DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INTEGRATED CCTV AND INTERCOM SYSTEM FOR SMART HOMES IN THE ERA OF IOT

by

MANOLIS NERANTZOULAKIS

B.A. Electronic Engineer, School of Engineering, University of Crete, 2014

A THESIS

submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree

MASTER OF SCIENCE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

HELLENIC MEDITERRANEAN UNIVERSITY

2024

Approved by:

Dr. Panagiotakis Spyridon

Abstract

In today's world, where Internet of Things promises ubiquitous access to any device, from anywhere, at anytime, smart devices can receive, store, process, and share data, enabling users to monitor, control, and automate their homes with minimal technical knowledge. Their affordability and utility have driven widespread adoption. However, many systems, like CCTV and intercoms, remain restricted by proprietary software and protocols, limiting customization and flexibility. This is especially true for intercom systems, where only a few offer features like integrated video door entry and communication between rooms or floors based on the IP protocol stack. This creates a demand for open-source solutions that can meet diverse needs without vendor lock-in.

To address this gap, this implementation uses a Raspberry Pi4 as the central server, eliminating reliance on proprietary solutions. On top of this, our system integrates all required components for operation and communication. For telephony functionality, the open-source private branch exchange (PBX) framework Asterisk has been used to enable robust multimedia communication and session management.

Regarding the closed-circuit television (CCTV) system, a monitoring platform based on open-source IoT technologies has been implemented, which can connect to any central surveillance system via open interfaces, easily integrates with various USB and IP cameras, and offers several custom features based on AI tools. To achieve this, the open-source software ZoneMinder is utilized as the basis building on top of this our services. This approach not only enhances interoperability but also provides users with a customization and cost-effective alternative to commercial systems.

The final system delivers a user-friendly interface accessible from mobile devices and other computing platforms. It supports a broad range of commercially available cameras and hardware components, ensuring adaptability to different environments. By combining open-source hardware and software, this solution promotes transparency, reduces costs, and meets modern demands for flexibility and integration.

Περίληψη

Στον σημερινό κόσμο, οι έξυπνες συσκευές μπορούν να λαμβάνουν, να αποθηκεύουν, να επεξεργάζονται και να μοιράζονται δεδομένα, επιτρέποντας στους χρήστες να παρακολουθούν, να ελέγχουν και να αυτοματοποιούν τα σπίτια τους με ελάχιστες τεχνικές γνώσεις. Η προσιτή τιμή και η χρησιμότητά τους έχουν οδηγήσει στη μαζική υιοθέτηση τους. Ωστόσο, πολλά συστήματα, όπως τα CCTV και τα θυροτηλέφωνα, περιορίζονται από το εργοστασιακό λογισμικό, το οποίο μειώνει τις δυνατότητες προσαρμογής και ευελιξίας. Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές στα θυροτηλέφωνα, όπου μόνο λίγα συστήματα προσφέρουν δυνατότητες όπως η ενσωματωμένη βιντεοεπιτήρηση εισόδου και η επικοινωνία μεταξύ δωματίων ή ορόφων. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη για λύσεις ανοιχτού κώδικα που μπορούν να καλύψουν διαφορετικές ανάγκες χωρίς εξάρτηση από συγκεκριμένους κατασκευαστές.

Για να καλυφθεί αυτό το κενό, η συγκεκριμένη υλοποίηση χρησιμοποιεί ένα Raspberry Pi4 ως κεντρικό διακομιστή, εξαλείφοντας την εξάρτηση λύσεων από συγκεκριμένους κατασκευαστές.. Αυτή η πλατφόρμα ενσωματώνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία για τη λειτουργία και την επικοινωνία. Για τη λειτουργία τηλεφωνίας, έχει χρησιμοποιηθεί το Asterisk, ένα ιδιωτικό τηλεφωνικό κέντρου (PBX) ανοιχτού κώδικα, που επιτρέπει αξιόπιστη φωνητική επικοινωνία και διαχείριση συστήματος.

Όσον αφορά το σύστημα κλειστού κυκλώματος τηλεόρασης (CCTV), υλοποιήθηκε μια πλατφόρμα παρακολούθησης βασισμένη σε τεχνολογίες ανοιχτού κώδικα IoT, η οποία μπορεί να συνδεθεί με οποιοδήποτε κεντρικό σύστημα επιτήρησης που χρησιμοποιεί ανοιχτές διεπαφές και να ενσωματωθεί με διάφορες κάμερες USB και IP. Για να επιτευχθεί αυτό, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ανοιχτού κώδικα ZoneMinder. Αυτή η προσέγγιση ενισχύει τη διαλειτουργικότητα και παρέχει στους χρήστες μια εξατομικευμένη και οικονομικά αποδοτική εναλλακτική λύση σε σχέση με τα εμπορικά συστήματα.

Το τελικό σύστημα προσφέρει ένα φιλικό προς τον χρήστη περιβάλλον, προσβάσιμο από κινητές συσκευές και άλλες πλατφόρμες εντός του τοπικού δικτύου. Υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα εμπορικά καμερών και υλικών και συνδυάζει υλικό και λογισμικό ανοικτού κώδικα, ώστε να μειώσει το κόστος και να καλύψει τις σύγχρονες απαιτήσεις για ευελιξία και ενσωμάτωση.

Ευχαριστίες

Με αυτό το κείμενο θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες, στους ανθρώπους που συνέβαλαν στην περάτωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα καταρχάς να ευχαριστήσω τον καθοριστικό ρόλο του Επιβλέπων Καθηγητή: Δρ. Παναγιωτάκη Σπυρίδων, εισηγητή της διπλωματικής μου εργασίας, ο οποίος με την εμπιστοσύνη, την υποστήριξη, αλλά και την ουσιώδη καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλα τα επίπεδα, συνέτεινε όχι μόνο στην περάτωση της παρούσας εργασίας, αλλά και στην μέχρι τώρα ακαδημαϊκή μου πορεία.

