



Πανεπιστήμιο Αιγαίου
Πολυτεχνική Σχολή
Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και
Επικοινωνιακών Συστημάτων

Επιβλέπων καθηγήτρια : Καβαλλιεράτου Εργίνα

Σύστημα ξενάγησης δυναμικού χώρου με χρήση ανθρωποειδούς ρομπότ

Διπλωματική Εργασία

Αναστασιάδης Αναστάσιος

A.M. 321/2013005

Μουρατίδης Ανάργυρος

A.M. 321/2013116

Καρλόβασι, Ιούνιος 2019



Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά, τον επιβλέποντα καθηγητή της διπλωματικής εργασίας, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Καβαλλιεράτου Εργίνα, για την καθοδήγηση και συμπαράστασή της καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας καθώς και για την άριστη συνεργασία που είχαμε. Επιπλέον, οφείλουμε να ευχαριστήσουμε τον συνάδελφο Μάνο Νικόλαο για την πολύτιμη βοήθεια τους στην κατασκευή του συστήματος.



Πίνακας Περιεχομένων

Ευρετήριο Εικόνων	5
Ευρετήριο Πινάκων	6
Ευρετήριο Γραφημάτων	6
Λίστα Ακρωνυμίων	6
Περίληψη	8
Abstract	8
1. Εισαγωγή	9
1.1 Σκοπός και δομή της εργασίας	9
1.2 Ιστορία	9
El Greco 2	9
1.3 State of the Art	10
2. Navigation System	12
2.1 Navigation	12
2.2 Ορόσημα	13
2.2 Σύστημα όρασης βασισμένο σε κώδικες QR	14
2.2.1 Κώδικας QR	14
2.2.2 Σύγκριση QR και barcode	14
2.2.3 Συλλογή κώδικα QR	16
2.2.4 Αποκωδικοποιητής QR	17
2.3 IMU	19
2.3.1 Κατηγορίες IMU	19
2.3.1.1 Stable Platform Systems	20
2.3.1.2 Strapdown Systems	21
2.3.2 Κατηγορίες γυροσκοπίων	21
2.3.2.1 Μηχανικό γυροσκόπιο	22
2.3.2.2 Οπτικά γυροσκόπια	23
2.3.2.3 MEMS Gyroscopes	24
2.3.3 Κατηγορίες επιταχυνσιόμετρων	24
2.3.3.1 Μηχανικά επιταχυνσιόμετρα	25
2.3.3.2 Solid State (SAW)	25
2.3.3.3 MEMS Accelerometers	26



2.4 Ultrasonic	26
3. Φωνητική αλληλεπίδραση	28
3.1 Speech Recognition Systems	28
3.1.1 Αναγνώριση ομιλίας: Αδυναμίες και ελαττώματα	29
3.2 Τι είναι ένα Chatbot	31
3.2.1 Ιστορική αναδρομή	31
3.2.2 Έρευνα για το κατάλληλο framework	32
Για την προσομοίωση ενός ξεναγού που θα μπορεί να αλληλεπιδρά με τον χρήστη μέσω φωνητικών εντολών, διερευνήθηκαν διάφορες πλατφόρμες που προσφέρουν τέτοιο είδους υπηρεσίες.	32
3.2.2.1 Wit Ai	32
3.2.2.2 Dialogflow	33
3.2.2.3 Microsoft Language Understanding Intelligent Service (LUIS)	34
3.2.2.4 Amazon Lex	34
3.2.2.5 Pandorabots	35
3.2.2.6 IBM Watson	36
3.2.2.7 ChatterBot	37
3.2.3 Σύγκριση Bot Framework	42
4. Υλοποίηση	43
4.1 Μετακίνηση στο χώρο	43
4.1.1 Περιστροφή προς επιλεγμένο έκθεμα	46
4.1.2 Μέτρησης απόστασης	48
4.1.3 Τελικό στάδιο υλοποίησης του Raspberry Pi για την μετακίνηση	50
4.2 Μορφή δεδομένων Ξενάγησης	52
4.3 φωνητικής αλληλεπίδρασης	52
4.3.1 Υπάρχουσα δομή	52
4.3.1.1 Λειτουργία Δομής:	53
4.3.1.2 Παρατηρήσεις υπάρχουσας δομής	54
4.3.2 Δομή ξενάγησης	54
4.3.2.1 Λειτουργία Δομής:	55
4.3.2.2 Παρατηρήσεις δομής	55
4.3.2.3 Δημιουργία chatBot	56
4.3.2.3.1 Υλοποίηση Wit.ai	56
4.3.2.3.2 Υλοποίηση ChatterBot	58
4.3.2.3.3 Συμπεράσματα σύγκρισης:	60



4.3.2.3.4 Συνδυασμός και των δύο	61
4.3.2.3.5 Εκπαίδευση συστήματος	62
5. Συμπεράσματα και Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	66
5.1 Συμπεράσματα	66
5.2 Δυσκολίες	66
5.2.1 Απόκλιση πυξίδας	66
5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα	68
6. Βιβλιογραφία	68

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Το ανθρωποειδές ρομποτικό σύστημα El Greco 2	10
Εικόνα 2 Ρομποτικό σύστημα ξενάγησης Rhino	11
Εικόνα 3 Τρισδιάστατος χάρτης	12
Εικόνα 4 Ρομποτικό σύστημα ξενάγησης Betty	12
Εικόνα 5 Διάγραμμα μετατόπισης - συσσώρευση σφάλματος απόστασης	13
Εικόνα 6 α) Τεχνητό ορόσημο β) Φυσικό ορόσημο	14
Εικόνα 7 Επίπεδα διόρθωσης σφαλμάτων σε κώδικες QR	16
Εικόνα 8 Δομή ενός κώδικα QR	17
Εικόνα 9 Αδρανειακό σύστημα πλοήγησης - Inertial navigation system (INS)	20
Εικόνα 10 Συστήματα σταθερής πλατφόρμας	21
Εικόνα 11 Ένα συμβατικό μηχανικό γυροσκόπιο	22
Εικόνα 12 Το αποτέλεσμα Sagnac σε ένα οπτικό γυροσκόπιο	23
Εικόνα 13 Ένα μηχανικό επιταχυνσιόμετρο	25
Εικόνα 14 Επιταχυνσιόμετρο επιφανειακού ακουστικού κύματος (Surface Acoustic Wave)	25
Εικόνα 15 Αισθητήρας απόστασης υπερήχων HC-SR04	26
Εικόνα 16 Ανάκλαση σε επίπεδη επιφάνεια	27
Εικόνα 17 Ανάκλαση σε επιφάνεια υπό γωνία	27
Εικόνα 18 Εύρος κατανομής υπερήχων	27
Εικόνα 19 Αρχιτεκτονική συστήματος IBM Watson	36
Εικόνα 20 Αρχιτεκτονική συστήματος ChatterBot	41
Εικόνα 21 Τοποθέτηση IMU σε σχέση με τον άξονα περιστροφής	44
Εικόνα 22 Περίπτωση περιστροφής συστήματος και εφαρμογή IMU ομοαξονικά με τον άξονα περιστροφής	45
Εικόνα 23 Περίπτωση περιστροφής συστήματος και εφαρμογή IMU μη ομοαξονικά με τον άξονα περιστροφής	45
Εικόνα 24 Σχέση επιφανείας κώδικα QR με την συνολική επιφάνεια της εικόνας	46
Εικόνα 25 Αισθητήρας απόστασης	46
Εικόνα 26 Παράδειγμα γραφικής διεπαφής Wit.ai	56
Εικόνα 27 Δείγμα εκπαίδευσης συστήματος Wit.ai	62
Εικόνα 28 Σφάλμα ορθογωνικότητας	67



Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων φωνητικών εντολών	43
Πίνακας 2 Υπάρχουσα δομή El Greco 2	52
Πίνακας 3 Οντότητες Wit.ai	56

Ευρετήριο Γραφημάτων

Γράφημα 1 Ποσοστό επιτυχημένης ανάγνωσης κώδικα QR σε σχέση με την απόσταση	18
Γράφημα 2 Ποσοστό επιτυχημένης αναγνώρισης κώδικα QR σε σχέση με την γωνία	19
Γράφημα 3 Διάγραμμα ροής συστήματος πλοήγησης.....	47
Γράφημα 4 Διάγραμμα ροής συστήματος αποφυγής εμποδίων	49
Γράφημα 5 Διάγραμμα ροής συνολικής υλοποίησης Raspberry Pi	51
Γράφημα 6 Διάγραμμα ροής κεντρικής δομής El Greco 2	53
Γράφημα 7 Δομή φωνητικών εντολών	54
Γράφημα 8 Διάγραμμα ακολουθιών συστήματος φωνητικής αλληλεπίδρασης.....	57
Γράφημα 9 Δομή Φωνητικής εντολής προς το σύστημα	59
Γράφημα 10 Διάγραμμα ροής συνολικής υλοποίησης συστήματος φωνητικής αλληλεπίδρασης με την χρήση Wit.ai και Chatterbot.....	61
Γράφημα 11 Διάγραμμα ροής συστήματος αξιολόγησης.	63
Γράφημα 12 Διάγραμμα ροής συνολικής υλοποίησης BananaPi	64
Γράφημα 13 Δομή διασύνδεσης Banana Pi και Raspberry Pi	65

Λίστα Ακρωνυμίων

SBC: Single Board Computers, ένα πλήρες υπολογιστικό σύστημα, χτισμένος σε έναν ενιαίο πίνακα κυκλωμάτων

GPS: Global Positioning System, παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης, μια ακριβή παγκόσμια εγκατάσταση πλοήγησης και τοπογραφίας.

byte: Ομάδα δυαδικών ψηφίων ή δυαδικών ψηφίων (συνήθως οκτώ) που λειτουργεί ως μονάδα.

IMU: Μονάδα αδρανειακής μέτρησης

INS: Inertial Navigation System, Σύστημα Αδρανειακής Πλοήγησης

IRS: Inertial Reference System, Αδρανειακό Σύστημα Αναφοράς

ADIRU: Air Data Inertial Reference Unit, Αδρανειακή Μονάδα Αναφοράς Δεδομένων Αέρος

MEMS: Micro-Machined Electromechanical Systems

NLP: Natural Language Processing, Επεξεργασία Φυσικής Γλώσσας

ADC: Analog to Digital Conversion, Αναλογική σε Ψηφιακή Μετατροπή

HMM: Hidden Markov Models, Κρυμμένα Μοντέλα Markov



Phonemes: Φωνήματα, οποιαδήποτε από τις αισθητά διαφορετικές μονάδες ήχου σε μια συγκεκριμένη γλώσσα που διακρίνει μία λέξη από την άλλη, για παράδειγμα p, b, d, και t στην αγγλική λέξη pad, pat, bad και bat.

VADs: Voice Activity Detectors, Ανιχνευτές Φωνητικής Δραστηριότητας

ChatBot: Πρόγραμμα υπολογιστή σχεδιασμένο για να προσομοιώνει συνομιλία με ανθρώπους χρήστες, ειδικά μέσω του Διαδικτύου.

Persona: Προσωπικότητα

ML: Machine Learning, Μηχανική Μάθηση

API: Application Program Interface, Διεπαφή Προγράμματος Εφαρμογής

NLU: Natural Language Understanding, Κατανόηση Φυσικής Γλώσσας

Ultrasonic: Αισθητήρας υπερήχων



Περίληψη

Το παρόν έγγραφο διερευνά την τρέχουσα κατάσταση και την πιθανή υιοθέτηση αυτοματοποίησης υπηρεσιών και ρομπότ ξεναγών στο περιβάλλον ενός μουσείου. Αυτή η διπλωματική εργασία περιγράφει την αρχιτεκτονική του λογισμικού ενός αυτόνομου, διαδραστικού συστήματος περιήγησης. Παρουσιάζει μια αρθρωτή και κατανεμημένη αρχιτεκτονική, η οποία ενσωματώνει εντοπισμό, χαρτογράφηση, αποφυγή εμποδίων και την αλληλεπίδραση με τον χρήστη μέσω φωνητικών εντολών. Η κατασκευή του ρομπότ είναι βασισμένη στο ανθρωποειδές ρομποτικό σύστημα El Greco 2 της ομάδας Ρομποτικής του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Το βασικό προτέρημα του ανθρωποειδούς είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και η ευκολία συναρμολόγησης.

Λέξεις κλειδιά : Ρομποτική, Εντοπισμός, Χαρτογράφηση, Σχεδίαση, Αποφυγή εμποδίων, Αλληλεπίδραση ρομπότ-ανθρώπου, Μηχανική μάθηση, Ξεναγός μουσείου, Chatbot

Abstract

The current research paper explores the prevailing state and the probability of adoption of service automation and tour guide robots in a museum's environment. This diploma thesis illustrates the software architecture of an autonomous, interactive robot-guide. The dissertation demonstrates a modular and distributed software architecture that integrates tracking, mapping, obstacle avoidance, and user interaction. The robot-guide development is based on the humanoid El Greco 2 of the Robotics team of the University of the Aegean. The basis of this new humanoid robot guide is its low manufacturing cost and ease of assembly.

Key words: Mobile robotics, Localization, Mapping, Planning, Collision avoidance, Human robot interaction, Machine learning, Museum guide, Chatbot

1.Εισαγωγή

1.1 Σκοπός και δομή της εργασίας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια απόκτησης του διπλώματος του Τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου κατά το ακαδημαϊκό έτος 2018-2019. Η εργασία πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη της κ. Εργίνας Καβαλλιεράτου.

Σκοπός της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός συστήματος το οποίο θα βασίζεται στο ανθρωποειδές El Greco 2 [\[1\]](#) (εικόνα 1), για την δημιουργία ενός διαδραστικού ξεναγού μουσείου. Αρχικά θα τοποθετηθούν 2 νέοι αισθητήρες στην κατασκευή του ανθρωποειδούς, έναν IMU και ένας αισθητήρας απόστασης. Ο IMU αισθητήρας θα χρησιμοποιηθεί για την ακριβέστερα ξενάγηση στον χώρο και ο αισθητήρας απόστασης θα χρησιμοποιηθεί για την αποφυγή εμποδίων κατά την πλοήγηση. Στη συνέχεια θα σχεδιαστεί ένα νέο ευφυές σύστημα το οποίο θα δίνει τον χρήση την δυνατότητα να αλληλεπιδρά με φωνητικές εντολές με το ανθρωποειδές. Απώτερος σκοπός, η σχεδίαση ενός οικονομικού συστήματος ξενάγησης.

Η εργασία ακολουθεί την εξής δομή. Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή και η ανάλυση του συστήματος πλοήγησης και των επιμέρους υποσυστημάτων. Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύεται η σχεδίαση και υλοποίηση του συστήματος αλληλεπίδρασης φωνητικών εντολών. Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια αναλυτική περιγραφή του κώδικα ολόκληρου του συστήματος και τέλος στο πέμπτο κεφάλαιο παρατίθενται αναλυτικά τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την κατασκευή του ρομποτικού συστήματος ξενάγησης και παρουσιάζονται ένα σύνολο βελτιώσεων του συστήματος για μελλοντική έρευνα.

1.2 Ιστορία

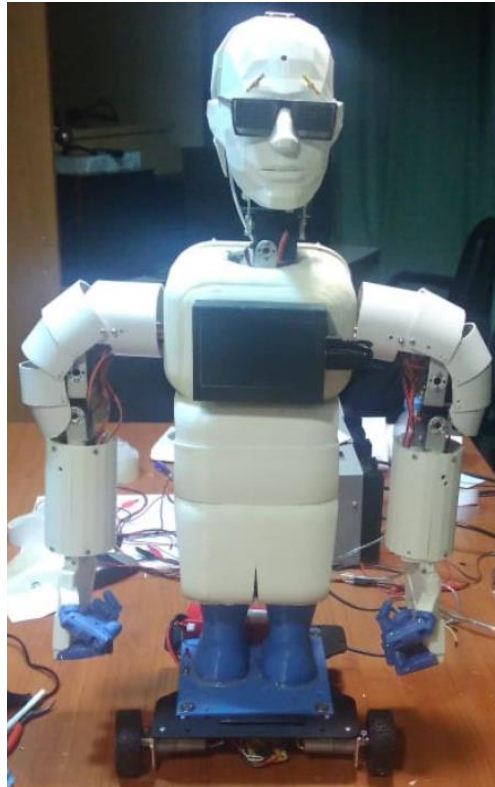
El Greco 2

Η ομάδα ρομποτική του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου, ασχολείται με την κατασκευή ενός ανθρωποειδούς ρομπότ βασισμένο στο πρώτο ανθρωποειδές ρομπότ που κατασκευάστηκε από αυτήν El Greco 1 [\[2\]](#). Βασικός στόχος της υλοποίησης όπως και για το πρώτο ρομποτικό σύστημα είναι η κατασκευή ενός συστήματος με τα λιγότερα κατασκευαστικά έξοδα και όσο το δυνατόν περισσότερες επιδόσεις και λειτουργίες γίνεται.

Για να καλυφθούν οι παραπάνω απαιτήσεις χρησιμοποιήθηκαν 2 Single Board Computer, πιο συγκεκριμένα ένα Banana Pi για τις λειτουργίες της κεφαλής (εκτός της κάμερας) και

ένα Raspberry Pi 3 για τις λειτουργίες του υπόλοιπου συστήματος. Επιπλέον για την κάλυψη όλων των κινητήρων προσαρμόστηκαν 2 Servo Pi Hat στο Raspberry Pi 3 ώστε να μπορεί να χειριστεί τους 23 κινητήρες του συστήματος

Η επικοινωνία των raspberry pi 3 και banana pi γίνεται μέσω δικτύου. Για λόγους μεταφεριμότητας του συστήματος χρησιμοποιήθηκε ο server της ομάδας ρομποτικής, ο οποίος ενημερώνεται για τις ip διευθύνσεις των δύο SBCs και χρησιμοποιείται ως ευρετήριο. Πιο συγκεκριμένα κάθε πλακέτα κατά την εκκίνηση της στέλνει ένα αίτημα με την ip της.

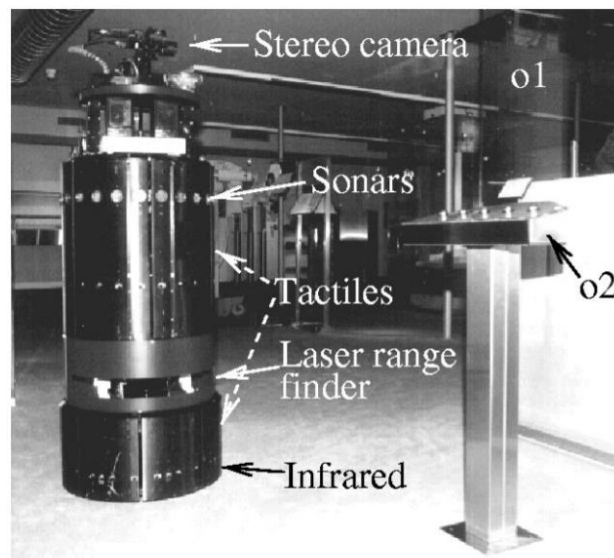


Εικόνα 1 Το ανθρωποειδές ρομποτικό σύστημα El Greco 2

1.3 State of the Art

Από τις αρχές του 2000 είχαν γίνει τα πρώτα βήματα για την δημιουργίας ενός διαδραστικού συστήματος ξενάγησης. Ένα από τα πρώτα ολοκληρωμένα συστήματα ξενάγησης ήταν το RHINO [\[3\]](#). Το Rhino ήταν ένα ρομπότ πλοήγησης σχεδιασμένο στο Πανεπιστήμιο της Βόννης στην Γερμανία στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Οι κύριοι στόχοι του Rhino ήταν να είναι σε θέση να περιηγείται μέσα σε ένα χώρο γραφείων, να κινείται από το σημείο A στο σημείο B και να αναγνωρίζει διάφορα αντικείμενα. Μέσα από τους 24 αισθητήρες σόναρ και τις 2 έγχρωμες κάμερες, μπορούσε να δημιουργήσει ένα χάρτη πλοήγησης. Νευρωνικά δίκτυα χρησιμοποιήθηκαν για την σωστή επεξεργασία των δεδομένων από τα σόναρ για να εκτιμηθεί η πορεία του ανάμεσα από τα εμπόδια.

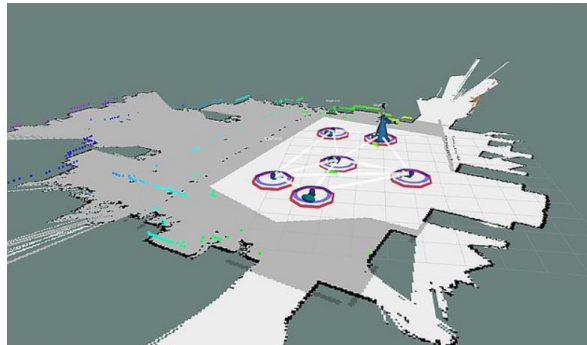
Το Rhino αργότερα προσαρμόστηκε το 1997 με βελτιώσεις και νέα χαρακτηριστικά, όπως ασφαλής πλοήγηση και ελκυστική διεπαφή χρήστη. Σε συνεργασία με το Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon, το Rhino προσαρμόστηκε για να κάνει μια περιήγηση στο Μουσείο της Βόννη της Γερμανίας για έξι ημέρες. Αυτή η νεότερη έκδοση του Rhino είχε την προσθήκη αισθητήρων λέιζερ που παρείχαν ακριβή και αξιόπιστα δεδομένα για το περιβάλλον. Δεδομένου ότι το περιβάλλον του μουσείου είναι δυναμικό και συχνά αλλάζει, η ασφαλής και ακριβής πλοήγηση ήταν δύσκολη υπόθεση. Αυτό το πρόβλημα επιλύθηκε χρησιμοποιώντας τον εντοπισμό Markov. Ο εντοπισμός Markov είναι ένας αλγόριθμος που χρησιμοποιεί δεδομένα αισθητήρων για την εκτίμηση της θέσης του ρομπότ, αναθέτοντας μια κατανομή πιθανότητας για κάθε επιλογή, εξαλείφοντας έτσι τις επιλογές που θα παρεμπόδιζαν την διαδρομή του.



Εικόνα 2 Ρομποτικό σύστημα ξενάγησης Rhino

Ωστόσο με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν δημιουργηθεί νέα συστήματα με περισσότερες δυνατότητες. Το τελευταίο αυτόνομο σύστημα παρουσιάστηκε από μια ομάδα ερευνητών του πανεπιστημίου της Οξφόρδης. Η ομάδα Oxford Robotics Institute (ORI) στις αρχές του 2019 δημιούργησε την Betty. Το λογισμικό της αναπτύχθηκε αρχικά από μια ευρωπαϊκή κοινοπραξία στο πλαίσιο του έργου STRANDS. Στο έργο αυτό η Betty αναπτύχθηκε για θέματα ασφάλειας όπως για παράδειγμα την προστασία του χώρου του εργαστηρίου κατά τις βραδινές ώρες. Ωστόσο με μερικές αλλαγές στο λογισμικό, το ρομπότ μετατράπηκε από σύστημα ασφαλείας σε ξεναγό μουσείου. Για μια εβδομάδα που ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2019, η τελευταία περιπέτεια της Betty ήταν να συναντηθεί με τους επισκέπτες στο παλάτι του Μπλένχάιμ. Η Betty είναι προγραμματισμένη να καλωσορίζει και να ξεναγεί του επισκέπτες στο παλάτι του Μπλένχάιμ. Για την πλοήγηση της χρησιμοποιεί μια πληθώρα αισθητήρων και σε

συνδυασμό με ένα τρισδιάστατο χάρτη είναι σε θέση να πλοηγείται στο παλάτι για 12 ώρες μέχρι να γυρίσει στην βάση φόρτισης της. Τέλος η Betty μεταφορτώνει τις συναντήσεις σε μια ζωντανή ροή στο Twitter.



Εικόνα 3 Τρισδιάστατος χάρτης



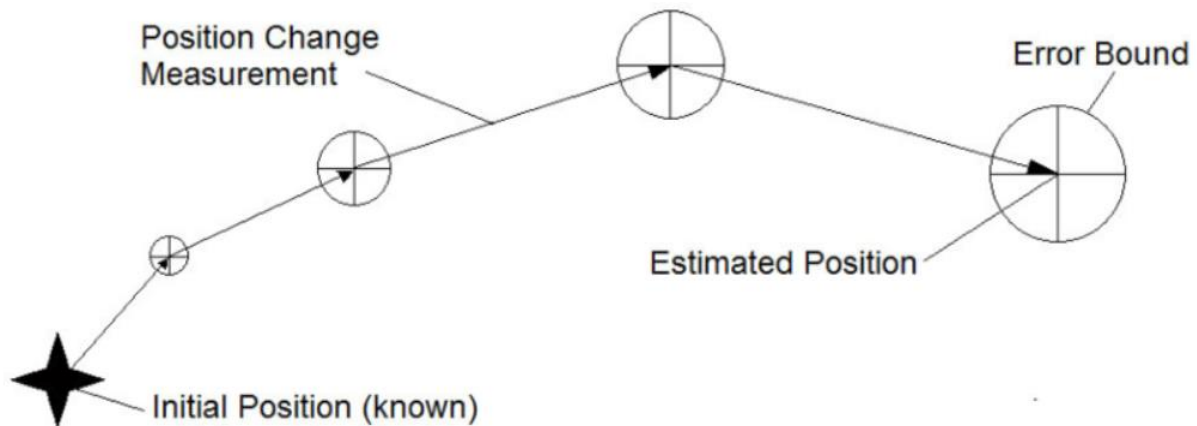
Εικόνα 4 Ρομποτικό σύστημα ξενάγησης Betty

2. Navigation System

2.1 Navigation

Ο εντοπισμός και η πλοήγηση αποτελούν βασικά προβλήματα στον χώρο της ρομποτικής, τα οποία έχουν μελετηθεί από πολλούς ερευνητές. Επιπλέον, η ακρίβεια του εντοπισμού έχει άμεση επίδραση στην ακρίβεια της πλοήγησης, επομένως ένα ρομποτικό σύστημα που είναι σε θέση να εκτελέσει ένα σύνολο εντολών πλοήγησης γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια, αποτελεί ένα ανοιχτό θέμα έρευνας. Για την διαδικασία αναγνώρισης του χώρου που θα δώσει την δυνατότητα στο ρομποτικό σύστημα να εκτελέσει τον σκοπό του, έχουν προταθεί διάφορα συστήματα αναγνώρισης θέσης. Γενικά, οι μέθοδοι εσωτερικού εντοπισμού ταξινομούνται κυρίως ως σχετικός εντοπισμός και απόλυτος εντοπισμός. Η

σχετική αναγνώριση θέσης χρησιμοποιεί αναμέτρηση (Dead Reckoning or DR) σε συνδυασμό με αδρανειακή πλοήγηση (inertial navigation) για την εύρεση της θέσης του συστήματος μέσα στον χώρο. Οι μέθοδοι DR χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της συνολικής απόστασης που διανύθηκε από ένα σημείο εκκίνησης, ωστόσο, το σφάλμα απόστασης συσσωρεύεται σε όλη την διάρκεια της διαδρομής.

