

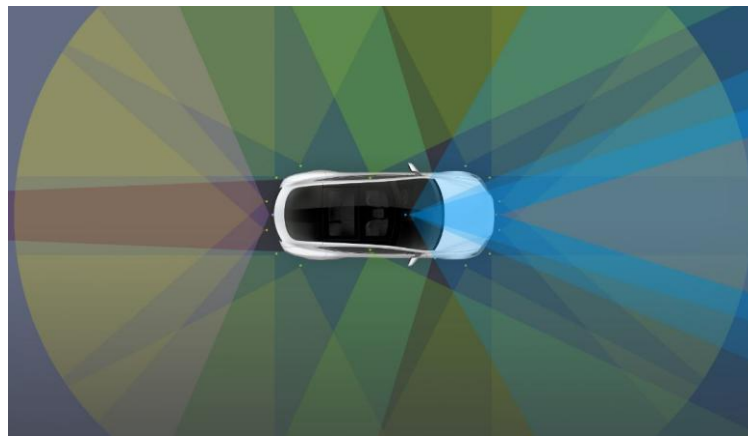
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
Δ.Π.Μ.Σ. Πληροφοριακά Συστήματα
Μάθημα Δίκτυα Υπολογιστών
Καθηγητής Α.Α. Οικονομίδης



University of Macedonia
Master in Information Systems
Course: Computer Networks
Professor A.A.Economides

**ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΩΝ ΕΞΥΠΝΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ
(Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΑΥΤΟΝΟΜΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ)**

REAL CASES OF SENSOR NETWORKS FOR SMART CARS (SELF DRIVING CAR CASE)



Νικόλαος Δάσκαλος MIS19018

Αθανάσιος Γιουβάνης MIS19020

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα έξυπνα αυτοκίνητα και πιο συγκεκριμένα τα αυτόνομα αυτοκίνητα αποτελούν το μέλλον της αυτοκίνησης και των μεταφορών γενικότερα. Τα αυτοκίνητα πλέον πέρα από την «έξυπνη» πλευρά τους, με την βοήθεια των Τεχνολογιών της Πληροφορικής και ενός πλήθους αισθητήρων τείνουν να γίνουν αυτόνομα. Με την χρήση αισθητήρων το αυτοκίνητο προσομοιώνει τις λειτουργίες αντίληψης του οδηγού και στην συνέχεια μεταφέρει τις πληροφορίες αυτές σε μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας η οποία με την χρήση αλγορίθμων Τεχνητής Νοημοσύνης τα επεξεργάζεται και παίρνει τις κατάλληλες αποφάσεις, ειδοποιώντας τους ενεργοποιητές να επιτελέσουν κάποια ενέργεια. Πολλές είναι οι πραγματικές περιπτώσεις επιχειρήσεων που κάνουν έρευνα και δοκιμές στο συγκεκριμένο τομέα με στόχο την δημιουργία σε βάθος χρόνου του απόλυτα αυτό-οδηγούμενου οχήματος. Ένα project που αν γίνει σωστά μπορεί να προσφέρει ένα πλήθος πλεονεκτημάτων εκμηδενίζοντας προβλήματα που συναντώνται σήμερα στον τομέα των μεταφορών. Βέβαια υπάρχουν και πολλές προκλήσεις και απειλές που πρέπει να επιλύσει η τεχνολογία ώστε να μπορεί να γίνει αποδεκτή και να υιοθετηθεί από όλους ως η ιδανική επιλογή.

ABSTRACT

Smart cars and more specifically, self-driving cars, are the future of automotive and transport. Cars, have their smart side, but now using the IT technology and a number of sensors, tend to become autonomous vehicles. With the use of sensors the car can simulate the driver's perception functions and then transfer this information to a central processing unit, which, by using Artificial Intelligence algorithms, makes the right decisions alerting activators to execute the correct decision. There are a lot of real cases of companies doing research and testing in this area, with the aim of creating a completely self-driven vehicle in the future. A project that, if done properly, can offer a number of benefits by eliminating the problems currently encountered in the transport sector. Of course, there are many challenges and threats that technology needs to solve so that it can be accepted and adopted by all as the ideal choice.

Πίνακας Περιεχομένων

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1.1 Internet Of Things (IoT)	4
1.2 Δίκτυα Αισθητήρων.....	4
1.3 Από τα Παραδοσιακά στα Έξυπνα/Αυτόνομα Αυτοκίνητα	5
1.4 Παρουσίαση Θέματος/Προβλήματος	5
2.ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ.....	6
2.1 Επίπεδα Αυτονομίας Οχημάτων	6
2.2 Αισθητήρες Αυτόνομων Οχημάτων.....	7
2.2.1 Radar	8
2.2.2 Lidar	8
2.2.3 Κάμερα.....	9
2.2.4 GPS	10
2.2.5 Αισθητήρες Υπολογισμού Απόστασης	10
2.2.6 Αισθητήρας Γωνιακής Θέσης.....	11
2.2.7 Μονάδα Ελέγχου Οχήματος	11
2.3 Συνδεσιμότητα Αισθητήρων και Οχημάτων	12
2.3.1 Συνδεσιμότητα στο Εσωτερικό του Οχήματος	12
2.3.1.1 Τοπολογία με Παράδειγμα (Πραγματική Περίπτωση).....	13
2.3.2 Συνδεσιμότητα με Εξωτερικά Στοιχεία	14
2.3.2.1 Όχημα με Όχημα (V2V).....	14
2.3.2.2 Όχημα με Υποδομή (V2I).....	15
2.3.2.3 Όχημα με Πεζούς (V2P).....	15
2.3.2.4 Όχημα με τα Πάντα (V2X).....	16
2.3.2.5 Τεχνολογίες & Πραγματική Περίπτωση (V2X).....	16
2.4 Πραγματικές Περιπτώσεις Αυτόνομων Αυτοκινήτων	17
2.4.1 Η εταιρεία Tesla	17
2.4.2 Η εταιρεία Google	19
2.4.3 Η εταιρεία General Motors.....	19
2.4.4 Άλλα Παραδείγματα	20
2.5 Θετικά και Αρνητικά Αυτόνομων Αυτοκινήτων	21
2.6 SWOT Analysis.....	22
3.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	23
4.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	24
4.1 Πίνακας Εικόνων	24
4.2 Βιβλιογραφία Κειμένου.....	24

1.ΕΙΣΑΓΩΓΉ

1.1 Internet Of Things (IoT)

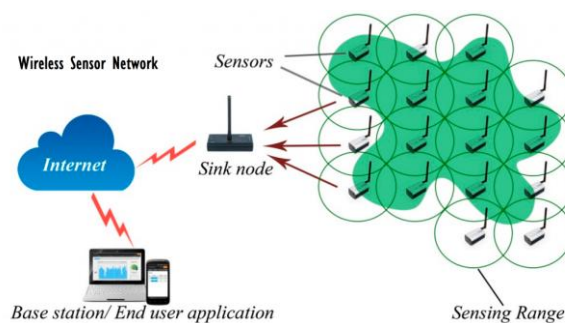
Το «Internet of Things» ή αλλιώς το «Διαδίκτυο των Πραγμάτων», αποτελεί την επόμενη ψηφιακή βιομηχανική επανάσταση. Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει ως στόχο να συνδέσει όλα τα «Πράγματα» στο Διαδίκτυο, δηλαδή, αντικείμενα όπως «έξυπνες» συσκευές, οικιακές συσκευές, βιομηχανικές μηχανές, οχήματα, τα οποία θα επικοινωνούν μεταξύ τους, ανταλλάσσοντας πληροφορίες με σκοπό να φέρουν εις πέρας διάφορες προγραμματισμένες διαδικασίες.

Τα τελευταία χρόνια το Διαδίκτυο των Πραγμάτων έχει γίνει ιδιαίτερα δημοφιλές κυρίως, για τις έξυπνες λύσεις που προσφέρει. Αυτές οι λύσεις οφείλονται στην εξάπλωση και αξιοποίηση αρκετών νέων τεχνολογιών όπως η ταυτοποίηση με την χρήση ραδιοσυχνότητας (RFID- Radio Frequency Identification), το υπολογιστικό «νέφος» (cloud), τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (WSNs), οι μικροελεγκτές Raspberry Pi και Arduino αλλά και οι τεχνολογίες τέταρτης και πέμπτης γενιάς (4G, 5G). Με την εμφάνιση λοιπόν του Internet of Things ανοίγονται νέοι δρόμοι στον τομέα των αυτοκινήτων και πιο συγκεκριμένα των Έξυπνων Αυτοκινήτων/ Αυτόνομων Οχημάτων, έτσι ώστε να βελτιωθεί ο τρόπος και η ασφάλεια μετακίνησης των ανθρώπων.(Διαδίκτυο των Πραγμάτων, n.d.)

Το IoT είναι μια έννοια που αφορά τα αντικείμενα της καθημερινότητας, από βιομηχανικές μηχανές μέχρι wearable συσκευές που χρησιμοποιούν ενσωματωμένους αισθητήρες για την συλλογή δεδομένων και την ανάληψη κάποια δράσης σε αυτά τα δεδομένα μέσα σε ένα δίκτυο. (Treffyn Lynch Koreshoff et.al.,2013). Στο IoT μια αλληλουχία συσκευών και αντικειμένων διασυνδέονται με μια ποικιλία λύσεων επικοινωνίας όπως Bluetooth, WiFi, ZigBee και GSM. Αυτές οι τεχνολογίες επιτρέπουν την διασύνδεση μεταξύ ετερογενών IoT συσκευών που μπορούν να βοηθήσουν στην καθημερινότητα των ανθρώπων.

1.2 Δίκτυα Αισθητήρων

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων (Wireless Sensor Networks-WSNs), είναι μια συλλογή εξειδικευμένων αυτόνομων αισθητήρων και ενεργοποιητών με υποδομή ασύρματων επικοινωνιών που προορίζονται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο των φυσικών ή περιβαλλοντικών συνθηκών σε διάφορα μέρη. Ένα δίκτυο αισθητήρων αποτελείται από πολλούς κόμβους που στην πραγματικότητα κυμαίνονται από μερικές εκατοντάδες ή ακόμα και χιλιάδες, όπου κάθε κόμβος συνδέεται με ένα ή περισσότερους άλλους κόμβους. Οι κόμβοι μπορούν να σχεδιάζονται για να πραγματοποιούν μια ή περισσότερες λειτουργίες όπως ανίχνευση, αναμετάδοση δεδομένων ή ανταλλαγή δεδομένων με ένα εξωτερικό δίκτυο. Ένας κόμβος για την ανίχνευση ονομάζεται sensor node, για την αναμετάδοση δεδομένων router και για την ανταλλαγή δεδομένων με άλλα δίκτυα base station ή sink node, ο οποίος είναι παρόμοιος με μια gateway σε ένα παραδοσιακό δίκτυο.(Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων, n.d.)



Εικόνα 1 Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων

1.3 Από τα Παραδοσιακά στα Έξυπνα/Αυτόνομα Αυτοκίνητα

Η βιομηχανία των αυτοκινήτων έχει αποτελέσει εδώ και 125 χρόνια ένα μοχλό τεχνολογικής καινοτομίας και οικονομικής ανάπτυξης. Στις αρχές του 21^{ου} αιώνα, η ανάγκη για καινοτομία και βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων οδηγεί σε μια νέα τεχνολογική επανάσταση, αυτήν του αυτόνομου οχήματος. Η χρήση της νέας τεχνολογίας μπορεί να δώσει λύσεις σε μια σειρά προβλημάτων που αντιμετωπίζει σήμερα η κοινωνία. Μερικά από αυτά είναι το υψηλό κόστος των τροχαίων ατυχημάτων, οι χαμένες εργατοώρες εξαιτίας της κυκλοφοριακής συμφόρησης και τα συνακόλουθα περιβαλλοντικά προβλήματα, καθώς και η κατάληψη αστικού χώρου για θέσεις στάθμευσης προς όφελος λίγων. Με την ευρεία εφαρμογή της τεχνολογίας αυτόνομης οδήγησης, πρόκειται να αλλάξει όλο το περιβάλλον μεταφορών επιβατών και εμπορευμάτων σε σύγκριση με όσα είναι γνωστά μέχρι σήμερα.

Ένα αυτόνομο αυτοκίνητο, γνωστό και ως αυτοκίνητο χωρίς οδηγό είναι ένα αυτόνομο όχημα ικανό να εκπληρώσει τις μεταφορικές υποχρεώσεις ενός οχήματος χωρίς οδηγό, διεπιδρώντας με το οδικό περιβάλλον χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση. Τα οχήματα που αλληλεπιδρούν τόσο μεταξύ τους, όσο και με το οδικό περιβάλλον μπορούν να μειώσουν τα τροχαία ατυχήματα, τις εκπομπές ρύπων, το άγχος του οδηγικού έργου και την κυκλοφοριακή συμφόρηση. Για να επιτευχθούν όμως αυτοί οι στόχοι πρέπει να ληφθούν υπόψη και να επιλυθούν ζητήματα ασφαλείας. Ο αυτόνομος έλεγχος ενός οχήματος σημαίνει ότι το όχημα παρουσιάζει καλή απόδοση υπό συγκεκριμένες κυκλοφοριακές συνθήκες για μεγάλη χρονική περίοδο, χωρίς να παρουσιάζει σφάλματα και να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση.