Επίσης, οφείλω να ευχαριστήσω το σύνολο του εκπαιδευτικού προσωπικού του ιδρύματος για την πλειάδα των γνωστικών εφοδίων και προκλήσεων που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και το οικείο περιβάλλον μου για την συνεχή υποστήριξη, ενθάρρυνση και συμπαράσταση που μου παρείχαν καθ΄όλη την διάρκεια της μέχρι τώρα πορείας μου, αφού τα στοιχεία αυτά αποτέλεσαν θεμέλιο ανάπτυξης όχι μόνο για την ακαδημαϊκή μου εξέλιξή, αλλά ταυτόχρονα και πολύτιμο εφόδιο για τη μετέπειτα ζωή μου. Έτσι θα ήθελα να τους αφιερώσω αυτή την εργασία.

Ευχαριστώ εκ καρδίας.

Περιεχόμενα

Abstract 3
Περίληψη 5
Ευχαριστίες 7
Περιεχόμενα 9
Λίστα εικόνων 12
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ 14
1.1 Εισαγωγή 14
1.2 Ερευνητικά ερωτήματα 16
1.3 Δομή κεφαλαίων 18
2. ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ 20
2.1 Τεχνολογία CCTV με ip camera και πρωτόκολλο TCP/IP 20
2.2 Τεχνολογία SIP 22
2.3 Τεχνολογίες CLOUD 25
2.3 Τηλεφωνικά κέντρα (PBX- Asterisk) 26
2.4 Λογισμικό NodeRed 27
2.5 Λογισμικό ZoneMinder 29
2.6 Αντίστοιχες εφαρμογές και ερευνητικές εργασίες 33
2.6.1 Εφαρμογές ενδοεπικοινωνίας και εντολών 33
2.6.2 Εφαρμογές εποπτείας καμερών (surveillance) 38
2.6.3 Ανάλυση χαρακτηριστικών αντίστοιχων εφαρμογών 39
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 42
3.1 Ανάλυση απαιτήσεων 42
3.2 Σχεδιασμός συστήματος 44
4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 48
4.1 Περιγραφή υλικών συστήματος 48
4.1.1 Το υπολογιστικό σύστημα Raspberry Pi 4 50
4.1.2 Ακροδέκτες ΄gpio΄ του Raspberry Pi4 51
4.1.3 Κυκλωματική παρουσίαση - Οι συνδεσμολογίες του Raspberry Pi4 52
4.1.2 USB camera με μικρόφωνο 54
4.1.3 Ηχείο 54
4.1.4 Button 55
4.1.5 Καλώδια 56
4.1.6 Σταθερές και κινητές ηλεκτρονικές συσκευές 57
4.1.7 IP Κάμερα 57
4.2 Λογισμικά συστήματος 58
4.2.1 Λειτουργικό σύστημα του Raspberry Pi 4 58
4.2.2 Λογισμικό Asterisk 59

4.2.3 Λογισμικό Node Red 61
4.2.4 Εξυπηρετητής Apache 66
4.2.5 Βάση δεδομένων MariaDb 66
4.2.6 Εφαρμογές SoftPhone 67
5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ 68
5.1 Λογισμικά συστήματος 68
5.1.1 Εφαρμογή Linphone 68
5.1.2 Εφαρμογη Linhome 70
5.1.3 Εφαρμογη PortSip 74
5.1.4 ZoneMinder 77
5.1.4.1 Αναγνώριση προσώπου 83
5.1.4.2 Εντολές μέσω του ZoneMinder και Face Id 99
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ 106
6.1 Αξιολόγηση απαιτήσεων 106
6.2 Συμπεράσματα 109
6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις συστήματος 110
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 113

Λίστα εικόνων

Εικόνα 2.1 SIP architecture 24
Εικόνα 2.2 Σηματοδοσία ανάμεσα σε 2 χρήστες 25
Εικόνα 2.3 Παράδειγμα ροής (flow) με ρυθμίσεις 28
Εικόνα 2.4 Παράδειγμα ροής (flow) 29
Εικόνα 2.5 ZoneMinder ρυθμίσεις καταγραφής περιοχής 32
Εικόνα 2.6 ZoneMinder ρυθμίσεις καταγραφής αντικειμένου 32
Εικόνα 2.7 ΄CLOUD΄ εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας 34
Εικόνα 2.8 Δύο arduino ως εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας 35
Εικόνα 2.9 Arduino ως εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας 36
Εικόνα 2.10 Raspberry ως εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας με χρήση εντολών 37
Εικόνα 3.1 Γράφημα σχεδιασμού συστήματος 45
Εικόνα 3.2 Γράφημα σχεδιασμού συστήματος για όλες τις εισόδου 46
Εικόνα 4.1 Σχεδιασμός κατασκευής συστήματος 49
Εικόνα 4.2 Κατασκευή του συστήματος 50
Εικόνα 4.3 Πλακέτα Raspberry Pi 4 51
Εικόνα 4.4 Σχεδίαση ακροδεκτών Raspberry Pi 4 (gpio pin schematics) 52
Εικόνα 4.5 Σχέδιο κυκλωματικής διάταξης Gpio pin 53
Εικόνα 4.6 Υλοποίηση συνδεσμολογίας Gpio pin 53
Εικόνα 4.7 Loosafe web camera LS-F37 54
Εικόνα 4.8 Ηχείο 3 watt 55
Εικόνα 4.9 Διακόπτες τύπου μπουτόν (button) 55
Εικόνα 4.10 Καλώδια ηλεκτρονικών εφαρμογών 56
Εικόνα 4.11 Hikvision ΄DS-2CD1043G0΄ ip Κάμερα 57
Εικόνα 4.12 Asterisk 16.28.0 version 59
Εικόνα 4.13 Asterisk pjsip file 60
Εικόνα 4.14 Asterisk extensions file 61
Εικόνα 4.15 Node Red calling palette 62
Εικόνα 4.16 Node Red opening palette 65
Εικόνα 5.1 - Ρυθμίσεις λειτουργικού Linphone 69
Εικόνα 5.2 - Λειτουργικό Linphone 70
Εικόνα 5.3 - Ρυθμίσεις λειτουργικού Linhome 71
Εικόνα 5.4 - Εφαρμογή Linhome σε κατάσταση εισερχόμενης κλήσης 72
Εικόνα 5.5 - Εφαρμογή Linhome σε κατάσταση κλήσης 73
Εικόνα 5.6 - Εφαρμογή Linhome σε ιστορικού κλήσεων 74
Εικόνα 5.7 - Εφαρμογή PortSip σε κατάσταση εισερχόμενης κλήσης 75
Εικόνα 5.8 - Εφαρμογή PortSip σε κατάσταση κλήσης 76
Εικόνα 5.9 - Εφαρμογή PortSip σε κατάσταση συνδιάλεξης κλήσεων 77
Εικόνα 5.10 - Αρχική σελίδα ZoneMinder 80
Εικόνα 5.11 ZoneMinder add camera menu1 (1.37.61 version) 78
Εικόνα 5.12 ZoneMinder add camera menu2 78
Εικόνα 5.13 ZoneMinder add camera menu3 79
Εικόνα 5.14 ZoneMinder θέαση από κάμερα 80
Εικόνα 5.15 ZoneMinder time slot playback 81
Εικόνα 5.16 ZoneMinder playback list 82