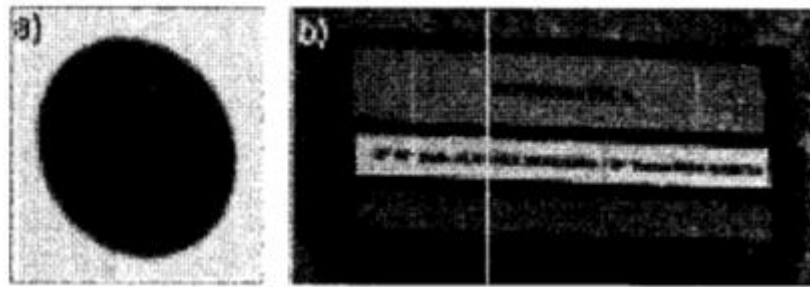


Εικόνα 5 Διάγραμμα μετατόπισης - συσσώρευση σφάλματος απόστασης

Προκειμένου να βελτιωθεί η ακρίβεια του εντοπισμός, έχουν προταθεί πολλές προσεγγίσεις συνδυάζοντας πληθώρα από αισθητήρες, όπως φάρος σόναρ, κάμερες, οδομετρία, ανιχνευτές εύρους λέιζερ και GPS κ.λπ. Με την έλευση των νέων αισθητήρων, οι ερευνητές προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν αυτούς τους αισθητήρες για να λύσουν το πρόβλημα εντοπισμού της θέσης ενός ρομποτικού συστήματος στον χώρο.

2.2 Ορόσημα

Στην πρόσφατη έρευνα, τα ορόσημα χρησιμοποιούνται ευρέως για τον εντοπισμό της θέσης των ρομπότ μέσα στον χώρο. Υπάρχουν δύο είδη ορόσημων, φυσικά ορόσημα και τεχνητά ορόσημα. Το όφελος για τα φυσικά ορόσημα είναι ότι δεν χρειάζεται να προκαλέσουν αλλαγές στο περιβάλλον που βρίσκονται, αλλά είναι πολύ δύσκολος ο διαχωρισμός και ο εντοπισμός ενός φυσικού ορόσημου από το περιβάλλον στο οποίο βρίσκεται [4]. Αντίθετα, ένα τεχνητό ορόσημο, μπορεί να ανιχνευθεί ευκολότερα από ένα φυσικό ορόσημο, ωστόσο η εγκατάστασή τους στον χώρο μπορεί να έχει κάποιο αρνητικό αντίκτυπο για την αισθητική του χώρου.



Εικόνα 6 α) Τεχνητό ορόσημο β) Φυσικό ορόσημο

Ως τεχνητό ορόσημο σε μεθόδους απόλυτου εντοπισμού, ο κώδικας γρήγορης ανταπόκρισης (QR) εφαρμόζεται σε ρομποτικά συστήματα εσωτερικού χώρου, κυρίως λόγω της αποθήκευσης μεγάλου όγκου πληροφοριών. Επιπλέον, ο κώδικας QR χαρακτηρίζεται από το , χαμηλό κόστος κατασκευής, την εύκολη υλοποίηση και το μηδαμινό κόστος εγκατάστασης.

2.2 Σύστημα όρασης βασισμένο σε κώδικες QR

2.2.1 Κώδικας QR

QR κώδικας(συντομογραφία από τον Κώδικα Ταχείας Ανταπόκρισης) είναι το εμπορικό σήμα για έναν τύπο γραμμωτού κώδικα (ή δισδιάστατου κώδικα) που σχεδιάστηκε αρχικά για την αυτοκινητοβιομηχανία στην Ιαπωνία. Ένας γραμμωτός κώδικας είναι μια οπτική ετικέτα αναγνωρίσιμη από έναν υπολογιστή, που περιέχει ένα σύνολο πληροφοριών σχετικά με το στοιχείο στο οποίο είναι συνδεδεμένο. Το σύστημα QR έχει γίνει δημοφιλές χάρη στη γρήγορη αναγνωρισιμότητά του και τον μεγάλο χώρο αποθήκευσης που προσφέρει. Ένας QR κώδικας αποτελείται από μαύρες μονάδες (τετράγωνα σημεία) διατεταγμένες σε ένα τετράγωνο πλέγμα σε λευκό φόντο, το οποίο μπορεί να διαβαστεί από μια συσκευή απεικόνισης (όπως μια κάμερα) και να υποβληθεί σε επεξεργασία. Στη συνέχεια, τα δεδομένα εξάγονται από μοτίβα που υπάρχουν τόσο σε οριζόντια όσο και σε κάθετα στοιχεία της εικόνας. [\[5\]](#)

2.2.2 Σύγκριση QR και barcode

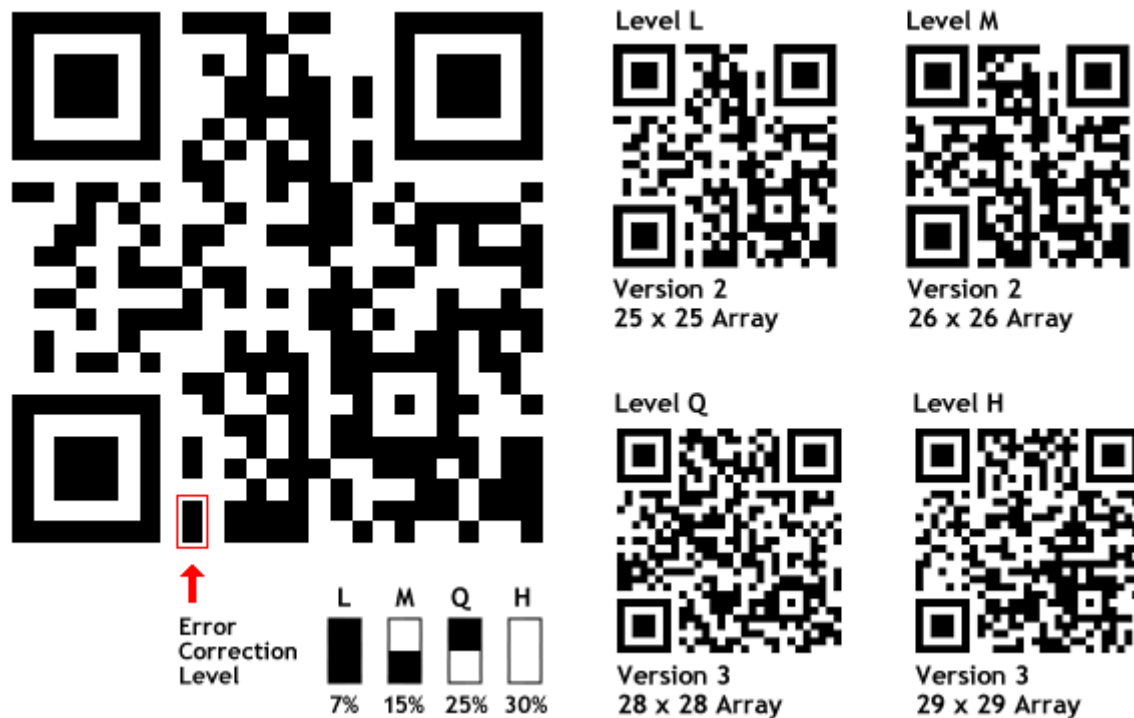
Οι συμβατικοί μονοδιάστατοι γραμμοκώδικες που χρησιμοποιούνται σε κάθε καταναλωτικό προϊόν ελέγχονται μηχανικά. Δηλαδή διαβάζονται με τη φυσική αναπήδηση μιας στενής δέσμης φωτός στον κώδικα, η οποία μπορεί να ερμηνευτεί χρησιμοποιώντας το πρότυπο του φωτός που αντανακλάται στα λευκά διάκενα μεταξύ των γραμμών. Επιπλέον τα συμβατικά barcode έχουν σαν περιορισμό τους 20 χαρακτήρες. Οι κωδικοί QR,



από την άλλη πλευρά, μπορούν να έχουν 100 φορές περισσότερα δεδομένα από τους μονοδιάστατους γραμμωτούς κώδικες και μπορούν επίσης να σαρωθούν ψηφιακά. Επιπρόσθετα μέρος της ανθεκτικότητας των QR κωδικών στο φυσικό περιβάλλον είναι η ικανότητά τους να διατηρούν την «ζημιά» και να συνεχίζουν να λειτουργούν ακόμη και όταν ένα μέρος της εικόνας του κώδικα QR είναι υπό σκιά, παραμορφωμένο ή κατεστραμμένο. Η αντοχή του QR επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο διόρθωσης σφαλμάτων Reed-Solomon [6]. Τα αρχικά δεδομένα στον κώδικα QR μετατρέπονται σε ένα πολυώνυμο, ο αριθμός των μοναδικών σημείων που απαιτούνται για τον ορισμό με μοναδικό προσδιορισμό του πολυωνύμου και το σημείο αυτό προστίθεται στον κώδικα QR έτσι ώστε να περιέχει και τα αρχικά δεδομένα που εκφράζονται ως πολυώνυμο. Υπάρχουν τέσσερα επίπεδα διορθώσεων σφαλμάτων που χρησιμοποιούνται στους κώδικες QR, με κάθε ένα να προσθέτει διαφορετικά ποσά δεδομένων "backup" ανάλογα με το πόσο ζημιά στον κώδικα QR αναμένεται να υποφέρει στο περιβάλλον του και, κατά συνέπεια, πόση διόρθωση σφάλματος μπορεί να χρειαστεί. Τα επίπεδα έχουν ως εξής:

- Level L – μέχρι 7% ζημιάς
- Level M – μέχρι 15% ζημιάς
- Level Q – μέχρι 25% ζημιάς
- Level H – μέχρι 30% ζημιάς

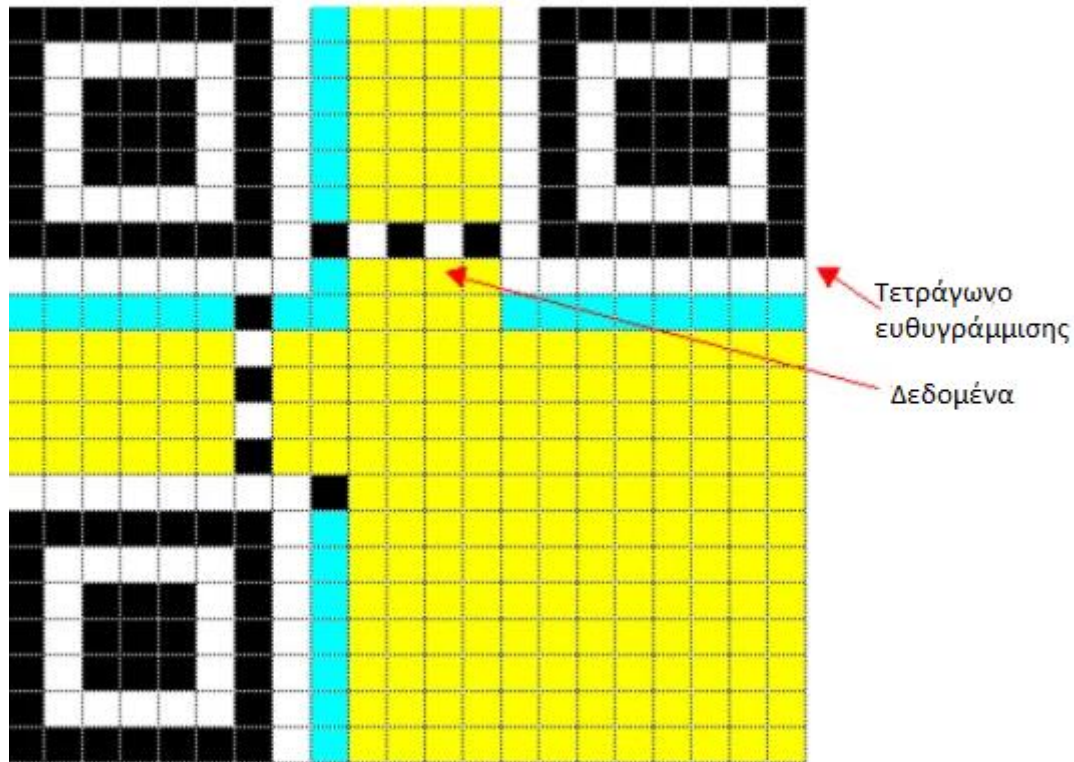
Ένα θεμελιώδες μέρος του τρόπου με τον οποίο λειτουργούν οι κώδικες QR είναι ότι όσο περισσότερα δεδομένα βρίσκονται σε αυτό, τόσο περισσότερες σειρές και στήλες ενοτήτων θα εισαχθούν στον κώδικα QR για να αντισταθμίσουν το αυξημένο φορτίο δεδομένων. Καθώς αυξάνεται το επίπεδο διόρθωσης σφάλματος, αυτό σημαίνει ότι θα υπάρξει επίσης αύξηση του αριθμού των σειρών και των στηλών των ενοτήτων που απαιτούνται για την αποθήκευση των αρχικών δεδομένων συν το αυξανόμενο ποσό των λέξεων για τον αλγόριθμο διόρθωσης σφαλμάτων. Αυτό φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα - ο κώδικας QR καθίσταται πιο πυκνός καθώς η διόρθωση σφάλματος αυξάνεται από το Επίπεδο L στο Επίπεδο H ακόμα κι αν οι κωδικοί QR περιέχουν ακριβώς την ίδια διεύθυνση URL του ιστότοπου.



Εικόνα 7 Επίπεδα διόρθωσης σφαλμάτων σε κώδικες QR

2.2.3 Συλλογή κώδικα QR

Οι κωδικοί QR, μπορούν να σαρωθούν ψηφιακά. Τα μπλοκ μικρότερων μαύρων και λευκών τετραγώνων διαβάζονται από κατάλληλο αισθητήρα ή μια ψηφιακή κάμερα και στη συνέχεια ερμηνεύεται από τον επεξεργαστή του συστήματος. Τα τρία μεγάλα τετράγωνα λειτουργούν ως στόχοι ευθυγράμμισης, ενώ το μικρότερο τετράγωνο στην τέταρτη γωνία ενεργεί για να ομαλοποιήσει το μέγεθος και τη γωνία της λήψης. Όπως μπορείτε να δείτε από την παρακάτω εικόνα 8, οι μπλε λωρίδες κοντά στα τετράγωνα ευθυγράμμισης περιέχουν πληροφορίες μορφοποίησης και η υπόλοιπη κίτρινη περιοχή είναι τα πραγματικά δεδομένα που έχουν μετατραπεί σε δυαδικό κώδικα και έχουν ελεγχθεί για σφάλματα πριν εμφανιστούν. Τα κωδικοποιημένα δεδομένα μπορούν να ερμηνευτούν ως ένας από τους τέσσερις κύριους τρόπους - αριθμητικά, αλφαριθμητικά, byte / δυαδικά και Kanji. Άλλες μορφές δεδομένων μπορούν επίσης να εμφανιστούν με τις κατάλληλες επεκτάσεις.



Εικόνα 8 Δομή ενός κώδικα QR

Καθώς η τεχνολογία QR εξελίχθηκε, άρχισε να περιέχει όλο και περισσότερες πληροφορίες. Η αρχική έκδοση ήταν 21 x 21 pixels και μπορούσε να περιέχει μόνο 4 χαρακτήρες δεδομένων. Η πιο πρόσφατη έκδοση είναι 177 x 177 pixels και περιέχει 1852 χαρακτήρες, αρκετούς, για μερικές σελίδες πληροφοριών.

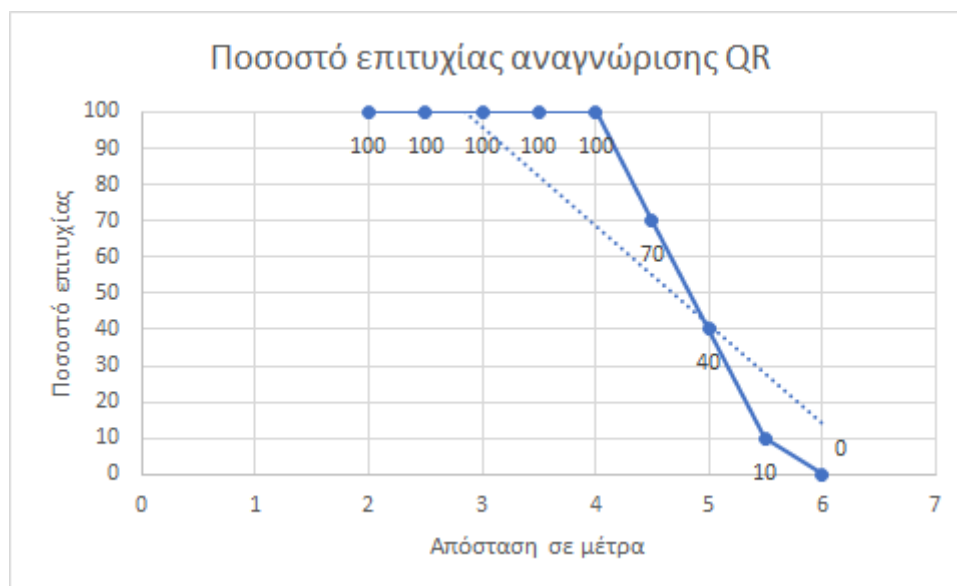
2.2.4 Αποκωδικοποιητής QR

Ο αποκωδικοποιητής του συστήματος χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη `qzbar` που χρησιμοποιεί την βιβλιοθήκη `zbar`. Η `Zbar Bar Code Reader` είναι μια σουίτα λογισμικού ανοιχτού κώδικα για την ανάγνωση QR και barcode από διάφορες πηγές, όπως ροές βίντεο, αρχεία εικόνων και αισθητήρες.

Οι υποστηριζόμενες μορφές είναι οι :

- EAN-13/UPC-A,
- UPC-E,
- AN-8,
- Code 128, Code 93, Code 39,
- Codabar,
- Interleaved 2 of 5
- QR Code

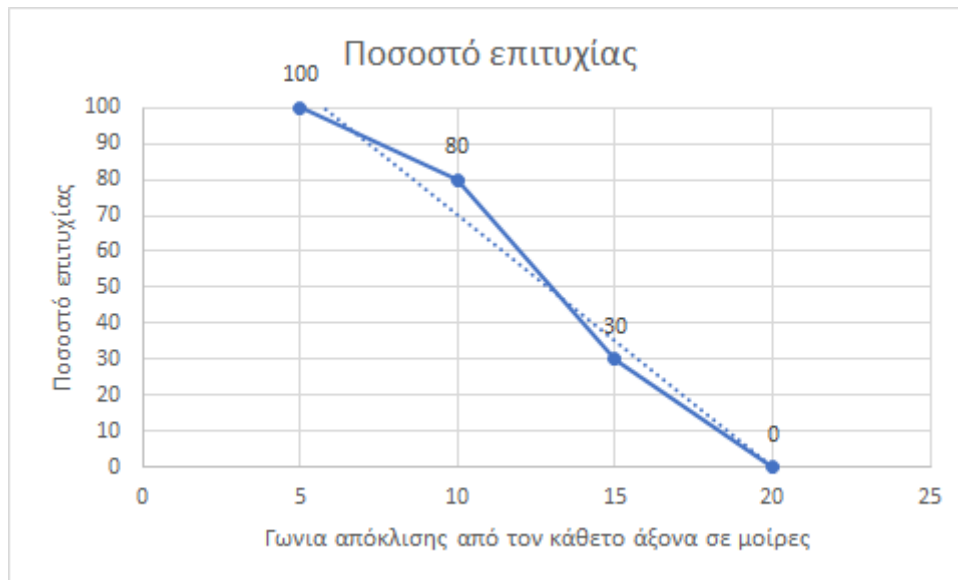
Με τη χρήση της κάμερας Raspberry Pi Camera Module V2 το σύστημα αναγνώρισης του κώδικα QR έχει την δυνατότητα να διαβάσει ένα κώδικα στο μέγεθος μια κόλλας A4 με ποσοστό επιτυχίας 100% σε απόσταση των 4 μέτρων. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 4 μέτρων το ποσοστό επιτυχίας μειώνεται δραματικά. Σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 6 μέτρων η κάμερα δεν έχει την δυνατότητα να αναγνωρίσει τον κώδικα QR. Στο γράφημα 1 διακρίνεται αναλυτικά η απόδοση του συστήματος αναγνώρισης του κώδικα QR σε σχέση με απόσταση. Για να δοκιμάσουμε τις δυνατότητες της κάμερας δοκιμάσαμε 20 διαφορετικούς κώδικες QR σε απόσταση από 2 μέχρι 6 μέτρα, με συνεχόμενες αυξήσεις της τάξεως τον 50 εκατοστών.



Γράφημα 1 Ποσοστό επιτυχημένης ανάγνωσης κώδικα QR σε σχέση με την απόσταση

Στην συνέχεια για να υπολογίσουμε την δυνατότητα της κάμερας να αναγνωρίζει κωδικούς qr υπό γωνία, δοκιμάσαμε 20 διαφορετικούς κωδικούς qr σε απόσταση 4 μέτρων, ξεκινώντας με τους κωδικούς QR να είναι κάθετα (90°) σε σχέση με την κάμερα και σε κάθε επανάληψη να προσθέτουμε 5°

Σύμφωνα με τον Γράφημα 2 βλέπουμε πως η απόδοση του συστήματος μειώνεται δραματικά μετά τις 10° απόκλισης. Με αυτό το πείραμα μπορούμε να συμπεράνουμε πως το σύστημα θα πρέπει να σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε η κάμερα να αντιμετωπίσει τους κωδικούς QR όσο το δυνατόν γίνεται με μικρές αποκλίσεις από τον κάθετο άξονα



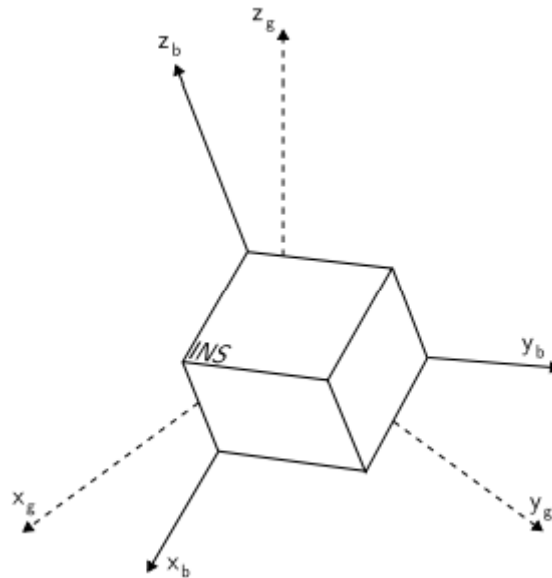
Γράφημα 2 Ποσοστό επιτυχημένης αναγνώρισης κώδικα QR σε σχέση με την γωνία

2.3 IMU

Η αδρανειακή πλοήγηση (Inertial Navigation) είναι μια αυτοματοποιημένη τεχνική πλοήγησης στην οποία οι μετρήσεις που παρέχονται από επιταχυνσιόμετρα και γυροσκόπια χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της θέσης και του προσανατολισμού ενός αντικειμένου σε σχέση με ένα γνωστό σημείο εκκίνησης. Οι αδρανειακές μονάδες μέτρησης (IMUs) περιέχουν συνήθως τρία ορθογώνια γυροσκόπια και τρία ορθογώνια επιταχυνσιόμετρα, που μετρούν τη γωνιακή ταχύτητα και τη γραμμική επιτάχυνση αντίστοιχα. Με την επεξεργασία σημάτων από αυτές τις συσκευές είναι δυνατή η παρακολούθηση της θέσης και του προσανατολισμού μιας συσκευής [7]. Η αδρανειακή πλοήγηση χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, όπως η πλοήγηση αεροσκαφών, πυραύλων, διαστημικών σκαφών, υποβρυχίων και πλοίων. Οι πρόσφατες εξελίξεις στην κατασκευή των συσκευών MEMS (micro-machined electromechanical systems) κατέστησαν δυνατή την κατασκευή μικρών και ελαφρών συστημάτων αδρανειακής πλοήγησης. Αυτές οι πρόοδοι έχουν διευρύνει το φάσμα των πιθανών εφαρμογών.