Στην ουσία πρόκειται για ένα ρομποτικό όχημα, εξοπλισμένο με πληθώρα αισθητήρων Μηχανικής Όρασης, αισθητήρων μέτρησης λοιπών φυσικών μεγεθών, συστημάτων προσανατολισμού και πλοήγησης, λογισμικών Τεχνητής Νοημοσύνης και Μηχανικής Μάθησης κ.α. Αποσκοπεί στην πλήρη και αδιάλειπτη αυτόνομη πλοήγηση του ίδιου οχήματος όχι μόνο στον βαθμό αποτελεσματικότητας του φυσικού οδηγού αλλά και σε βαθμό πολύ πιο αποτελεσματικό από αυτόν. (Siva R.K. Narla,2013)



Εικόνα 2 Waymo-Αυτόνομο αυτοκίνητο Google

1.4 Παρουσίαση Θέματος/Προβλήματος

Η εργασία αυτή ασχολείται με την παρουσίαση των αυτόνομων οχημάτων και των αισθητήρων που χρησιμοποιούν μέσα από πραγματικές περιπτώσεις δικτύων αισθητήρων από διάφορες μεγάλες εταιρείες. Αρχικά δίνεται ένα θεωρητικό υπόβαθρο σχετικά με τα αυτόνομα αυτοκίνητα τα επίπεδα που υπάρχουν και το στάδιο που βρίσκονται σήμερα, στην συνέχεια αναλύονται οι αισθητήρες και οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούν για να επιτευχθεί η αυτόνομη οδήγηση, έπειτα παρουσιάζονται κάποιες πραγματικές περιπτώσεις αυτόνομων οχημάτων και τέλος γίνεται μια SWOT Analysis με βάση τα πλεονεκτήματα τα μειονεκτήματα και κάποιες συγκρίσεις. Τέλος παρατίθενται κάποια συμπεράσματα σχετικά με την εργασία και προτάσεις για μελλοντική έρευνα

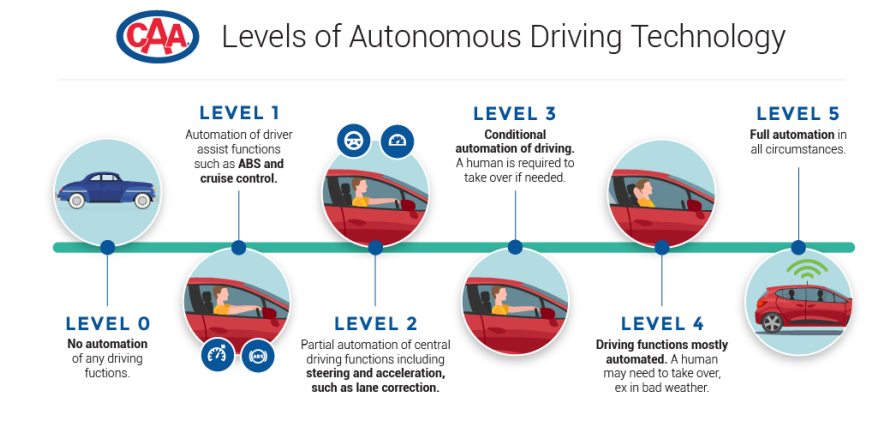
2.ΚΥΡΙΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 Επίπεδα Αυτονομίας Οχημάτων

Η αυτοματοποίηση της λειτουργίας ενός οχήματος, περιλαμβάνει τον συντονισμό και την αυτοματοποίηση δεκάδων ανεξάρτητων λειτουργιών του. Έτσι, όσο περισσότερες λειτουργίες ενός οχήματος είναι αυτοματοποιημένες και πλήρως ανεξάρτητες από τον οδηγό, τόσο μεγαλύτερο βαθμό αυτονομίας φέρει το όχημα αυτό. Σύμφωνα με την υπηρεσία NHTSA των Η.Π.Α. και το SAE, ο βαθμός αυτονομίας και ελέγχου ενός αυτοκινήτου κατηγοριοποιείται σε έξι διαφορετικά επίπεδα. Στα πρώτα τρία ο άνθρωπος ελέγχει το περιβάλλον οδήγησης, ενώ στα τρία τελευταία ένα αυτόματο σύστημα οδήγησης ελέγχει το περιβάλλον οδήγησης.

- Επίπεδο 0-Απουσία Αυτοματισμού: Ο οδηγός του οχήματος είναι ο μοναδικός παράγοντας ελέγχου και πλοήγησής του, Ελέγχει διαρκώς όλα τα συστήματα πλοήγησης, πέδηση, κατεύθυνση, μετάδοση, κίνηση καθ' όλη την διάρκεια της διαδρομής. Σε αυτό το επίπεδο δεν εφαρμόζεται κανένας αυτοματισμός και καμία αυτονομία, παρά μόνο ειδοποιήσεις και ενδείξεις.
- Επίπεδο 1-Αυτοματισμός Συγκεκριμένων Λειτουργιών: Σε αυτό το επίπεδο ο έλεγχος του οχήματος βρίσκεται στον οδηγό, ωστόσο υπάρχει και ένα προηγμένο σύστημα υποβοήθησης του οδηγού, το οποίο περιλαμβάνει λειτουργίες Cruise Control, υποβοήθηση στο παρκάρισμα, lane keeping assistance. Οι λειτουργίες αυτές αποσκοπούν στην διευκόλυνση του οδηγού και δεν μπορεί να εφαρμοστούν συνδυαστικά.
- Επίπεδο 2-Αυτοματισμός Συνδυαζόμενων Λειτουργιών: Στο επίπεδο αυτό ο έλεγχος του οχήματος παραμένει στον οδηγό ενώ επίσης υπάρχει η παρουσία του προηγμένου συστήματος υποβοήθησης του οδηγού. Σε αυτό το επίπεδο υπάρχει η δυνατότητα ταυτόχρονης αξιοποίησης λειτουργιών ελέγχου του τιμονιού και του συστήματος πέδησης/ επιτάχυνσης κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Οι παραπάνω λειτουργίες επιτελούνται μόνο υποβοηθητικά και η ευθύνη ελέγχου του οχήματος παραμένει στον οδηγό.
- Επίπεδο 3-Περιορισμένος Αυτοματισμός Λειτουργίας: Τα οχήματα σε αυτό το επίπεδο αυτοματοποίησης διαθέτουν ένα προηγμένο σύστημα οδήγησης, το οποίο κάτω από συγκεκριμένες και περιορισμένες συνθήκες, είναι σε θέση να επιτελέσει το σύνολο των λειτουργιών και διαδικασιών που απαιτούνται για την αυτόνομη οδήγηση του οχήματος από το σημείο εκκίνησης προς το σημείο προορισμού. Κατά την διάρκεια της διαδρομής αυτής, ο οδηγός θα πρέπει να βρίσκεται σε πλήρη ετοιμότητα να αναλάβει τον έλεγχο του οχήματος μόλις το σύστημα οδήγησης το απαιτήσει. Σε κάθε περίπτωση που οι επικρατούσες συνθήκες δεν επιτρέπουν την χρήση του συστήματος οδήγησης ο οδηγός πραγματοποιεί πλήρη λειτουργία οδήγησης.
- Επίπεδο 4-Υψηλό Επίπεδο Αυτοματοποίησης Λειτουργίας: Σε αυτό το επίπεδο το όχημα είναι σχεδιασμένο ώστε να παρέχει υψηλού επιπέδου αυτοματοποίηση των λειτουργιών του. Το σύστημα οδήγησης είναι σε θέση να πραγματοποιήσει όλες τις λειτουργίες οδήγησης αλλά και να παρακολουθεί όλες τις κυκλοφοριακές συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο κινείται. Στην ουσία πραγματοποιεί πλήρη λειτουργία οδήγησης, όμοια με κάποιον οδηγό. Το σύστημα είναι σε θέση να ανταποκριθεί άριστα κάτω από όλες σχεδόν τις συνθήκες, με ελάχιστες εξαιρέσεις. Έτσι ο οδηγός/επιβάτης θα πρέπει να διασφαλίσει ότι πληρούνται όλες οι αναγκαίες συνθήκες και προϋποθέσεις προτού θέσει το σύστημα σε λειτουργία.
- Επίπεδο 5-Πλήρης Αυτοματισμός: Σε αυτό το επίπεδο, το σύστημα οδήγησης του οχήματος είναι σε θέση να πραγματοποιήσει όλες τις λειτουργίες οδήγησης αλλά και να παρακολουθεί τις κυκλοφοριακές συνθήκες του περιβάλλοντος στο οποίο κινείται κάτω από οποιοδήποτε συνθήκες

και προϋποθέσεις αντικαθιστώντας απόλυτα τον οδηγό. Το επίπεδο ασφάλειας και αποτελεσματικότητας του επιπέδου αυτού είναι το μέγιστο δυνατό και ο επιβάτης του οχήματος δεν απαιτείται να έχει την οποιαδήποτε συνδρομή στην διαδικασία της οδήγησης πέραν από τον ορισμό του επιθυμητού προορισμού. (Self-Driving Car,n.d.)



Εικόνα 3 Επίπεδα Αυτόνομης Οδήγησης

2.2 Αισθητήρες Αυτόνομων Οχημάτων

Τα αυτόνομα οχήματα αποτελούν συμβατικά οχήματα τα οποία διαθέτουν κοινές μηχανολογικές διατάξεις όμως διαφοροποιούνται με αυτά στο γεγονός ότι είναι εξοπλισμένα με ένα επιπλέον σύστημα αυτονομίας και ρομποτικής. Ένα σύγχρονο αυτόνομο ρομποτικό όχημα εφαρμόζει τεχνολογίες που του παρέχουν την δυνατότητα της Μηχανικής όρασης, αυτόματης πλοήγησης και συστημάτων ελέγχου και λήψης αποφάσεων βασισμένα σε τεχνολογίες Τεχνητής Νοημοσύνης. Συνεπώς η δομή ενός τέτοιου οχήματος αποτελείται αφενός από το δίκτυο προηγμένων αισθητήρων και τεχνολογικού υλικού που διαθέτει και αφετέρου από το σύνολο των λογισμικών που του επιτρέπουν να διαχειρίζεται δεδομένα που προέρχονται από τους αισθητήρες, και να εφαρμόζει προηγμένους αλγόριθμους ώστε να παρέχει αξιόπιστα και ασφαλή μοντέλα πρόβλεψης αποφάσεων στον χειρισμό του οχήματος.(Ljudo Vlanic et.al.,2001)

Το προηγμένο δίκτυο αισθητήρων που φέρει ένα αυτόνομο όχημα του επιτρέπει να αντιλαμβάνεται ερεθίσματα του εξωτερικού περιβάλλοντος, ενώ η μονάδα ελέγχου του οχήματος είναι αυτή που αναλαμβάνει την επεξεργασία των προερχόμενων από τους αισθητήρες δεδομένα, της ερμηνείας τους βάσει συγκεκριμένων αλγόριθμων αναγνώρισης προτύπων και την παραγωγή των λογικών αποφάσεων για τον χειρισμό του οχήματος βασιζόμενες σε τεχνικές της Τεχνητής Νοημοσύνης. (Nvidia et.al.,2016)

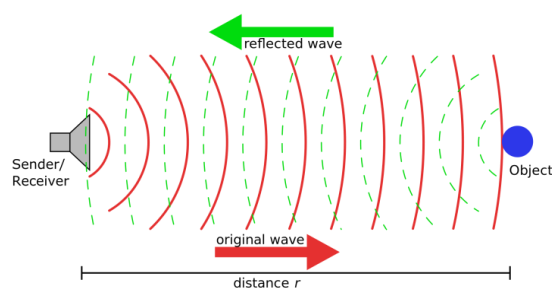
Παρά το γεγονός της ύπαρξης πολλών εταιρειών κατασκευής, και των διαφορετικών προσεγγίσεων από κάθε εταιρεία, υπάρχει ένα σύνολο καθορισμένων απαιτήσεων που θα πρέπει το σύστημα αυτονομίας να ικανοποιεί και συνεπώς ένας καθορισμένος τύπος δεδομένων τα οποία θα πρέπει να λαμβάνει από το εξωτερικό περιβάλλον του οχήματος. Οπότε παρά τις πολλές διαφορές που συναντώνται από εταιρεία σε εταιρεία, υπάρχουν κάποιοι βασικοί αισθητήρες που χρησιμοποιούνται παντού. (Eun-Kyu Lee et.al., 2016)

Οι βασικοί αισθητήρες είναι οι Radar, GPS, Κάμερες, Lidar, Control Unit, Ultra Sonics και Wheel Encoder οι οποίοι συνεργάζονται με τμήματα λογισμικού για να αντικαταστήσουν τις ανθρώπινες λειτουργίες στην οδήγηση και να δημιουργηθεί ένα αυτόνομο αυτοκίνητο. (Alexander Devine Forest & Mustafa Konca, 2007), (Claudine Badue et.al, 2019)

2.2.1 Radar

Το Radar(Radio Detection And Ranging) χρησιμοποιείται στα αυτόνομα οχήματα έτσι ώστε να καταστεί δυνατός ο εντοπισμός διαφόρων αντικειμένων σε αποστάσεις έως 300 μέτρων ακόμα και κάτω από αντίξοες συνθήκες ομίχλης, υγρασίας, συννεφιάς, βροχής και γενικότερα μειωμένης ορατότητας. Είναι γνωστό από την χρήση του σε αεροσκάφη, πλοία κλπ, αποτελεί ένα σύστημα εντοπισμού αντικειμένων, το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά κύματα ώστε να προσδιορίσει εντός της περιοχής του εύρους του, το υψόμετρο, την κατεύθυνση και την ταχύτητα αντικειμένων που βρίσκονται μέσα στην ακτίνα αυτή.(Ραντάρ ,n.d.)