Εικόνα 5.17 ZoneMinder Face Id Console 96
Εικόνα 5.18 ZoneMinder Face Id monitor 97
Εικόνα 5.19 ZoneMinder Face Id manolis 98
Εικόνα 5.20 ZoneMinder Face Id Unknown 99
Εικόνα 5.21 NodeRed με MQQT μηνύματα αναγνώρισης 100
Εικόνα 5.22 NodeRed με MQQT μηνύματα αναγνώρισης 102

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΚΟΠΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ

1.1 Εισαγωγή

Με την εξέλιξη της κοινωνίας προς το μέλλον, η τεχνολογία συνεχώς αυξάνει τους ρυθμους ανάπτυξης της και γίνεται όλο και περισσότερο μέρος της καθημερινότητας μας. Την σημερινή εποχή ολο και περισσοτερες συσκευές έχουν την δυνατότητα σύνδεσης στο πρόσβαση στο διαδίκτυο σχεδόν από παντού [1]. Έτσι, μπορούν να λαμβάνουν, να αποθηκεύουν, να επεξεργάζονται και να μεταφέρουν δεδομένα, μεταξύ τους. Αυτό το σύστημα είναι γνωστό ως Διαδίκτυο των Πραγμάτων (internet of things) IoT [2]. Χρόνο με το χρόνο, η δημοφιλία αυτού του πεδίου έχει αυξηθεί ραγδαία. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Επικοινωνιών, αναμένεται μέχρι το 2025 ο αριθμός των συσκευών IoT να έχει αυξηθεί στις 25,1 δισεκατομμύρια συσκευές [3]. Όπως είναι φυσιολογικό οι εφαρμογές για το IoT χρησιμοποιούνται και για τα έξυπνα οικοσυστήματα [4]. Με αυτόν το τρόπο, είναι δυνατή η παρακολούθηση, ο έλεγχος και η αυτοματοποίηση έξυπνων οικιακών συσκευών σε κάποιο επίπεδο, ακόμη και για τους ανθρώπους που δεν έχουν προηγούμενη γνώση σε αυτόν τον τομέα. Ένα μεγάλο μέρος της δημοτικότητάς τους προέρχεται επίσης από το γεγονός ότι η τεχνολογία είναι σε θέση να δημιουργήσει έξυπνα οικοσυστήματα στο σπίτι με σχετικά οικονομικότερο ονομαστικό κόστος σε σχέση με το παρελθόν [5]. Την σημερινή εποχή τα συστήματα θυροτηλεόραση - ενδοεπικοινωνίας εγκαθίστανται όλο και περισσότερο καθώς υπάρχει όλο και μεγαλύτερη ανάγκη για μέτρα ασφαλείας [6], έτσι ο πολίτης νιώθει περισσότερο ασφαλείς σε σχέση με τα παρελθόντα χρόνια στα οποία δεν υπήρχαν οι ίδιες δυνατότητες σε αυτόν τον τομέα.

Κάνοντας χρήση των IoT στα έξυπνα σπίτια, το σύνολο των λειτουργιών γίνονται με περισσότερο αυτοποιημένο τρόπο και έτσι υπάρχει βελτίωση του βιοτικού επιπέδου των χρηστών. Με αυτόν τον τρόπο δημιουργούνται δίκτυα αισθητήρων που κάνουν μεταφορά του φυσικού κόσμου στον ψηφιακό και εκτελούν ενέργειες. Ένα τέτοιο σύστημα, ανάλογα με την αρχιτεκτονική του έχει την δυνατότητα να διακινεί τα δεδομένα σε ένα τοπικό δίκτυο ή σε ένα ευρύτερο, όπως αυτό του λεγόμενου ΄νέφους΄ cloud. Οι δυνατότητες των συστημάτων αυτών είναι μεγάλες και έτσι και η συμπυκνωμένη πληροφορία που λαμβάνεται από τους αισθητήρες και είναι στην διαθεσιμότητα των χρηστών είναι επίσης μεγάλη. Με βάση την έρευνα,

παρατηρείται ότι η χρήση των IoT συσκευών διευκολύνουν τις επιθυμητές συνθήκες στον χώρο του σπιτιού για τους χρήστες, και την βελτίωση της αίσθησης ασφάλειας τους. Επίσης παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των χρηστών κάνει χρήση των συσκευών εντός του τοπικού δικτύου και όχι με απομακρυσμένο χειρισμό, καθώς ο επικρατέστερος φόβος τους είναι η πιθανή παραβίαση της ιδιωτικότητας τους [7].