2.3.1 Κατηγορίες IMU

Σχεδόν όλες οι μονάδες IMU εμπίπτουν σε μία από τις δύο κατηγορίες που περιγράφονται παρακάτω. Η διαφορά μεταξύ των δύο κατηγοριών είναι το πλαίσιο αναφοράς στο οποίο λειτουργούν τα γυροσκόπια ταχύτητας και τα επιταχυνσιόμετρα. Σε όλη αυτή την αναφορά θα αναφερθούμε στο πλαίσιο αναφοράς του συστήματος πλοήγησης ως πλαίσιο σώματος και στο πλαίσιο αναφοράς πραγματικής κατεύθυνσης ως παγκόσμιο πλαίσιο, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

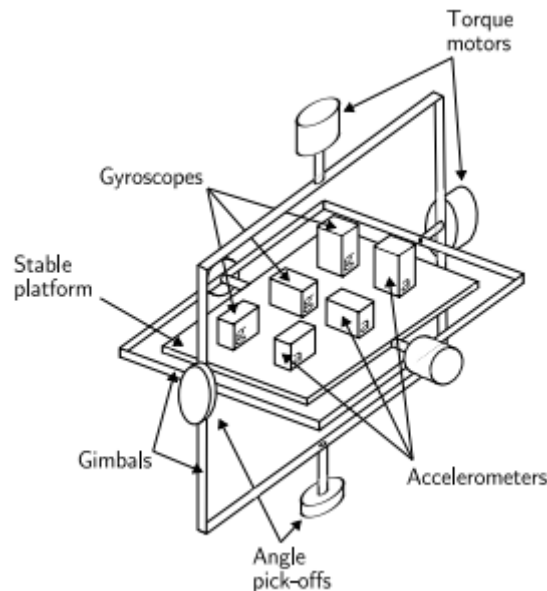


Εικόνα 9 Αδρανειακό σύστημα πλοήγησης - Inertial navigation system (INS)

2.3.1.1 Stable Platform Systems

Στα συστήματα σταθερής πλατφόρμας, οι αισθητήρες είναι τοποθετημένοι σε μια πλατφόρμα που είναι απομονωμένη από οποιαδήποτε εξωτερική περιστροφική κίνηση. Με άλλα λόγια, η πλατφόρμα βρίσκεται σε ευθυγράμμιση με το παγκόσμιο πλαίσιο(global frame). Αυτό επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση της πλατφόρμας χρησιμοποιώντας τα αντίζυγα (gimbals) τα οποία επιτρέπουν την ελευθερία της πλατφόρμας και στους τρεις άξονες, όπως φαίνεται στο **Σχήμα**. Τα γυροσκόπια που ανήκουν στην πλατφόρμα ανιχνεύουν τυχόν περιστροφές της πλατφόρμας. Αυτά τα σήματα τροφοδοτούνται σε κινητήρες ροπής που περιστρέφουν τα αντίζυγα για να ακυρώσουν τις περιστροφές, διατηρώντας έτσι την πλατφόρμα ευθυγραμμισμένη με το παγκόσμιο πλαίσιο. Για τον εντοπισμό του προσανατολισμού της συσκευής, οι γωνίες μεταξύ των γειτονικών αντίβαρων μπορούν να διαβαστούν χρησιμοποιώντας γωνίες απομάκρυνσης(angle pick-offs).

Στην περίπτωση του El Greco δεν υπήρχε ο διαθέσιμος χώρος για την εγκατάσταση ενός συστήματος σταθερής πλατφόρμας. Επιπλέον η κατασκευή μιας τέτοιας πλατφόρμας θα αύξανε το συνολικό κόστος, μια κίνηση που έρχεται σε αντίθεση με το αρχικό πλάνο για την κατασκευή ενός οικονομικού ρομπότ.



Εικόνα 10 Συστήματα σταθερής πλατφόρμας

2.3.1.2 Strapdown Systems

Τα συστήματα με ενσωματωμένους αισθητήρες, έχουν έναν σταθερό βραχίονα στήριξης που περιλαμβάνει το IMU. Ο προσανατολισμός ή η στάση ενός IMU σε σχέση με το παγκόσμιο πλαίσιο αναφοράς, παρακολουθείται από την "ενσωμάτωση" του σήματος γωνιακής ταχύτητας που λαμβάνεται από τα γυροσκόπια. Προκειμένου να προσδιοριστεί ο προσανατολισμός ενός INS, πρέπει να χρησιμοποιηθεί μία από τις πολλές αναπαραστάσεις στάσης. Κοινός οι παραστάσεις περιλαμβάνουν τις γωνίες Euler.

Τα συστήματα με ενσωματωμένους αισθητήρες έχουν μειωμένη μηχανική πολυπλοκότητα και τείνουν να είναι φυσικά μικρότερα από τα σταθερά συστήματα πλατφόρμας κάτι που τα καθιστά σαν πρώτη λύση για την χρήση τους στο πρόβλημα του προσανατολισμού του ρομπότ.

2.3.2 Κατηγορίες γυροσκοπίων

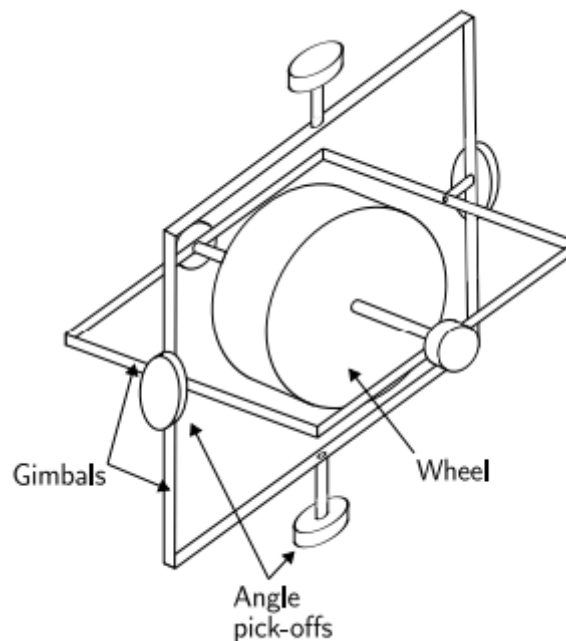
Το γυροσκόπιο είναι μια συσκευή η οποία μπορεί να διατηρεί σταθερό τον προσανατολισμό της μέσω της περιστροφής των μερών της και της αρχής της διατήρησης της στροφορμής. Εφευρέθηκε από τον Ζαν Μπερνάρ Λεόν Φουκώ το 1852, ο οποίος προσπάθησε με αυτή να αποδείξει την περιστροφή της Γης. Πρόκειται για μια διάταξη όμοια με εκείνη που φέρει η σχολική υδρογείος σφαίρα. Αντί όμως της υδρογείου φέρεται μια μεταλλική στεφάνη που μπορεί να περιστρέφεται δεξιά ή αριστερά. Αυτή η στεφάνη φέρει δεύτερη εσωτερική που στηρίζεται με συνδέσμους σε οριζόντια διάταξη, ως προς την εξωτερική, δυνάμενη έτσι να περιστρέφεται ελεύθερα με φορά πάνω ή κάτω. Στην

εσωτερική αυτή στεφάνη συγκρατείται εσωτερικά σε κάθετη διάταξη σε σχέση με τη προηγούμενη ο "σφόνδυλος" που αποτελεί μια μικρή σφαίρα που περιστρέφεται υπό μορφή σβούρας. Τα σημεία δράσης της κάθε στεφάνης καθώς και του σφονδύλου εξασφαλίζουν την ελεύθερη περιστροφή όλων των τμημάτων της διάταξης, δηλαδή του γυροσκοπίου σαν σύνολο.

Εφαρμογή του γυροσκοπίου αποτελεί η λεγόμενη "γυροσκοπική πυξίδα" της οποίας οι ενδείξεις, μετά από κάποιο χρόνο αφού τεθεί σε λειτουργία, θεωρούνται αληθείς με συνέπεια να μη χρήζουν διορθώσεων όπως συμβαίνει στη μαγνητική πυξίδα.

2.3.2.1 Μηχανικό γυροσκόπιο

Ένα συμβατικό γυροσκόπιο αποτελείται από ένα περιστρεφόμενο τροχό τοποθετημένο σε δύο αντίζυγα που του επιτρέπουν να περιστρέφεται και στους τρεις άξονες. Ένα αποτέλεσμα της διατήρησης της γωνιακής ορμής είναι ότι το ο περιστρεφόμενος τροχός θα αντισταθεί στις αλλαγές στον προσανατολισμό. Για να μετρήσουμε τον προσανατολισμό της συσκευής μπορούμε να μετρήσουμε τις γωνίες στα αντιζυγια. Το κύριο μειονέκτημα των μηχανικών γυροσκοπίων είναι ότι περιέχουν κινούμενα μέρη. Τα κινούμενα μέρη προκαλούν τριβή, η οποία με τη σειρά της προσθέτει ένα μικρό ποσοστό απόκλισης με την πάροδο του χρόνου. Τέλος τα μηχανικά γυροσκόπια απαιτούν λίγα λεπτά προετοιμασίας.

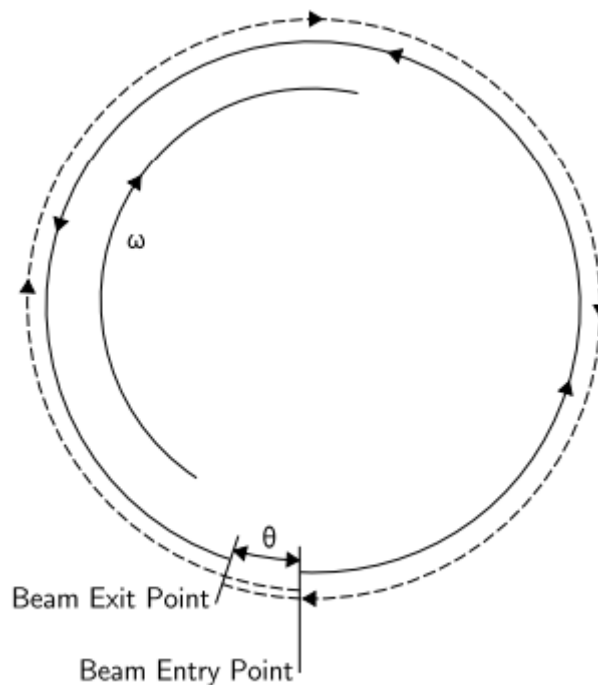


Εικόνα 11 Ένα συμβατικό μηχανικό γυροσκόπιο

2.3.2.2 Οπτικά γυροσκόπια

Γυροσκόπιο οπτικών ινών (fibre optic gyroscope FOG) χρησιμοποιεί την παρεμβολή του φωτός για τη μέτρηση της γωνιακής ταχύτητας. Ένα γυροσκόπιο οπτικών ινών αποτελείται από ένα πηνίο οπτικών ινών. Για την μέτρηση της περιστροφής, δυο φωτεινές δέσμες με αντίθετη φορά ξεκινάνε μέσα στο πηνίο. Αν ο αισθητήρας περιστρέφεται, τότε η δέσμη που κινείται προς την κατεύθυνση της περιστροφής θα παρουσιάσει μια μακρύτερη διαδρομή προς το άλλο άκρο της ίνας από ότι η δέσμη που κινείται έναντι της περιστροφής. Αυτό είναι γνωστό ως το φαινόμενο Sagnac. Τέλος όταν οι δέσμες εξέρχονται από την οπτική ίνα είναι ενωμένες. Η μετατόπιση φάσης που εισάγεται λόγω του αποτελέσματος Sagnac εξαρτάται από την γωνιακή ταχύτητα. Είναι επομένως δυνατή η μέτρηση τη γωνιακή ταχύτητα μετρώντας την ένταση της συνδυασμένης δέσμης.

Σε αντίθεση με τα μηχανικά γυροσκόπια, τα οπτικά γυροσκόπια δεν περιέχουν κινούμενα μέρη και απαιτούν μόνο λίγα δευτερόλεπτα για την εκκίνηση. Η ακρίβεια ενός οπτικού γυροσκοπίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος της μετάδοσης του φωτός διαδρομή, η οποία περιορίζεται από το μέγεθος της συσκευής, κάτι που δεν επιτρέπει την χρήση του στο ρομποτικό σύστημα.



Εικόνα 12 Το αποτέλεσμα Sagnac σε ένα οπτικό γυροσκόπιο



2.3.2.3 MEMS Gyroscopes

Παρά τα χρόνια ανάπτυξης, τα μηχανικά και οπτικά γυροσκόπια εξακολουθούν να έχουν υψηλό αριθμό κινούμενων μερών και εξαρτήματα που χαρακτηρίζονται από υψηλή ακρίβεια. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το κόστος κατασκευής να είναι μεγάλο. Αντίθετα, οι αισθητήρες MEMS (Microelectromechanical systems), είναι κατασκευασμένοι από πυρίτιο και σε συνδυασμό με τον μικρό αριθμό απόμερών (ένα γυροσκόπιο MEMS μπορεί να αποτελείται από τρία μέρη) έχει ως αποτέλεσμα ένα χαμηλό κόστος παραγωγής. Τα γυροσκόπια MEMS χρησιμοποιούν το φαινόμενο Coriolis, το οποίο δηλώνει ότι σε ένα πλαίσιο αναφοράς που περιστρέφεται σε γωνιακή ταχύτητα ω , μια μάζα m που κινείται με ταχύτητα v βιώνει μια δύναμη: $F_c = -2m(\omega \times v)$

Παρακάτω είναι μια λίστα των πλεονεκτημάτων των MEMS.

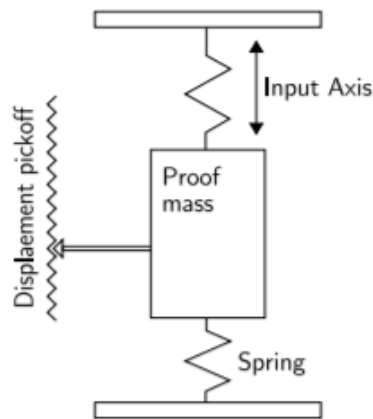
- Μικρό μέγεθος
- Μικρό βάρος
- Ανθεκτική Κατασκευή
- Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας
- Μικρή χρόνος εκκίνησης
- Χαμηλό κόστος παραγωγής
- Χαμηλό κόστος συντήρησης

2.3.3 Κατηγορίες επιταχυνσιόμετρων

Το επιταχυνσιόμετρο είναι μια ηλεκτρομηχανική συσκευή που έχει την ικανότητα να μετρά δυνάμεις επιτάχυνσης. Αυτές οι δυνάμεις μπορεί να είναι στατικές, όπως είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας, η δυναμικές όταν προκαλούνται – προέρχονται από αλλαγές στην ταχύτητα ή στην διεύθυνση της κίνησης (επιταχύνσεις, επιβραδύνσεις, στροφές). Χρησιμοποιείται κυρίως σε αδρανειακά συστήματα πλοήγησης, που συνήθως αποκαλούνται Inertial Navigation System (INS), ή Inertial Reference System (IRS), ή Inertial Reference Unit (IRU), ή Air Data Inertial Reference Unit (ADIRU), τα οποία συστήματα συνδυάζοντας την χρήση Επιταχυνσιόμετρων Γυροσκοπίων και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων, μπορούν να υπολογίζουν την θέση ενός οχήματος στον χώρο καθώς και την στάση και ταχύτητα αυτού με πολύ μεγάλη ακρίβεια, παράμετροι που είναι απολύτως απαραίτητοι για την λειτουργία του αυτόματου πιλότου και την ναυσιπλοΐα αεροπλάνων πλοίων και υποβρυχίων. Το επιταχυνσιόμετρο χρησιμοποιείται επίσης για την μέτρηση και καταγραφή των επιταχύνσεων στους τρεις άξονες των αεροσκαφών από τον καταγραφέα των στοιχείων της πτήσης, χρησιμοποιείται για την ενεργοποίηση του αερόσακου στα αυτοκίνητα, και σε οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή απαιτείται η μέτρηση της επιτάχυνσης.

2.3.3.1 Μηχανικά επιταχυνσιόμετρα

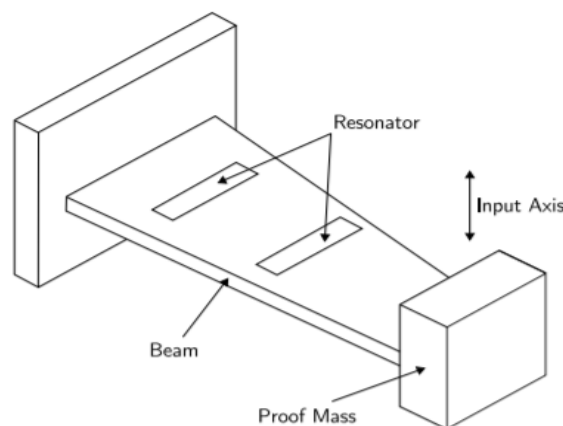
Ένα μηχανικό επιταχυνσιόμετρο αποτελείται από μία μάζα αναρτημένη από ελατήρια. Κατά την κίνηση του επιταχυνσιόμετρου η μάζα μετατοπίζεται δίνοντας ένα σήμα το οποίο είναι ανάλογο της δύναμης που ενεργεί επί της μάζας κατά την κατεύθυνση της κίνησης. Έχοντας την μάζα και την δύναμη που ασκείται στο σώμα, με τον δεύτερο κανόνα του Νεύτωνα ($F = ma$) μπορούμε να υπολογίσουμε την επιτάχυνση.



Εικόνα 13 Ένα μηχανικό επιταχυνσιόμετρο

2.3.3.2 Solid State (SAW)

Το επιταχυνσιόμετρο επιφανειακού ακουστικού κύματος (Surface Acoustic Wave) αποτελείται από μια δοκομετρική δέσμη η οποία συντονίζεται σε μια συγκεκριμένη συχνότητα. Μια μάζα συνδέεται στο ένα άκρο της δοκού χωρίς να παρεμποδίζεται η κίνησή της. Το άλλο άκρο είναι σταθερά στερεωμένο στην βάση. Όταν εφαρμόζεται μια δύναμη κατά μήκος του άξονα, η δέσμη κάμπτεται. Αυτό προκαλεί την αλλαγή της συχνότητας του επιφανειακού ακουστικού κύματος αναλογικά με την εφαρμοζόμενη δύναμη. Μέσω της μέτρησης αυτής της αλλαγής συχνότητας μπορεί να προσδιοριστεί η επιτάχυνση.



Εικόνα 14 Επιταχυνσιόμετρο επιφανειακού ακουστικού κύματος (Surface Acoustic Wave)

2.3.3.3 MEMS Accelerometers

Τα μικρομηχανικά επιταχυνσιόμετρα πυριτίου χρησιμοποιούν τις ίδιες αρχές με τους αισθητήρες μηχανικής και στερεάς κατάστασης. Τα πλεονεκτήματα των συσκευών MEMS που παρατίθενται στην ενότητα (2.3.2.3) ισχύουν εξίσου για τα επιταχυνσιόμετρα όπως και αυτά σε γυροσκόπια. Είναι μικρά, ελαφρά και έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και χρόνους εκκίνησης. Το κύριο μειονέκτημα τους είναι ότι δεν είναι επί του παρόντος τόσο ακριβείς όσο οι επιταχυνσιομετρητές που κατασκευάζονται με παραδοσιακές τεχνικές, αν και η απόδοση των συσκευών MEMS βελτιώνεται συνεχώς.

2.4 Ultrasonic

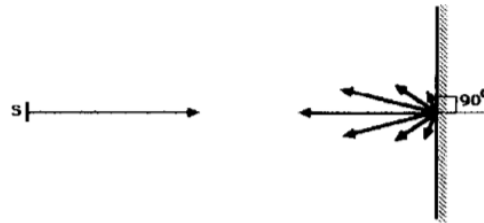
Ο υπερηχητικός αισθητήρας HC SR04 χρησιμοποιεί sonar για τον προσδιορισμό της απόστασης από ένα αντικείμενο. Ένα σήμα ενεργοποίησης, που διαρκεί τουλάχιστον 10 ms, θα προκαλέσει την εκπομπή ενός μικρού υπερηχητικού σήματος από τον αισθητήρα. Μετά τη μετάδοση αυτού του σύντομου υπερηχητικού σήματος, που αποτελείται από οκτώ παλμούς στα 40 kHz, ο αισθητήρας θα ακούσει την ηχώ από την αντανάκλαση. Υπολογίζοντας τον χρόνο που χρειάστηκε το σήμα από την εκπομπή μέχρι την ανάκλαση του πίσω στον αισθητήρα μπορούμε να υπολογίσουμε την απόσταση που μεσολαβεί μεταξύ του αισθητήρα και αντικειμένου



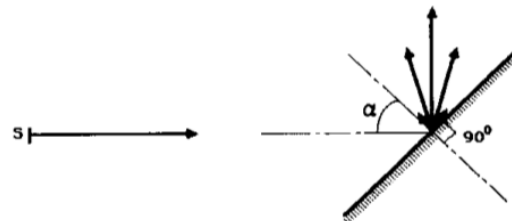
Εικόνα 15 Αισθητήρας απόστασης υπερήχων HC-SR04

Η μέτρηση απόστασης με την χρήση υπερήχων υποφέρει από ορισμένα μειονεκτήματα που περιορίζουν τη χρησιμότητα αυτών των συσκευών στη χαρτογράφηση ή στην αποφυγή εμποδίων. Το μεγαλύτερο μέρος της ηχητικής ενέργειας αντανακλάται κάθετα στην

επιφάνεια του εμποδίου και θα γυρίσει πίσω στον αισθητήρα, ενώ μόνο ένα μικρό ποσοστό της ενέργειας ανακλάται σε διαφορετικές κατευθύνσεις. Ωστόσο, αν η επιφάνεια του εμποδίου είναι κεκλιμένη σε σχέση με τον ακουστικό άξονα, τότε μόνο μια μη ανιχνεύσιμη μικρή ποσότητα ενέργειας θα ανακλάται πίσω προς τον αισθητήρα (εικόνα 16). Η μέγιστη γωνία κλίσης (εικόνα 17) για μια αξιόπιστη ανίχνευση μιας λείας επιφάνειας είναι περίπου 25 μοίρες. [7]

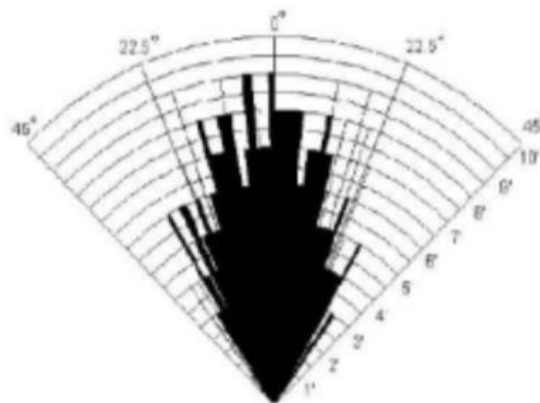


Εικόνα 16 Ανάκλαση σε επίπεδη επιφάνεια



Εικόνα 17 Ανάκλαση σε επιφάνεια υπό γωνία

Καθώς ο πομπός του σήματος με τον δέκτη απέχουν μόνο 2,6 εκατοστά, ο αισθητήρας δουλεύει καλύτερα για τον εντοπισμό αντικειμένου σε μια γωνία περίπου 30°. (εικόνα 18). Ωστόσο τα προαναφερθέντα προβλήματα μπορούν να λυθούν με την χρήση ακριβότερων αισθητήρων απόστασης. ή με την χρήση περισσότερων αισθητήρων.



Εικόνα 18 Εύρος κατανομής υπερήχων



3. Φωνητική αλληλεπίδραση

Οι φωνητικές λειτουργίες είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο της ξενάγησης καθώς παρέχουν στον επισκέπτη πληροφορίες σχετικά με τα εκθέματα (αντικείμενα ενδιαφέροντος). Η φωνητική αλληλεπίδραση με τον επισκέπτη τις περισσότερες φορές πραγματοποιείται με την χρήση ευφύων συστημάτων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας Natural Language Processing systems.

Ένα από τα σημαντικά στοιχεία της φυσικής γλώσσας είναι οι γλωσσικοί ιδιωματισμοί. Ο όρος σχετίζεται με τις ιδιοτροπίες της γλώσσας, οι οποίες διαφοροποιούνται από τόπο σε τόπο. Αποτελούνται από εκφράσεις προγόνων οι οποίες επιβιώνουν στο βάθος του χρόνου και δεν εξαλείφονται εύκολα. Ένα άλλο στοιχείο ιδιωματισμού αποτελούν τα χαρακτηριστικά του προφορικού λόγου της γλώσσας, όπως ο χρωματισμός ή το πόσο χυμώδης είναι.

Στην περίπτωση της ξενάγησης στο μουσείο, υπάρχουν τοπικοί ιδιωματισμοί σχετικά με την ονομασία των εργαλείων και των μηχανημάτων βυρσοδεψίας και κατά συνέπεια και της ονοματοδοσίας των εκθεμάτων μέσα στο μουσείο.

3.1 Speech Recognition Systems

Τα Speech Recognition συστήματα διαθέτουν δύο βασικές επιλογές λειτουργίας: την συνεχόμενη ακρόαση και διακριτική ακρόαση. Είναι πιο εύκολο για ένα πρόγραμμα να αναγνωρίσει λέξεις ή φράσεις όταν μιλάμε με μια παύση μεταξύ τους. Ωστόσο, οι περισσότεροι χρήστες προτιμούν να μιλούν σε κανονική ταχύτητα συνομιλίας. Σχεδόν όλα τα σύγχρονα συστήματα είναι σε θέση να κατανοήσουν τη συνεχή ομιλία.

Για να είναι σε θέση ένα σύστημα να δημιουργήσει γραπτό λόγο από την ομιλία ενός χρήστη θα πρέπει να περάσουν αρκετά περίπλοκα στάδια. Όταν μιλάμε δημιουργούμε δονήσεις στον αέρα, οι οποίες γίνονται αντιληπτές από το μικρόφωνο. Η διαδικασία μετατροπής αναλογικού σήματος σε ψηφιακή μορφή analog-to-digital (ADC) μετατρέπει αυτές τις δονήσεις σε δεδομένα. Στην συνέχεια πραγματοποιείται δειγματοληψία των δεδομένων και φιλτράρισμα του θορύβου, καθώς επίσης και κανονικοποίηση του ήχου, ρύθμιση επιπέδου έντασης και χρονική ευθυγράμμιση. Από την φύση της η ανθρώπινη ομιλία, δεν γίνεται ποτέ με τα ίδια στοιχεία όπως την ταχύτητα, τον τόνο, τις παύσεις, έτσι θα πρέπει να προηγηθούν όλες οι παραπάνω διαδικασίες με σκοπό την δημιουργία δειγμάτων ήχου με όσο το δυνατόν όμοια στοιχεία.



Τα περισσότερα συστήματα αναγνώρισης ομιλίας βασίζονται σε κρυφά Μαρκοβιανά μοντέλα (Hidden Markov Models - HMM) για την αναγνώριση λέξεων μέσα στην ομιλία. Στην συγκεκριμένη προσέγγιση τα δείγματα διαιρούνται σε μικρότερα με χρόνο μερικές εκατοντάδες του δευτερολέπτου ή ακόμα και χιλιάδες στις περιπτώσεις συνεχόμενων ήχων. Σε ένα τυπικό HMM, το σήμα ήχου διαιρείται σε τμήματα των 10 ms. Το φάσμα ισχύος κάθε τμήματος, το οποίο είναι μια γραφική παράσταση της ισχύος του σήματος ως συνάρτηση της συχνότητας, χαρτογραφείται σε ένα διάγραμμα πραγματικών αριθμών (Cepstral συντελεστές). Το τελικό αποτέλεσμα ενός HMM είναι μια ακολουθία αυτών των διανυσμάτων.