Ένα σύστημα Radar, φέρει έναν πομπό ο οποίος εκπέμπει παλμούς ραδιοκυμάτων ή μικροκυμάτων οι οποίοι προσκρούουν πάνω σε οποιοδήποτε αντικείμενο βρεθεί στην πορεία τους, το οποίο στην συνέχεια απορροφά ένα μικρό ποσοστό της ενέργειας του κύματος και το υπόλοιπο ανακλάται και διαχέεται στο περιβάλλον και κατ επέκταση στο πιάτο και την κεραία του πομπού. Τα σήματα του Radar τα οποία ανακλώνται πίσω στον πομπό είναι αυτά που εξασφαλίζουν τον εντοπισμό του αντικειμένου. (James D.Taylor,2001)



Εικόνα 4 Λειτουργία Radar

2.2.2 Lidar

Το Lidar (Light Detection And Ranging), συχνά αποκαλούμενο και ως 3D σάρωση με λέιζερ, αποτελεί μια τεχνολογία τηλεμετρίας, με την οποία φωτίζοντας ένα αντικείμενο με χρήση παλμικών δεσμών laser, καθίστανται δυνατή η πληροφόρηση σχετικά με την θέση του, την απόστασή του και άλλες διάφορες ιδιότητές του, καταγράφοντας και αναλύοντας την οπισθοσκεδαζόμενη ακτινοβολία laser. Αποτελεί μια ευρέως διαδεδομένη λύση στις εφαρμογές Μηχανικής Όρασης των αυτόνομων ρομποτικών οχημάτων, λόγω της ακριβούς πληροφορίας που μπορεί να παρέχει και το πλήθος πληροφοριών που μπορεί να εξασφαλίσει. (Lidar,n.d.)

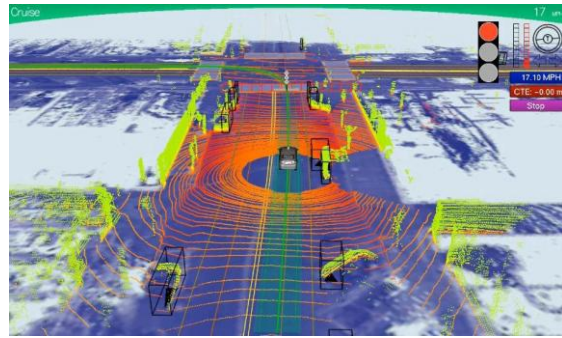
Το Lidar χρησιμοποιεί υπεριώδη, ορατή ή υπέρυθη ακτινοβολία για τον εντοπισμό μιας μεγάλης κλίμακας αντικειμένων όπως μεταλλικά αντικείμενα, βράχοι, βροχή, χημικές ουσίες, αερολύματα, σύννεφα ακόμα και μεμονωμένα μόρια. Μια δέσμη laser δίνει την δυνατότητα για εντοπισμό φυσικών χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου σε πολύ υψηλή ανάλυση. Συλλέγει έναν τεράστιο όγκο δεδομένων τα οποία στην συνέχεια επεξεργάζονται αναλύονται και ερμηνεύονται κατάλληλα από εξειδικευμένα για την κάθε χρήση και εφαρμογή λογισμικά(J.A.Belian et.al.,2014). Μπορεί να κάνει επιλεκτική σάρωση και αποτελεί ένα από τα βασικότερα αισθητήρια ενός αυτόνομου οχήματος καθώς σαρώνει αντικείμενα με γωνία θέασης 360 μοιρών. Έχει 4 βασικά υποσυστήματα: (Nick Schetko, 2014)

1. Laser
2. Σαρωτής εικόνας και οπτικά μέσα
3. Αισθητήρας εικόνας και μικρό ηλεκτρονικά του δέκτη

4. Θέση και συστήματα πλοήγησης



Εικόνα 5 Lidar Google Car



Εικόνα 6 Lidar image

2.2.3 Κάμερα

Η στέρεο κάμερα αποτελεί έναν τύπο κάμερας που φέρει δύο ή και περισσότερους φακούς, καθένας εκ των οποίων διαθέτει ξεχωριστό αισθητήρα εικόνας CMOS. Έτσι η κάμερα έχει την δυνατότητα να καταγράφει βίντεο και εικόνες τριών διαστάσεων, προσομοιώνοντας έτσι την ανθρώπινη διοπτρική όραση. Η στέρεο κάμερα, χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την καταγραφή τρισδιάστατου περιεχομένου, στέρεο- εικόνων υψηλής ανάλυσης κτλ. Η απόσταση μεταξύ των φακών σε μια τυπική στέρεο κάμερα είναι περίπου ίση με των ματιών. (Stereo Camera, n.d.)

Όταν μια στέρεο κάμερα καταγράφει μια τρισδιάστατη εικόνα, ο κάθε αισθητήρας καταγράφει την ίδια εικόνα από ένα διαφορετικό πεδίο λήψης. Στην συνέχεια αυτές οι εικόνες αποθηκεύονται σαν μια συνδυασμένη με κάποια εκατοστά διαφορά, δημιουργώντας ένα «κουνημένο» μοτίβο. Στο επόμενο στάδιο το σύστημα προβολής της εικόνας επιτελεί την απαραίτητη επεξεργασία με στόχο την επίτευξη της αίσθησης των τριών διαστάσεων.

Οι στέρεο κάμερες χρησιμοποιούνται εκτεταμένα σε εφαρμογές αυτόνομων οχημάτων, μιας και είναι απαραίτητη η δυνατότητα καταγραφής και προσδιορισμού του βάθους της εικόνας σε αυτές τις εφαρμογές. Η χρήση τους περιλαμβάνει τόσο την αναγνώριση σημάτων οδικής κυκλοφορίας όσο και την αναγνώριση κινούμενων και στατικών σημείων. Οι σύγχρονες κάμερες που προσδιορίζονται για χρήση σε αυτόνομα οχήματα, διαθέτουν φακούς ελεγχόμενης παραμόρφωσης, πολύ υψηλής ευκρίνειας. Πολλές φορές ένα όχημα φέρει κάμερες και περιμετρικά του, ώστε μετά από επεξεργασία από κατάλληλο λογισμικό να παράγεται μια ενιαία – συνδυασμένη εικόνα με γωνία κάλυψης 360 μοιρών. (Vhristian Hane et. al., 2016)



Εικόνα 7 Κάμερα Έξυπνου Αυτοκινήτου

2.2.4 GPS

Το GPS(Global Positioning System) αποτελεί ένα δορυφορικό σύστημα πλοήγησης (GNSS) το οποίο παρέχει τις γεωγραφικές του συντεταγμένες και τα δεδομένα τοπικής ώρας, κάτω από οποιοδήποτε καιρικές συνθήκες, σε οποιοδήποτε σημείο της γης, εφόσον υπάρχει ανεμπόδιστη οπτική επαφή με τέσσερις τουλάχιστον δορυφόρους GPS, ώστε να υπολογιστούν σε πραγματικό χρόνο οι ισχύουσες γεωγραφικές συντεταγμένες και τα χρονικά δεδομένα.(Global Position System, n.d.)

Κάθε δορυφόρος μεταδίδει συνεχώς πακέτα δεδομένων που περιέχουν, το χρονικό στίγμα όπου το πακέτο μηνύματος μεταδόθηκε, η ακριβής τροχιακή πληροφορία και την ισχύουσα κατάσταση λειτουργίας και τις τρέχουσες τροχιές όλων των δορυφόρων GPS.

Ο δέκτης χρησιμοποιεί τα μηνύματα που λαμβάνει για τον προσδιορισμό του χρόνου διέλευσης του κάθε μηνύματος, και υπολογίζει την απόσταση με κάθε δορυφόρο. Οι αποστάσεις αυτές μαζί με τις θέσεις των δορυφόρων που χρησιμοποιούνται συνυπολογίζονται βάσει τριγωνισμού και δίνουν την γεωγραφική θέση του δέκτη. Στην συνέχεια η θέση αυτή εμφανίζεται ως κινούμενο γεωγραφικό στίγμα σε κάποιον ψηφιακό χάρτη, ενώ παράλληλα μπορούν να παρέχονται και άλλες πληροφορίες πέρα από το στίγμα στον ψηφιακό χάρτη, όπως οι γεωγραφικές συντεταγμένες, το υψόμετρο, η τοπική ώρα κ.α. Ωστόσο πολλές μονάδες GPS παρέχουν και ένα σύνολο άλλων πληροφοριών όπως κατεύθυνση και ταχύτητα του δέκτη, λωρίδα κυκλοφορίας κ.α. Για να επιτευχθούν οι υπολογισμοί αυτών των πληροφοριών, απαιτούνται τρεις δορυφόροι δειγματοληψίας και ένας αλγόριθμος παρακολούθησης μεταβολής θέσης στον γεωγραφικό χάρτη. (Heiko G. Seif & Xiaolong Hu, 2016)



Εικόνα 8 Αισθητήρας GPS

2.2.5 Αισθητήρες Υπολογισμού Απόστασης

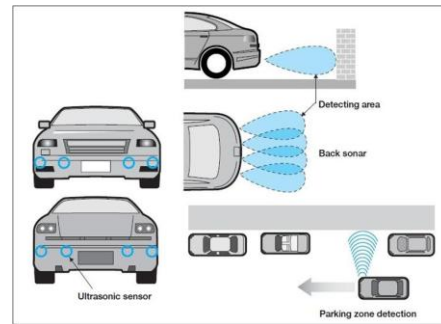
Οι αισθητήρες υπολογισμού απόστασης ή αλλιώς αισθητήρες υπερήχων(ultrasonics), χρησιμοποιούν την ίδια αρχή λειτουργίας με το Radar, με την διαφορά ότι εφαρμόζουν εκπομπές υπερηχητικών κυμάτων υψηλής συχνότητας αντί για μικροκύματα. Οι εκπομπές υπερήχων εκπέμπουν αποτελεσματικά κύματα με συχνότητες πολύ υψηλότερες από αυτές που ακούγονται στο ανθρώπινο αυτί και είναι έτσι κατάλληλες για εφαρμογές μικρής και μεσαίας κλίμακας με χαμηλή ταχύτητα. Οι αισθητήρες υπερήχων διαθέτουν έναν πομπό και έναν δέκτη υπερηχητικών κυμάτων οι οποίοι συγκλίνουν μεταξύ τους κατά μια μικρή γωνία κλίσης.

Ο πομπός παράγει ηχητικά κύματα, τα οποία εάν προσκρούσουν σε ένα αντικείμενο, τότε αυτά ανακλώνται προς όλες τις κατευθύνσεις, όπου και ο δέκτης τις λαμβάνει. Μετά την λήψη τους, αναλύονται βάσει του χρόνου που μεσολάβησε μεταξύ της εκπομπής και της λήψης, υπολογίζεται και η απόσταση του αντικειμένου. Οι αισθητήρες υπερηχητικών κυμάτων υπολογισμού απόστασης, γνωστοί και ως ultrasonic sensors έχουν πολύ μεγάλη εφαρμογή σε όλα τα πεδία της βιομηχανίας, της τεχνολογίας και των συστημάτων ασφαλείας.

Στα αυτόνομα οχήματα, οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να εντοπίσουν πόσο μακριά από το αυτοκίνητο είναι ένα αντικείμενο και να ειδοποιήσουν τον οδηγό όσο η απόσταση των δύο μειώνεται. Οι συγκεκριμένοι αισθητήρες χρησιμοποιούνται στα αυτόνομα οχήματα αποκλειστικά για εφαρμογές μικρής εμβέλειας, ώστε να λειτουργούν όπως το σύστημα του Radar, αλλά προς τις υπόλοιπες κατευθύνσεις του οχήματος. Πολλά από τα σύγχρονα οχήματα, φέρουν περιμετρικά τους ένα πλήθος από τέτοιους αισθητήρες, οι οποίοι παρέχουν όραση 360 μοιρών ώστε να είναι δυνατός ο εντοπισμός οποιουδήποτε αντικειμένου και οποιουδήποτε μεγέθους ακόμα και μερικά χιλιοστά δίπλα από το όχημα. (Ultrasound, n.d.)



Εικόνα 9 Αισθητήρας Ultrasonic



Εικόνα 10 Χρήση του στο Παρκάρισμα

2.2.6 Αισθητήρας Γωνιακής Θέσης

Σαν αισθητήρας θέσης ορίζεται οποιαδήποτε συσκευή που πραγματοποιεί μέτρηση θέσης. Σε μηχανικά περιστροφικά συστήματα όπως είναι ο άξονας μετάδοσης κίνησης στους τροχούς ενός αυτοκινήτου, υπάρχει η ανάγκη πληροφόρησης σχετικά με την τρέχουσα θέση του περιστρεφόμενου αντικειμένου. Έτσι, αν είναι γνωστή η εξωτερική περίμετρος μιας ρόδας, ο αριθμός των φορών που έχει περιστραφεί ολοκληρωμένα και ο αριθμός των μοιρών που έχει περιστραφεί κατά την διάρκεια της τελευταίας περιστροφής, είναι δυνατός ο υπολογισμός της συνολικής απόστασης που έχει καλύψει αυτή η ρόδα.

Για να επιτευχθεί αυτό, εφαρμόζεται ένας κωδικοποιητής απόλυτης θέσης στον άξονα, ο οποίος παράγει έναν συγκεκριμένο αριθμό παλμών ανά πλήρη περιστροφή. Έτσι είναι εύκολα υπολογιζόμενο το ποσοστό μιας μοίρας που αντιστοιχεί σε έναν παλμό και συνεπώς και η απόσταση που αντιστοιχεί. Οι κωδικοποιητές άξονα απόλυτης θέσεως εφαρμόζονται και σε περιπτώσεις που θέλουμε να γνωρίζουμε την ακριβή ταχύτητα περιστροφής, αναλύοντας την συχνότητα καταμέτρησης των παλμών που προκύπτουν από την περιστροφή του άξονα.

Οι περιστροφικοί κωδικοποιητές, άξονα απόλυτης θέσης, αποτελούν ένα από τα βασικότερα αισθητήρια συστήματα σε εφαρμογές ρομποτικής, περιστροφικές πλατφόρμες Radar και αυτόνομα οχήματα. (Rotary Encoder, n.d.)