Οι εφαρμογές του IoT χρησιμοποιούνται όμως και σε άλλους τομείς της σύγχρονης οικονομίας, όπως την βιομηχανική παραγωγή (΄έξυπνα εργοστάσια΄), στο ψηφιακό αλλά και στο λιανικό εμπόριο, στην διαχείριση της ενέργειας, στην κτηνοτροφία, την γεωργία, στην υγεία, την προστασία του περιβάλλοντος και σε πολλούς άλλους. Ακόμη και σαν σύνολο μέσα στην πόλη που ονομάζεται: ΄έξυπνη πόλη΄ [7]. Αυτό γίνεται, όχι μόνο διότι ακολουθείται η τεχνολογική τάση της εποχής μας, αλλά διότι δημιουργούνται καλύτερες ψηφιακές δυνατότητες σε ιδιώτες και επιχειρήσεις, ώστε να αυξηθεί η εξυπηρέτηση η υποστήριξη, η αποτελεσματικότητα, η αποδοτικότητα και σε συνέπεια η παραγωγικότητα και η κερδοφορία στις επιχειρήσεις. Σε αυτές τις περιπτώσεις όμως εκτός του ότι ενισχύεται η εξυπηρέτηση και η υποστήριξη σε ιδιωτικό και επαγγελματικό επίπεδο, παρατηρούνται προκλήσεις στην ασφάλεια των προσωπικών δεδομένων, της υποκλοπής, αλλά και της ίδιας της διαχείρισης των συσκευών IoT [8]. Το να πραγματοποιηθεί μεταφορά των δεδομένων από το ένα σημείο ενός δικτύου στο άλλο, χωρίς την αλληλεπίδραση του ανθρώπου, μας δίνει κάποια ευκολία, όμως ανοίγεται και ένας νέος δρόμος ευκαιριών για τους εισβολείς. Έτσι δημιουργείται μία πρόκληση για κρυπτογράφηση από άκρο σε άκρο, που αντιπροσωπεύει το δικαίωμα των χρηστών στην ιδιωτικοποίηση [9].

Η περίπτωση της παρούσας εργασίας δίνει βάρος στα ΄έξυπνα σπίτια΄, καθώς και στην υλοποίηση της κατασκευής ενός συστήματος που αποτελεί κομμάτι τους. Σε ένα ΄έξυπνο σπίτι΄ κυριαρχεί τεχνολογικός σχεδιασμός αιχμής, με τέτοιο τρόπο, ώστε να αυξηθεί η ασφάλεια, η άνεση και η αποτελεσματικότητα [10]. Τα σημερινά τεχνολογικά συστήματα, βασίζονται στις αρχές του 2ου αιώνα και με την εξέλιξη και την βελτίωση της τεχνολογίας, τα περισσότερα συστήματα, μαζί και αυτά συνεχώς αλλάζουν. Η μοντέρνα εμφάνιση της ζωής στην πόλη συνεπάγεται και την προμήθεια ανάλογων ΄έξυπνων΄ συστημάτων με προτεραιότητα στην διαδραστικότητα, ειδικά στον τομέα των τηλεφωνικών δικτύων και τηλεόρασης [11].

Η ενσωμάτωση του IoT στα «έξυπνα σπίτια» προσφέρει μεν βελτιώσεις στη διαχείριση πόρων, όπως η ενέργεια, ο φωτισμός και η ασφάλεια, αλλά παρόλα αυτά, οι προκλήσεις παραμένουν στον τομέα της διαλειτουργικότητας και της προστασίας δεδομένων. Υπάρχει λοιπόν

ανάγκη για ανοικτά πρότυπα και ισχυρά πρωτόκολλα ασφαλείας, ώστε να διασφαλίζεται η απόδοση και η ασφάλεια των συστημάτων, όπως επίσης δίνεται μεγάλη σημασία στην κρυπτογράφηση δεδομένων και την χρήσης ευέλικτων σχεδιαστικών προσεγγίσεων, που να βελτιώνουν την εμπειρία των χρηστών [12].

Με βάση την βιβλιογραφία παρατηρούμε ότι ενώ το IoT έχει αναπτυχθεί αρκετά σε βιομηχανικό και επαγγελματικό βαθμό με μεγάλους ρυθμούς ανάπτυξης τα τελευταία χρόνια και διαχειρίζεται μεγάλη ροή δεδομένων, ώστε να είναι σε θέση να εξάγει πληροφορίες και να πάρει αποφάσεις [13], σε επίπεδο ιδιωτικότητας έχει παραμείνει σε μια αρχική μορφή με αργό ρυθμό ανάπτυξης. Παρόλη λοιπόν την τεχνολογική εξέλιξη που υπάρχει στον τομέα, τα περισσότερα από αυτά τα συστήματα δεν έχουν σχεδιαστεί με την πρόβλεψη για την δυνατότητα διαλειτουργικότητας τους με άλλα παρόμοια συστήματα ή συσκευές. Αυτό γίνεται, διότι χρησιμοποιούν λογισμικό που εγκαθίσταται από τον κατασκευαστή και δεν υπάρχει επιλογή εγκατάστασης προέκτασης ή τροποποίησης, εκτός αυτών που ορίζει ο κατασκευαστής. Επομένως, παρατηρήθηκε μεγάλη ανάγκη δημιουργίας τέτοιων συστημάτων, τα οποία να είναι βασισμένα σε υλικό και λογισμικό ανοικτού κώδικα, που να είναι σε θέση πλέον να ικανοποιήσει την κάλυψη αυτών των αναγκών. Έτσι η ιδέα του ΄έξυπνου σπιτιού΄ απομακρύνεται κάπως αν δεν υπάρχουν οι όροι της απλότητας στην χρήση, της αποδοτικότητας από πλευράς πόρων, (ίσως και οικονομικών στοιχείων) και εν τέλει απομακρυνόμαστε από τον στόχο του. Για τους παραπάνω λόγους, ο σχεδιασμός ενός συστήματος υψηλής τεχνολογίας στο σχεδιαστικό κομμάτι του χώρου με την δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων του χρήστη κρίνεται απαραίτητος [14].