Για την αποκωδικοποίηση την ομιλία σε κείμενο, ομάδες διανυσμάτων αντιστοιχίζονται με ένα ή περισσότερα phonemes (Φωνήματα - fundamental unit of speech). Ο υπολογισμός αυτός απαιτεί καλή εκπαίδευση, καθώς ο ήχος ενός phoneme κυμαίνεται (διαφέρει) από ομιλητή σε ομιλητή, ακόμη η έκφραση από τον ίδιο ομιλητή. Έπειτα εφαρμόζεται ένας αλγόριθμος για την επιλογή της πιο πιθανής λέξης ή λέξεων που παράγει η ακολουθία από phonemes.

Ο αλγόριθμος επιλογής των παραγόμενων λέξεων συνήθως διαθέτει πολλές συλλογές λέξεων της ομιλούμενης γλώσσας σε κάθε περίπτωση ώστε να μπορέσει να πραγματοποιήσει την συσχέτιση phoneme με λέξεις. Σε πιο εξειδικευμένες περιπτώσεις, για παράδειγμα ένα περιβάλλον γραφείου, μπορεί να γίνει κατάλληλη εκπαίδευση του λεξιλογίου του συστήματος με τις λέξεις και φράσεις που αρμόζουν στο συγκεκριμένο περιβάλλον, μειώνοντας έτσι το φόρτο υπολογισμού για την αντιστοιχία λέξεων.

Αυτή η όλη διαδικασία μπορεί να είναι υπολογιστικά δαπανηρή. Σε πολλά σύγχρονα συστήματα αναγνώρισης ομιλίας, χρησιμοποιούνται νευρωνικά δίκτυα για την απλοποίηση του σήματος ομιλίας χρησιμοποιώντας τεχνικές για μετασχηματισμό χαρακτηριστικών και μείωση των διαστάσεων πριν από την αναγνώριση HMM. Οι ανιχνευτές φωνητικής δραστηριότητας (VADs) χρησιμοποιούνται επίσης για τη μείωση ενός ηχητικού σήματος μόνο σε τμήματα που είναι πιθανό να περιέχουν ομιλία. Αυτό εμποδίζει τον αναγνώστη να σπαταλάει χρόνο αναλύοντας περιττά μέρη του σήματος. [\[9\]](#)[\[10\]](#).

3.1.1 Αναγνώριση ομιλίας: Αδυναμίες και ελαττώματα

Κανένα σύστημα αναγνώρισης ομιλίας δεν έχει 100% ακρίβεια. Κάποιοι από τους παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια συνεχίζουν να βελτιώνονται με την εξέλιξη της τεχνολογίας, άλλοι μπορούν να μειωθούν ή να διορθωθούν πλήρως από τον χρήστη.

- Μικρή αναλογία πληροφορίας θορύβου



Το σύστημα θα πρέπει να αναγνωρίζει τις λέξεις του χρήστη ξεκάθαρα και κάθε επιπλέον θόρυβος που εισάγεται στον ήχο αυτό επηρεάζει την αναγνώριση. Ο θόρυβος προέρχεται από διάφορες πηγές όπως από το περιβάλλον του χρήστη (γραφείο, καφέ), από το μικρόφωνο που χρησιμοποιείται από τον χρήστη και από την κάρτα ήχου της συσκευής που εκτελείται η διαδικασία αποστολής σήματος για επεξεργασία, λόγω έλλειψης θωράκισης από ηλεκτρικά σήματα.

- **Επικαλυπτόμενη ομιλία**

Τα συστήματα αναγνώρισης δυσκολεύονται να ξεχωρίσουν την ταυτόχρονη ομιλία πολλαπλών χρηστών, ειδικά σε περιπτώσεις συνομιλίας στις οποίες πολλές φορές ο ένας χρήστης διακόπτει τον άλλον ή μιλάει πάνω από τον άλλον.

- **Εντατική χρήση της ισχύος του υπολογιστή**

Η εκτέλεση των στατιστικών μοντέλων που απαιτούνται για την αναγνώριση ομιλίας απαιτεί από τον επεξεργαστή του υπολογιστή να κάνει πολλή βαριά εργασία. Ένας λόγος για αυτό είναι κάθε στάδιο της αναζήτησης αναγνώρισης λέξεων σε περίπτωση που το σύστημα πρέπει να επιστρέψει για να βρει τη σωστή λέξη. Οι μέσοι υπολογιστές που χρησιμοποιούνται σήμερα μπορούν ακόμα να αντιμετωπίσουν δυσκολίες με περίπλοκες εντολές ή φράσεις, επιβραδύνοντας σημαντικά τον χρόνο απόκρισης. Τα λεξιλόγια που απαιτούνται από τα προγράμματα απορροφούν επίσης ένα μεγάλο μέρος του χώρου στο σκληρό δίσκο, για συσκευές με περιορισμένο αποθηκευτικό χώρο.

- **Ομώνυμες λέξεις**

Ομώνυμες λέξεις χαρακτηρίζονται οι λέξεις οι οποίες μεταξύ τους έχουν διαφορετική γραφή και σημασία αλλά προφέρονται με τον ίδιο τρόπο, για παράδειγμα “λείπει” και “λύπη”. Δεν υπάρχει τρόπος για ένα πρόγραμμα αναγνώρισης ομιλίας να βρει την διαφορά αυτών των λέξεων με βάση μόνο τον ήχο. Ωστόσο με εκτεταμένη εκπαίδευση των μοντέλων που λαμβάνουν υπόψη το πλαίσιο των λέξεων μπορούν να βελτιώσουν αρκετά τις αποδόσεις.

Το σύστημα για να αξιοποιήσει τις πλήρεις δυνατότητες του θα πρέπει να είναι σε θέση να μπορεί να συνομιλήσει με τον επισκέπτη του μουσείου. Αυτό προϋποθέτει το σύστημα να μπορεί να κατανοήσει τις φωνητικές εντολές του επισκέπτη και παράλληλα να έχει την δυνατότητα να απαντήσει στην γλώσσα του επισκέπτη. Για αυτό το λόγο το σύστημα θα πρέπει να μετατρέπει την ομιλία του χρήστη σε κείμενο καθώς και το κείμενο που θα παράγεται από το σύστημα να μετατρέπεται σε ομιλία.



3.2 Τι είναι ένα Chatbot

Ένα Chatbot είναι ένα σύστημα το οποίο έχει την δυνατότητα δημιουργίας διαλόγου με γραπτό αλλά και προφορικό λόγο. Το σύστημα συνδυάζει διάφορες υπηρεσίες και τεχνικές αναγνώρισης και κατανόησης φυσικής γλώσσας. Το επίπεδο κατανόησης στηρίζεται σε ένα μεγάλο σύνολο τεχνολογιών όπως τεχνητή νοημοσύνη, μηχανική μάθηση και επεξεργασία φυσικής γλώσσας (Natural Language Processing). Σε απλή δομή ένα Chatbot προσπαθεί να συνδυάσει λέξεις κλειδιά από τις φράσεις που λαμβάνει, με στόχο να βγάλει συμπεράσματα σχετικά με το ποια θα πρέπει να είναι η απάντηση του. Τα περισσότερα Chatbot δημιουργήθηκαν με σκοπό να προσομοιώσουν όσο περισσότερο γίνεται την ανθρώπινη συμπεριφορά μέσα σε μια συζήτηση. Η χρήση των Chatbot αφορά κυρίως την καθοδήγηση και την εξυπηρέτηση πελατών σε ιστοσελίδες ή καταστήματα, χρήση διάφορων αυτοματισμών όπως smart home assistants καθώς επίσης και βοηθών σε κινητές συσκευές smartphone assistants[9].

3.2.1 Ιστορική αναδρομή

Το πρώτο chatbot που είχε τα κριτήρια να επιχειρήσει το Turing test ονομαζόταν Eliza και δημιουργήθηκε το έτος 1966. Σκοπός του συγκεκριμένου bot ήταν να συμπεριφέρεται σύμφωνα με διάφορους κανόνες που του δίνονταν ως αρχικές οδηγίες σε μορφή αρχείου script. Το πιο δημοφιλές script του Eliza ήταν κανόνες συμπεριφοράς αντίστοιχες με έναν ειδικευόμενο Ψυχολόγο στο αντικείμενο της ψυχοθεραπείας Rogerian. Χρησιμοποιούσε απλή αναγνώριση μοτίβων για να απαντήσει στον χρήστη και πολλές φορές επέστρεφε την είσοδο ως έξοδο. Το Eliza μπορεί να μην είχε τόσο καλή ποιότητα επικοινωνίας με τον άνθρωπο αλλά ήταν αρκετή για να πείσει το τότε κοινό του να επενδύσει περισσότερο στην δημιουργία chatbot συστημάτων. Το επόμενο σύστημα το οποίο κατάφερε να βαθμολογηθεί από το Turing test ήταν το PARRY (Colby 1975). Το PARRY σχεδιάστηκε για να προσομοιώνει μια persona με την ασθένεια της παράνοια. Ο σκοπός του ήταν εκπαιδευτικός και η δόθηκε σε επαγγελματίες γιατρούς για την αξιολόγηση του. [\[11\]](#)

Στις μέρες μας οι περισσότερες υπηρεσίες chatbot προσφέρονται στο cloud με κάποια συνδρομή, έχοντας δικές τους βάσεις δεδομένων και μοντέλα εκπαίδευσης με τα δεδομένα που συλλέγουν. Υπάρχουν ωστόσο και χαμηλότερου κόστους λύσεις οι οποίες είτε προσφέρονται ως ένα μικρότερο πακέτο δυνατοτήτων των προαναφερθέντων υπηρεσιών είτε αποτελούν δωρεάν open-source project.

3.2.2 Έρευνα για το κατάλληλο framework

Για την προσομοίωση ενός ξεναγού που θα μπορεί να αλληλεπιδρά με τον χρήστη μέσω φωνητικών εντολών, διερευνήθηκαν διάφορες πλατφόρμες που προσφέρουν τέτοιο είδους υπηρεσίες.



3.2.2.1 Wit Ai

Το Wit Ai είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα της Facebook, η οποία προσφέρει δωρεάν τις υπηρεσίες της. Σημαντικό στοιχείο της είναι πως η γνώση που αποκτά με κάθε αλληλεπίδραση κοινοποιείται σε όλη την πλατφόρμα και κατά συνέπεια τα μοντέλα των χρηστών της, το οποίο κάνει ακόμα πιο αποτελεσματική την χρήση της, σε αντίθεση με την ανεξάρτητη και αυτόνομη εκπαίδευση ενός μοντέλου από την αρχή.

Η πλατφόρμα υποστηρίζει την δημιουργία bot σε οποιαδήποτε πλατφόρμα ανταλλαγής μηνυμάτων. Επιπλέον έχει δυνατότητα γραπτής αλλά και φωνητικής αλληλεπίδρασης με τον χρήστη. Υποστηρίζει την ενσωμάτωση της σε συστήματα αυτοματισμού, για παράδειγμα home assistants, φωνητικές εντολές για την εκτέλεση διαφόρων αυτοματοποιημένων ενεργειών μέσα σε χώρους.

Για την χρήση της πλατφόρμας είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός λογαριασμού χρήστη. Η βασική ιδέα της είναι η αναγνώριση οντοτήτων μέσα από τις φράσεις που της δίνονται. Η πλατφόρμα υποστηρίζει την δημιουργία πολλών οντοτήτων καθώς και κανόνων μεταξύ τους. Πέρα από ένα μεγάλο σύνολο προσχεδιασμένων οντοτήτων (τοποθεσία, θερμοκρασία, καιρός κλπ.), υπάρχει και δυνατότητα δημιουργίας νέων οντοτήτων με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τα οποία καλύπτουν συγκεκριμένες ιδιότητες κάθε υλοποίησης.

Η χρήση του Wit.ai καλύπτει όλες τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας καθώς δεν διαθέτει έξοδα χρήσης, καλύπτει την δημιουργία bot, την κατανόηση κειμένου αλλά και φωνής και τέλος διαθέτει υποστήριξη της Ελληνικής γλώσσας.



Dialogflow

3.2.2.2 Dialogflow

Το Dialogflow αποτελεί την προσέγγιση της Google στο θέμα των chatbot. Για την χρήση του υπάρχουν 3 πακέτα ένα εκ των οποίων δωρεάν, χωρίς καμία δέσμευση από τον χρήστη παρά μόνο την δημιουργία κάποιου λογαριασμού google. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα διαθέτει πολύ δυνατούς αλγορίθμους Machine Learning για αποτελέσματα με μεγάλη ακρίβεια στην κατανόηση της φυσικής γλώσσας, ακόμα και σε νέες φράσεις. Διαθέτει φιλικό γραφικό περιβάλλον το οποίο επιτρέπει στους προγραμματιστές να παραμετροποιήσουν και να εκπαιδεύσουν τα μοντέλα τους. Η βασική ιδέα του συστήματος είναι η συσχέτιση πρόθεσης (intent) και οντοτήτων (entities) μέσα από τις φράσεις. Στο DialogFlow υπάρχει δυνατότητα χρήσης προσχεδιασμένων οντοτήτων, αλλά και η δυνατότητα δημιουργίας νέων. Ένα από τα σημαντικά σημεία του Dialogflow είναι η εύκολη και γρήγορη ενσωμάτωση του με άλλα APIs, καθώς υπάρχουν έτοιμα πακέτα για τα περισσότερα APIs.

Οι δυνατότητες που προσφέρει το δωρεάν πακέτο υπηρεσιών του Dialogflow καλύπτει τις ανάγκες για το σχεδιασμό ενός bot, την κατανόηση ομιλίας, την συσχέτιση της φωνητικής πληροφορίας με τα εκθέματα του μουσείου και την παροχή πληροφοριών προς του επισκέπτες αλλά δεν υποστηρίζει την Ελληνική γλώσσα.



3.2.2.3 Microsoft Language Understanding Intelligent Service (LUIS)

Η χρήση των Cognitive Services από την Microsoft προσφέρει αρκετά εργαλεία πάνω στην κατανόηση της φυσικής γλώσσας όπως την υπηρεσία Language Understanding Intelligent service LUIS. Ο τρόπος λειτουργίας παραμένει ίδιος, δηλαδή η εύρεση συσχέτισης πρόθεσης και οντοτήτων μέσα από τις φράσεις. Ο χρήστης δίνει μια φράση ως είσοδο, η οποία χωρίζεται σε διάφορα τμήματα τα οποία με την σειρά τους γίνονται είσοδος στους διάφορους αλγορίθμους μηχανικής μάθησης ώστε να βρεθούν οι προθέσεις και οι οντότητες. Το πρόβλημα με την συγκεκριμένη υπηρεσία είναι πως παρόλο που διατίθεται για την ελληνική γλώσσα, το πακέτο διαθέτει 10.000 δωρεάν κλήσεις στο σύστημα, μετά από αυτό το όριο κάθε κλήση προς την υπηρεσία του LUIS χρεώνεται.

Η επιλογή των Microsoft cognitive services και συγκεκριμένα της Language Understanding υπηρεσίας απορρίπτεται διότι το όριο του δωρεάν πακέτου παρόλο που είναι αρκετά μεγάλο, σε πραγματικές συνθήκες και με μια μέση συχνότητα ερωτήσεων σε έναν μήνα ξενάγησης το σύστημα σίγουρα θα το υπερέβαινε.



3.2.2.4 Amazon Lex

Η Amazon διαθέτει την υπηρεσία Amazon Lex με την οποία λειτουργεί και η Alexa, η virtual assistant της Amazon. Παρέχει προηγμένες λειτουργίες deep learning αυτόματης αναγνώριση ομιλίας ASR (Automatic speech recognition) για την μετατροπή της ομιλίας σε κείμενο και την κατανόηση της φυσικής γλώσσας (NLU: Natural Language Understanding) για όσο το δυνατόν καλύτερη εμπειρία αλληλεπίδρασης με τον χρήστη. Τα σημαντικά πλεονεκτήματα της πλατφόρμας είναι το φιλικό προς τον προγραμματιστή γραφικό περιβάλλον, η εύκολη και γρήγορη ενσωμάτωση σε διαφορετικά συστήματα και υπηρεσίες, καθώς επίσης και η δημιουργία υλοποίηση και διαχείριση της υπηρεσίας. Τέλος



το Amazon Lex παρέχει επί πληρωμή τις δυνατότητές του με την στρατηγική pay-as-you-go, αλλά διαθέτει μια δοκιμαστική περίοδο για τους νέους χρήστες.

Με το Amazon Lex θα ήταν εφικτή η δημιουργία και ενσωμάτωση ενός bot ξενάγησης για τους στόχους της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Τα σημεία για τα οποία το Amazon Lex απορρίφθηκε ως επιλογή για την εργασίας είναι αρχικά η χρήση επί πληρωμή του η οποία δεν αποτελεί βιώσιμη λύση για ερευνητικά έργα όπως αυτό και τέλος η έλλειψη υποστήριξης της Ελληνικής γλώσσας.

pandorabots

3.2.2.5 Pandorabots

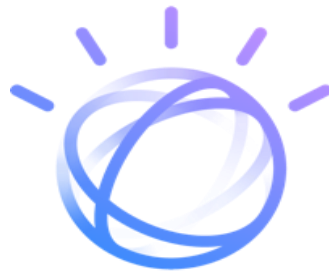
Η Pandorabots είναι μια εταιρεία τεχνητή νοημοσύνης η οποία διαχειρίζεται μια υπηρεσία δημιουργίας και ανάπτυξης chatbots. Η πλατφόρμα Pandorabots είναι από τις παλαιότερες και μεγαλύτερες υπηρεσίες δημιουργίας chatbot με γνώμονα την τεχνητή νοημοσύνη. Η πλατφόρμα είναι ανοικτού προτύπου AIML και διαθέτει κάποιους από τους πόρους της δωρεάν με άδειες όπως GPL ή μέσω ανοικτών APIs. Η πλατφόρμα διαθέτει πολλές ανεξάρτητες τεχνολογίες μηχανικής μάθησης κάθε μια με τους δικούς τις περιορισμούς και ιδιαιτερότητες.

Τα Pandorabots μπορεί να διαμένουν τοπικά σε μια συσκευή και να συνεχίσουν να εργάζονται χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο. Τα Pandorabots μπορούν να μάθουν και να διατηρήσουν στενές λεπτομέρειες σχετικά με τους χρήστες. Είναι αρκετά εύκολο να αναπτυχθεί ένα pandorabot, καθώς υπάρχει δυνατότητα εύκολης ενσωμάτωσης περιεχομένου δεδομένων από εξωτερικά API και από Σημασιολογικές Βάσεις Δεδομένων (Semantic Databases). Σημαντικό στοιχείο είναι πως τα Pandorabots είναι άμεσα πολύγλωσσα - έτσι μπορούν να λειτουργούν σε οποιοδήποτε περιβάλλον. Το Pandorabots χρησιμοποιεί επί του παρόντος API ομιλίας της Google για να αναγνωρίσει την ομιλία, αλλά μπορούν εύκολα να ενσωματωθούν και άλλα μοντέλα ομιλίας.

Μια από τις δημοφιλείς εφαρμογές μέσω της πλατφόρμας είναι η δημιουργία του chatbot Mitsuku το οποίο έχει κερδίσει πολλές φορές το βραβείο **Loebner** (2013,2016,2017,2018).

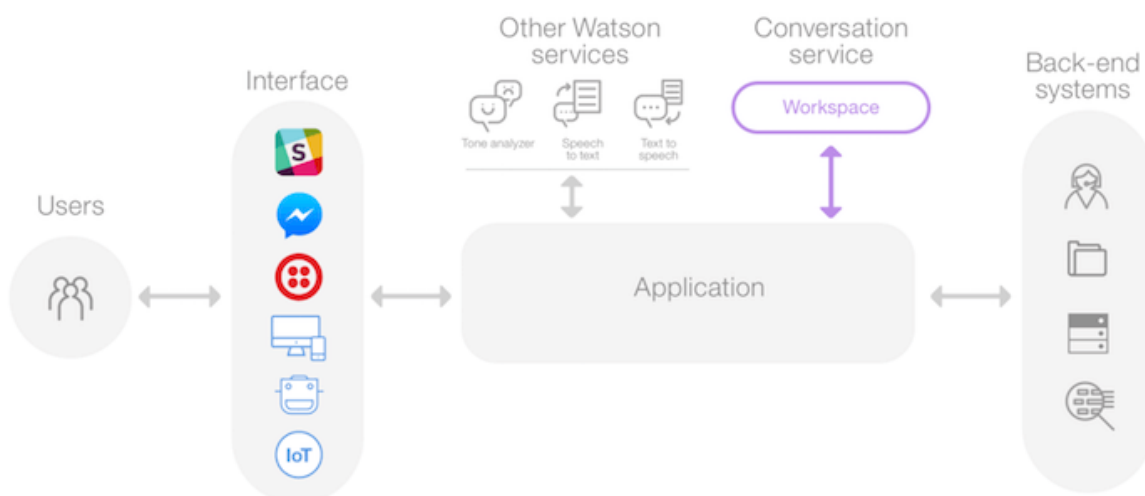
Η Pandorabots προσφέρει όλες τις λειτουργίες και διαθέτει όλα τα πακέτα υποστήριξης για το σύστημα ξενάγησης της παρούσας εργασίας εκτός από την ελεύθερη σύνδεση ενός

λογαριασμού χρήστη χωρίς την εισαγωγή στοιχείων τραπεζικού λογαριασμού. Το τελευταίο εμπόδιο είναι και το κριτήριο για το οποίο δεν επιλέχθηκε η πλατφόρμα randorabots ως το bot ξενάγησης.



3.2.2.6 IBM Watson

Η IBM διαθέτει το Watson το οποίο στοχεύει την enterprise αγορά. Επιτρέπει την γρήγορη ανάπτυξη συστημάτων αλληλεπίδρασης και την συνδεσιμότητα με εφαρμογές κινητών συσκευών, πλατφόρμες ανταλλαγής μηνυμάτων και ρομπότ. Επίσης επιτρέπει την δημιουργία διαφόρων agents, οι οποίοι μπορούν να εκπαιδευτούν σε έναν συγκεκριμένο τομέα για την καλύτερη τμηματοποίηση της εξυπηρέτησης του χρήστη. Διαθέτει ακόμα τμήμα για την δημιουργία αυτοματοποιημένων υπηρεσιών για τους πελάτες μιας επιχείρησης. Μέσα στις υπηρεσίες συμπεριλαμβάνονται και οι υπηρεσίες μετάφρασης, μετατροπής κειμένου σε λόγο και λόγου σε κείμενο, αναγνώριση χαρακτηριστικών προσωπικότητας και συναισθημάτων μέσω γραπτού κειμένου.



Εικόνα 19 Αρχιτεκτονική συστήματος IBM Watson

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας οι ανάγκες που πρέπει να καλυφθούν συγκεντρώνονται στην κατανόηση γραπτού αλλά και προφορικού λόγου της Ελληνικής γλώσσας και την παρουσίαση πληροφοριών για το μουσείο. Το IBM Watson δεν διαθέτει

υποστήριξη της Ελληνικής γλώσσας καθώς επίσης και δωρεάν πακέτο παροχής υπηρεσιών, επομένως δεν αποτελεί επιλογή για τους σκοπούς της εργασίας.



3.2.2.7 ChatterBot

Το ChatterBot είναι μια βιβλιοθήκη της Python, η οποία επιτρέπει την εύκολη δημιουργία αυτοματοποιημένων απαντήσεων συσχετιζόμενες με την είσοδο που δίνει ο χρήστης. Χρησιμοποιεί μια συλλογή από αλγορίθμους μηχανικής μάθησης για την συσχέτιση απαντήσεων. Αυτό δίνει την ευκολία στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν αυτοματοποιημένα Chabot και συζητήσεις με τους χρήστες. Ένα από τα μεγάλα πλεονεκτήματα του ChatterBot είναι η γλωσσική ανεξαρτησία (Language Independence). Πιο συγκεκριμένα ο σχεδιασμός του επιτρέπει την εκπαίδευσή του σε οποιαδήποτε γλώσσα. Επιπλέον η δομή του επιτρέπει την βελτίωση της εκπαίδευσης του κατά την αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Το περιβάλλον στο οποίο εκτελείται το bot είναι τοπικό, καθώς ο σχεδιασμός και η λειτουργία του συμβαίνουν στο ίδιο περιβάλλον. Ωστόσο αν συνδυαστεί με κάποιο framework όπως το Flask για την δημιουργία web api μπορεί να πραγματοποιηθεί απομακρυσμένη αλληλεπίδραση με κάποιον τελικό χρήστη.

Για την δημιουργία ενός bot, αρχικά σχηματίζεται ένα instance ενός χωρίς επικοινωνιακή γνώση bot. Κάθε φορά που ένας χρήστης προσθέτει μια είσοδο στο bot, η βιβλιοθήκη αποθηκεύει το κείμενο καθώς και το κείμενο το οποίο ακολούθησε η είσοδος του χρήστη. Καθώς το ChatterBot λαμβάνει όλο και περισσότερες εισόδους, ο αριθμός των απαντήσεων που μπορεί να δώσει και η ακρίβεια κάθε μίας σε σχέση με την είσοδο του χρήστη αυξάνονται.

Η υλοποίηση ενός ChatterBot στηρίζεται στα 5 τμήματα που ακολουθούν:

1. Trainers:

Με τον όρο Trainers περιγράφονται οι συναρτήσεις με σκοπό την εισαγωγή των δεδομένων προς εκμάθηση. Η βιβλιοθήκη διαθέτει 3 προσχεδιασμένους Trainers, αλλά επιτρέπει και την δημιουργία διαφορετικών Trainer μεθόδων για συγκεκριμένες απαιτήσεις.



a. ListTrainer:

Η συγκεκριμένη μέθοδος λαμβάνει έτοιμα σενάρια διαλόγων με σκοπό την εκμάθηση των αντιστοιχιών κάθε πρότασης με την προηγούμενή της.

b. ChatterBotCorpusTrainer:

Ένα project βασισμένο στην ChatterBot βιβλιοθήκη με όνομα chatterbot-corpus διαθέτει πολλές συλλογές κειμένων σε πολλές γλώσσες. Με τον συγκεκριμένο Trainer γίνεται δυνατή η διαδικασία εισόδου μεγάλων συλλογών κειμένων, όπως το chatterbot-corpus, για την εκμάθηση μιας γλώσσας ή συγκεκριμένων τμημάτων της.

c. UbuntuCorpusTrainer:

Με στόχο την δημιουργία συστημάτων συνομιλιών ανθρώπου μηχανής δημιουργήθηκε το Ubuntu Dialog Corpus, ένα σύνολο δεδομένων με διαλόγους. Παρέχει μια πηγή έρευνας για την διαχείριση διαλόγου που βασίζονται σε νευρωνικά μοντέλα τα οποία μπορούν να χρησιμοποιήσουν μεγάλα ποσά μη ταυτοποιήσιμων δεδομένων. Το σύνολο δεδομένων περιέχει διάφορες ιδιότητες όπως πολλαπλές κατευθύνσεις συνομιλιών (με στόχο την καλύτερη παρακολούθηση διαλόγου). Για τους ίδιους σκοπούς έρευνας και ανάπτυξης η βιβλιοθήκη του ChatterBot μπορεί να ενσωματώσει την πληροφορία του Ubuntu Corpus ως δεδομένα εκμάθησης.