2.2.7 Μονάδα Ελέγχου Οχήματος

Πέρα από τους αισθητήρες που διαθέτουν τα αυτόνομα οχήματα, φέρουν επίσης και μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας η οποία επεξεργάζεται τα δεδομένα που καταγράφουν οι αισθητήρες και σε συνδυασμό με λογισμικά και αλγορίθμους Τεχνητής Νοημοσύνης που εκτελεί, παράγει τις κατάλληλες αποφάσεις για τον ορθό χειρισμό του οχήματος. Η αρχιτεκτονική που φέρει η κεντρική μονάδα επεξεργασίας είναι παρόμοια με αυτήν των σύγχρονων ηλεκτρονικών υπολογιστών γι αυτό τον λόγο πολλές παραδοσιακές δυνάμεις παραγωγής υλικού για υπολογιστές, πλέον δραστηριοποιούνται και στην

παραγωγή υλικού για αυτόνομα οχήματα, σε συνδυασμό με αρκετές ακόμα λύσεις σχετικά με αυτά. Μια τέτοια εταιρεία είναι η Nvidia (Nvidia Drive, 2019) η οποία από τις κάρτες γραφικών πλέον ασχολείται και με λύσεις αυτόνομων οχημάτων όπως συλλογή δεδομένων, εκπαίδευση μοντέλου, προσομοίωση αλλά και με υλικό, δηλαδή με σύγχρονους επεξεργαστές για τον έλεγχο του αυτόνομου οχήματος. Στο ίδιο μήκος κύματος κινείται και η εταιρεία Intel παραγωγής επεξεργαστών, η οποία πλέον δίνει μεγάλη έμφαση στον τομέα των αυτόνομων οχημάτων. (Intel Automotive, 2019).

2.3 Συνδεσιμότητα Αισθητήρων και Οχημάτων

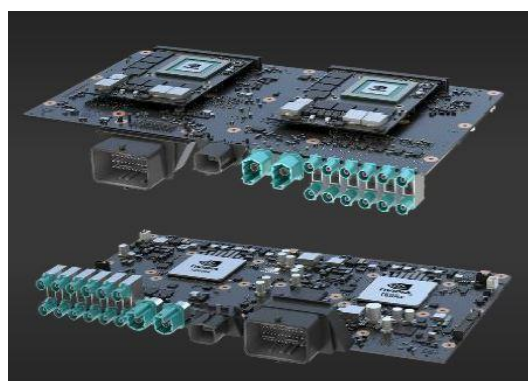
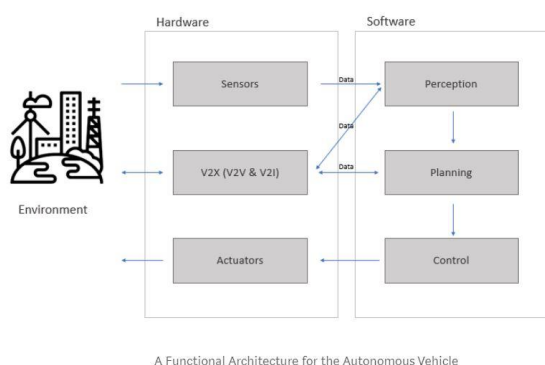
Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται δικτυακά θέματα των αυτόνομων οχημάτων, πως επικοινωνούν οι αισθητήρες εσωτερικά στο αυτοκίνητο και πως επικοινωνεί το αυτοκίνητο με το εξωτερικό του περιβάλλον.

2.3.1 Συνδεσιμότητα στο Εσωτερικό του Οχήματος

Όπως προαναφέρθηκε τα αυτόνομα οχήματα, πέρα από το σύνολο των αισθητήρων που έχουν, ώστε να λαμβάνουν σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα του περιβάλλοντος έχουν και μια κεντρική μονάδα επεξεργασίας αυτών των δεδομένων, η οποία με προηγμένα λογισμικά και με αλγόριθμους Τεχνητής Νοημοσύνης που εκτελεί, παράγει τις κατάλληλες αποφάσεις για τον ορθό χειρισμό του οχήματος. Οι αισθητήρες συνδέονται απευθείας με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, η οποία φέρει παρόμοια αρχιτεκτονική με αυτήν των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Χρησιμοποιείται διαφορετική μονάδα για την επεξεργασία των δεδομένων των αισθητήρων(GPU) και διαφορετική για τον έλεγχο των ενεργοποιητών και τον έλεγχο του οχήματος (CPU), δηλαδή για τα δεδομένα εισόδου και για τα δεδομένα εξόδου. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται μια ενδεικτική αρχιτεκτονική ενός αυτόνομου οχήματος. (Scott Drew Pendleton et.al, 2017)

Η GPU χρησιμοποιείται κυρίως για να κάνει τους δύσκολους υπολογισμούς, αποτελεί το 5% του συνολικού κώδικα αλλά το 80% του χρόνου τρέξιματος, ενώ η CPU τρέχει τον υπόλοιπο κώδικα και λαμβάνει τις αποφάσεις. Η βαθιά μάθηση νευρωνικών δικτύων και το τρέξιμο αλγορίθμων εκπαίδευσης δικτύων όπως ο back-propagation , θέλει μεγάλη υπολογιστική ισχύ, με τα παραπάνω το όχημα εκπαιδεύεται να καταλαβαίνει το περιβάλλον του.



Εικόνα 11 Αρχιτεκτονική και Μονάδα Ελέγχου Οχήματος

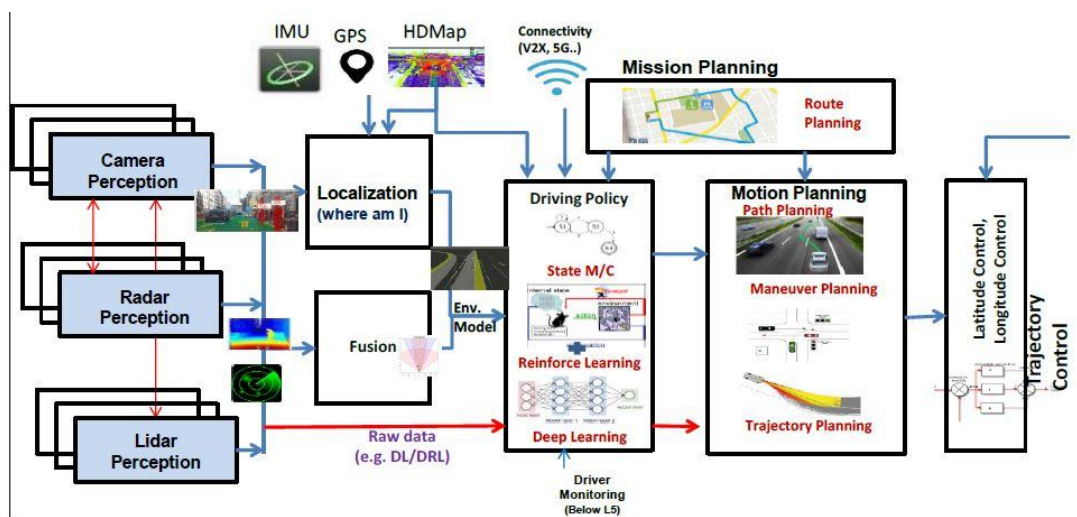
Ένα από τα πιο γνωστά παραδείγματα της σύνδεσης των αισθητήρων εσωτερικά στο αυτοκίνητο και της διαχείρισης των δεδομένων του αποτελεί η Nvidia Drive PX 2 Autocruise. Έχει την δυνατότητα σύνδεσης 12 καμερών, radar, lidar, ultrasonic και όλων των αισθητήρων που έχουν αναφερθεί σε αυτήν την εργασία, με στόχο την αυτόνομη οδήγηση, την αντίληψη, την 3D χαρτογράφηση, την τοποθεσία κλπ.

Μέσω δηλαδή της κεντρικής μονάδας ελέγχου επιτελείται η συνδεσιμότητα όλων των αισθητήρων και στην συνέχεια η επεξεργασία των δεδομένων με την χρήση νευρωνικών δικτύων με στόχο την λήψη οδηγιών αποφάσεων και την ειδοποίηση των ανάλογων ενεργοποιητών. Η δικτυακή τοπολογία στο εσωτερικό του οχήματος είναι η τοπολογία αστέρα (ή και bus όπως στο παράδειγμα 2.3.1.1), δηλαδή όλοι οι αισθητήρες συνδέονται σε έναν κεντρικό κόμβο(κεντρική μονάδα ελέγχου) ο οποίος καθορίζει και την επικοινωνία μεταξύ των κόμβων (αισθητήρων), κυρίως όμως επεξεργάζεται, αποθηκεύει ή στέλνει στο cloud τα δεδομένα αυτά ώστε να μπορέσουν να γίνουν οι διαδικασίες της αυτόνομης οδήγησης. Υπάρχουν πολλές τοπολογίες για την επίτευξη του στόχου της αυτόνομης οδήγησης .

Επόμενη γενιά συνδεσιμότητας αλλά και επεξεργασίας δεδομένων αποτελεί ο υπερυπολογιστής XAVIER ο οποίος χρησιμοποιεί μικροαρχιτεκτονική Volta, έναντι της σημερινής μικροαρχιτεκτονικής Pascal. Ο XAVIER υπόσχεται μελλοντικά πολύ καλύτερες και ταχύτερες επεξεργαστικές επιδόσεις. (Marcus Oh,2017)

2.3.1.1 Τοπολογία με Παράδειγμα (Πραγματική Περίπτωση)

Στην προηγούμενη ενότητα δίνεται μια ενδεικτική συνδεσιμότητα των αισθητήρων στο εσωτερικό του αυτοκινήτου, σε αυτήν δίνεται ένα πιο συγκεκριμένο παράδειγμα τοπολογίας δικτύου. Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται ένα λειτουργικό μπλοκ για την λειτουργία της αυτόνομης οδήγησης και όλα τα συστατικά στοιχεία που αυτή περιλαμβάνει. (Mihir Mody et.al, 2018)

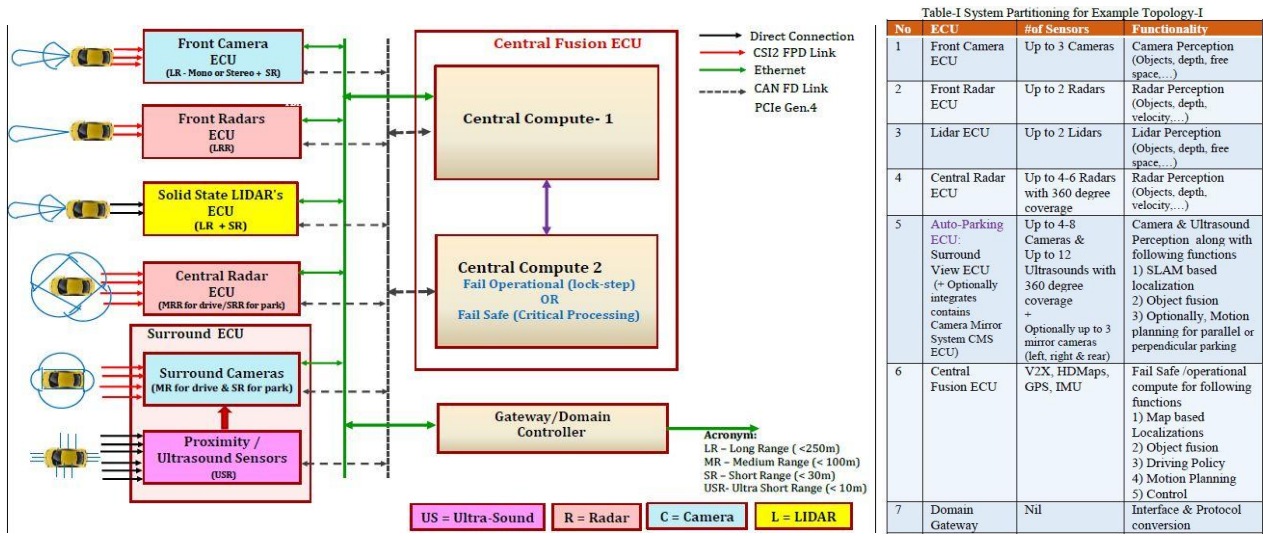


Εικόνα 12 Συστατικά Στοιχεία Αυτόνομης Οδήγησης

Όλα όσα έχουν αναφερθεί σε αυτήν την εργασία συνοψίζονται σε μια συνολική εικόνα της αυτόνομης οδήγησης, από την συλλογή δεδομένων με αισθητήρες, μέχρι την τοποθεσία, το πλάνο ταξιδιού, την τεχνητή νοημοσύνη και τις αποφάσεις οδήγησης, τον εντοπισμό και την 3D χαρτογράφηση, την ειδοποίηση των ενεργοποιητών και γενικότερα όλες τις λειτουργίες ενός αυτόνομου αυτοκινήτου.

Στην συνέχεια δίνεται ένα παράδειγμα τοπολογίας (radar, lidar, camera,ultrasound), η συνδεσιμότητα μεταξύ αυτών και η λειτουργία τους. Παρουσιάζεται ένα ADAS (Automated Driving Assistance Systems), βασισμένο σε έξυπνες λειτουργίες οδήγησης όπως διατήρηση σε λωρίδα κυκλοφορίας (LKA-Lane Keeping Assist), ανίχνευση τυφλών σημείων (BSD-Blind Spot Detection), ειδοποιήσεις για μπροστινή σύγκρουση (FCW-Forward Collision Warning), κλπ ως παραδείγματα ενός πραγματικού σεναρίου, το οποίο χρησιμοποιεί τους αισθητήρες των αυτόνομων οχημάτων για την υλοποίηση των παραπάνω λειτουργιών. (Teddy Ort et.al, 2018) Στην τοπολογία αυτή, κάθε αισθητήρας αποστέλλει σε ένα

ECU (Electronic Control Unit) τα δεδομένα που συλλέγει και στην συνέχεια οι controllers αυτοί δημιουργούν το backbone του δικτύου το οποίο στην συνέχεια συνδέεται με ένα κεντρικό controller CF-ECU που κάνει του υπολογισμούς. Η τοπολογία αυτή είναι bus.