1.2 Ερευνητικά ερωτήματα

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει φέρει στο προσκήνιο λύσεις που βασίζονται σε ανοιχτές πλατφόρμες λογισμικού . Οι λύσεις αυτές προσφέρουν χαμηλότερο κόστος, μεγαλύτερη ευελιξία και δυνατότητα προσαρμογής στις διαφορετικές ανάγκες των χρηστών. Η δημιουργία συστημάτων που λειτουργούν με βάση το πρωτόκολλο TCP/IP και συνδυάζουν τεχνολογίες ενδοεπικοινωνίας και εποπτείας αποτελεί πρόκληση, ειδικά όταν στοχεύουν να διατηρήσουν φιλικότητα προς τον χρήστη και εύκολη υλοποίηση.

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη διερεύνηση της δυνατότητας ανάπτυξης τέτοιων συστημάτων με τη χρήση υλικού και λογισμικού ανοικτού κώδικα. Μέσω αυτής της προσέγγισης,

επιχειρείται η δημιουργία λειτουργικών και οικονομικών λύσεων που αξιοποιούν τα πλεονεκτήματα του TCP/IP για διασύνδεση και επικοινωνία. Στο πλαίσιο αυτό, τα ερευνητικά ερωτήματα που προκύπτουν είναι τα εξής:

1. Κατά πόσο είναι εφικτό να δημιουργηθεί ένα σύστημα ενδοεπικοινωνίας βασισμένο εξ΄ ολοκλήρου σε υλικό και λογισμικό ανοικτού κώδικα, το οποίο να λειτουργεί μέσω πρωτοκόλλων TCP/IP;
2. Πώς μπορεί να αναπτυχθεί ένα TCP/IP-based σύστημα εποπτείας που να παρέχει στον χρήστη εύκολη πρόσβαση, λειτουργικότητα και παραμετροποιήσιμες δυνατότητες, ικανοποιώντας παράλληλα τις ανάγκες ασφάλειας και ευελιξίας;

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός μοντέλου ενδοεποικοινωνίας, και επίβλεψης καμερών το οποίο θα βασίζεται σε λογισμικό ανοικτού κώδικα, ώστε να υπάρχει διαλειτουργικότητα και αμεσότητα στις ανάγκες του χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο θα υπάρχει ανεξαρτησία από λύσεις που αφορούν συγκεκριμένους προμηθευτές και δυνατότητα μελλοντικών επεκτάσεων στις ανάγκες του χρήστη. Στην υλοποίησή αυτή, παρουσιάζεται ένα Raspberry Pi 4 στο ρόλο του διακομιστή, ο οποίος θα συνδέσει και θα ενσωματώσει όλα τα απαραίτητα στοιχεία λογισμικού και υλικού για να λειτουργεί και να διαλειτουργεί με άλλα συστήματα. Το συγκεκριμένο σύστημα θα δίνει την δυνατότητα σε κινητές συσκευές τηλεφωνίας και σε tablet να επικοινωνούν μεταξύ τους ή ακόμη και επίβλεψης IP καμερών από τις παραπάνω συσκευές. Στη κατασκευή αυτή, η πλακέτα Raspberry έχει την δυνατότητα να συνδεθεί κοντά στην είσοδο ενός χώρου και με την κατάλληλη συνδεσμολογία και υλικά να λειτουργήσει και ως θυροτηλεόραση.

Ενώ στα περισσότερα κλειστά κυκλώματα παρακολούθησης cctv και στα συστήματα μεταφοράς εικόνας, γίνεται η χρήση ομοαξονικής καλωδίωσης [15], στο παρόν σύστημα ενδοεπικοινωνίας, στοχεύεται η εφαρμογή ενός ενοποιημένου συστήματος βίντεο-ενδοεπικοινωνίας βασισμένο στο πρωτόκολλο σηματοδοσίας τηλεφωνίας (Session Initiation Protocol) SIP, το οποίο αποτελεί τη βάση των συστημάτων που χρησιμοποιούν το πρωτόκολλο του διαδικτύου για την μετάδοση της φωνής VoIP [16]. Επιτυγχάνεται αυτό υλοποιώντας, εγκαθιστώντας και διαμορφώνοντας μια πλατφόρμα τηλεφωνικού ιδιωτικού κέντρου PBX σε μια εικονική μηχανή, έτσι ώστε να είναι δυνατή η παροχή λειτουργιών ιδιαίτερου τηλεφωνικού κέντρου όπως: φωνητικές κλήσεις, βίντεο

κλήσεις καθώς και ανταλλαγή γραπτών μηνυμάτων [17]. Στην περίπτωση αυτή έγινε χρήση της πλατφόρμας: Asterisk.

Όσον αφορά το κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης, έγινε εγκατάσταση πλατφόρμας παρακολούθησης που βασίζεται σε ανοικτού κώδικα τεχνολογίες IoT και το επιτυγχάνει με την χρήση της εφαρμογής: ZoneMinder. Η εφαρμογή ZoneMinder είναι ένα εντελώς δωρεάν λογισμικό που παρέχει τον έλεγχο της συλλογής και αποθήκευσης δεδομένων των καμερών [18]. Το τελικό σύστημα παρέχει επίσης εύκολη πρόσβαση σε οποιαδήποτε συσκευή κινητής τηλεφωνίας, tablet, ηλεκτρονικού υπολογιστική ή οποιασδήποτε android συσκευής που κάνει χρήση του ίδιου τοπικού δικτύου. Επιπλέον έχει συμβατότητα με τις περισσότερες εμπορικές USB και IP κάμερες.

1.3 Δομή κεφαλαίων

Το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αποτελείται από την εισαγωγή, η οποία περιέχει αρχικές πληροφορίες, τα ερευνητικά ερωτήματα της εργασίας, καθώς και την σκοπιμότητα της.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφέρονται οι σχετικές τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και σχετικές ερευνητικές εργασίες, οι οποίες είναι αντίστοιχες της παρούσας εργασίας.

Το τρίτο κεφάλαιο, περιέχει το σχεδιαστικό κομμάτι του συστήματος και την ανάλυση των απαιτήσεων. Δηλαδή γίνεται ανάλυση των δυνατοτήτων που χρειάζεται το σύστημα και απεικονίζεται ένα γενικό πλάνο του συστήματος.