[\[12\]](#)

2. Preprocessors:

Οι συγκεκριμένες μέθοδοι είναι υπεύθυνες για την προεπεξεργασία των δεδομένων εισόδου εκπαίδευσης. Στην βιβλιοθήκη υπάρχουν 3 μέθοδοι προεπεξεργασίας δεδομένων:

- CleanWhitespace: Αφαιρεί τους κενούς χαρακτήρες από τις προτάσεις
- Unescape_html: Αφορά html χαρακτήρες οι οποίοι μετατράπηκαν μέσα στα δεδομένα εισόδου
- Convert_to_ascii: Μετατρέπει τους unicode χαρακτήρες στους αντίστοιχους ASCII χαρακτήρες.

3. Logic Adapters:

Καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η επιλογή των απαντήσεων από το ChatterBot. Η βιβλιοθήκη διαθέτει 3 προσχεδιασμένους Logic Adapters, αλλά δίνει την δυνατότητα στον προγραμματιστή κατασκευής διαφορετικών Logic Adapters ανάλογα με τις απαιτήσεις που επιθυμεί να καλύψει.

a. Best Match:

Επιστρέφει την απάντηση με βάση την ομοιότητα όρων με την είσοδο που του δόθηκε. Μόλις δοθεί είσοδος στο σύστημα το Best Match πραγματοποιεί μια αναζήτηση για τους ήδη γνωστούς σε αυτόν όρους μέσα στην είσοδο. Μόλις τελειώσει η αναζήτηση ανατρέχει στις πιθανές



απαντήσεις χρησιμοποιώντας μια μέθοδο για την απόδοση ποσοστού συσχέτισης απάντηση και μια για την επιλογή κατάλληλης απάντησης.

Οι μέθοδοι για την απόδοση ποσοστού συσχέτισης περιγράφονται στην συνέχεια:

- JaccardSimilarity:

Υπολογίζει τον λόγο Jaccard, με αριθμητή τους κοινούς όρους μεταξύ των προτάσεων και παρονομαστή το συνολικό αριθμό όρων στις προτάσεις. [\[13\]](#)

Παράδειγμα:

“Πώς λειτουργεί αυτό το μεγάλο μεταλλικό έκθεμα;”

“Πώς λειτουργεί το συγκεκριμένο έκθεμα;”

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα τα σύνολα που έχουμε είναι

{Πώς,μεγάλο,μεταλλικό,έκθεμα}

{Πώς,έκθεμα}

Επομένως ο δείκτης Jaccard για τις προτάσεις είναι $2/4$ ή 50%

- LevenshteinDistance:

Υπολογίζει την απόσταση Levenshtein για κάθε πρόταση. Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος υπολογίζει τις ελάχιστες δυνατές αλλαγές ανά χαρακτήρα που μπορούν να συμβούν ανάμεσα στα στοιχεία τα οποία συγκρίνει ώστε να γίνουν όμοια. Τα δείγματα με την μικρότερη απόσταση Levenshtein είναι πιο πιθανό να συσχετίζονται μεταξύ τους. [\[14\]](#)

Παράδειγμα:

“ότι”

“διότι”

Η απόσταση Levenshtein για τις λέξεις είναι 2 ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. ότι --- ιότι → Προσθήκη του ι στην αρχή της πρότασης
2. ιότι --- διότι → Προσθήκη γράμματος δ στην αρχή της πρότασης

- SentimentComparison:

Υπολογίζει την ομοιότητα προτάσεων με βάση τεχνικών Επεξεργασίας Φυσική Γλώσσας, έχοντας κατάλληλα εργαλεία δεδομένης της γλώσσας, όπως για παράδειγμα γραμματικά φαινόμενα.

- SynsetDistance:

Βασίζεται στην ομοιότητα διαδρομής μέσα σε κάθε πρόταση με την χρήση του WordNet, ένα σημασιολογικό λεξικό για την αγγλική



γλώσσα που χρησιμοποιούν εκτενώς οι υπολογιστικοί γλωσσολόγοι και οι επιστήμονες.

Οι μέθοδοι επιλογής κατάλληλης απάντησης από τον Best Match adapter αναλύονται παρακάτω:

- `get_most_frequent_response`: Επιλέγει την συχνότερη απάντηση από το σύνολο που βρέθηκαν από τον Best Match.
- `get_first_response`: Επιλέγει την πρώτη απάντηση που βρήκε ο Best Match
- `get_random_response`: Επιλέγει μια τυχαία απάντηση από το σύνολο του Best Match.

b. Time:

Αναγνωρίζει τις εισόδους που σχετίζονται με την ώρα και επιστρέφει την τοπική ώρα ως απάντηση.

c. Mathematical Evaluation:

Αναγνωρίζει προτάσεις στις οποίες ο χρήστης ρωτάει για κάποιο μαθηματικό αποτέλεσμα και επιστρέφει το αποτέλεσμα ως απάντηση.

d. Specific Response: Επιστρέφει συγκεκριμένη απάντηση για μια συγκεκριμένη ερώτηση.

4. Storage Adapters:

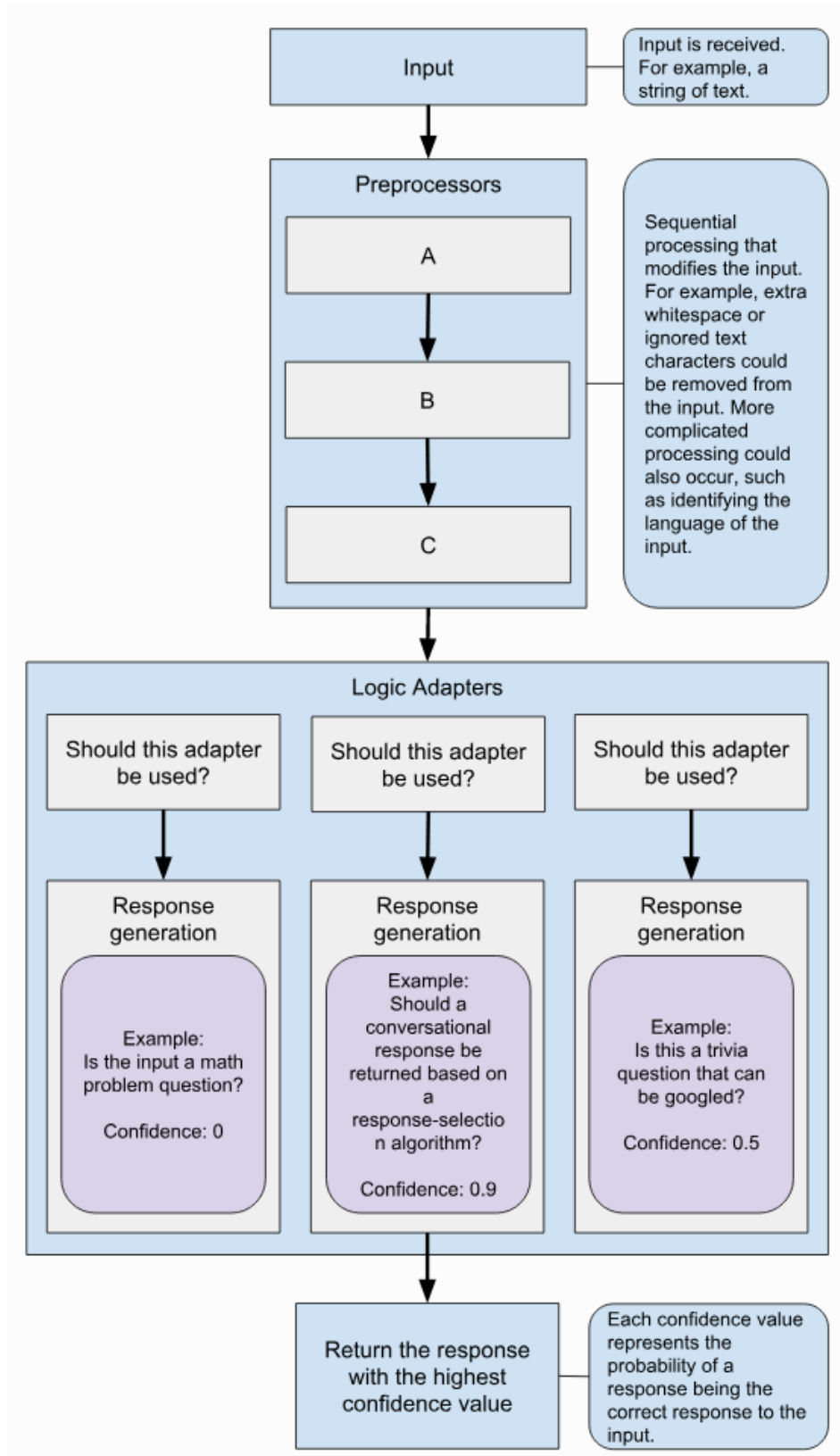
Καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να συνδεθεί το ChatterBot με διάφορες τεχνολογίες αποθήκευσης δεδομένων. Η βιβλιοθήκη διαθέτει τους παρακάτω 2 Storage Adapters:

- a. `SQLStorageAdapter`
- b. `MongoDatabaseAdapter`

Πέρα από τους ήδη υλοποιημένους Storage Adapters η βιβλιοθήκη επιτρέπει την δημιουργία νέων Storage Adapters ανάλογα με τις απαιτήσεις της κάθε υλοποίησης.

5. Filters:

Αποτελούν έναν αποτελεσματικό τρόπο μείωσης του αριθμού δηλώσεων που πρέπει να επεξεργαστεί ένα bot όταν επιλέγει μια απάντηση, καθώς επίσης μείωση της επιλογή κοινών απαντήσεων από το ChatterBot.



Εικόνα 20 Αρχιτεκτονική συστήματος ChatterBot



Κατά την δημιουργία ενός ChatterBot χρησιμοποιείται η SQLite για την αποθήκευση πληροφορίας, ωστόσο η δομή του ChatterBot δίνει δυνατότητα σύνδεσης και με άλλες βάσεις δεδομένων.

Όσον αφορά την διαδικασία κατανόησης της εισόδου από το ChatterBot, υπάρχουν διάφοροι Logic Adapters οι οποίοι έχουν εκπαιδευτεί σε συγκεκριμένα σύνολα πληροφοριών και μπορούν να προστεθούν στις δυνατότητες κατανόησης του ChatterBot.

Η επιλογή πολλαπλών Adapter και Trainer από την βιβλιοθήκη κάνει την λειτουργία του chatterBot ακόμα πιο αποτελεσματική. Σημαντικό είναι να αναφερθεί πως αυτό δεν σημαίνει ότι η χρήση όλων των διαθέσιμων adapter είναι ανάλογη με την άριστη λειτουργία του chatterBot, καθώς θα πρέπει να γίνει ανάλυση και παραμετροποίηση των adapter και των Trainer για τους σκοπούς και τις ανάγκες της αλληλεπίδρασης του chatterBot με κάποιον χρήστη.

3.2.3 Σύγκριση Bot Framework

Τα στοιχεία σύγκρισης ανάμεσα στα framework για τις απαιτήσεις της εργασίας είναι αρχικά η υποστήριξη της Ελληνικής γλώσσας και οι δυνατότητες δωρεάν παροχής υπηρεσιών και σε δεύτερο βαθμό οι χρόνοι απόκρισης στα τελικά σενάρια χρήσης.

Το LUIS της Microsoft παρόλο που διαθέτει την Ελληνική γλώσσα δεν έχει δωρεάν πλάνο υπηρεσίας παρά μόνο δοκιμαστική περίοδο, πράγμα το οποίο θα καλύψει για περιορισμένο χρονικό διάστημα τις απαιτήσεις της εργασίας. Ακολουθώντας το Watson της IBM και το Lex της Amazon παρέχουν τις υπηρεσίες τους έχοντας συνδρομή ή δέσμευση τραπεζικών στοιχείων για την παροχή κάποιας δοκιμαστικής περιόδου και δυστυχώς δεν υποστηρίζουν μηχανισμούς για την Ελληνική γλώσσα στις υπηρεσίες. Η Google με το Dialogflow παρέχει δωρεάν υπηρεσίες δημιουργίας bot, με περιορισμό στο μέγεθος των δεδομένων και δυνατοτήτων, αλλά δεν καλύπτει το στοιχείο της Ελληνικής γλώσσας. Το Pandorabots καλύπτει την Ελληνική γλώσσα με την γλωσσικά ανεξάρτητη δομή του. Το δωρεάν πακέτο υπηρεσιών απαιτεί την δέσμευση τραπεζικού λογαριασμού και το δωρεάν εύρος αλληλεπιδράσεων είναι 1.000 αλληλεπιδράσεις το μήνα. Το wit.ai της Facebook παρέχει δωρεάν τις cloud υπηρεσίες του για την δημιουργία bot και υποστηρίζει την Ελληνική γλώσσα. Τέλος το ChatterBot είναι μια open source βιβλιοθήκη της rython για την δημιουργία bot ανεξαρτήτως γλώσσας, πράγμα το οποίο το κάνει ιδανικό για την χρήση της Ελληνικής γλώσσας καθώς επίσης και των τοπικών ιδιωματισμών που υπάρχουν στο αρχείο του μουσείου.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καταλήγουμε στις επιλογές Wit.ai και ChatterBot για την δημιουργία του τμήματος φωνητικής αλληλεπίδρασης με τους επισκέπτες του μουσείου, η υλοποίηση των οποίων θα γίνει στο επόμενο κεφάλαιο.

Συγκεντρωτικά στοιχεία της σύγκρισης βρίσκονται στον παρακάτω πίνακα:

Bot Framework	Συνδρομή	Υποστήριξη Ελληνικής γλώσσας	Μορφή υπηρεσίας
Microsoft (LUIS)	Δοκιμή/Εταιρικό	Ναι	Cloud
IBM Watson	Εταιρικό	Όχι	Cloud
Amazon Lex	Εταιρικό	Όχι	Cloud
Dialogflow	Δωρεάν/Εταιρικό	Όχι	Cloud
Pandorabots	Δωρεάν/Εταιρικό	Ανεξάρτητο	Cloud/Τοπικά
ChatterBot	Δωρεάν	Ανεξάρτητο	Τοπικά
Wit.ai	Δωρεάν	Ναι	Cloud

Πίνακας 1 Συγκεντρωτικός πίνακας συστημάτων φωνητικών εντολών

4. Υλοποίηση

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται όλα τα στάδια υλοποίησης του συστήματος ξενάγησης για το ανθρωποειδές El Greco 2.

Αρχικά γίνεται μια περιγραφή της υλοποίησης σε ότι αφορά την φυσική μετακίνηση του ανθρωποειδούς στο χώρο του μουσείου και ο τρόπος με τον οποίο λειτουργεί ώστε να αναγνωρίσει κάποιο έκθεμα και να κατευθυνθεί σε αυτό.

Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή της όλης διαδικασίας αλληλεπίδρασης με έναν χρήστη, την σύγκριση διαθέσιμων chatBot και το τελικό αποτέλεσμα δημιουργίας του τμήματος φωνητικής αλληλεπίδρασης του συστήματος με έναν επισκέπτη.

Στο τέλος του κεφαλαίου γίνεται μια περιεκτική περιγραφή του τρόπου λειτουργίας του συστήματος περιγράφοντας με αλγοριθμικό τρόπο τις λειτουργίες που πραγματοποιούνται μέσα σε μια ξενάγηση.

4.1 Μετακίνηση στο χώρο

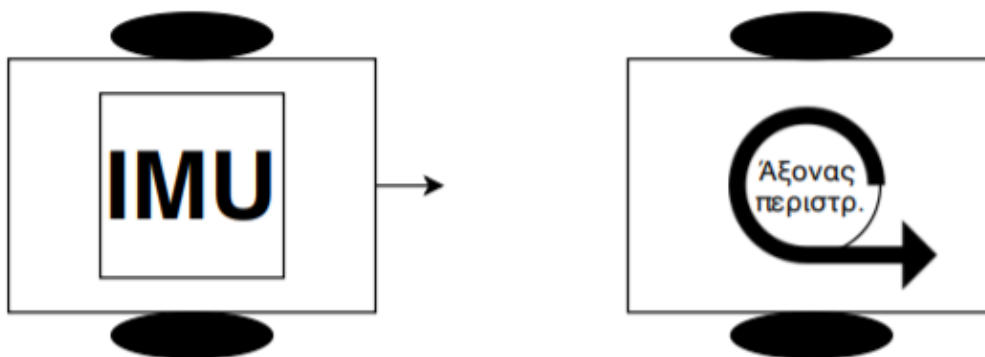
Στο ανθρωποειδές υπάρχουν 2 κινητήρες τύπου DC, οι οποίοι ελέγχονται από το SBC Raspberry Pi μέσω ενός ολοκληρωμένου L293D. Στο σύστημα δεν υπάρχει κάτι για τον προσδιορισμό της απόστασης ή της ταχύτητας μετακίνησης, η χρήση του L293D παρέχει μόνο τον έλεγχο εκκίνησης, παύσης και την φορά περιστροφής των κινητήρων. Η ταχύτητα

τους ωστόσο εξαρτάται από την σταθερή τροφοδοσία του ολοκληρωμένου και την κατάσταση της μπαταρίας.

Οι μετακινήσεις του ανθρωποειδούς στα πλαίσια της ξενάγησης θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν ελεγχόμενες στα χαρακτηριστικά της ταχύτητας και της απόστασης μετατόπισης, για την σωστή καθοδήγησή του. Για τον έλεγχο της μετακίνησης χρησιμοποιήθηκε η κάμερα του ανθρωποειδούς, μια Μονάδα αδρανειακής μέτρησης (IMU) και ένας αισθητήρας απόστασης UltraSonic, οι υλοποιήσεις των οποίων θα αναλυθούν στην συνέχεια.

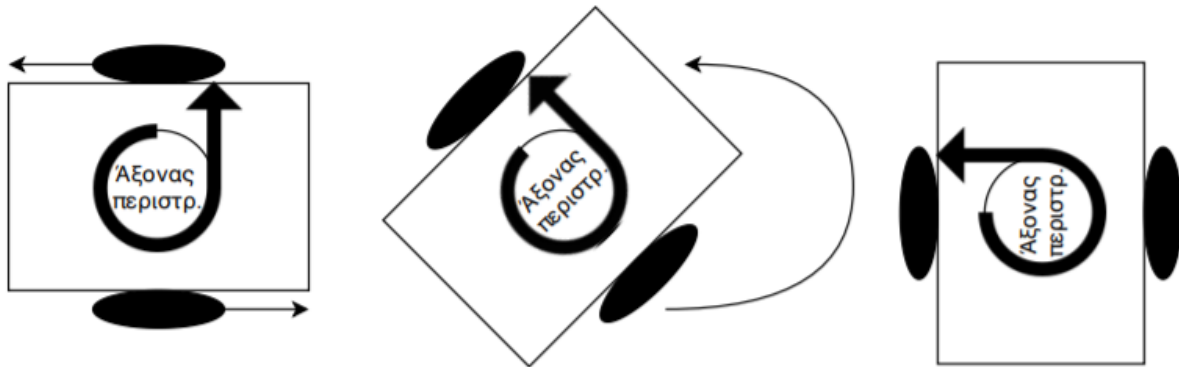
Ο αισθητήρας IMU, ενσωματώνει 3 γυροσκοπία, 3 μαγνητόμετρα και 3 επιταχυνσιόμετρα. Το σύστημα χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό των γυροσκοπίων και των μαγνητόμετρων σε 2 άξονες (X-Y) έτσι ώστε να δημιουργήσει μια ψηφιακή πυξίδα.

Σε μια καθαρά περιστροφική κίνηση, όλα τα σημεία του αντικειμένου κινούνται κυκλικά γύρω από άξονα περιστροφής ("O"). Η ακτίνα του κύκλου είναι R. Όλα τα σημεία που βρίσκονται πάνω σε ευθεία που τέμνει τον άξονα περιστροφής διαγράφουν την ίδια γωνία στον ίδιο χρόνο. Όσο μεγαλύτερη η απόσταση από τον άξονα περιστροφής τόσο μεγαλύτερη η γραμμική ταχύτητα. Το κύκλωμα του IMU έχει τοποθετηθεί στο κέντρο του άξονα περιστροφής έτσι ώστε να συμβαδίζει με την στροφή που κάνει το ανθρωποειδές και να υπάρχει μικρή απώλεια μεταξύ των μοιρών της περιστροφής του ανθρωποειδούς και του imu που μετράει την γωνία περιστροφής σε σχέση με τον μαγνητικό βορρά

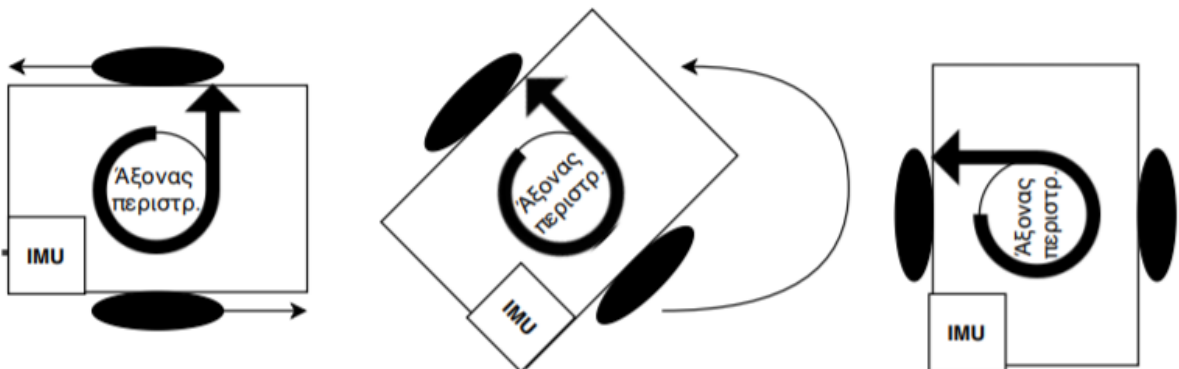


Εικόνα 21 Τοποθέτηση IMU σε σχέση με τον άξονα περιστροφής

Στην περίπτωση που το ρομποτικό σύστημα κάνει μια στροφή 90 μοιρών και το IMU βρίσκεται στον άξονα περιστροφής (**Σχήμα 1**), τότε το ρομπότ με τον αισθητήρα θα είναι ευθυγραμμισμένα και θα παρουσιάζουν μηδενική απόκλιση. Αντίθετα αν ο αισθητήρας δεν βρίσκεται στο άξονα περιστροφής τότε μετά από μια στροφή η θέση και κατά συνέπεια η απόκλιση του αισθητήρα με το ρομπότ θα διαφέρει (**Σχήμα 2**).



Εικόνα 22 Περίπτωση περιστροφής συστήματος και εφαρμογή IMU ομοαξονικά με τον άξονα περιστροφής.



Εικόνα 23 Περίπτωση περιστροφής συστήματος και εφαρμογή IMU μη ομοαξονικά με τον άξονα περιστροφής.

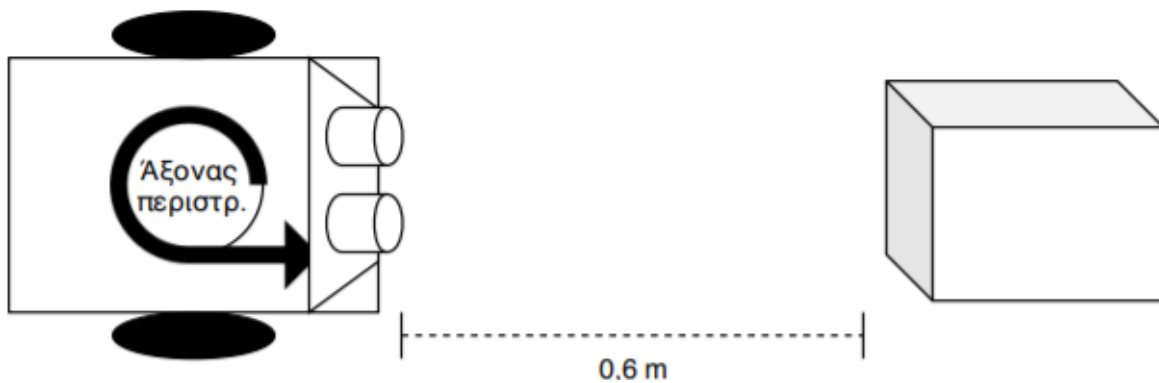
Επιπλέον για την πλοήγηση, το σύστημα χρησιμοποιεί την κάμερα σε συνδυασμό με κωδικούς QR που βρίσκονται στα εκθέματα. Το σύστημα, για κάθε κώδικα QR μπορεί να υπολογίζει την μεταξύ τους απόσταση. Με την χρήση της βιβλιοθήκης ryzbar, η κάμερα μπορεί να εντοπίσει το περίγραμμα κωδικών QR. Για τον υπολογισμό της απόστασης χρησιμοποιούμε το ποσοστό του εμβαδού που κατέχει το περίγραμμα του κώδικα QR σε σχέση με το εμβαδόν ολόκληρης της εικόνας που βρίσκεται μέσα στο QR. Σύμφωνα με αυτό το ποσοστό το σύστημα γνωρίζει την απόσταση του από τον κώδικα QR και κατά συνέπεια είναι σε θέση να εντοπίσει και να πλοηγηθεί προς αυτό.

Στην εικόνα (**Νούμερο**) βλέπουμε με μπλε χρώμα το περίγραμμα του κώδικα QR. Ο αλγόριθμος χρησιμοποιεί το ποσοστό του εμβαδού του μπλε περιγράμματος προς το συνολικό εμβαδόν της εικόνας.