Εικόνα 13 Παράδειγμα 1

2.3.2 Συνδεσιμότητα με Εξωτερικά Στοιχεία

Αν και η τεχνολογία των αυτόνομων οχημάτων αναπτύσσεται ραγδαία, είναι πλέον γεγονός πως η εποχή όπου το σύνολο των συμβατικών αυτοκινήτων θα αντικατασταθεί πλήρως με αυτόνομα, θα αργήσει. Αν και οι αλγόριθμοι ελέγχου αυτόνομων οχημάτων προσφέρουν, ολοένα και μεγαλύτερη ασφάλεια για τον έλεγχο του οχήματος, η τεχνολογία του αυτόνομου οχήματος αυτού καθ' αυτού δεν είναι και ο μόνος τομέας που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη προς διερεύνηση και ανάπτυξη.

Η διαμόρφωση αυτοματοποιημένων ενεργειών για κάθε πρόβλημα/κατάσταση αποτελεί μια πολύ πολύπλοκη διαδικασία, είναι αναγκαία η ύπαρξη συστημάτων τα οποία θα ενημερώνουν το όχημα για οτιδήποτε συμβαίνει στον δρόμο, δηλαδή μιας υποδομής κεντρικού ελέγχου και επικοινωνιών σε ένα μελλοντικό περιβάλλον καθολικής αυτόνομη οδήγησης. Είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός σύγχρονου συστήματος επικοινωνίας τόσο μεταξύ των διερχόμενων αυτόνομων οχημάτων που βρίσκονται στην ίδια περιοχή, όσο και μεταξύ κάθε οχήματος με τις οδικές και κυκλοφοριακές υποδομές αλλά και πεζούς, όπως ακριβώς γίνεται όταν υπάρχει ο ανθρώπινος παράγοντας.

2.3.2.1 Όχημα με Όχημα (V2V)

Η τεχνολογία από όχημα σε όχημα (Vehicle-to-Vehicle), σχετίζεται με την ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ των οχημάτων αναφορικά με την θέση, ταχύτητα, κατεύθυνση κίνησης, επιτάχυνση, επιβράδυνση, απώλεια ελέγχου και οτιδήποτε άλλο συμβαίνει στο όχημα.

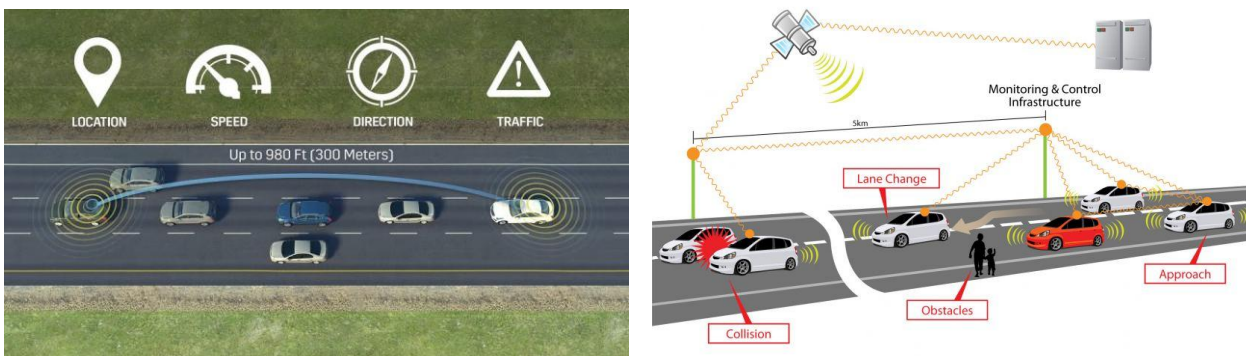
Οι τηλεπικοινωνίες αποτελούν βασικό πυλώνα των C-ITS συστημάτων και κατά συνέπεια των V2V επικοινωνιών, και βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στο ασύρματο πρότυπο μικρής εμβέλειας, DSRC. Χρησιμοποιώντας την τεχνολογία DSRC(Dedicated Short-Range Communications) δύο η περισσότερα οχήματα μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους και να ανταλλάξουν μηνύματα ασφάλειας, τα οποία μεταδίδονται με εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες αφού το σύστημα αποστέλλει πληροφορίες στις μονάδες επί των οχημάτων έως και 10 φορές το δευτερόλεπτο. (Andreas Festag et.al, 2015) (Sven Eckelmann et.al, 2017)

Τα δεδομένα μεταφέρονται, ερμηνεύονται και αξιοποιούνται από τον οδηγό ή από το σύστημα οδήγησης, με σκοπό την αποφυγή μιας οποιασδήποτε σύγκρουσης, γι αυτό πρέπει να μεταδίδονται σε πραγματικό χρόνο. Για να επιτευχθεί αυτό τα συστήματα επικοινωνίας V2V αξιοποιούν, επιπλέον, την τεχνολογία GPS για την παρακολούθηση της θέσης, της κυκλοφορίας, της συμπεριφοράς, και της κατάστασης του οχήματος, ενώ προωθούνται ειδοποιήσεις αναφορικά με την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τα εμπόδια επί της οδού, την εναλλαγή οχημάτων σε λωρίδες κυκλοφορίας και τον κίνδυνο διέλευσης σε σιδηροδρομικές διαβάσεις. (Anna Maria Vegni & Thomas D.C. Little,2011)

2.3.2.2 Όχημα με Υποδομή (V2I)

Η τεχνολογία επικοινωνίας από το όχημα στην υποδομή (Vehicle-to-Infrastructure), επιτρέπει την επικοινωνία και ανταλλαγή πληροφορίας μεταξύ του οχήματος και των συστημάτων της οδικής υποδομής, όπως κάμερες παρακολούθησης κυκλοφορίας, φωτεινούς σηματοδότες, σήμανση λωρίδων κυκλοφορίας, μετεωρολογικούς σταθμούς, κέντρα διαχείρισης πληροφορίας κλπ.

Η συγκεκριμένη επικοινωνία είναι ασύρματη και αμφίδρομη. Αυτό σημαίνει ότι τα στοιχεία της υποδομής μπορούν να παρέχουν πληροφορίες ασύρματα σε ένα όχημα και αντίστροφα. Ο όγκος των δεδομένων που μοιράζονται και ταυτόχρονα αποστέλλεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συλλογή σημαντικών πληροφοριών σχετικά με τη βελτίωση της ασφάλειας των οδικών μεταφορών, της άνεσης και της ευκολίας χειρισμού του οχήματος καθώς και της προστασίας του περιβάλλοντος. (Hanbyul Seo et.al, 2016)



Εικόνα 14 Επικοινωνία V2V και V2I

Η αποτελεσματική λειτουργία της τεχνολογίας V2I και των αυτόνομων ή διασυνδεδεμένων οχημάτων οφείλει σε κάθε περίπτωση να υποστηρίζεται από την περιβάλλουσα υποδομή, μιας και αυτή θα πρέπει να εξοπλίζεται με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να μεταφέρει και να ανταλλάσει μηνύματα σχετικά με την πιθανότητα σύγκρουσης, την κυκλοφοριακή συμφόρηση, τις συνιστώμενες ταχύτητες, τα επικίνδυνα σημεία της οδού και τις καιρικές συνθήκες. Η υποδομή του οδικού περιβάλλοντος χρειάζεται να εξυπηρετεί τόσο τον άνθρωπο-οδηγό όσο και τα υπολογιστικά συστήματα, γι αυτό και τα μηνύματα αναλογικού περιεχομένου θα πρέπει να μετασχηματιστούν σε ψηφιακά και να σχεδιαστούν έτσι ώστε το όχημα να είναι σε θέση να ερμηνεύει τον περίγυρο του και να ανταποκρίνεται άμεσα στην λήψη κρίσιμων οδικών αποφάσεων. Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται μέσω DSRC, Bluetooth και Mobile Network.

2.3.2.3 Όχημα με Πεζούς (V2P)

Η προσέγγιση της συνδεσιμότητας με πεζό (Vehicle-to Pedestrian), περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα χρηστών της οδού όπως πεζούς, παιδιά, ποδηλάτες, ΑΜΕΑ, που μετακινούνται με αναπηρικά αμαξίδια ή άλλου είδους όχημα υποβοήθησης κίνησης αλλά και τους επιβάτες που εισέρχονται ή εξέρχονται από

οχήματα και προωθεί την ανταλλαγή μηνυμάτων μεταξύ αυτών και των οχημάτων με σκοπό την ασφαλή διακίνησή τους επί της οδού.

Η ασύρματη επικοινωνία επιτυγχάνεται με την χρήση έξυπνων τηλεφώνων και ταυτόχρονα η αντίληψη σχετικά με τις συνθήκες κυκλοφορίας από κάμερες, GPS και ραντάρ. Ένα όχημα με την τεχνολογία DSRC μπορεί να ανιχνεύσει έναν πεζό που έχει Smartphone ενσωματωμένο με την αντίστοιχη τεχνολογία και να παράξει ηχητικές και οπτικές ειδοποιήσεις τόσο στους πεζούς όσο και στους οδηγούς. Η επικοινωνία μπορεί να επιτευχθεί ακόμα και αν δεν υπάρχει οπτική επαφή, καθορίζεται εύκολα η θέση, ο προσανατολισμός και η ταχύτητα του πεζού και τα αντίστοιχα στοιχεία του αυτοκινήτου. Παρέχοντας τις κατάλληλες ειδοποιήσεις σε κάθε μέρος. (Richard Dean Strickland et.al, 2016)

2.3.2.4 Όχημα με τα Πάντα (V2X)

Η επικοινωνία όχημα προς τα πάντα (Vehicle-to-Everything) σχετίζεται με ένα έξυπνο σύστημα μεταφοράς, στο οποίο υποστηρίζεται η μετάδοση πληροφοριών από ένα όχημα προς οποιαδήποτε οντότητα που σχετίζεται με αυτό και μπορεί να το επηρεάσει και αντίστροφα. Το σύστημα αυτό περιλαμβάνει όλους τους υπόλοιπους τρόπους επικοινωνίας V2V, V2I, V2P. Η συνδεσιμότητα μεταξύ του οχήματος και όλων των απαραίτητων τεχνολογιών ενισχύει την ασφάλεια, την άνεση και την εξοικονόμηση ενέργειας στο πλαίσιο των οδικών μεταφορών. (Hanbyul Seo et.al, 2016)

2.3.2.5 Τεχνολογίες & Πραγματική Περίπτωση (V2X)

Το V2X αποτελεί την «ομπρέλα» των V2V, V2I, V2P και λειτουργεί σε συνδυασμό με αυτά για την επικοινωνία του αυτοκινήτου με τα πάντα. Κυριότερη τεχνολογία που χρησιμοποιεί είναι το DSRC/802.11p (Dedicated Short Range Communications), αποτελεί μια WLAN ασύρματη τεχνολογία για τις παραπάνω επικοινωνίες. Μια νέα και πολλά υποσχόμενη τεχνολογία είναι το Cellular-V2X/3GPP/LTE το οποίο χρησιμοποιεί κυψελωτά δίκτυα (5G) το οποίο υποστηρίζει και V2N(Vehicle-to-Network). (Americas 5G,2016)

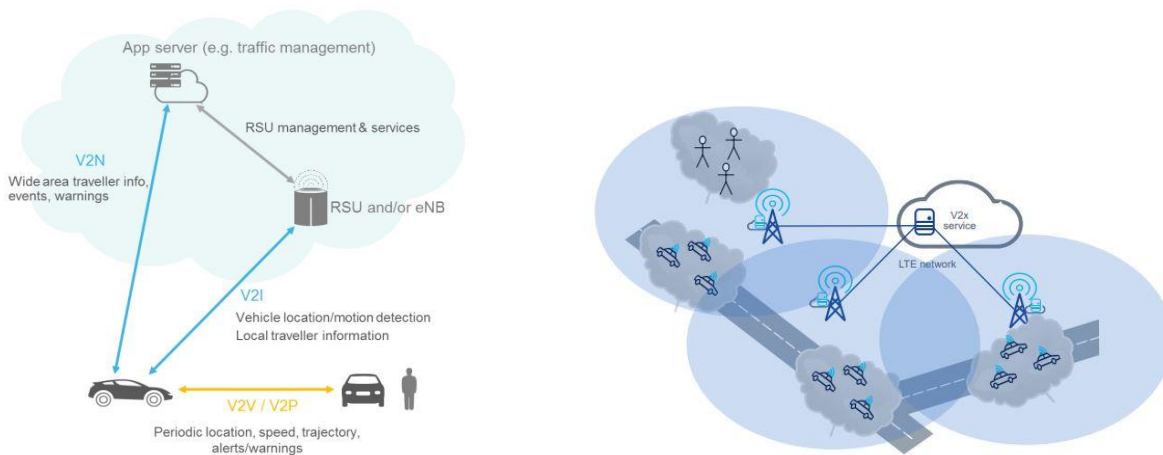
Η εταιρεία Qualcomm είναι μια από τις σημαντικότερες στον κλάδο του V2X και προσφέρει ένα πλήθος λύσεων προσπαθώντας παράλληλα να μεταβεί από το παραδοσιακό DSRC, δηλαδή την ασύρματη επικοινωνία μεταξύ οχημάτων, στο Cellular V2X, δηλαδή στην χρήση 5G. Βασικό Πλεονέκτημα της 5G τεχνολογίας αποτελεί η παροχή μεγαλύτερου χρόνου αντίδρασης, συνεπώς και μεγαλύτερη ασφάλεια.

