασιστικά και στην προστασία της ίδιας της ζωής του. Πιο συγκεκριμένα, έχουν βοηθήσει στη μείωση σε μεγάλο βαθμό των ατυχημάτων στους δρόμους μέσω των διάφορων συστημάτων. Για παράδειγμα, μελέτες έδειξαν πως το ποσοστό εμπλοκής σε σύγκρουση για οχήματα με σύστημα παρακολούθησης τυφλού σημείου ήταν 14% χαμηλότερο από τα ίδια μοντέλα χωρίς εξοπλισμό. Άρα, γίνεται φανερό ότι σε σχέση με το παρελθόν τα σημερινά οχήματα είναι εξαιρετικά πιο ασφαλή.

Με όλα αυτά τα προηγμένα συστήματα ασφαλείας που παρέχονται από τις αυτοκινητοβιομηχανίες, υπάρχει ένας παράγοντας που επηρεάζει την επιτυχία όλων αυτών των συστημάτων και είναι ο ίδιος ο οδηγός. Έχει παρατηρηθεί πως όσο αυξάνονται και εξελίσσονται τα συστήματα ασφαλείας και οι επιδόσεις των οχημάτων, ο οδηγός έχει την τάση να ρισκάρει περισσότερο πιστεύοντας πως ότι και να γίνει τα συστήματα ασφαλείας θα κρατήσουν το όχημα στην θέση του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όσο και να εξελίσσονται τα συστήματα ασφαλείας το κέρδος από την βελτίωση του οχήματος μειώνεται λόγω της κακής οδηγικής συμπεριφοράς. Γι' αυτό θα πρέπει να υπάρχει παράλληλα με την εξέλιξη των συστημάτων και μία καλύτερη εκπαίδευση των οδηγών ώστε να κατανοούν τις αδυναμίες και τα όρια των αυτοκινήτων τους.

Τέλος, μέσα στα επόμενα χρόνια λόγω της ραγδαίας εξέλιξης της τεχνολογίας, στον τομέα των μεταφορών θα δούμε την χρήση πλήρως αυτοματοποιημένων οχημάτων στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων με τη βοήθεια της τεχνητής νοημοσύνης. Αλλά για να πραγματοποιηθεί αυτό θα πρέπει να υπάρχει εμπιστοσύνη στις νέες τεχνολογίες από τους ανθρώπους, να βαδίζουν μαζί με την τεχνολογία και να εξελίσσονται μαζί της. Διότι στις μέρες μας υπάρχει τεράστια ανασφάλεια και αμφισβήτηση όσον αφορά την αξιοπιστία των προηγμένων συστημάτων και πιο συγκεκριμένα του τομέα της αυτοματοποίησης.

Βιβλιογραφία

- [1]: <https://blogs.sch.gr/atkermelid/files/2013/06/%CE%A3%CE%A5%CE%A3%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%CE%A4%CE%91-%CE%91%CE%A5%CE%A4%CE%9F%CE%9A%CE%99%CE%9D%CE%97%CE%A4%CE%9F%CE%A5-%CE%99%CE%99.246-266.pdf>
- [2]: <https://thenewswheel.com/the-history-of-windshield-wipers/>
- [3]: <https://www.gizmodo.com.au/2019/07/the-first-movie-star-also-invented-one-of-the-first-turn-signals-and-brake-lights/>
- [4]: <https://robertdebry.com/development-car-safety-features/>
- [5]: <https://didyouknowcars.com/the-history-of-brakes/>
- [6]: <https://www.todayifoundout.com/index.php/2011/11/laminated-glass-was-invented-by-accident/>
- [7]: <https://thenewswheel.com/how-did-car-safety-crash-tests-originate/>
- [8]: <https://en.wikipedia.org/wiki/Airbag>
- [9]: <https://www.volvobuses.com/en/news/2019/jul/the-three-point-seat-belt-an-innovation-that-saved-over-1-million-lives.html#:~:text=In%201959%2C%20the%20Volvo%20engineer,manufacturers%20to%20use%20for%20free.>
- [10]: <https://www.smmmt.co.uk/2015/02/car-safety-brief-history/>
- [11]: https://en.wikipedia.org/wiki/Anti-lock_braking_system
- [12]: https://en.wikipedia.org/wiki/Backup_camera
- [13]: <https://www.automoblog.net/brief-history-high-tech-safety-features/>
- [14]: https://cecas.clemson.edu/cvel/auto/AuE835_Projects_2011/Mayyas_project.html
- [15]: <https://carbiketech.com/chassis/>
- [16]: <https://www.motortrend.com/features/body-on-frame-vs-unibody-vs-monocoque-what-is-the-difference/>
- [17]: <https://www.carblogindia.com/types-of-chassis-frames-monocoque-vs-ladder/>
- [18]: <https://www.quora.com/What-is-a-monocoque-chassis-and-how-exactly-does-it-differ-from-a-conventional-one>
- [19]: <https://infoservice.com.gr/player/paizontas-energa-me-asfaleia/>
- [20]: <https://matmatch.com/resources/blog/advanced-high-strength-steel-stronger-lighter-safer-cars/>
- [21]: <https://aluminiuminsider.com/steel-versus-aluminium-whos-winning-lightweighting-battle-cars/>