Εικόνα 24 Σχέση επιφανείας κώδικα QR με την συνολική επιφάνεια της εικόνας

Τέλος για την αποφυγή εμποδίων χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας απόστασης υπερήχων. Η τοποθέτηση του έχει γίνει παράλληλα με τον άξονα περιστροφής έτσι ώστε να είναι σε θέση να καλύπτει όσο το δυνατόν γίνεται μεγαλύτερο εύρος. Ο συγκεκριμένος αισθητήρας έχει εμβέλεια 4 μέτρων. Το ανθρωποειδές είναι προγραμματισμένο να σταματάει αν βρεθεί εμπόδιο μπροστά του σε απόσταση μικρότερη των 60 εκατοστών.



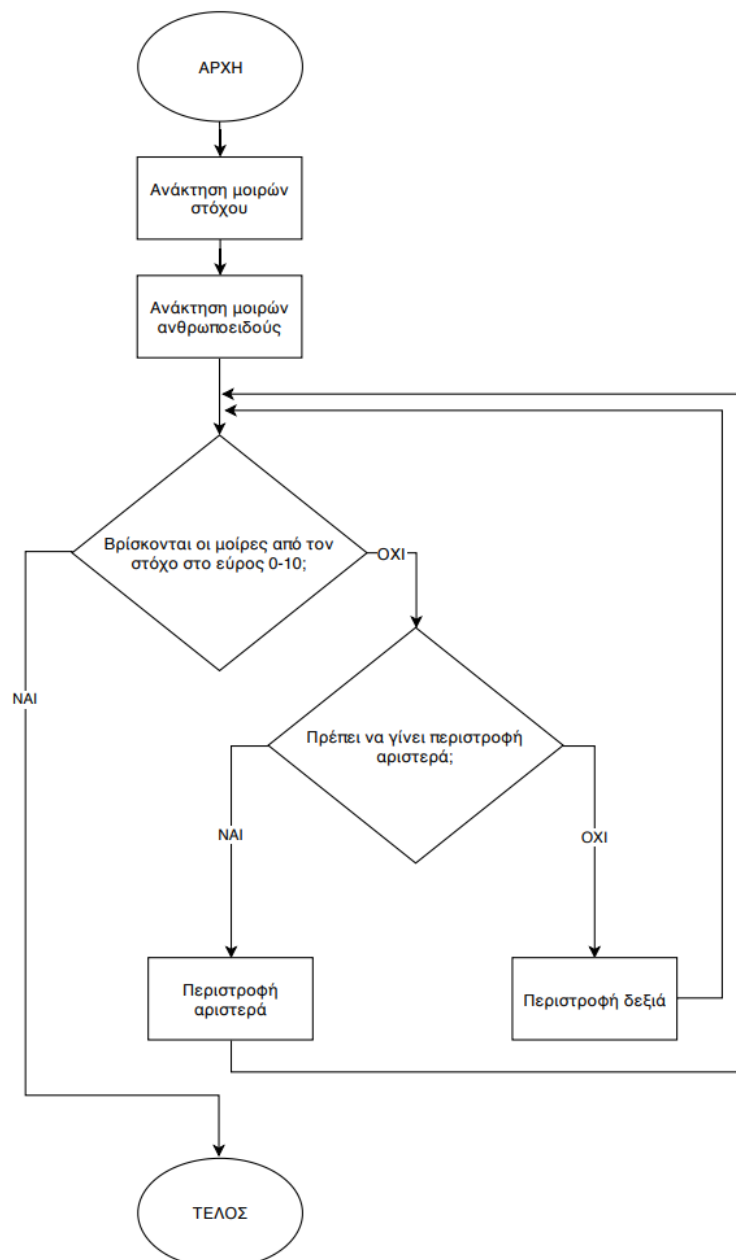
Εικόνα 25 Αισθητήρας απόστασης

4.1.1 Περιστροφή προς επιλεγμένο έκθεμα

Για τον προσδιορισμό της κατεύθυνσης του ανθρωποειδούς προς κάποιο έκθεμα (στόχο) δημιουργήθηκε μια λίστα με τα εκθέματα του μουσείου και τις μοίρες στις οποίες βρίσκονται, έχοντας για αναγνωριστικό πληροφορίες γραμμένες στο QR tag που τους αντιστοιχεί. Με αυτό τον τρόπο όταν η κάμερα του ανθρωποειδούς αναγνωρίσει κάποιο QR tag γνωρίζει μέσω της λίστας σε ποιες μοίρες πρέπει να στραφεί ώστε να κατευθυνθεί προς αυτό. Η διαδικασία περιστροφής χρησιμοποιεί την κάμερα για την ανάκτηση των μοιρών στόχου και την μονάδα αδρανειακής μέτρησης (IMU) για την ανάκτηση των μοιρών



που βρίσκεται εκείνη την στιγμή το ανθρωποειδές. Έχοντας αυτές τις πληροφορίες υπολογίζονται οι διαφορές των μοιρών ως προς την αριστερή ή δεξιά περιστροφή, ώστε να καθοριστεί η περιστροφική κίνηση που θα πραγματοποιηθεί από το ανθρωποειδές. Ο ιδεατός στόχος της περιστροφής είναι το ανθρωποειδές να πραγματοποιήσει περιστροφή τέτοια ώστε να βρίσκεται στις ίδιες μοίρες με τον στόχο. Ωστόσο αυτό απαιτεί ακρίβεια μέτρησης της κίνησης στους DC κινητήρες, πράγμα το οποίο είναι αδύνατο με την παρούσα κατασκευή του ανθρωποειδούς. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος δημιουργήθηκε ένα εύρος απόκλισης 0-10 για τις μοίρες στόχου της περιστροφής. Έτσι εάν το αποτέλεσμα μιας περιστροφής έχει διαφορά από 0 έως και 10 μοίρες με τις μοίρες του επιθυμητού εκθέματος (στόχος) τότε η περιστροφή θεωρείται επιτυχής.



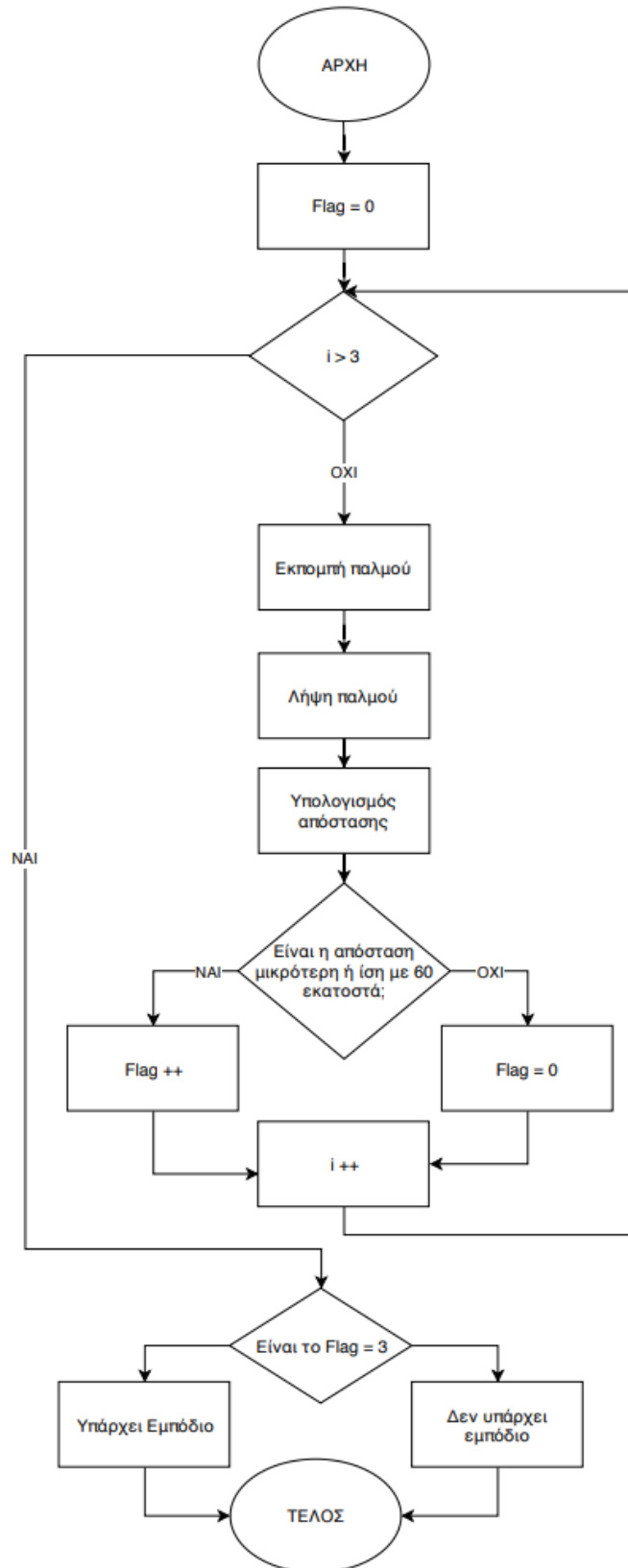
Γράφημα 3 Διάγραμμα ροής συστήματος πλοήγησης



4.1.2 Μέτρησης απόστασης

Το σύστημα αξιοποιεί ένα αισθητήρα υπερήχων στο μπροστινό μέρος της κατασκευής για την αποφυγή εμποδίων. Όπως έχει αναφερθεί στην ενότητα 2.4 ο αισθητήρας υπερήχων για τον εντοπισμό εμποδίων εκπέμπει ένα παλμό κάθε 10ms. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα κατά την κίνηση του συστήματος, ο αισθητήρας να λαμβάνει ψευδοθετικές μετρήσεις (false-positive), δηλαδή ότι υπάρχει εμπόδιο ενώ στην πραγματικότητα δεν υπάρχει κάτι που να εμποδίζει την κίνηση του συστήματος. Για αυτό τον λόγο ως δικλείδα ασφαλείας, ο αισθητήρας πρέπει να διαβάσει 3 συνεχόμενους παλμούς που θα περιέχουν σήμα ότι υπάρχει εμπόδια μπροστά από το ανθρωποειδές. Με αυτόν τον σχεδιασμό του συστήματος αποφυγής εμποδίων, μπορούμε να καταπολεμήσουμε τις ψευδοθετικές μετρήσεις και κατά συνέπεια τις άσκοπες παύσεις της κίνησης καθώς για κάθε ψευδοθετική μέτρηση του αισθητήρα, το ανθρωποειδές θα έπαυε να κινείται. Ως συνέπεια τον σύστημα χαρακτηρίζεται από μια ομαλότερη κίνηση.

Στο διάγραμμα ροής, αρχικά βλέπουμε πως αρχικοποιείται μια μεταβλητή i . Αυτή η μεταβλητή καταγράφει πόσες συνεχόμενες φορές ο παλμός του αισθητήρα ανακλάται από ένα εμπόδιο που βρίσκεται σε απόσταση μικρότερη των 60 εκατοστών. Στην περίπτωση που υπάρχει εμπόδια η μεταβλητή προσαυξάνεται κατά ένα, διαφορετικά η μεταβλητή μηδενίζεται και η διαδικασία ξεκινάει από την αρχή. Στην περίπτωση που 3 διαδοχικές μετρήσεις του αισθητήρα περιέχουν εμπόδιο σε απόσταση μικρότερη των 60 εκατοστών τότε αυτό σημαίνει πως υπάρχει σίγουρα εμπόδιο μπροστά από το ανθρωποειδές. Όπως φαίνεται αναλυτικά από το παρακάτω διάγραμμα ροής, μέσα από τον αισθητήρα υπερήχων το σύστημα γνωρίζει είτε αν υπάρχει εμπόδιο σε απόσταση μικρότερη των 60 εκατοστών και πρέπει να σταματήσει είτε δεν υπάρχει καμία παρεμπόδιση, και το σύστημα μπορεί να κινηθεί ελεύθερα.



Γράφημα 4 Διάγραμμα ροής συστήματος αποφυγής εμποδίων

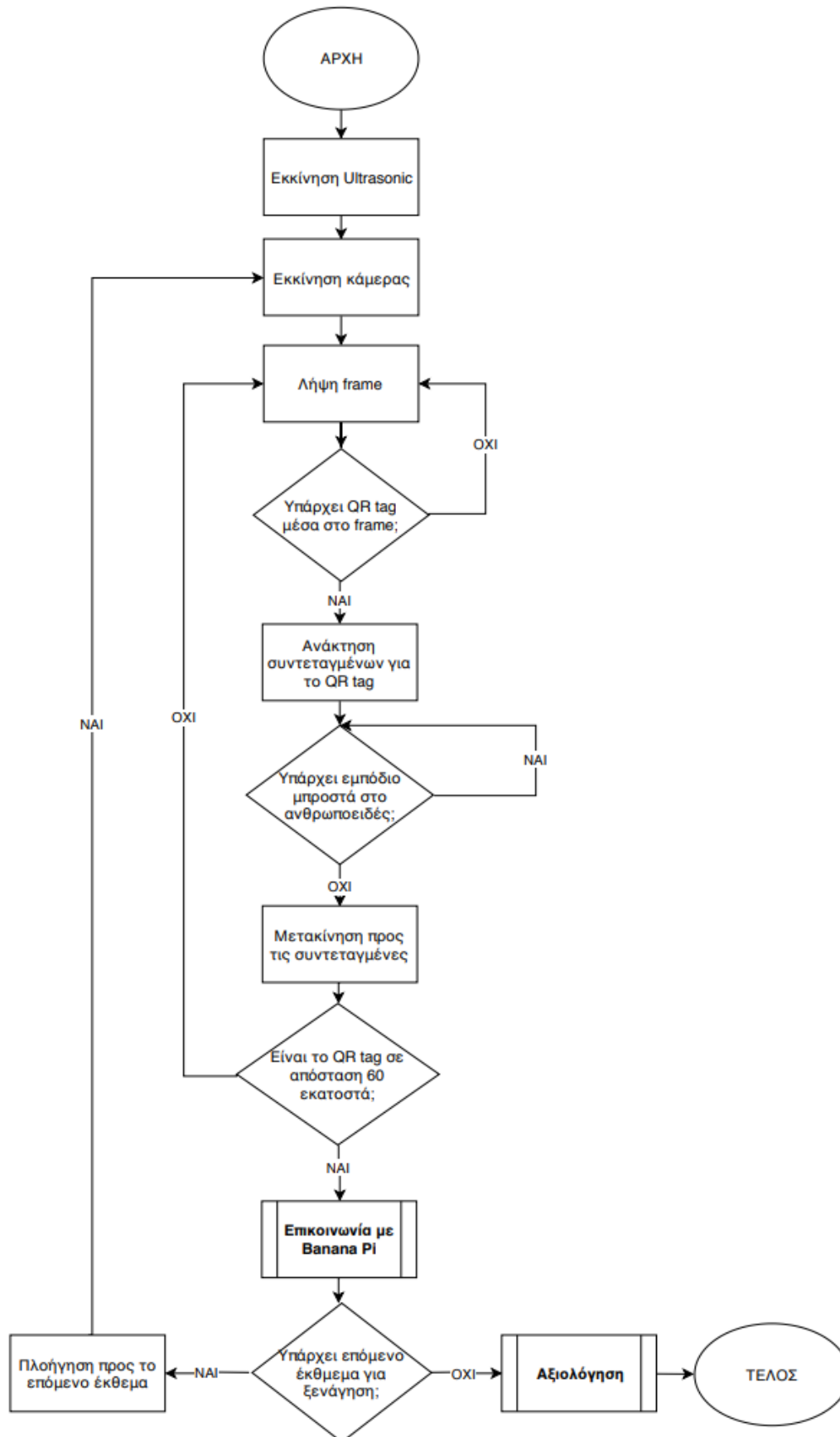


4.1.3 Τελικό στάδιο υλοποίησης του Raspberry Pi για την μετακίνηση

Συνδυάζοντας τα παραπάνω κομμάτια δημιουργήσαμε την τελική μορφή του κώδικα καθοδήγησης του ανθρωποειδούς σε χώρο με κύρια σημεία τα QR tags των εκθεμάτων και τις μοίρες για στις οποίες αντιστοιχούν μέσα στον χώρο.

Στην γενική εικόνα του συστήματος ξενάγησης η ροή λειτουργίας του Raspberry Pi βασίζεται στον τρόπο μετακίνησης στον χώρο από έκθεμα σε έκθεμα και στην αποστολή αιτημάτων προς το Banana Pi για τις λειτουργίες φωνητικής αλληλεπίδρασης με τους επισκέπτες.

Στο διάγραμμα ροής που ακολουθεί απεικονίζεται ο τρόπος λειτουργίας από την οπτική πλευρά του κώδικα που εκτελείται στο Raspberry Pi. Οι λειτουργίες “Επικοινωνία με Banana Pi” και η “Αξιολόγηση” αποτελούν τμήματα στα οποία γίνεται αποστολή εντολών προς το Banana Pi για την αλληλεπίδραση με τον επισκέπτη και την τελική διαδικασία αξιολόγησης.



Γράφημα 5 Διάγραμμα ροής συνολικής υλοποίησης Raspberry Pi



4.2 Μορφή δεδομένων Ξενάγησης

Το αρχείο που διαθέτουμε για το μουσείο περιορίζεται στα κείμενα και στους τίτλους των εκθεμάτων που βρίσκονται στο μουσείο στο Καρλόβασι Σάμου. Με σκοπό την καλύτερη δόμηση της πληροφορίας για το μουσείο και τα εκθέματά του, έγινε προσπάθεια κατηγοριοποίησης της σε 3 κατηγορίες περιγραφής για κάθε έκθεμα. Πιο συγκεκριμένα οι κατηγορίες απαντούν τα ερωτήματα που ακολουθούν: Τι είναι το έκθεμα , Πώς γινόταν η λειτουργία-χρήση του και τέλος Πότε έγινε η εισαγωγή του ή οποιαδήποτε ιστορική αναφορά σε αυτό. Κατά την ολοκλήρωση της ανάλυσης του αρχείου έγινε η εξαγωγή αρχείων ήχου με την χρήση της υπηρεσίας Google Text to Speech, η ονομασία των οποίων αποτελείται από την κατηγορία πληροφορία (Τι,Ποτε,Πως) και την ονομασία του εκθέματος ενωμένα με μια κάτω παύλα π.χ. "Τι_Βαρέλες.mp3".

4.3 φωνητικής αλληλεπίδρασης

Για την δημιουργία περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης με την ανθρώπινη ομιλία δημιουργήθηκε ένα ανεξάρτητα από το σύστημα φωνητικής αλληλεπίδρασης του ανθρωποειδούς ρομποτικού συστήματος (El Greco 2), παρόλα αυτά κατάλληλο για την συνεργασία με τα τμήματα λειτουργίας του ανθρωποειδούς.

4.3.1 Υπάρχουσα δομή

Στον El Greco 2 έχει σχεδιαστεί μια βάση δεδομένων MySQL για την καταχώρηση δράσεων του ρομποτικού συστήματος με τις φωνητικές εντολές που τους αντιστοιχούν καθώς επίσης και το υπεύθυνο SBC (Raspberry Pi , Banana Pi) για αυτή την δράση.

Φράση κλειδί	Εντολή	SBC
"Αναγνώριση Προσώπου"	"Python FaceRecognition.py"	Raspberry Pi

Πίνακας 2 Υπάρχουσα δομή El Greco 2

Στο Banana Pi γίνεται χρήση της υπηρεσίας φωνητικής αναγνώρισης της Google με σκοπό την αναγνώριση των φωνητικών εντολών του χρήστη προς το σύστημα. Ο τρόπος αντιστοίχισης μιας εντολής με την είσοδο του χρήστη γίνεται με την χρήση λέξεων κλειδιών.

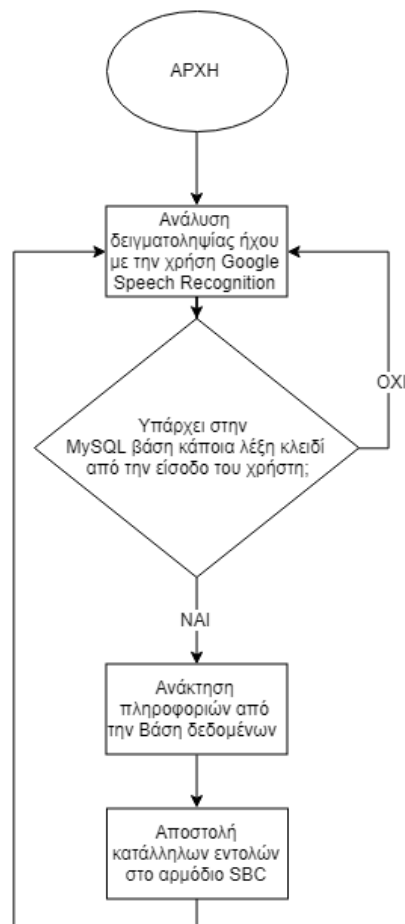
Πιο αναλυτικά στην βάση δεδομένων του El Greco 2 οι φωνητικές εντολές είναι καταγεγραμμένες με την μορφή λέξεων κλειδιών, μόλις δοθεί στο σύστημα φωνητική είσοδος τότε γίνεται μια αναζήτηση στην βάση έως ότου βρεθεί κάποια λέξη από τις λέξεις κλειδιά μέσα στην είσοδο του χρήστη.



Από την εύρεση της λέξης κλειδί γίνεται γνωστή η δράση και το αρμόδιο SBC και κατά συνέπεια δίνεται κατάλληλη εντολή για την πραγματοποίηση της δράσης από το Banana Pi με την χρήση σύνδεσης ssh στην περίπτωση δράσης για το Raspberry Pi ή bash script για περίπτωση δράσης για το ίδιο.

4.3.1.1 Λειτουργία Δομής:

Οι δύο πλακέτες παραμένουν ανεξάρτητες και επιλέγουν την αποστολή εντολών η μια προς την άλλη στα απαραίτητα σημεία. Με αυτόν τον τρόπο το Banana Pi μένει με ανοιχτό το μικρόφωνο ώστε να μπορεί να παρακολουθεί το περιβάλλον του για φωνητικές εντολές και το Raspberry Pi λαμβάνει δράση μόνο όταν το Banana Pi του στείλει κάποια εντολή προς εκτέλεση. (η εικόνα που ακολουθεί απεικονίζει τον κορμό λειτουργίας του Banana Pi στο υπάρχον σύστημα).



Γράφημα 6 Διάγραμμα ροής κεντρικής δομής El Greco 2

4.3.1.2 Παρατηρήσεις υπάρχουσας δομής

Ο τρόπος αναζήτησης και η δομή των δεδομένων αντιστοιχούν σε μεμονωμένες ενέργειες του ρομποτικού συστήματος, όπως την παρουσίαση των δυνατοτήτων του ή την εκτέλεση μεμονωμένων κινήσεων. Επιπλέον η χρήση της υπηρεσίας αναγνώρισης ομιλίας της Google, παρόλο της αποτελεσματικότητας της, μπορεί λόγω της άμεσης εξάρτησης της με το διαδίκτυο να προκαλέσει μεγάλες καθυστερήσεις απόκρισης στο συνολικό σύστημα.

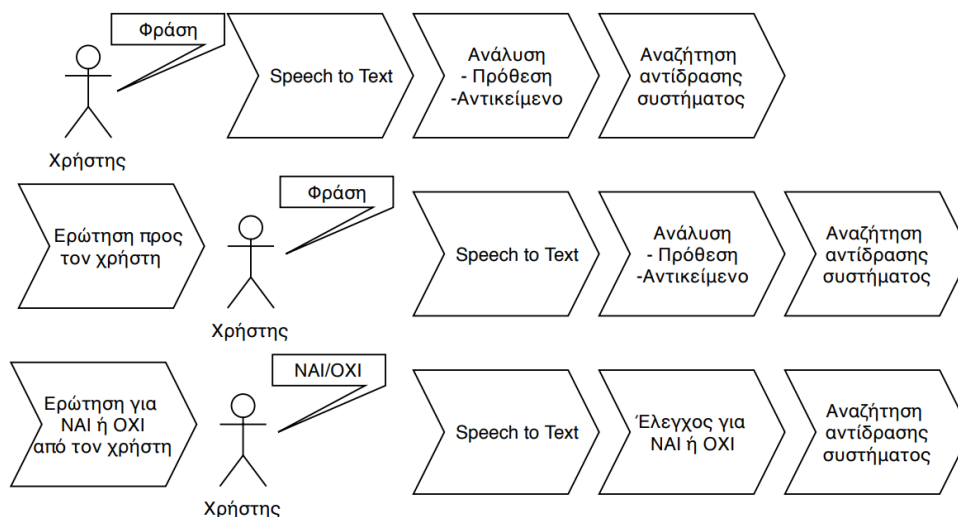
Μια ξενάγηση μουσείου απαιτεί πιο ευέλικτες και αποτελεσματικές τεχνικές αναγνώρισης ομιλίας. Το σύστημα ξενάγηση θα πρέπει να είναι σε θέση να αντλήσει εύκολα και γρήγορα δεδομένα από τις πληροφορίες για τα εκθέματα μέχρι και τις ερωτήσεις για τις οποίες είναι σε θέση ανά απάντηση.

4.3.2 Δομή ξενάγησης

Στα πλαίσια της ξενάγησης θα πρέπει ο επισκέπτης να βρίσκεται σε αλληλεπίδραση με το σύστημα ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Εκτός της διαθεσιμότητας του συστήματος ως προς τον επισκέπτη θα πρέπει το σύστημα να μπορεί να κατανοήσει τις διάφορες εισόδους που του δίνονται μέσω της ομιλίας του επισκέπτη και να εξάγει συμπεράσματα για το πως πρέπει να δράσει στην συνέχεια.

Τα πιθανά σενάρια επικοινωνίας ενός χρήστη με το σύστημα είναι τρία:

1. Ο χρήστης με δική του πρωτοβουλία στέλνει κάποιο φωνητικό ερέθισμα στο σύστημα.
2. Το σύστημα ζητάει από τον χρήστη πληροφορίες σχετικά με το τι θέλει να ρωτήσει για κάποιο έκθεμα.
3. Το σύστημα ζητάει την άδεια εκτέλεσης κάποιας ενέργειας, περιμένοντας από τον χρήστη ένα Ναι ή Όχι.