Η εταιρεία Qualcomm προσφέρει ένα τεράστιο πλήθος λύσεων και υπηρεσιών για την αυτόνομη οδήγηση και αποτελεί μια από τις εταιρείες ηγέτες σε αυτόν τον τομέα. (Qualcom,2016)



Εικόνα 15 Λύσεις Qualcomm

Στην επόμενη εικόνα παρουσιάζεται ένα παράδειγμα συνδυασμού όλων των επικοινωνιών που έχουν αναφερθεί σε αυτήν την εργασία. Στην αριστερή εικόνα φαίνεται πως συναλλάσσονται όλοι οι ρόλοι γενικά ενώ στην δεξιά μια υλοποίηση με ένα κυψελωτό δίκτυο. (GSMA,2018)



Εικόνα 16 Παράδειγμα V2X

2.4 Πραγματικές Περιπτώσεις Αυτόνομων Αυτοκινήτων

Σε αυτήν την ενότητα παρουσιάζονται πραγματικές περιπτώσεις αυτόνομων οχημάτων τα οποία χρησιμοποιούν όλα όσα προαναφέρθηκαν με στόχο να επιτευχθεί η αυτόνομη οδήγηση. Τα παραδείγματα που παρουσιάζονται σχετίζονται με μερικές από τις σημαντικότερες εταιρείες στον κλάδο των αυτόνομων οχημάτων.(Chen Yan et.al, 2016) (Sven Nyholm & Jilles Smids, 2016)

2.4.1 Η εταιρεία Tesla

Το project Tesla Autopilot είναι ένα από τα πιο γνωστά στον τομέα των αυτόνομων οχημάτων με τα μοντέλα Tesla Model S και Tesla Model X (Tesla Autopilot, n.d.) να περιλαμβάνουν πολλές τεχνολογίες αυτόνομης οδήγησης. Και τα δύο μοντέλα έχουν προηγμένο υλικό ικανό να παρέχει την ικανότητα του αυτόματου πιλότου και πολλές δυνατότητες αυτόνομης οδήγησης, οι οποίες στο μέλλον θα γίνουν ακόμα περισσότερες. Επίσης τα οχήματα δέχονται αναβαθμίσεις για την καλύτερη λειτουργικότητα σε βάθος χρόνου.

Η Tesla παρέχει προηγμένη κάλυψη από αισθητήρες, με 8 κάμερες περιμετρικά του οχήματος οι οποίες παρέχουν ορατότητα 360 μοιρών σε απόσταση μέχρι και 250 μέτρα μπροστά από το όχημα. Έχει επίσης 12 ultrasonic αισθητήρες που συμπληρώνουν αυτήν την όραση, επιτρέποντας την ανίχνευση όλων των ειδών αντικειμένων. Επιπλέον έχει ένα Radar στο μπροστά μέρος με βελτιωμένη επεξεργασία το οποίο παρέχει πρόσθετα δεδομένα σχετικά με τον κόσμο που βρίσκεται εντός του μήκος κύματος και είναι σε θέση να δει ακόμα και μέσα από αντίξοες καιρικές συνθήκες.(Autopilot Tesla, 2019)

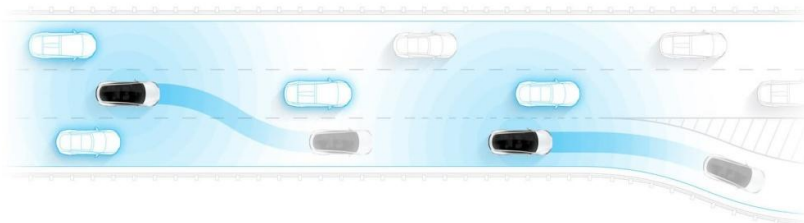
Τα δεδομένα όλων των παραπάνω αισθητήρων επεξεργάζονται από έναν νέο υπολογιστή ο οποίος εκτελεί το νευρωνικό δίκτυο που έχει σχεδιαστεί από την Tesla, για το λογισμικό επεξεργασίας όρασης, sonar και radar. Το σύστημα αυτό παρέχει μια «εικόνα» του κόσμου την οποία ένας οδηγός δεν μπορεί να δει από μόνος του, βλέποντας σε κάθε κατεύθυνση ταυτόχρονα και σε μήκη κύματος που υπερβαίνουν τις ανθρώπινες αισθήσεις.



Εικόνα 17 Αισθητήρες Tesla

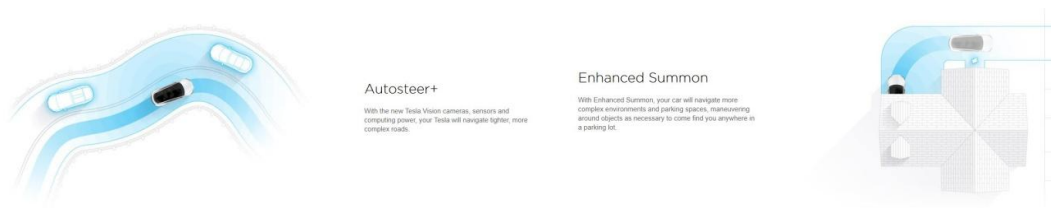
Για την επεξεργασία των δεδομένων των φωτογραφικών μηχανών, η Tesla έχει δημιουργήσει έναν νέο ισχυρό σύνολο εργαλείων επεξεργασίας εικόνας, χτισμένο σε ένα βαθύ νευρωνικό δίκτυο, με αποτέλεσμα να υπάρχει πολύ μεγαλύτερη αξιοπιστία από τις κλασικές τεχνικές επεξεργασίας.

Το σύστημα Autopilot περιλαμβάνει προηγμένες και ασφαλείς τεχνικές που δημιουργήθηκαν για την υποβοήθηση στα περισσότερα σημεία της οδήγησης. Τα μοντέλα Tesla ταιριάζουν την ταχύτητα με τις συνθήκες κυκλοφορίας, κρατάνε το αυτοκίνητο σε μια λωρίδα, αλλάζουν αυτόματα λωρίδα αν χρειαστεί χωρίς την βοήθεια του οδηγού, κάνουν μετάβαση από έναν αυτοκινητόδρομο σε έναν άλλο, βγαίνουν από έναν αυτοκινητόδρομο εάν ο προορισμός είναι κοντά, παρκάρουν από μόνα τους χωρίς αυτό να σημαίνει ότι υπάρχει πλήρης αυτονομία, σε όλα τα παραπάνω υπάρχει η επίβλεψη από τον οδηγό ο οποίος μπορεί να επέμβει οποιαδήποτε στιγμή. Η χρήση πλοήγησης, αυτόματου τιμονιού, παρκαρίσματος σε δύσκολα σημεία θεωρείται πλέον δεδομένη.



Εικόνα 18 Telsa Autopilot

Μελλοντικά το μόνο που θα χρειάζεται σύμφωνα με την Tesla είναι απλά «να λες το αμάξι που να πάει», και αυτό με το προηγμένο υλικό και λογισμικό να πηγαίνει χωρίς πρόβλημα στον προορισμό του. Αξίζει να αναφερθεί ότι η εταιρεία Tesla δεν χρησιμοποιεί Lidar. Τα αυτοκίνητα της Tesla πωλούνται κανονικά με όλες τις τεχνολογίες που αναφέρονται παραπάνω. (Murat Dikmen & Catherine M. Burns,2016)



Εικόνα 19 Αυτόματο τιμόνι και δύσκολα σημεία

2.4.2 Η εταιρεία Google

Το Waymo αποτελεί το project της Google στον τομέα των αυτόνομων οχημάτων το οποίο ξεκίνησε από το 2009. Αποτελεί ένα μεγάλο project το οποίο περιλαμβάνει όλους τους αισθητήρες που προαναφέρθηκαν και έχουν γίνει πάνω από 10 εκατομμύρια μίλια σε δημόσιους δρόμους και 7 δισεκατομμύρια μίλια σε προσομοιωτές, τα παραπάνω αποτελούν εκατοντάδες χρόνια ανθρώπινης εμπειρίας οδήγησης που εμπεριέχει το σύστημα του αυτοκινήτου, το οποίο δεν σταματά να μαθαίνει ποτέ.

Το Waymo έχει ένα πλήθος από τις τεχνολογίες που προαναφέρθηκαν. Αρχικά διαθέτει τεχνολογία χαρτών τριών διαστάσεων στους οποίους αναγνωρίζονται πληροφορίες σχετικά με τους δρόμους, τα πεζοδρόμια, τις γραμμές τις διαβάσεις, τα φανάρια και τα σήματα οδικής κυκλοφορίας καθώς και οτιδήποτε άλλο υπάρχει στον δρόμο. Διαθέτει επίσης αισθητήρες για να καταλαβαίνει τι βρίσκεται γύρω από το αυτοκίνητο, με την χρήση αισθητήρων και λογισμικού λαμβάνει χρήσιμες πληροφορίες για άλλα αυτοκίνητα, ποδηλάτες, εάν υπάρχει κίνηση, εάν γίνονται εργασίες αλλά και για την συμπεριφορά άλλων κοντινών οχημάτων.(Waymo, n.d.)



Εικόνα 20 Το Waymo βλέπει τα πάντα

Το λογισμικό επίσης προβλέπει τις επόμενες κινήσεις κάθε οχήματος/ανθρώπου/αντικειμένου που βρίσκεται στην ακτίνα των αισθητήρων, δημιουργώντας πιθανά μονοπάτια πορείας. Βασιζόμενο σε αυτές της πληροφορίες το λογισμικό αποφασίζει την επόμενη κίνηση ταχύτητα, λωρίδα κυκλοφορίας, χρήση τιμονιού κτλπ. Το συγκεκριμένο αυτοκίνητο περιλαμβάνει όσα έχει και το αυτοκίνητο της Tesla, αλλά επιπλέον έχει και το Lidar. Το project Waymo δίνει βάση στην εμπειρία οδήγησης που έχει το όχημα από μόνο του σε δρόμους της Αμερικής και στο ότι πλέον ξέρει και έχει σκανάρει πολλά μονοπάτια και διαδρομές. Βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο και δεν πωλείται ευρέως στην αγορά. (Waymo Google, 2019)

2.4.3 Η εταιρεία General Motors

Η General Motors αποτελεί επίσης μια σημαντική εταιρεία στον τομέα της αυτοκίνησης η οποία έχει κάνει στροφή και αυτή στην αυτόνομη οδήγηση με στόχο την εκμηδένιση των ατυχημάτων και ως

επακόλουθο το σώσιμο ζωών, εκμηδένιση των εκπομπών για έναν καλύτερο πλανήτη και εκμηδενισμό της κυκλοφοριακής συμφόρησης. Σκεπτόμενοι όλα τα παραπάνω οι μηχανικοί δημιούργησαν το Cruise AV, ένα αυτόνομο όχημα με μηδενικές εκπομπές.(General Motors Autonomous Driving,2019)



Εικόνα 21 Αισθητήρες General Motors

Αποτελεί και αυτό ένα όχημα το οποίο εμπεριέχει όλους τους αισθητήρες που προαναφέρθηκαν και του Lidar. Το λογισμικό σε συνεργασία με τους αισθητήρες παρέχει ασφάλεια, τοποθεσία, μηχανική μάθηση, πλάνο ταξιδιού, απομακρυσμένη βοήθεια, αποστολή και δρομολόγηση, έλεγχο συμπεριφοράς, προσομοίωση, αντίληψη, χαρτογράφηση, έλεγχο και δικτύωση του οχήματος. (General Motors et.al., 2018)

1. Ασφάλεια: Σχεδιασμένο με διαδικασία λήψης αποφάσεων για υπολογιστές και συστήματα.
2. Εντοπισμός: Γνωστή συνεχώς η τοποθεσία του οχήματος.
3. Μηχανική Μάθηση: Αναγνώριση των αντικειμένων στους δρόμους.
4. Πλάνο Ταξιδιού: Γνωρίζει πώς να πλοηγηθεί με ασφάλεια χρησιμοποιώντας πληροφορίες από διάφορα συστήματα.
5. Απομακρυσμένη Βοήθεια: Συνδέει τους επιβάτες με απομακρυσμένους χειριστές κατόπιν αιτήματος σε κατάσταση έκτακτης ανάγκης.
6. Αποστολή και Δρομολόγηση: λαμβάνει από το κέντρο λειτουργιών διευθύνσεις αποστολής και προορισμού και χρησιμοποιεί χαρτογράφηση και πλάνο ταξιδιού για την δημιουργία διαδρομής.
7. Έλεγχος Συμπεριφοράς: Χρησιμοποιεί πληροφορίες από την ασφάλεια και το πλάνο, ώστε να παρέχει καλή συμπεριφορά οδήγησης.
8. Προσομοίωση: Ηλεκτρονικό σύστημα που διευκολύνει την ταχεία ανάπτυξη και βελτιώνει συνεχώς το όχημα.
9. Αντίληψη: Το όχημα «βλέπει» το περιβάλλον γύρω του, σε τρεις διαστάσεις χρησιμοποιώντας πληροφορίες από τους αισθητήρες του οχήματος και χαρτογράφηση.
10. Χαρτογράφηση: Χρησιμοποιεί χάρτες υψηλής ευκρίνειας του δρόμου στον οποίο ταξιδεύει.
11. Έλεγχος: Επιλέγει διαδρομές και λαμβάνει αποφάσεις από το πλάνο ταξιδιού και αποστέλλονται μέσω δικτύωσης στους ενεργοποιητές των οχημάτων.
12. Δικτύωση: μεταφέρει μεγάλα ποσά δεδομένων στους υπολογιστές εντός του οχήματος από και προς την μονάδα ελέγχου.