Το τέταρτο κεφάλαιο εστιάζει στη περιγραφή των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν, τον προγραμματισμό που απαιτήθηκε για την ομαλή λειτουργία του συστήματος, καθώς και τα λογισμικά με τις εκδόσεις για την επιτυχή λειτουργία του. Ακόμη απεικονίζεται το σύστημα με πραγματικές φωτογραφίες, καθώς και οι συνδεσμολογίες του.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος, ως προς τον χρήστη. Ακόμη απεικονίζεται το σύστημα ως προς τον χρήστη με πραγματικές φωτογραφίες και εξηγούνται κάποιες λειτουργίες του.

Τέλος, το έκτο και τελευταίο κεφάλαιο, καταλήγει σε συμπεράσματα τα οποία παράχθηκαν από την εκπόνηση της εργασίας, ενώ προτείνει και πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις

2. ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

2.1 Τεχνολογία CCTV με ip camera και πρωτόκολλο TCP/IP

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται ευρέως για την παρακολούθηση καμερών είναι αυτή των κλειστών κυκλωμάτων τηλεόρασης (closed circuit television ΄CCTV΄) και χρησιμοποιεί κυρίως την ομοαξονική καλωδίωση. Η μεταφορά της εικόνας γίνεται με αναλογική είτε με ψηφιακή μορφή με διάφορες τιμές στα χαρακτηριστικά της εικόνας [19]. Με αυτό το είδος τεχνολογίας η κάθε κάμερα χρειάζεται ξεχωριστή καλωδίωση μέχρι να καταλήξει στο μηχάνημα καταγραφής. Με την πάροδο του χρόνου άρχισε να γίνεται και η χρήση καμερών που λειτουργούν με πρωτόκολλα για την μεταφορά εικόνας, ίδια με αυτά του διαδικτύου (Internet Protocol). Κάποια από τα μεγάλα πλεονέκτημα με την χρήση αυτής της τεχνολογίας είναι το ότι οι κάμερες έχουν την δυνατότητα μεταφοράς καλύτερης ποιότητας εικόνας και ότι μπορούν να συνδεθούν απλά στο ίδιο δίκτυο, χωρίς να χρειάζεται να δαπανηθεί μεγάλο μήκος καλωδίωσης [19].

Για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο στο παρόν σύστημα χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο ελέγχου μετάδοσης/πρωτόκολλο διαδικτύου γνωστό ως: TCP/IP, το οποίο είναι μια συλλογή οργανωμένων πρωτοκόλλων σε επίπεδα και στο οποίο το κάθε ένα πρωτόκολλο λύνει άλλο πρόβλημα μεταφοράς των δεδομένων σε κάθε επίπεδο. Το παρόν σύστημα περιλαμβάνει και τα πρωτόκολλα μεταφοράς: Πρωτόκολλο ελέγχου μεταφοράς ΄TCP΄ καθώς και το πρωτόκολλο μεταφοράς δεδομένων χρήστη ΄UDP΄, τα οποία έχουν σαν κύρια διαφορά ότι στο TCP για να γίνει η ανταλλαγή δεδομένων εγκαθιδρύεται αρχικά η σύνδεση των μερών με επιτυχία και στη συνέχεια στέλνονται τα πακέτα δεδομένων, σε αντίθεση με το UDP που σε αυτήν την περίπτωση δεν υπάρχει κάποια συγκεκριμένη σειρά και αρίθμηση με την οποία τα πακέτα φτάνουν στον παραλήπτη, αλλά γίνεται η χρήση ενός τύπου πακέτων που ονομάζονται ΄Datagram΄ [20].

Τα σημερινά συστήματα εποπτείας έχουν μεγάλες δυνατότητες που υποβοηθούνται από την τεχνητή νοημοσύνη. Τέτοια είναι η τεχνητή όραση, που αναφέρεται στην αναγνώριση προσώπου ΄face-id΄ με χρήση τεχνητής νοημοσύνης (Artificial Intelligence ΄AI΄), ο σχηματισμός μοτίβων ειδοποίησης συμβάντων κ.α [21]. Με βάση ιδιαίτερους αλγόριθμους τα συστήματα αυτά έχουν δυνατότητες που μπορούν να είναι εφάμιλλες των αναγκών της σημερινής εποχής.

Σύμφωνα με έρευνες [22], η αναγνώριση προσώπων και συμβάντων μέσω CCTV και AI είναι μία από τις βασικές εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην επιτήρηση, καθώς οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης βελτιώνουν την ακρίβεια και την ταχύτητα ανίχνευσης σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η δυνατότητα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ενίσχυση της ασφάλειας σε πολυσύχναστα μέρη, όπως αεροδρόμια, εμπορικά κέντρα κ.α.

Η ενσωμάτωση του AI στα συστήματα αυτά μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και την αποδοτικότητα των διαδικασιών παρακολούθησης, καθώς ο αλγόριθμος μπορεί να «φιλτράρει» τις εικόνες και να εστιάσει μόνο στις κρίσιμες περιστάσεις, μειώνοντας έτσι την ανάγκη για συνεχή ανθρώπινη επιτήρηση και προσφέροντας πιο αξιόπιστα αποτελέσματα [23]. Με την αυτοματοποίηση της ανάλυσης του βίντεο, μειώνονται τα μη ενδιαφέροντα γεγονότα (καλούμενα ως ΄ψευδή γεγονότα΄ ή ΄ψευδοσυναγερμοί΄) αναγνωρίζονται οι πραγματικές απειλές με μεγαλύτερη ακρίβεια. Με την χρήση του AI το σύστημα έχει την δυνατότητα να καλύψει μεγάλες περιοχές χωρίς την ανάγκη για αυξημένη ανθρώπινη παρέμβαση, έτσι τα συστήματα CCTV που ενσωματώνουν AI μπορούν να αξιοποιούν τους πόρους με πιο αποδοτικό τρόπο, βελτιώνοντας τη γενική λειτουργία του συστήματος [24].