Γράφημα 7 Δομή φωνητικών εντολών



4.3.2.1 Λειτουργία Δομής:

Το εύρος εντολών που μπορεί να δώσει ο χρήστης στο σύστημα περιορίζεται σε αυτές που έχουν σχεδιαστεί για την ξενάγηση και μόνο, δημιουργώντας έτσι ένα περιβάλλον επικοινωνία ανεξάρτητο από τις όποιες εντολές μπορούσε να εκτελέσει το σύστημα εκτός ξενάγησης.

Οι εντολές στο επίπεδο ξενάγηση σχετικά με το λειτουργικό κομμάτι της ξενάγησης, περιγράφονται παρακάτω:

- El Greco : Ενεργοποίηση της συνομιλίας με το σύστημα
- Ξενάγηση: Ενεργοποίηση της διαδικασίας ξενάγησης
- ΝΑΙ / ΟΧΙ : Αποδοχή/Απόρριψη απόφασης του συστήματος

Όσον αφορά το εκπαιδευτικό κομμάτι της ξενάγησης οι εντολές είναι ελεύθερου κειμένου, δηλαδή ο χρήστης μπορεί να ρωτήσει ότι θέλει με όποιον τρόπο θέλει στο ρομπότ την στιγμή που αυτό θα του προτείνει να ρωτήσει κάποια απορία.

Για τη παρούσα θεματολογία της ξενάγησης, δηλαδή το Μουσείου Βυρσοδεψίας στο Καρλόβασι Σάμου, δημιουργήθηκαν δύο κατηγορίες και υποκατηγορίες κατανόησης:

1. Πρόθεση
 - a. Τι
 - b. Πότε
 - c. Πώς
2. Έκθεμα
 - a. Έκθεμα 1
 - b. Έκθεμα 2
 - c. Έκθεμα 3
 - d. ...

Κάθε πρόταση του χρήστη θα μετατρέπεται σε μια τιμή αντίστοιχα. Έτσι για κάθε είσοδο θα αναγνωρίζονται 2 τιμές, μια για την πρόθεση του χρήστη και μια για το έκθεμα στο οποίο αναφέρεται.

4.3.2.2 Παρατηρήσεις δομής

Η δομή που παρουσιάστηκε διαθέτει δυνατότητα κατανόησης ελεύθερου λόγου για την ικανοποίηση των απαιτήσεων μιας ξενάγησης, σε αντίθεση με το υπάρχον σύστημα του ανθρωποειδούς, το οποίο σχεδιάστηκε για την εκτέλεση μεμονωμένων κινήσεων με την χρήση φωνητικών εντολών. Χάρης την χρήση ευφυών συστημάτων επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και την δημιουργία chatBot, το σύστημα μπορεί να διαχειριστεί περισσότερες

μορφές εντολών ελεύθερου κειμένου και μη, με αποτέλεσμα να το καθιστούν ιδανικό για τον στόχο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

4.3.2.3 Δημιουργία chatBot

Στο προηγούμενο κεφάλαιο πραγματοποιήθηκε μια σύγκριση μεταξύ διαφόρων chatbot υπηρεσιών για την δημιουργία ενός chatBot κατάλληλου για την ξενάγηση ενός μουσείου. Από την σύγκριση αποκλείστηκαν αρκετά δυνατές τόσο στην υποστήριξη όσο και στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων υπηρεσίες είτε για την έλλειψη υποστήριξης της Ελληνικής γλώσσας είτε για την δέσμευση τραπεζικών στοιχείων είτε για την επί πληρωμή χρήση τους. Ακολουθεί περιγραφή υλοποίησης chatBot με την χρήση αρχικά του Wit.ai και στην συνέχεια με χρήση της βιβλιοθήκης ChatterBot. Παρουσιάζονται επίσης τα θετικά αλλά και αρνητικά σημεία κάθε μιας υλοποίησης και το τελικό μοντέλο που χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα ξενάγησης.

4.3.2.3.1 Υλοποίηση Wit.ai

Αρχικά δημιουργήσαμε έναν λογαριασμό στο wit.ai ώστε να έχουμε πρόσβαση στις υπηρεσίες[15]. Στην συνέχεια περάσαμε διάφορες φράσεις ως είσοδο στο μοντέλο και κατηγοριοποιήσαμε τις φράσεις αυτές με τις παρακάτω οντότητες:

Οντότητες	Τιμές
Πρόθεση (intent)	Τι , Πώς ,Πότε
Έκθεμα (exhibit_type)	Εκθέματα του μουσείου

Πίνακας 3 Οντότητες Wit.ai

Όπως γίνεται αντιληπτό ο σχεδιασμός και ανάλυση της πληροφορίας έγινε αναγνωρίζοντας δύο κύριες ομάδες : Προθέσεις χρήστη και Έκθεμα.

Με αυτόν τον τρόπο το μοντέλο επιστρέφει ως απάντηση την κατάλληλη αντιστοιχία σε σχέση με την είσοδο που του δίνεται αναφορικά με ποια πρόθεση από τις 4 και για ποιο έκθεμα αναφέρεται η είσοδος.

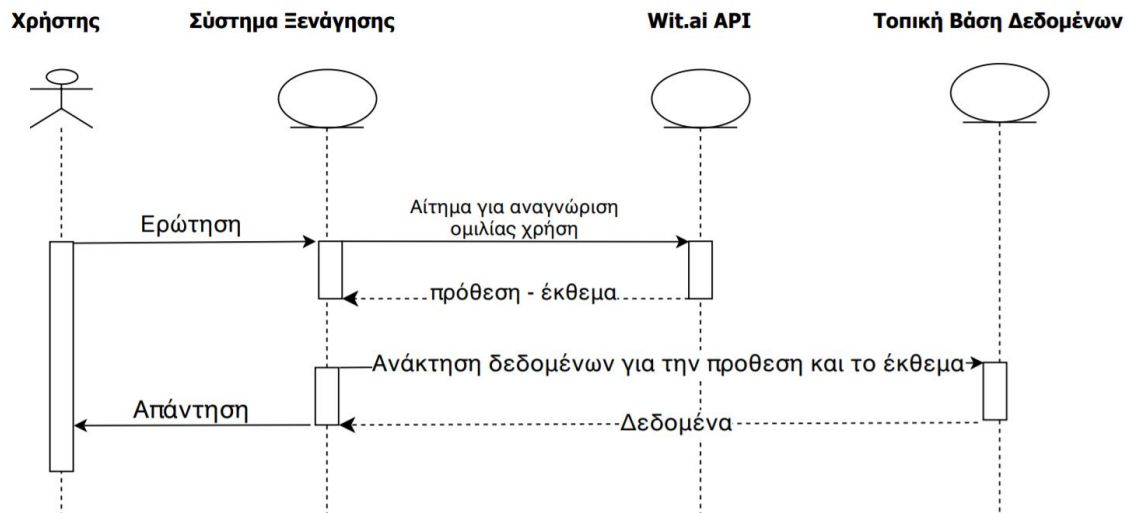
Entity	Description	Values
intent →	User-defined entity	Πότε, Πώς, Τι
LOOKUP STRATEGIES trait		
exhibit_type →	User-defined entity	Κατεργασία δερμάτων, Ξήρανση δερμάτων, Σκιασκή, Σπρώσιμο, Ασβεστερά, Κουνητά, Μουσείο, Μηχανή δερμάτος, Ταμπάκιο, Δέυτερο στάδιο
LOOKUP STRATEGIES free-text & keywords		

Εικόνα 26 Παράδειγμα γραφικής διεπαφής Wit.ai

Από το wit.ai δημιουργείται ένα API με το οποίο πραγματοποιείται η σύνδεση και επικοινωνία με το bot.

Η βιβλιοθήκη του wit.ai επιτρέπει την καταγραφή ήχου και δημιουργία αρχείου ήχου με στόχο την αποστολή του στο API για την εξαγωγή απάντησης από την υπηρεσία.

Παρακάτω παρουσιάζεται η κύρια συνάρτηση υλοποίησης της διαδικασίας αλληλεπίδρασης με το Wit.ai.



Γράφημα 8 Διάγραμμα ακολουθιών συστήματος φωνητικής αλληλεπίδρασης

Τα συμπεράσματα που βγήκαν από την χρήση του wit.ai αναφέρονται παρακάτω:

Υπερ.:

- Πολύ καλές επιδόσεις κατανόησης Ελληνικής φυσικής γλώσσας
- Υποστηρίζει είσοδο με γραπτή αλλά και ηχητική μορφή.
- Έχει συνεχόμενη εκπαίδευση από την κοινότητα της πλατφόρμας στα πλαίσια της Ελληνικής γλώσσας.
- Κάθε είσοδος ανεξάρτητα από την απάντηση που θα αντιστοιχεί, εισάγεται σε μια λίστα για μετέπειτα εκπαίδευση και αξιολόγηση.

Κατά:

- Βασίζεται εξ ολοκλήρου από το δίκτυο και την κατάσταση της Cloud υπηρεσίας του API.
- Ο χρόνος απόκρισης εξαρτάται κατά μεγάλο βαθμό από την κίνηση του δικτύου και στο φόρτο της Cloud υπηρεσίας.
- Δυσκολία κατανόησης τοπικών ιδιωτισμών



4.3.2.3.2 Υλοποίηση ChatterBot

Εγκαταστήσαμε την ChatterBot βιβλιοθήκη και σχεδιάσαμε την δομή με την οποία θα ικανοποιούσε την αλληλεπίδραση με τον χρήστη.

Επιλογές που έγιναν για τους Adapters και τους Trainers περιγράφονται παρακάτω:

6. Trainers:

Από τους 3 προσχεδιασμένους Trainer επιλέξαμε τον ListTrainer, καθώς το περιβάλλον της ξενάγησης θα πρέπει να είναι αρκετά περιορισμένο και η συζήτηση καλά οριοθετημένη για την όσο το δυνατόν μείωση της εσφαλμένη κατεύθυνση της. Η χρήση του ChatterBotCorpusTrainer δεν ήταν εφικτή καθώς δεν έχει δημιουργηθεί μέχρι στιγμής Corpus για την Ελληνική διάλεκτο. Ο συνδυασμός του ListTrainer με τον UbuntuCorpusTrainer θα δημιουργούσε λάθος συμπεράσματα στην εκμάθηση ομιλίας του Bot, καθώς το να είναι ευέλικτο σε συνομιλία και διαφορετικά αντικείμενα συζήτησης ανεξάρτητα από την ξενάγηση του συγκεκριμένου μουσείου δεν είναι επιθυμητό.

7. Preprocessors:

Για τις μεθόδους προεπεξεργασίας χρησιμοποιούμε την CleanWhitespace για την αποφυγή συσχέτισης κενών χαρακτήρων ως λέξεις κλειδιά στον αναγνώριση απάντησης από το ChatterBot. Η χρήση του Convert_to_ascii preprocessor προκαλούσε πολλά προβλήματα στην αναγνώριση φράσεων καθώς κάποιοι Ελληνικοί χαρακτήρες μετατρέπονταν σε διαφορετική αναπαράσταση από την επιθυμητή με αποτέλεσμα να επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό η συσχέτιση λανθασμένων απαντήσεων ως σωστές. Τέλος η χρήση του Unescape_html preprocessor δεν ήταν χρήσιμη για την παρούσα ανάγκη προεπεξεργασίας δεδομένων που είχε να αντιμετωπίσει το ChatterBot, καθώς δεν υπήρχε ανάγκη για μετατροπή html χαρακτήρων.

8. Logic Adapters:

Για την επιλογή των απαντήσεων από το ChatterBot χρησιμοποιήσαμε τον Best Match Logic Adapter με τις παρακάτω μεθόδους:

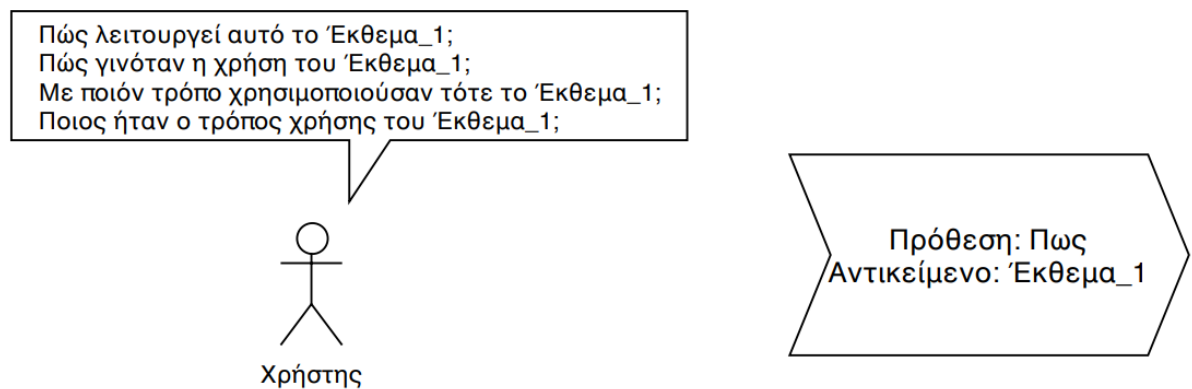
1. Αλγόριθμο απόδοσης συσχέτισης: JaccardSimilarity

Η βιβλιοθήκη ChatterBot παρόλο της γλωσσικής ανεξαρτησίας, χρειάζεται τα κατάλληλα corpus για τους Levenshtein, SentimentComparison και SynsetDistance.

2. Αλγόριθμο επιλογής απάντησης: get_first_response.

Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος αποδίδει πιο αντικειμενική επιλογή από τους υπόλοιπους καθώς δεν επηρεάζεται από την συχνότητα επανάληψης απαντήσεων και δεν βασίζεται στην ψευδοτυχαία επιλογή απάντησης.

Η συγκεκριμένη επιλογή έγινε διότι ο Best Match καλύπτει απόλυτα τις ανάγκες συσχέτισης απαντήσεων για την ξενάγηση στο μουσείο, καθώς αναλύει τους όρους μιας πρότασης και έτσι θα στηρίξει την συσχέτιση με την ονομασία κάποιου εκθέματος καθώς επίσης με κάποια ερωτηματική λέξη ώστε να σχηματίσει τόσο την πρόθεση όσο και το αντικείμενο-έκθεμα για το οποίο αναφέρεται η πρόταση. Ο Specific Response Logic Adapter θα ήταν χρήσιμος μόνο για συγκεκριμένες ερωτήσεις για τις οποίες υπάρχει μια προκαθορισμένη απάντηση, αλλά στην συγκεκριμένη περίπτωση η σχέση ερωτήσεων και απάντησης είναι Πολλά προς Ένα για κάθε πρόθεση της ερώτησης.



Γράφημα 9 Δομή Φωνητικής εντολής προς το σύστημα

Οι υπόλοιποι Logic Adapters Time και Mathematical Evaluation δεν ικανοποιούν κάποια ανάγκη του συστήματος, με αποτέλεσμα να μην χρησιμοποιηθούν.

9. Storage Adapters:

Για την αποθήκευση των δεδομένων της εκμάθησης χρησιμοποιούμε τις προτεινόμενες ρυθμίσεις του ChatterBot, δηλαδή τον SQLAlchemy ο οποίος δημιουργεί μια SQLite βάση δεδομένων για την αποθήκευση και ανάκτηση πληροφοριών εκμάθησης του ChatterBot

10. Filters:

Πολλές διαφορετικές ερωτήσεις με διαφορετική διατύπωση και ύφος θα πρέπει να αντιστοιχιστούν με συγκεκριμένο πλήθος απαντήσεων το οποίο προκύπτει από τον τύπο { ΠΛΗΘΟΣ_ΕΚΘΕΜΑΤΩΝ * 3 } για κάθε μια από τις 3 προθέσεις. Επιπλέον ένα από τα χαρακτηριστικά των φίλτρων είναι η μείωση της πιθανότητας κοινής απάντησης από το ChatterBot. Για αυτό τον λόγο δεν χρησιμοποιήθηκε κάποια μέθοδος φιλτραρίσματος των δεδομένων από την βάση.

Έχοντας ολοκληρώσει τον σχεδιασμό της παραπάνω δομής για την δημιουργία ενός ChatterBot συντάξαμε διάφορες πιθανές ομιλίες ενός ξεναγού με έναν επισκέπτη του μουσείου και τις δώσαμε στο μοντέλο της βιβλιοθήκης για εκμάθηση.



Για την εξασφάλιση της χρήσης της δομής που σχεδιάστηκε για το wit.ai, οι προκαθορισμένοι διάλογοι που δόθηκαν στο μοντέλο για εκμάθηση είχαν ως απάντηση του ChatterBot την αντιστοιχία σε πρόθεση και ονομασία εκθέματος.

Η ChatterBot βιβλιοθήκη δεν διαθέτει κάποιο μηχανισμό αναγνώρισης προφορικού λόγου παρά μόνο γραπτού. Ωστόσο στα πλαίσια της ξενάγησης υπάρχει ανάγκη για φωνητική αλληλεπίδραση με τον χρήστη και το ανθρωποειδές. Για την αντιμετώπιση του συγκεκριμένου ζητήματος χρησιμοποιήθηκε η υπηρεσία Speech Recognition της Google, μέσω της οποίας ο προφορικός λόγος μετατρέπεται σε μορφή συμβολοσειράς (string), η οποία στην συνέχεια γίνεται είσοδος στο ChatterBot.

Με σκοπό την χρήση της λειτουργίας του ChatterBot σε μόνιμη βάση από το σύστημα του ανθρωποειδούς, ώστε να είναι διαθέσιμη σε οποιαδήποτε κατάσταση βρεθεί το σύστημα, σχεδιάσαμε ένα python web API μέσω του Flask framework και το τοποθετούμε στο Banana Pi, το οποίο θα εξυπηρετεί την αλληλεπίδραση του ChatterBot με τον χρήστη και με οποιαδήποτε μελλοντική υλοποίηση σχετική με αυτό.

Τα συμπεράσματα που βγήκαν από την χρήση του ChatterBot αναφέρονται παρακάτω:

Υπερ.:

- Ανεξάρτητο από τις διακυμάνσεις του δικτύου.
- Εύκολη υλοποίηση του μοντέλου.
- Δεν χρειάζεται δημιουργία λογαριασμού.
- Γρήγορη απόκριση εφόσον όλη η διαδικασία γίνεται τοπικά.

Κατά:

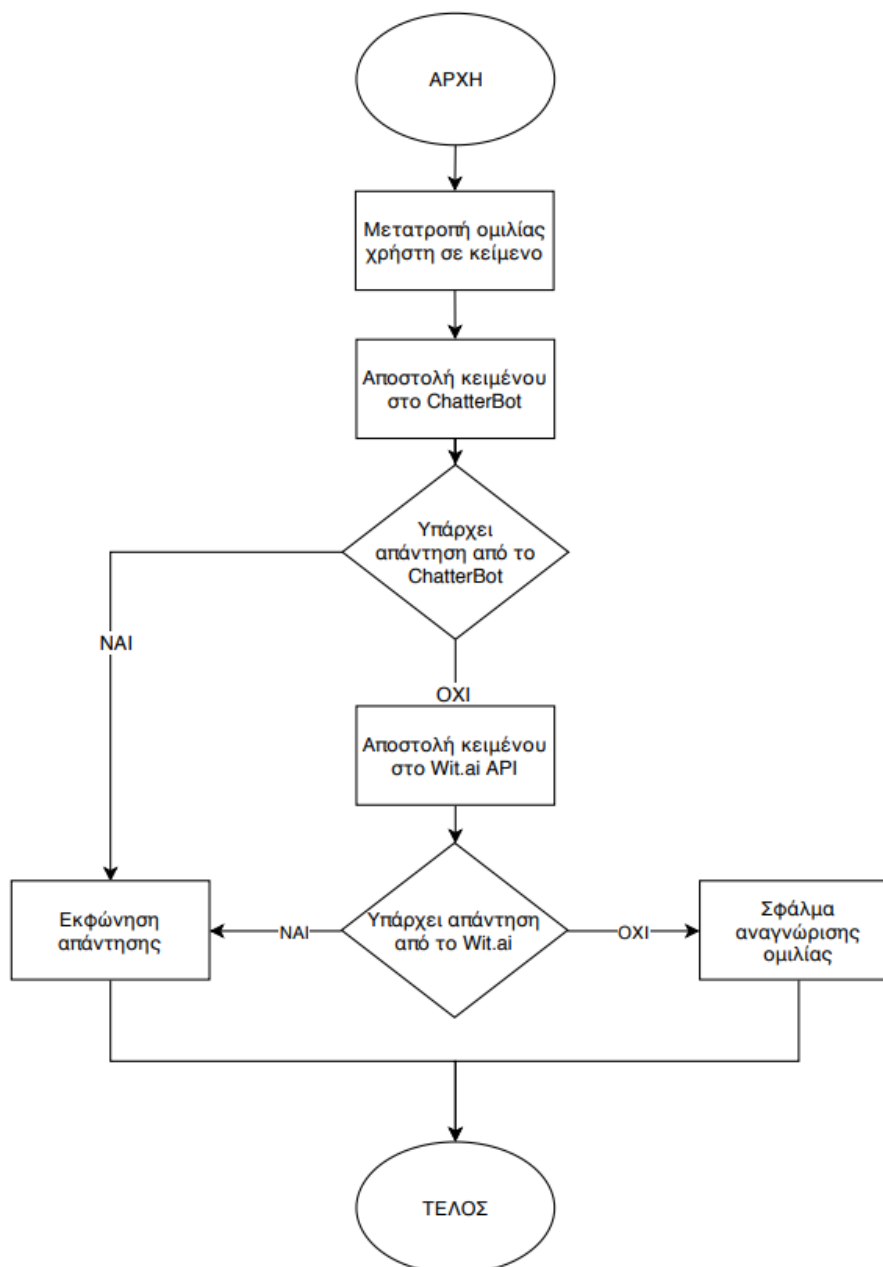
- Δεν υποστηρίζει εισαγωγή είσοδο με μορφή ήχου.
- Η εκπαίδευση του μοντέλου αφορά την τοπική βάση που δημιουργείται ή από έτοιμα λεξικά της βιβλιοθήκης.
- Μεγάλος όγκος δεδομένων για αποτελεσματική εκμάθηση

4.3.2.3.3 Συμπεράσματα σύγκρισης:

Η χρήση του wit.ai ως bot για το σύστημα ξενάγησης δίνει καλύτερη δυνατότητα κατανόησης της Ελληνικής γλώσσας, καθώς υπάρχει πακέτο βασισμένο στην Ελληνική διάλεκτο, αλλά προκαλεί ανεπιθύμητη καθυστέρηση στην δημιουργία απαντήσεων για τον χρήστη στο τελικό στάδιο της αλληλεπίδρασης με το χρήστη, οποία εξαρτάται από την κατάσταση του δικτύου. Από την άλλη πλευρά η χρήση του ChatterBot δίνει γρηγορότερες απαντήσεις, χάρη την ανεξάρτητη από το διαδίκτυο λειτουργία του, ωστόσο δεν μπορεί να αναγνωρίσει εύκολα περίπλοκες φράσεις ειδικά στις περιπτώσεις που δεν έχει εκπαιδευτεί για αυτές. [\[16\]](#)

4.3.2.3.4 Συνδυασμός και των δύο

Για να καλυφθούν όσο το δυνατόν όλες οι περιπτώσεις αλληλεπίδρασης με τον χρήστη στο τελικό σύστημα ξενάγησης χρησιμοποιήθηκαν τόσο το ChatterBot όσο και το Wit.ai δίνοντας πρώτα έμφαση στην γρήγορη απόκριση και σε δεύτερο βαθμό στην αποτελεσματικότερη ανάλυση της εισόδου. Σαν αποτέλεσμα κάθε προσπάθεια επικοινωνίας με το σύστημα ξενάγησης θα ακολουθεί την ροή που περιγράφεται στην εικόνα που ακολουθεί:



Γράφημα 10 Διάγραμμα ροής συνολικής υλοποίησης συστήματος φωνητικής αλληλεπίδρασης με την χρήση Wit.ai και Chatterbot.

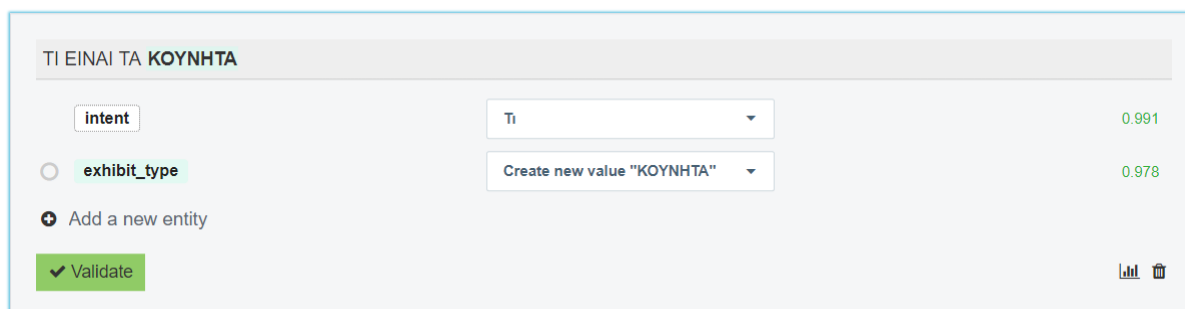
4.3.3 Εκπαίδευση συστήματος

Για να μπορεί το σύστημα να δώσει απαντήσεις σε ερωτήσεις περί των εκθεμάτων του μουσείου ή ερωτήσεις που απαιτούν γνώση του αντικειμένου γενικότερα, θα πρέπει να περάσει από εκπαίδευση. Το στάδιο της εκπαίδευσης είναι πολύ σημαντικό για την ποιότητα των απαντήσεων του συστήματος προς τον χρήστη. Για τις υλοποιήσεις τόσο του wit.ai όσο και του chatterBot δόθηκε αρκετός χρόνος στην εισαγωγή ερωτήσεων και απαντήσεων ακόμη και έτοιμων διαλόγων, ώστε το τελικό σύστημα να βρίσκονται σε ένα καλό σημείο κατανόησης των πιθανών συνομιλιών κατά την διάρκεια της ξενάγησης στο μουσείο.

Η εκπαίδευση των μοντέλων δεν αποτελεί πεπερασμένη ενέργεια αλλά μια συνεχή και δύσκολη διαδικασία, όχι τόσο στο πρακτικό κομμάτι παρά στο ποιοτικό κομμάτι. Πιο συγκεκριμένα με τον όρο ποιοτικό αναφερόμαστε στον τρόπο διατύπωσης των ερωτήσεων και των απαντήσεων στα δεδομένα εκπαίδευσης. Κάθε γλώσσα πόσο μάλλον η Ελληνική διαθέτει πάρα πολλούς τρόπους διατύπωσης της ίδιας πληροφορίας αλλά με διαφορετικό τρόπο.