2.4.4 Άλλα Παραδείγματα

Στις προηγούμενες ενότητες παρουσιάστηκαν πραγματικά παραδείγματα δικτύων αισθητήρων στον τομέα των αυτόνομων οχημάτων σε μερικές από τις μεγαλύτερες και πιο καινοτόμες εταιρείες στον κλάδο της αυτοκίνησης και πιο συγκεκριμένα στον τομέα των έξυπνων/αυτόνομων αυτοκινήτων. Υπάρχει ένα τεράστιο πλήθος εταιρειών που πλέον ασχολούνται με τον συγκεκριμένο τομέα και κάνουν έρευνα με στόχο την δημιουργία ενός απόλυτα αυτόνομου αυτοκινήτου, δηλαδή ενός αυτοκινήτου το οποίο δεν θα χρειάζεται καμία επίβλεψη από τον οδηγό.

Στο παραπάνω μήκος κύματος κινούνται επίσης εταιρείες η BMW (BMW Autonomus, 2019) με το project automotive life αλλά και με το αντίστοιχο project στον τομέα της έξυπνης μηχανής, η Volvo(Volvo Autonomus,2019) επίσης κάνει συνεχείς προσπάθειες για την δημιουργία του αυτόνομου αυτοκινήτου από το 2006 με διάφορα project σε βάθος χρόνου όπως την υποστήριξη των φρένων, τον αυτόματο πιλότο, την διατήρηση σε λωρίδα κυκλοφορίας, αυτόματο φρενάρισμα και πολλά ακόμα, πλέον βρίσκεται στο στάδιο drive me pilot στο οποίο γίνονται πραγματικές δοκιμές με αυτόνομα οχήματα σε πραγματικούς δρόμους.

Παρόμοια πολλές εταιρείες όπως η Mercedes-Benz(Mercedes-Benz Autonomous Driving ,2019), Nissan(Nissan Self Driving Car,2019), Audi(Audi Self Driving Car, 2019), Renault, Peugeot(PSA Groupe,2019) κάνουν πολλές προσπάθειες και δοκιμές για την δημιουργία των αυτόνομων οχημάτων, όλες οι εταιρείες χρησιμοποιούν σε γενικές γραμμές τους αισθητήρες που αναφέρονται σε αυτήν την εργασία και λογισμικό κατάλληλο να επιτελέσει την επεξεργασία των δεδομένων που παράγονται από τους αισθητήρες.

Οι εταιρείες που αναλύθηκαν περαιτέρω παραπάνω είναι και αυτές με τις πιο σημαντικές καινοτομίες αλλά και με τις περισσότερες δοκιμές πάνω σε αυτόν τον κλάδο. Η εταιρεία Tesla δίνει την δυνατότητα κανονικής αγοράς των μοντέλων της με την αυτόνομη οδήγηση και τις αντίστοιχες αναβαθμίσεις που γίνονται.

2.5 Θετικά και Αρνητικά Αυτόνομων Αυτοκινήτων

Στόχος των αυτόνομων οχημάτων είναι να αντικαταστήσουν τον ανθρώπινο παράγοντα στο έπακρο ή ακόμα και να τον ξεπεράσουν, μέχρι σήμερα είναι γνωστά τα πλεονεκτήματά τους, αλλά έχουν δημιουργηθεί και κάποια ατυχήματα, κάτι που σημαίνει ότι η τεχνολογία που υπάρχει δεν είναι αρκετά ώριμη για να αντικαταστήσει πλήρως τον άνθρωπο. Στα θετικά των αυτόνομων οχημάτων είναι τα εξής:

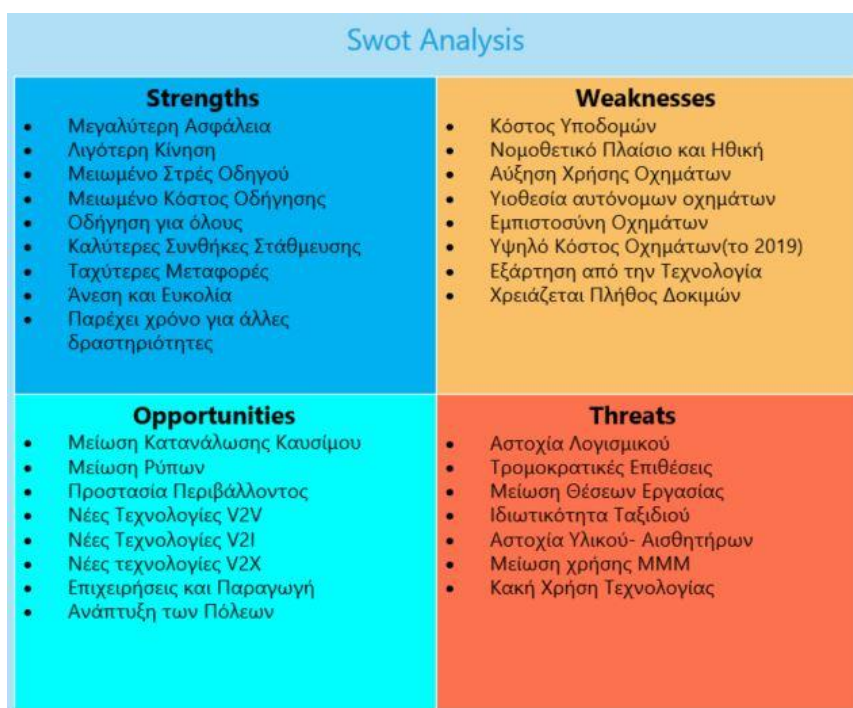
1. Αυξημένη Ασφάλεια: Πρόκληση λιγότερων τροχαίων ατυχημάτων, εξαιτίας της απόσπασης προσοχής των οδηγών από το οδηγικό έργο. Δύναται να μειώσει τα οδικά ατυχήματα, ελαχιστοποιώντας τραυματισμούς και θανάτους.
2. Αντιμετώπιση Κυκλοφοριακής Συμφόρησης: Καλύτερη διαχείριση της κυκλοφοριακής ροής με τα αυτόνομα οχήματα και ειδικότερα με νέες τεχνολογίες Vehicle to Vehicle και Vehicle to Infrastructure κλπ.
3. Μειωμένο Στρες Οδήγησης: Μειώνει το άγχος οδήγησης και επιτρέπει στους επιβάτες να ξεκουραστούν ή να εργαστούν όσο ταξιδεύουν, επιπλέον δεν ασχολούνται με θέματα εύρεσης διαδρομής.
4. Μειωμένο Κόστος Οδήγησης και Προστασία Περιβάλλοντος: Μικρότερη κατανάλωση καυσίμων με την χρήση νέων τεχνολογιών αλλά και με καλύτερη αεροδυναμική καθώς τα οχήματα θα μπορούν να κινούνται σε πολύ μικρές αποστάσεις μεταξύ τους.
5. Κινητικότητα για όσους δεν οδηγούν: Παρέχεται η δυνατότητα αυτόνομης μετακίνησης ακόμα και για ανθρώπους που δεν έχουν δίπλωμα ή δεν ξέρουν να οδηγούν ή και δεν μπορούν να οδηγούν λόγω κάποιου προβλήματος.
6. Καλύτερες Συνθήκες Στάθμευσης: Τα οχήματα μπορούν να αφήσουν τους επιβάτες και στην συνέχεια να αναζητήσουν παρκινγκ, όπως και να τους παραλάβουν από συγκεκριμένο σημείο χωρίς οι επιβάτες να χρειαστεί να πάνε στον χώρο στάθμευσης.
7. Αύξηση Ορίων Ταχύτητας και Μείωση Σήμανσης: Γρηγορότερες μεταφορές χωρίς να χρειάζεται η υφιστάμενη αστυνόμευση και έλεγχος αλλά και η σήμανση που υπάρχει σήμερα.

Βέβαια υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα στα αυτόνομα οχήματα:

1. **Ρίσκο Οδήγησης:** Μπορεί να εισάγει νέα ρίσκα, όπως απώλεια οχήματος με κίνδυνο για ιδιαίτερες κυκλοφοριακές συνθήκες. Μια αστοχία λογισμικού μπορεί να οδηγήσει σε ακινητοποίηση του οχήματος, λανθασμένη πορεία, ή ακόμα και πρόκληση ατυχήματος.
2. **Ζητήματα Ασφάλειας και Ιδιωτικότητας:** Τα οχήματα μπορεί να χρησιμοποιηθούν για τρομοκρατικές επιθέσεις, είναι ευαίσθητα σε ηλεκτρονικές επιθέσεις, ενώ η μετάδοση πληροφοριών από συστήματα ανίχνευσης θέσης μπορεί να θέσει ζητήματα ιδιωτικότητας στις μετακινήσεις.
3. **Αύξηση Κόστους Υποδομών:** Απαιτείτε επιπλέον εξοπλισμός οχημάτων, υπηρεσίες και συντήρηση, καθώς και επενδύσεις στην οδική υποδομή.
4. **Μείωση Θέσεων Εργασίας:** Μείωση θέσεων εργασίας για οδηγούς και τεχνικούς οχημάτων εξαιτίας της αυτόνομης οδήγησης και του μειωμένου αριθμού τροχαίων ατυχημάτων.
5. **Αύξηση Χρήσης Οχημάτων:** Η βελτίωση της άνεσης της μετακίνησης με αυτόνομα οχήματα, μπορεί να αυξήσει την χρήση τους, όπως και το εξωτερικό κόστος των μετακινήσεων.
6. **Νομοθετικό Πλαίσιο και Ηθική:** Εφαρμογή κατάλληλου νομοθετικού πλαισίου για αυτόνομα οχήματα. Ηθικά προβλήματα που δημιουργούνται όταν ένα αυτόνομο όχημα αναγκαστεί να επιλέξει λιγότερο επιβλαβή δράση, εμπλεκόμενο σε μια αναπόφευκτη σύγκρουση. [29],[46]

2.6 SWOT Analysis

Σε αυτήν την ενότητα γίνεται μια SWOT(Strengths Weaknesses Opportunities Threats) Analysis σχετικά με τον τομέα των αυτόνομων οχημάτων, βάση όσων έχουν προαναφερθεί στην συγκεκριμένη εργασία. (Bart Van Arem et. al., 2015) (Pawel Gora & Inga Rub, 2016)



Εικόνα 22 SWOT Analysis Self Driving Cars

3.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και τα Δίκτυα Αισθητήρων μπορούν να αλλάξουν ριζικά τον τομέα των αυτοκινήτων, της αυτοκίνησης και γενικότερα των μεταφορών. Ήδη υπάρχει ένα πλήθος περιπτώσεων αυτόνομων οχημάτων τα οποία βρίσκονται σε στάδιο δοκιμών και συνεχούς βελτίωσης με στόχο την πλήρη αυτονομία τους. Μερικά από αυτά τα οχήματα παρέχονται κανονικά στους καταναλωτές, ενώ άλλα συνεχίζουν να βελτιώνονται. Τα αυτόνομα οχήματα μαζί με τεχνολογίες V2V(Vehicle to Vehicle), V2I(Vehicle to Infrastructure) και V2X(Vehicle to Everything) έχουν την δυνατότητα να αλλάξουν ριζικά τις μετακινήσεις όπως είναι γνωστές σήμερα.

Βέβαια τίποτα από τα παραπάνω δεν θα υπήρχε χωρίς την ύπαρξη αισθητήρων, μηχανικής μάθησης, τεχνητής νοημοσύνης, αναγνώρισης προτύπων και άλλων κλάδων της πληροφορικής καθώς και χωρίς την ύπαρξη του κατάλληλου hardware και software για την διαχείριση όλων των παραπάνω. Οι αισθητήρες Radar, Lidar, Κάμερες, GPS, Αισθητήρες Υπολογισμού Απόστασης και Αισθητήρες Γωνιακής Θέσης λαμβάνουν πληροφορίες από το εξωτερικό περιβάλλον του οχήματος σχετικά με οτιδήποτε συμβαίνει γύρω, οι πληροφορίες στέλνονται στην Μονάδα Ελέγχου του Οχήματος η οποία με τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση, νευρωνικά δίκτυα και άλλα πεδία της Πληροφορικής λαμβάνει τις κατάλληλες οδηγικές αποφάσεις και ειδοποιεί τους ενεργοποιητές ώστε να κατευθύνουν κατάλληλα το όχημα. (Stuart Russel & Peter Norvig, 2005)

Πολλές οι πραγματικές περιπτώσεις Δικτύων Αισθητήρων, με τις περισσότερες από τις γνωστές εταιρείες αυτοκίνησης να κάνουν προσπάθειες πάνω σε αυτόν τον τομέα και να αναπτύσσουν δικές τους τεχνολογίες ή και να δανείζονται από άλλους. Η Tesla αποτελεί μια από τις πιο καινοτόμες εταιρείες και έναν από τους ηγέτες στον κλάδο καθώς πουλάει κανονικά αυτόνομα οχήματα τα οποία λαμβάνουν συνεχώς αναβαθμίσεις λογισμικού για καλύτερη οδήγηση, βέβαια καμία εταιρεία δεν έχει φτάσει στην πλήρη αυτονομία, ακόμη και σε περιπτώσεις που βγήκε ένα μη επανδρωμένο όχημα στον δρόμο δημιούργησε ατύχημα κάτι που σημαίνει ότι η τεχνολογία δεν είναι ακόμη πολύ ώριμη και κρίνεται αναγκαία η ανθρώπινη εποπτεία του οχήματος. (Fei- Yue Wang et.al., 2006)