Η αναγνώριση προσώπων αποτελεί κεντρικό σημείο για την ενσωμάτωση του AI στο CCTV, με στόχο την αναγνώριση και την ταυτοποίηση των ατόμων που καταγράφονται από τις κάμερες. Η χρήση ειδικών αλγορίθμων επιτρέπει την αναγνώριση προσώπων με υψηλή ακρίβεια, ειδικά όταν χρησιμοποιεί μεγάλες βάσεις δεδομένων εικόνας για την εκπαίδευση μοντέλων αναγνώρισης προσώπων [25]. Ο αλγόριθμος του AI έχει την δυνατότητα να ταυτοποιήσει πρόσωπα σε πραγματικό χρόνο, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα σύνδεσης με βάσεις δεδομένων, βοηθώντας τις αρχές να εντοπίσουν ύποπτα άτομα ή εγκληματίες. Αυτή, η επιτυχής εφαρμογή της αναγνώρισης προσώπων, μειώνει την ανάγκη για ανθρώπινη παρέμβαση, επιτρέποντας την αυτοματοποίηση της διαδικασίας παρακολούθησης [26].

Η ανίχνευση ύποπτων ή επικίνδυνων συμπεριφορών είναι ένας άλλος τομέας όπου η τεχνητή νοημοσύνη παρέχει ισχυρές δυνατότητες. Κάποιες από αυτές είναι: η γρήγορη κίνηση σε συνωστισμένα μέρη, οι απότομες αλλαγές στη συμπεριφορά κ.α. Αυτό επιτρέπει την έγκαιρη ειδοποίηση του προσωπικού ασφαλείας ή των αρχών σε περίπτωση που ανιχνευθεί επικίνδυνη ή ύποπτη συμπεριφορά. Τα συστήματα AI έχουν την δυνατότητα να αξιοποιούν αλγόριθμους για να «κατανοήσουν» τη συνήθη συμπεριφορά των ατόμων και να εντοπίσουν ασυνήθιστες καταστάσεις [27].

Η συνδυασμένη χρήση CCTV και AI έχει δημιουργήσει μια νέα εποχή στην επιτήρηση, προσφέροντας καινοτόμες λύσεις για την ανίχνευση απειλών και την παρακολούθηση χώρων με όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστο τρόπο. Οι εξελιγμένοι αλγόριθμοι AI έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν ταχύτητα και ακρίβεια στην ανάλυση, βελτιώνοντας την ασφάλεια και την αποδοτικότητα των συστημάτων CCTV. Παρά τις προόδους, η συνεχιζόμενη έρευνα και ανάπτυξη στον τομέα αυτό είναι αναγκαία για τη βελτίωση της ακρίβειας και της αποτελεσματικότητας των εφαρμογών αυτών.

Στην παρούσα εργασία υπήρχε η επιθυμία για την όσο το δυνατόν καλύτερη κάλυψη των αναγκών αυτών του χρήστη, σε συνδυασμό με την ελευθερία επιλογών στο κομμάτι των μελλοντικών επεκτάσεων, χωρίς όμως τους περιορισμούς από ένα και μόνο κατασκευαστή. Ακόμη υπήρξε μεν η επιθυμία για χρησιμοποίηση της τεχνητής νοημοσύνης και η όσο το δυνατόν αυτοματοποιημένη ικανότητα του συστήματος. Έτσι έγινε η επιλογή χρήσης του πρωτοκόλλου TCP/IP καθώς και η χρήση IP τεχνολογίας για την κάμερα του συστήματος παρακολούθησης, με την επιλογή του εργαλείου: ZoneMinder στην πλατφόρμα Raspberry pi 4.

2.2 Τεχνολογία SIP

Το πρωτόκολλο έναρξης συνεδρίας-σηματοδοσίας (Session Initiation Protocol ΄SIP΄), είναι ένα πρωτόκολλο επικοινωνίας μέσω ενός δικτύου συσκευών, που στέλνει σήμα αρχικοποίησης σύνδεσης συσκευών και στη συνέχεια μεταφέρει τα δεδομένα είτε σε τοπικό δίκτυο, είτε στο διαδίκτυο, χρησιμοποιώντας και άλλα πρωτόκολλα, όπως αναφέρονται παρακάτω.

Το πρωτόκολλο περιγραφής συνόδου (Session Description Protocol ΄SDP΄) είναι μια μορφή περιγραφής που χρησιμοποιείται για να καθορίσει τα χαρακτηριστικά των συνεδριών πολυμέσων στο διαδίκτυο. Ειδικότερα, το SDP παρέχει πληροφορίες σχετικά με τα μέσα επικοινωνίας που χρησιμοποιούνται σε μια συνεδρία, όπως τον τύπο των δεδομένων (ήχος, βίντεο κ.λπ.), το πρωτόκολλο μεταφοράς (π.χ. RTP, UDP), και τις διευθύνσεις και πόρτες του προορισμού [28]. Το πρωτόκολλο μεταφοράς πραγματικού χρόνου (Real-time Transport Protocol ΄RTP΄) είναι το πρωτόκολλο που χρησιμοποιείται για την αποστολή πολυμέσων σε πραγματικό χρόνο, όπως ήχος και βίντεο. Για τη μετάδοση αυτήν το RTP λειτουργεί πάνω από το πρωτόκολλο διαγράμματος δεδομένων χρήστη (User Datagram Protocol ΄UDP΄), το οποίο επιτρέπει γρήγορη

και αποδοτική μεταφορά δεδομένων χωρίς μηχανισμό επιβεβαίωσης παραλαβής, γεγονός που είναι κατάλληλο για επικοινωνία σε πραγματικό χρόνο όπου η καθυστέρηση πρέπει να είναι ελάχιστη. Ωστόσο, το UDP δεν παρέχει εγγυήσεις για την αξιοπιστία των πακέτων, κι έτσι το RTP αναλαμβάνει να παρέχει επιπλέον λειτουργίες, όπως η διαχείριση της συγχρονικότητας και της απώλειας δεδομένων. Η χρήση του RTP σε συνδυασμό με το UDP επιτρέπει τη μεταφορά πολυμέσων με χαμηλή καθυστέρηση, και είναι θεμελιώδης για εφαρμογές όπως η τηλεδιάσκεψη και οι VoIP υπηρεσίες [28].