- [22]: <https://www.amt-advanced-materials-technology.com/applications/automotive-aluminum-chassis/>
- [23]: https://uacj-automobile.com/types_and_applications.html
- [24]: https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon-fiber-reinforced_polymers
- [25]: <https://estrofia.com/blogs/automobile/materials-used-in-chassis-and-body-components-of-the-vehicle>
- [26]: <https://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/crumple-zone.htm>
- [27]: <https://gomechanic.in/blog/how-crumple-zones-work-explained/>
- [28]: <http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/1884/5/012014x01x005.pdf>
- [29]: <http://okeanis.lib.puas.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/3443/%CE%91%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CE%B5%CF%82%20%CF%83%CF%84%CE%B1%20%CE%91%CF%85%CF%84%CE%BF%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%84%CE%B1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [30]: <https://eclass.uop.gr/modules/document/index.php?course=1689&openDir=/60900a548VAu>
- [31]: <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html>
- [32]: <https://infoservice.com.gr/technical/radar-ochimaton-enas-apo-tous-kyrious-aisthithires-tou-aftokinitou/>
- [33]: <https://driving.ca/car-culture/auto-tech/what-is-lidar-and-how-is-it-used-in-cars>
- [34]: <https://otonomo.io/blog/ultrasonic-data-automotive-iot/>
- [35]: <https://howstuffworks.wiki/el/%CF%84%CF%89%CE%BD-%CE%B6%CF%8E%CF%89%CE%BD/%CE%B1%CE%B3%CF%81%CE%B9%CE%B1-%CE%B6%CF%8E%CE%B1/%CE%B8%CE%B7%CE%BB%CE%B1%CF%83%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC/%CE%BD%CF%85%CF%87%CF%84%CE%B5%CF%81%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%82/bat2>
- [36]: https://www.zmp.co.jp/en/knowledge/adas_dev/adas_sensor/adas_camera
- [37]: <https://www.synopsys.com/automotive/what-is-adas.html>
- [38]: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/980007/#:~:text=A%20new%20light%20concept%20called,driving%20situation%20and%20current%20environment.>
- [39]: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_parking
- [40]: <https://www.apativ.com/en/insights/article/what-are-the-levels-of-automated-driving>
- [41]: https://www.researchgate.net/profile/Kashif-Qureshi-4/publication/257367335_A_Survey_on_Intelligent_Transportation_Systems/links/54302df70cf29bbc1276ed6c/A-Survey-on-Intelligent-Transportation-Systems.pdf

- [42]: <https://www.moneyshake.com/car-finance-guides/business-leasing/what-is-fleet-management>
- [43]: https://en.wikipedia.org/wiki/Automatic_meter_reading
- [44]: <https://zenodo.org/record/3407995#.YpS4y6hBxPY>
- [45]: <https://www.autoweek.com/news/technology/a36190311/v2x-technology/>
- [46]: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/2/334>
- [47]: https://www.researchgate.net/publication/50392063_Performance_comparison_of_position-based_routing_protocols_in_vehicle-to-vehicle_v2v_communication
- [48]: <https://blog.rgbsi.com/what-is-v2i-technology>
- [49]: <https://blog.rgbsi.com/connection-with-vehicle-to-network-v2n>
- [50]: <https://www.linkedin.com/pulse/vehicle-to-pedestrian-communication-key-enabler-vehicle-vivek-berawal>
- [51]: https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/102600_102699/102638/01.01.01_60/tr_102638v010101p.pdf
- [52]: <https://jwcn-eurasiipjournals.springeropen.com/articles/10.1186/1687-1499-2014-98>
- [53]: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5948952>
- [54]: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X17301675>
- [55]: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf>
- [56]: https://www.analysismason.com/globalassets/x_migrated-media/media/analysys-mason-report-for-5gaa-on-socio-economic-benefits-of-cellular-v2x2.pdf
- [57]: <https://www.mdpi.com/2224-2708/9/2/22>
- [58]: <https://5g-ppp.eu/wp-content/uploads/2014/02/5G-PPP-White-Paper-on-Automotive-Vertical-Sectors.pdf>
- [59]: <https://pdfs.semanticscholar.org/51f8/a171f7d7a3c82697d55599b80a8f2494869c.pdf>
- [60]: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/477/1/012052/pdf>
- [61]: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/302600_302699/3026360401/01.03.01_60/en_3026360401v010301p.pdf
- [62]: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/1026360501/01.01.01_60/ts_1026360501v010101p.pdf
- [63]: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8723326>
- [64]: <https://www.mdpi.com/2079-9292/9/9/1338/htm>
- [65]: https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2017/12/C-2VX-Enabling-Intelligent-Transport_2.pdf

[66]: https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123200_123299/123285/14.02.00_60/ts_123285v140200p.pdf

[67]: <https://www.3gpp.org/specifications/releases/68-release-12>

[68]: <https://www.3gpp.org/release-13>

[69]: <https://www.3gpp.org/release-14>

[70]: <https://www.3gpp.org/release-15>

[71]: <https://www.3gpp.org/release-16>

[72]: <https://www.3gpp.org/release-17>

[73]: <https://www.3gpp.org/release18>