Η εκπαίδευση του συστήματος γίνεται σε 2 τμήματα, ένα για κάθε υπηρεσία chatBot:

1. Wit.ai : Μέσω της ιστοσελίδας της πλατφόρμας, παρέχοντας προτάσεις και υποδεικνύοντας τις επιθυμητές οντότητες και απαντήσεις που πρέπει να επιστρέφει το chatBot.



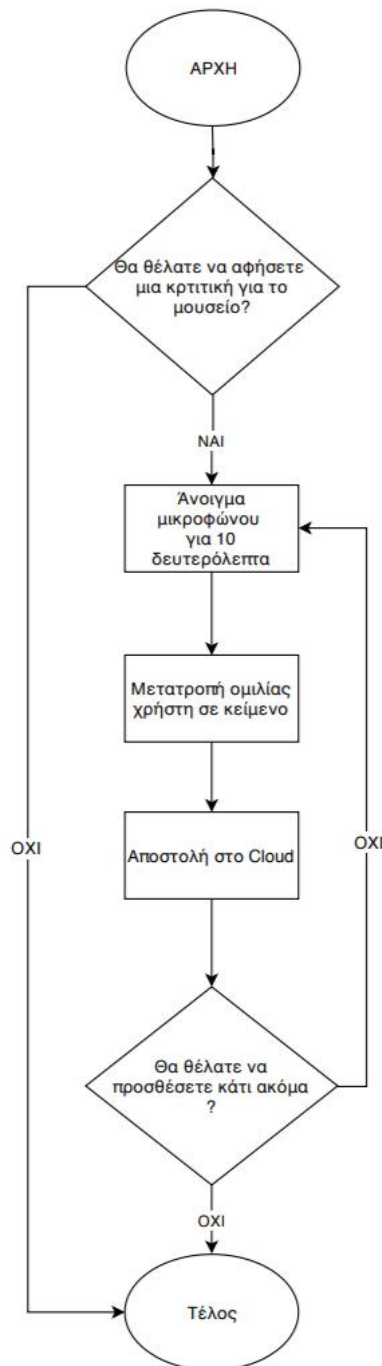
Εικόνα 27 Δείγμα εκπαίδευσης συστήματος Wit.ai

2. ChatterBot: Μέσω της εισαγωγής σεναρίων με διάφορους διαλόγους χρήστη και chatBot, υποδεικνύοντας τις επιθυμητές απαντήσεις που πρέπει να επιστρέφει το chatBot.

4.3.4 Αξιολόγηση

Μετά το πέρας της ξενάγησης, το σύστημα έχει σχεδιαστεί με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να δίνει στον χρήστη την δυνατότητα να αφήσει μια κριτική για την εμπειρία του στο μουσείο. Μετά το τελευταίο έκθεμα, το ανθρωποειδές ρωτάει τον χρήστη αν θέλει να αφήσει μια κριτική για το μουσείο. Στην περίπτωση που ο χρήστης απαντήσει θετικά, το σύστημα ακούει για ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα. Μετά το πέρας του χρονικού

διαστήματος το σύστημα θα ρωτήσει τον χρήστη αν θέλει να προσθέσει κάτι ακόμα. Ο χρήστης μπορεί να συνεχίσει να προσθέτει στην αξιολόγηση του όσες φορές θέλει αυτός. Την στιγμή που θα απαντήσει αρνητικά στην ερώτηση τότε το σύστημα θα στείλει την αξιολόγηση στο σε ένα έγγραφο στο νέφος μαζί με μια χρονοσφραγίδα. Μέσα από το έγγραφο ο χειριστής του συστήματος είναι σε θέση να ενημερώνεται για τις εμπειρίες των επισκεπτών του μουσείου.



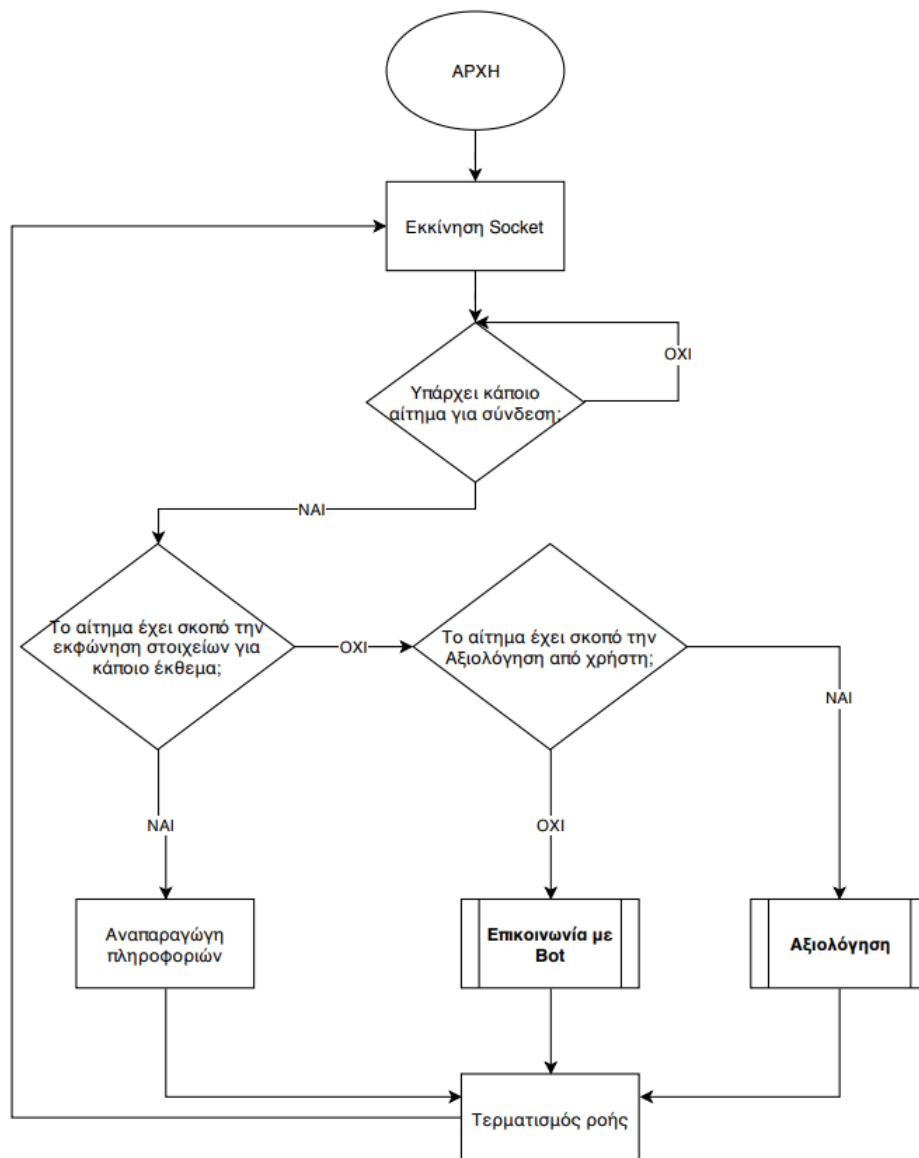
Γράφημα 11 Διάγραμμα ροής συστήματος αξιολόγησης.

Τελικό στάδιο υλοποίησης για το Banana Pi για την φωνητική αλληλεπίδραση:

Το διάγραμμα ροής που ακολουθεί απεικονίζει την τελική ροή λειτουργίας του κώδικα που εκτελείται στο SBC Banana Pi. Πιο αναλυτικά κατά την εκκίνηση του ενεργοποιείται μια διεύθυνση για συνδέσεις με Socket προς το SBC. Στην συνέχεια για κάθε αίτημα που δέχεται το SBC ελέγχει τον σκοπό του. Υπάρχουν 3 είδη αιτημάτων για την ξενάγηση:

1. Εισαγωγική Περιγραφή εκθέματος
2. Διαδικασία Αξιολόγησης ξενάγησης
3. Αλληλεπίδραση για τον επισκέπτη για τυχόν απορίες

Οι λειτουργίες “Επικοινωνία με Bot” αφορά την αποστολή αιτημάτων αρχικά στο τοπικά εγκατεστημένο chatBot API με την χρήση του ChatterBot και στην συνέχεια σε περίπτωση αστοχίας του, την αποστολή αιτημάτων στο OnLine API του wit.ai. Όσον αφορά την λειτουργία “Αξιολόγηση” γίνονται επαναληπτικές ηχογραφήσεις του χρήστη με διάρκεια 10 δευτερολέπτων την φορά, μέχρις ότου ο χρήστης ολοκληρώσει την αξιολόγηση.

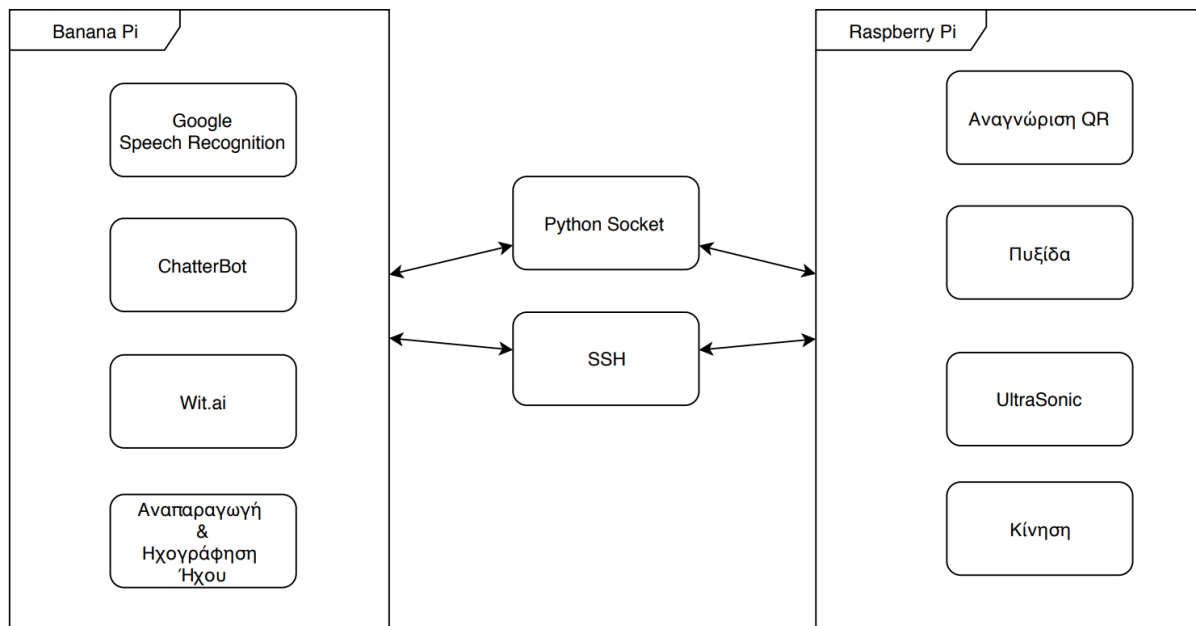


Γράφημα 12 Διάγραμμα ροής συνολικής υλοποίησης Banana Pi

4.4 Τελικό στάδιο Υλοποίησης

Ως τελικό στάδιο της διπλωματικής υλοποιήθηκε ένα σύστημα ξενάγησης με στόχο την προσαρμογή του στο ανθρωποειδές ρομποτικό σύστημα El Greco 2. Το σύστημα απαρτίζεται από πολλά τμήματα τόσο στο Banana Pi όσο και στο Raspberry Pi τα οποία συνεργάζονται μεταξύ τους με την χρήση τεχνολογιών sockets και ssh συνδέσεις.

Στο SBC Banana Pi υπάρχουν κατά βάση οι λειτουργίες με αντικείμενο την αλληλεπίδραση του συστήματος με τον χρήστη, ενώ στο Raspberry Pi λειτουργίες με αντικείμενο την φυσική συμπεριφορά του ανθρωποειδούς κατά την διάρκεια της ξενάγησης.



Γράφημα 13 Δομή διασύνδεσης Banana Pi και Raspberry Pi

Το σύστημα αναμένει εντολή για την εκκίνηση της διαδικασίας ξενάγησης. Μόλις γίνει η εκκίνηση το σύστημα ακολουθεί μια κυκλική διαδικασία ενεργειών για την περιήγησή του στον χώρο και την αφήγηση πληροφοριών σχετικά με τα εκθέματα. Τα βήματα της κυκλικής διαδικασίας αναφέρονται παρακάτω:

1. Ανάκτηση frame εικόνας και αναγνώριση QR tag μέσα του
2. Ανάκτηση δεδομένων από την πυξίδα για τον προσδιορισμό της θέσης και την φορά του ανθρωποειδούς.
3. Υπολογισμός των μοιρών περιστροφής για την κατεύθυνση προς το QR tag.
4. Περιστροφή του ανθρωποειδούς στις επιθυμητές μοίρες.
5. Ανάκτηση αποστάσεων από τον ultrasonic αισθητήρα, για τον έλεγχο εμποδίων κατά την πορεία του συστήματος προς τα εμπρός.
6. Κίνηση προς το QR tag (έκθεμα).



Η παραπάνω διαδικασία γίνεται έως ότου το σύστημα αναγνωρίσει το επιθυμητό qr tag σε διαστάσεις αντίστοιχες με απόσταση περίπου 60 εκατοστών από το QR tag.

Μόλις το ανθρωποειδές φτάσει σε αυτή την απόσταση εκφωνεί προς τον χρήστη κάποιες βασικές πληροφορίες σχετικά με το έκθεμα και στο τέλος δίνει στον χρήστη την επιλογή να ρωτήσει απορίες σχετικά με το συγκεκριμένο ή οποιοδήποτε άλλο έκθεμα επιθυμεί. Όταν ο χρήστης δεν έχει άλλες απορίες το ανθρωποειδές ακολουθεί μια προσχεδιασμένη διαδρομή (pre mapped area route) κατευθυνόμενο προς το σημείο από το οποίο θα έχει οπτική επαφή με το επόμενο έκθεμα, με έλεγχο εμποδίων μέσω του ultrasonic.

Ακολουθώντας όλα τα παραπάνω το ανθρωποειδές φτάνει κάποια στιγμή το σημείο από το οποίο ξεκίνησε, εκεί δίνει στον χρήστη την επιλογή για αξιολόγηση της εμπειρίας του. Στην διαδικασία αξιολόγησης το σύστημα ηχογραφεί τον χρήστη για κάποιο χρονικό διάστημα.

Εάν ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει επιπλέον στοιχεία στην αξιολόγηση τότε επαναλαμβάνεται η διαδικασία μέχρι ο χρήστης να ολοκληρώσει την αξιολόγησή του. Το σύστημα θα καταγράψει όλες τις ηχογραφήσεις και θα τις αποθηκεύσει στην τοπική του μνήμη καθώς επίσης και σε ένα OnLine έγγραφο, χρησιμοποιώντας τα Google Sheets.

5. Συμπεράσματα και Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

5.1 Συμπεράσματα

5.2 Δυσκολίες

5.2.1 Απόκλιση πυξίδας

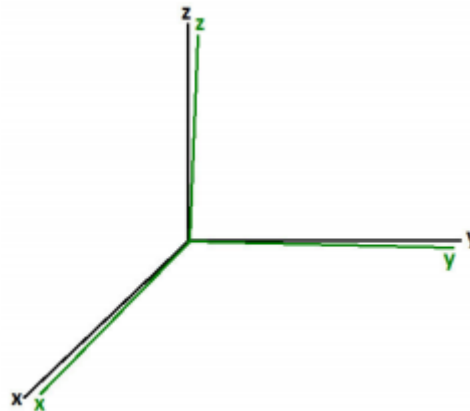
Οι αδρανειακοί αισθητήρες MEMS, όπως τα γυροσκόπια MEMS και τα επιταχυνσιόμετρα MEMS, κερδίζουν ακόμα μεγαλύτερο μέρος της αγοράς, καθώς βοηθούν στην βελτίωση της ανάπτυξης του συστήματος πλοήγησης χαμηλού κόστους. Ωστόσο, η πηγή των σφαλμάτων στους αδρανειακούς αισθητήρες που βασίζονται σε MEMS πρέπει να διορθώνεται κατάλληλα προκειμένου να μετατραπούν τα ακατέργαστα δεδομένα των αισθητήρων σε αξιόπιστα δεδομένα για τον προσδιορισμό της θέσης.

Το bias ορίζεται ως σταθερός θόρυβος από την έξοδο του αισθητήρα και είναι αναμφισβήτη η πιο σημαντική αιτία που υποβαθμίζει την απόδοση ενός

αισθητήρα αδράνειας. Ως παράδειγμα, σε ένα επιταχυνσιόμετρο εξαιτίας του bias, η τιμή της επιτάχυνσης μπορεί να είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη (ανάλογα με το σήμα του bias) της πραγματικής επιτάχυνσης και σε στατικές συνθήκες η μέση τιμή στην έξοδο προς τον αισθητήρα είναι διαφορετική από 0 g. Ως εκ τούτου, το επίπεδο 0g bias περιγράφει την στάθμη τάσης εξόδου DC του επιταχυνσιόμετρου όταν δεν βρίσκεται σε κίνηση.

5.2.1.1 Ορθογωνικότητα

Το σφάλμα μη ορθογωνικότητας προκαλείται από μια μη τέλεια ευθυγράμμιση μεταξύ της τριάδας των φυσικών αξόνων του αισθητήρα και της ιδανικής τριάδας που λαμβάνεται ως αναφορά για τον υπολογισμό του σήματος εξόδου. Αυτό το σφάλμα εξαρτάται ουσιαστικά από το βαθμό ακρίβειας που μπορεί να επιτευχθεί κατά τη φάση κατασκευής. Θεωρώντας και πάλι ένα 3-αξονικό επιταχυνσιόμετρο, η μη ορθογωνικότητα των αξόνων είναι τέτοια ώστε το επιταχυνσιόμετρο τοποθετημένο σε έναν μόνο άξονα να είναι επίσης ευαίσθητο στις δυνάμεις εφαρμοσθεί στους άλλους άξονες.



Εικόνα 28 Σφάλμα ορθογωνικότητας

Η απόκλιση που προσθέτει το σύστημα της πυξίδας σε συνδυασμό με την απόκλιση στην κίνηση των δύο κινητήρων έχουν ως αποτέλεσμα το σύστημα να παρεκκλίνει από τον πραγματικό στόχο. Επιπλέον όπως έχει αναφερθεί στο κεφάλαιο 2.1 με την χρήση πλοήγησης dead reckoning, το ποσοστό λάθος κάθε κίνησης συσσωρεύεται. Αυτό έχει ως συνέπεια το σύστημα να παρουσιάζει μικρή ακρίβεια σε μεγαλύτερες αποστάσεις.



5.3 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνα

Με την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας και την παράθεση των συμπερασμάτων, δίνεται χώρος για προτάσεις επέκτασης και βελτίωσης του μοντέλου που κατασκευάστηκε. Οι προτάσεις ακολουθούν αριθμημένες:

1. Είναι γνωστό από καιρό ότι η συγκέντρωση πληροφοριών από πολλούς αισθητήρες για τη ρομποτική πλοήγηση οδηγεί σε αύξηση την ευρωστία και την ακρίβεια. Ωστόσο, η ακριβής βαθμονόμηση του συνόλου αισθητήρων πριν από την ανάπτυξη στο πεδίο καθώς και η αντιμετώπιση των διακοπών των αισθητήρων, των διαφορετικών ρυθμών μέτρησης και των καθυστερήσεων, καθιστούν την σύντηξη πολλαπλών αισθητήρων μια πρόκληση. Ως αποτέλεσμα, τα συνηθέστερα συστήματα δεν εκμεταλλεύονται όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες αισθητήρων με αντάλλαγμα την απλότητα. Για παράδειγμα, σε μια αποστολή απαιτώντας τη μετάβαση του ρομπότ από εσωτερικούς σε εξωτερικούς χώρους, είναι φυσιολογικό να αγνοήσετε τα σήματα του συστήματος Global Positioning System (GPS) που διατίθενται ελεύθερα μια φορά έξω και αντίθετα. Ωστόσο για συστήματα τα οποία χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερα μουσεία η χρήση πολλαπλών αισθητήρων αποτελεί τον μοναδικό τρόπο σχεδίασης.
2. Τέλος για την καλύτερη χαρτογράφηση του χώρου και την μείωση του ποσοστού λάθους στο σύστημα πλοήγησης μπορεί να σχεδιαστεί ένα νέο σύστημα κίνησης. Το υπάρχον σύστημα καθώς βασίζεται σε ένα υπάρχων ανθρωποειδές του οποίου η κίνηση χρησιμοποιεί απλούς κινητήρες DC, δεν έχει την δυνατότητα να γνωρίζει την απόσταση που καλύπτει με κάθε κίνηση του. Μια περαιτέρω εξέλιξη του συστήματος που θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακρίβειας της κίνησης θα ήταν η χρήση omni-wheels, η χρήση ενός Stepper Motor ως περιστροφικό κωδικοποιητή καθώς επίσης και η χρήση οπτικών laser για την μέτρηση της ακριβούς μετατόπισης.

6. Βιβλιογραφία

Type → APA

1. Mouratidis, A., Chatzis, D., Pyriy, Y., Manos, N., Papanastasiou, P., Kavallieratou, E., ... & Anastasiadis, A. El Greco II: affordable social humanoid for educational use.



2. Skoupras, P., Soulountsi, M., Khandelwal, S., Upadhyay, J., Paraskevas, K., Zervas, G., ... & Kavallieratou, E. (2018, July). El Greco: a 3d-printed humanoid that anybody can afford. In *Proceedings of the 10th Hellenic Conference on Artificial Intelligence* (p. 58). ACM.
3. Burgard, W., Cremers, A. B., Fox, D., Hähnel, D., Lakemeyer, G., Schulz, D., ... & Thrun, S. (1999). Experiences with an interactive museum tour-guide robot. *Artificial intelligence*, 114(1-2), 3-55.
4. Mata, M., Armingol, J. M., de la Escalera, A., & Salichs, M. A. (2001). A visual landmark recognition system for topological navigation of mobile robots. In *Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No. 01CH37164)* (Vol. 2, pp. 1124-1129). IEEE.
5. Schultz, M. K. (2013). A case study on the appropriateness of using quick response (QR) codes in libraries and museums. *Library & Information Science Research*, 35(3), 207-215.
6. Wicker, S. B., & Bhargava, V. K. (Eds.). (1999). *Reed-Solomon codes and their applications*. John Wiley & Sons.
7. Woodman, O. J. (2007). An introduction to inertial navigation (No. UCAM-CL-TR-696). University of Cambridge, Computer Laboratory.
8. Song, K. T., Chen, C. H., & Huang, C. H. C. (2004, June). Design and experimental study of an ultrasonic sensor system for lateral collision avoidance at low speeds. In *IEEE Intelligent Vehicles Symposium, 2004* (pp. 647-652). IEEE.
9. Jelinek, F. (1997). *Statistical methods for speech recognition*. MIT press.
10. Stork, D. G. (Ed.). (1997). *HAL's Legacy: 2001's Computer as Dream and Reality*. Mit Press.
11. Bradeško, L., & Mladenčić, D. (2012, October). A survey of chatbot systems through a loebner prize competition. In *Proceedings of Slovenian Language Technologies Society Eighth Conference of Language Technologies* (pp. 34-37).
12. Lowe, R., Pow, N., Serban, I., & Pineau, J. (2015). The ubuntu dialogue corpus: A large dataset for research in unstructured multi-turn dialogue systems. arXiv preprint arXiv:1506.08909.
13. Niwattanakul, S., Singthongchai, J., Naenudorn, E., & Wanapu, S. (2013, March). Using of Jaccard coefficient for keywords similarity. In *Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists* (Vol. 1, No. 6, pp. 380-384).
14. Heeringa, W. J. (2004). *Measuring dialect pronunciation differences using Levenshtein distance* (Doctoral dissertation, University Library Groningen)[Host]).
15. Mitrevski, M. (2018). Getting started with wit. ai. In *Developing Conversational Interfaces for iOS* (pp. 143-164). Apress, Berkeley, CA.
16. Braun, D., Hernandez-Mendez, A., Matthes, F., & Langen, M. (2017, August). Evaluating natural language understanding services for conversational question answering systems. In *Proceedings of the 18th Annual SIGdial Meeting on Discourse and Dialogue* (pp. 174-185).
17. Mata, M., Armingol, J. M., de la Escalera, A., & Salichs, M. A. (2001). A visual landmark recognition system for topological navigation of mobile robots. In *Proceedings 2001 ICRA. IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No. 01CH37164)* (Vol. 2, pp. 1124-1129). IEEE.
18. Collobert, R., Weston, J., Bottou, L., Karlen, M., Kavukcuoglu, K., & Kuksa, P. (2011). Natural language processing (almost) from scratch. *Journal of machine learning research*, 12(Aug), 2493-2537.



19. Madhani, N. (2007). Getting started on natural language processing with Python. *ACM Crossroads*, 13(4), 5.
20. Rostkowska, M., & Topolski, M. (2015). On the application of QR codes for robust self-localization of mobile robots in various application scenarios. In *Progress in automation, robotics and measuring techniques* (pp. 243-252). Springer, Cham.
21. Basiri, A., Amirian, P., & Winstanley, A. (2014). The use of quick response (QR) codes in landmark-based pedestrian navigation. *International Journal of Navigation and Observation*, 2014.
22. Palacin, J., Valganon, I., & Pernia, R. (2006). The optical mouse for indoor mobile robot odometry measurement. *Sensors and Actuators A: Physical*, 126(1), 141-147.
23. Benini, A. (2014). *Localization and Navigation of Autonomous Systems in Complex Scenarios*.
24. Lynen, S., Achtelik, M. W., Weiss, S., Chli, M., & Siegwart, R. (2013, November). A robust and modular multi-sensor fusion approach applied to mav navigation. In *2013 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems* (pp. 3923-3929). IEEE.
25. Hoppen, P., Knieriemen, T., & von Puttkamer, E. (1990, May). Laser-radar based mapping and navigation for an autonomous mobile robot. In *Proceedings., IEEE International Conference on Robotics and Automation* (pp. 948-953). IEEE.