Ένα αυτόνομο όχημα εκτός από τα πλεονεκτήματά/ευκαιρίες του έχει και κάποια μειονεκτήματα/αδυναμίες. Ναι μεν η τέλεια αυτονομία παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια, άνεση, οδήγηση για όλους και καλύτερες μεταφορές σε όλα τα επίπεδα, μπορούν όμως να δημιουργηθούν και αστοχίες λογισμικού, τρομοκρατικές επιθέσεις, υπάρχουν επίσης θέματα Ιδιωτικότητας αστοχίας αισθητήρων και πολλά ακόμα που θα πρέπει να λυθούν για να βγουν τα οχήματα στους δρόμους με πλήρη ασφάλεια και εμπιστοσύνη από τους ανθρώπους. Το θέμα της υιοθεσίας είναι ένα από τα δυσκολότερα αλλά και σημαντικότερα ζητήματα. Βέβαια τα αυτόνομα οχήματα μπορούν να οδηγήσουν στην αξιοποίηση και άλλων τεχνολογιών με στόχο την ριζική αλλαγή των μετακινήσεων, πολλές είναι και οι ευκαιρίες σε αυτόν τον τομέα ο οποίος έχει και κάποιες απειλές, όπως κόστος υποδομών, νομοθετικό πλαίσιο, αύξηση κόστους, εμπιστοσύνη οχημάτων κ.α. (Mario Gerla et.al., 2016)

Τα Αυτόνομα Οχήματα αποτελούν έναν κλάδο ο οποίος έχει αρχίσει να αναπτύσσεται αλλά χρειάζεται ακόμα πολλή έρευνα και πολλές δοκιμές μέχρι να υπάρξει η τέλεια αυτονομία χωρίς προβλήματα. Η τεχνολογία(υλικό και λογισμικό) ναι μεν υπάρχει αλλά η ωριμότητα της τεχνολογίας είναι ακόμα μικρή και θα πρέπει να γίνουν αρκετά βήματα ακόμα μέχρι την πλήρη εμπιστοσύνη και υιοθεσία των αυτόνομων οχημάτων από όλους, καθώς και να υπάρχουν σωστοί δρόμοι και σωστή διαγράμμιση για να μην συμβαίνουν ατυχήματα στην περίπτωση της Ελλάδας.

4.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

4.1 Πίνακας Εικόνων

Εικόνα	Link	Σελίδα
Εικόνα 1	https://www.writemythesis.org/thesis-on-wireless-sensor-networksw/	Σελ.4
Εικόνα 2	https://www.wired.com/story/waymo-and-intel-self-driving/	Σελ.5
Εικόνα 3	http://dev.caa.ca/avs	Σελ.7
Εικόνα 4	https://en.wikipedia.org/wiki/Radar#/media/File:Sonar_Principle_EN.svg	Σελ.8
Εικόνα 5	https://bit.ly/2WMzFRH	Σελ.9
Εικόνα 6	https://www.eenewsanalog.com/news/asic-turns-mems-scanner-lidar	Σελ.9
Εικόνα 7	https://www.autonomos-systems.de/en/smart-stereo-camera/	Σελ.9
Εικόνα 8	https://www.mysensors.org/build/gps	Σελ.10
Εικόνα 9	https://components101.com/ultrasonic-sensor-working-pinout-datasheet	Σελ.11
Εικόνα 10	https://bit.ly/1DU5vC3	Σελ.11
Εικόνα 11	(Nvidia Drive, 2019) Screenshot	Σελ.12
Εικόνα 12	(Mihir Mody et.al, 2018) Screenshot	Σελ.13
Εικόνα 13	(Mihir Mody et.al, 2018) Screenshot	Σελ.14
Εικόνα 14	(Vehicle to Everything, n.d.) Screenshot	Σελ.15
Εικόνα 15	(Qualcom,2016) Screenshot	Σελ.16
Εικόνα 16	(Qualcom,2016) Screenshot	Σελ.17
Εικόνα 17	https://www.tesla.com/en_GB/autopilot?redirect=no Screenshot	Σελ.18
Εικόνα 18	https://www.tesla.com/en_GB/autopilot?redirect=no Screenshot	Σελ.18
Εικόνα 19	https://www.tesla.com/en_GB/autopilot?redirect=no Screenshot	Σελ.19
Εικόνα 20	https://waymo.com/ Screenshot	Σελ.19
Εικόνα 21	(General Motors et.al, 2018) Screenshot	Σελ.20
Εικόνα 22	Microsoft Office Visio 2018 (Σχεδίαση + Screenshot)	Σελ.22

4.2 Βιβλιογραφία Κειμένου

Alexander Devine Forrest & Mustafa Konca(2007), «Autonomous Cars & Society»

Americas 5G(2016), «V2X Cellular Solutions»

Andreas Festag, Alban Hessler, Roberto Baldessari, Long Le, Wenhui Zhang & Dirk Westhoff (2015), «Vehicle-to-Vehicle and road-side sensor communication for enhanced road safety»

Andrew S. Tanenbaum & David J. Wethreall (2011),«Δίκτυα Υπολογιστών»,Πέμπτη Αμερικάνικη Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος

Anna Maria Vegni & Thomas D.C. Little(2011), «Hybrid Communications based on V2V-V2I protocol switching», Int. J. Vehicle Information and Communication Systems

Audi Self-Driving Car (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.audi.com/en/experience-audi/mobility-and-trends/autonomous-driving.html>]

Autopilot Tesla (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [https://www.tesla.com/en_GB/autopilot?redirect=no]

Bart van Arem, Niels van Oort, Menno Yap, Bart Wiegmans, Goncalo Homem & de Almeida Correia(2015), «Opportunities and Challenges for Automated Vehicles in the Zuidvleugel», Delft University of Technology

BMW Autonomous (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.bmw.com/en/automotive-life/autonomous-driving.html>]

Chen Yan, Wenyan Xu & Jianhao Liu(2016), «Can You Trust Autonomous Vehicles: Contactless Attacks against Sensors of Self Driving Vehicle»

Claudine Badue, Rânik Guidolini, Raphael V. Carneiro, Pedro Azevedo, Vinicius B. Cardoso, Avelino Forechi, Luan F. R. Jesus, Rodrigo F. Berriel, Thiago M. Paixão, Filipe Mutz, Thiago Oliveira-Santos & Alberto F. De Souza (2019), «Self Driving Cars: A Survey», Cornell University

Eun-Kyu Lee, Mario Gerla, Giovanni Pau, Uichin Lee & Jae-Han Lim(2016), «Internet of Vehicles: From intelligent grid to autonomous cars and vehicular fogs», *International Journal of Distributed Sensor Networks*

Fei-Yue Wang, Daniel Zeng & Liuqing Yang(2006), «Smart Cars on Smart Roads: An IEEE Intelligent Transportation System Society Update», *IEEE CS*

Ford Self-Driving Car (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://corporate.ford.com/articles/autonomous-technology/autonomous-2021.html>]

General Motors et.al.(2018),«Self-Driving Safety Report», General Motors Corp

General Motors Autonomous Driving (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.gm.com/our-stories/self-driving-cars.html>]

Global Position System. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019 από [https://en.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System]

GSMA (2018), «Cellular Vehicle-to-Everything(C-V2X) Enabling Intelligent Transport»

Hanbyul Seo, Ki-Dong Lee, Shinpei Yasukawa, Ying Peng & Philippe Sartori(2016), «LTE Evolution Vehicle-to-Everything Services», *IEEE Communications Magazine*

Heiko G. Seif & Xiaolong Hu (2016), «Autonomous Driving in the City- HD Maps as a Key Challenge of the Automotive Industry», Elsevier

Intel Automotive (14 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.intel.com/content/www/us/en/automotive/in-vehicle-experience.html>]

James D. Taylor (2001), «Ultra-Wideband Radar Technology»

J.A. Bellian, C.Kerans & D.C. Jennete(2014), «Digital Outcrop Models: Applications Of Terrestrial Scanning Lidar Technology In Stratigraphic Modeling», *Research Gate*

Larry L. Peterson & Bruce S. Davie (2009), «Δίκτυα Υπολογιστών-Μια Προσέγγιση από την Σκοπιά των Συστημάτων», Τέταρτη Αμερικάνικη Έκδοση, Εκδόσεις Κλειδάριθμος

Lidar. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019 από [<https://en.wikipedia.org/wiki/Lidar>]

Ljubo Vlanic, Michel Parent & Fumio Harashima (2001), «Intelligent Vehicle Technologies- Theory and Applications»,Elsevier

Marcus Oh(2017), «Autonomous Driving Solutions», GENIVI

Mario Gerla, Eun-Kyu Lee, Giovanni Pau & Uichin Lee(2016), «Internet of Vehicles: From Intelligent Grid to Autonomous Cars and Vehicular Clouds», *IEEE*

Mercedes-benz Autonomous Driving (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.mercedes-benz.com/en/mercedes-benz/next/automation/>]

Mihir Mody, Jason Jones, Kedar Chitnis, Rajat Sagar, Gregory Shurtz, Yashwant Dutt, Manoj Koul, Biju MG & Aish Dubey (2018), «Understanding Vehicle E/E Architecture Topologies for Automated Driving: System Partitioning and Tradeoff Parameters», *Society for Imaging Science and Technology*

Murat Dikmen & Catherine M. Burns(2016), «Autonomous Driving in the Real World: Experiences with Tesla Autopilot and Summon», *Automotive UI*

Nick Shchetko (2014), «Laser Eyes Pose Price Hurdle for Driverless Cars», *The Wall Street Journal*

Nissan Self-Driving Car (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.nissanusa.com/experience-nissan/news-and-events/self-driving-autonomous-car.html>]

Nvidia Drive (14 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.nvidia.com/en-us/self-driving-cars/drive-platform/>]

Nvidia et.al.(2016), «End to End Learning for Self-Driving Cars», *Nvidia Corp*

Pawel Gora & Inga Rub(2016), «Traffic models for self-driving connected cars», Elsevier

PSA Groupe (14 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.groupe-psa.com/en/story/en-route-vers-la-voiture-autonome/>]

Qualcomm(2016), «Leading the world to 5G: Cellular Vehicle-to-Everything(C-V2X) technologies»

Richard Dean Strickland, Meng Huan, Sue Bai, David William Weber & Radovan Miucic (2016), «Vehivle to pedestrian communication system and method», Honda

Rotary Encoder.(n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 14 Απριλίου 2019 από [https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder]

Self-Driving Car. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019, από [https://en.wikipedia.org/wiki/Self-driving_car]

Scott Drew Pendleton, Hans Andersen, Xinxin Du, Xiatong Shen, Malika Meghjani, You Hong Eng, Danilea Rus & Marcelo H. Ang Jr.(2017), «Perception, Planning, Control, and Coordination for Autonomous Vehicles», MDPI

Siva R. K. Narla(2013), «The Evolution of Connected Vehicle Technology: From Smart Drivers to Smart Cars to Self-Driving Cars», ITE Journal

Stereo Camera. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019 από [https://en.wikipedia.org/wiki/Stereo_camera]

Stuart Russel & Peter Norvig (2005), «Τεχνητή Νοημοσύνη-Μια Σύγχρονη Προσέγγιση», Δεύτερη Αμερικάνικη Έκδοση ,Εκδόσεις Κλειδάριθμος

Sven Eckelmann, Toraalf Trautmann, Hagen Ubler, Benjamin Reichelt & Oliver Michler (2017), «V2V- Communication, Lidar System and Positioning Sensors for Future Fusion Algorithms in Connected Vehicles», Elsevier

Sven Nyholm & Jilles Smids(2016), «The Ethics of Accident-Algorithms for Self Driving Cars: An applied Trolley Problem?», Ethic Theory Moral Prac

Teddy Ort, Liam Paull & Daniela Rus(2018), «Autonomous Vehicle Navigation in Rural Enviroments without Detailed Prior Maps», IEEE International Conference

Tesla Autopilot. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019 από [https://en.wikipedia.org/wiki/Tesla_Autopilot]

Todd Litman(2019), «Autonomous Vehicle Implementation Predictions-Implications for Transport Planning», Victoria Transport Policy Institute

Treffyn Lynch Koreshoff, Toni Robertson & Tuck Wah Leong(2013), «Internet of Things: a review of literature and products», OzCHI 13'

Ultrasound. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019 από [<https://en.wikipedia.org/wiki/Ultrasound>]

Vehicle-to-Everything. Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019 από [<https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-everything>]

Vhrstian Hane, Torsten Sattler & Marc Pollefeys(2016), «Obstacle Detection for Self-Driving Cars Using Only Monocular Cameras and Wheel Odometry», IEEE/RSJ International Conference

Volvo Autonomous (14 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://www.volvocars.com/en-kw/own/own-and-enjoy/autonomous-driving>]

Waymo Google (10 Απριλίου 2019). Ανακτήθηκε από [<https://waymo.com/>]

Waymo.(n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 14 Απριλίου 2019 από [<https://en.wikipedia.org/wiki/Waymo>]

Wiliam Stallings(2007), «Data and Computer Communications», Eighth Edition,Pearson

Ασύρματο Δίκτυο Αισθητήρων. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019, από [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CF%83%CF%8D%CF%81%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%BF_%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CE%B1%CE%B9%CF%83%CE%B8%CE%B7%CF%84%CE%AE%CF%81%CF%89%CE%BD]

Διαδίκτυο των Πραγμάτων. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019, από [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CE%B4%CE%AF%CE%BA%CF%84%CF%85%CE%BF_%CF%84%CF%89%CE%BD_%CF%80%CF%81%CE%B1%CE%B3%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD]

Ραντάρ. (n.d.). Στην Wikipedia. Ανακτήθηκε 10 Απριλίου 2019 από [<https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A1%CE%B1%CE%BD%CF%84%CE%AC%CF%81>]