Αυτές οι πληροφορίες είναι ζωτικής σημασίας για να επιτρέψουν στους συμμετέχοντες να συνδεθούν σωστά και να ξεκινήσουν την επικοινωνία, είτε πρόκειται για τηλεδιάσκεψη, είτε για άλλες πολυμεσικές εφαρμογές. Το SDP είναι υπεύθυνο για την εγκατάσταση, τη διαχείριση και την ολοκλήρωση της συνεδρίας.

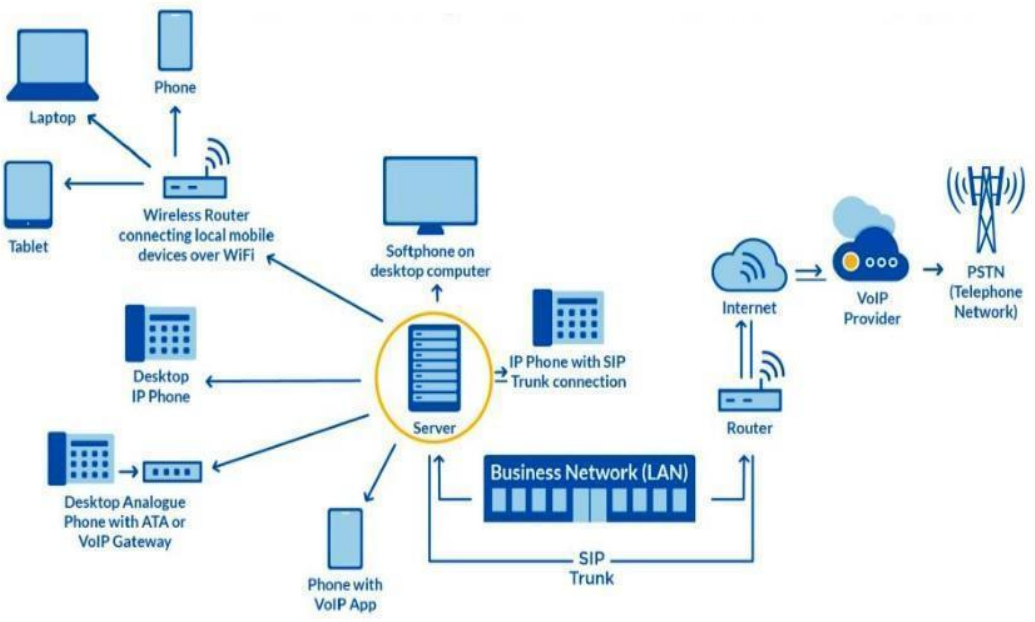
Το SIP χρησιμοποιεί το SDP για να περιγράψει τις παραμέτρους της συνεδρίας, προσδιορίζοντας τα χαρακτηριστικά της επικοινωνίας, όπως η ποιότητα ήχου, η συμπίεση βίντεο και οι απαιτήσεις σε εύρος ζώνης [29]. Το SIP λειτουργεί με έναν μηχανισμό αίτησης-απάντησης, όπου τα μηνύματα INVITE και OK χρησιμοποιούνται για την έναρξη και την επιβεβαίωση της επικοινωνίας, αντίστοιχα. Περιλαμβάνονται επίσης τα BYE, που χρησιμοποιείται για τον τερματισμό της συνεδρίας, καθώς και τα ACK για την επιβεβαίωση της λήψης των πληροφοριών. Παρέχει επίσης τη δυνατότητα αλλαγής παραμέτρων της συνεδρίας κατά τη διάρκεια της επικοινωνίας μέσω μηνυμάτων όπως το UPDATE ή το RE-INVITE. Αυτή η διαλειτουργικότητα μεταξύ των μηνυμάτων επιτρέπει την προσαρμογή και τροποποίηση των συνεδριών, όπως η προσθήκη νέων συμμετεχόντων ή η αλλαγή των ρυθμίσεων επικοινωνίας [30]. Στο πλαίσιο αυτών των μηνυμάτων, το SDP παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για να διασφαλιστεί ότι οι συμμετέχοντες θα χρησιμοποιήσουν τις σωστές ρυθμίσεις για την επικοινωνία τους.

Η έννοια του SDP είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη διαλειτουργικότητα των συστημάτων επικοινωνίας, εφόσον πολλές διαφορετικές πλατφόρμες και συσκευές μπορεί να συμμετέχουν σε μια συνεδρία, το SDP επιτρέπει την ευχρηστία και την ευελιξία στην προσαρμογή των ρυθμίσεων επικοινωνίας χωρίς να απαιτείται φυσική παρουσία του χρήστη. Τα μηνύματα SIP, τα οποία συχνά ενσωματώνουν το SDP, αποτελούν το βασικό μηχανισμό επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών και των συστημάτων σε περιβάλλοντα πολυμέσων [31]. Με τη χρήση αυτών των πρωτοκόλλων, οι εταιρείες και οι χρήστες μπορούν να απολαμβάνουν τις δυνατότητες επικοινωνίας σε πραγματικό χρόνο με υψηλή ποιότητα ήχου και βίντεο, ανεξαρτήτως του είδους της συσκευής ή του δικτύου

που χρησιμοποιείται.

Η τεχνολογία αυτή δεν δεσμεύει τους χρήστες με παρόχους αλλά γίνεται η χρήση ενός ή περισσοτέρων εξυπηρετητών (server), που συνδέουν τις συσκευές μεταξύ τους [32], με αποτέλεσμα να μην υπάρχει κάποια χρέωση για την επικοινωνία τους, πέρα την χρήσης ή εγκατάστασης και συντήρησης των εξυπηρετητών. Προκειμένου να λειτουργεί ικανοποιητικά ο εξυπηρετητής έχει εγκατασταθεί σε αυτόν κάποιο πρόγραμμα τηλεφωνικού κέντρου (Private Box eXchange ΄PBX΄), το οποίο κάνει την μεταγωγή και σύνδεση των συσκευών μεταξύ τους [32]. Στην συγκεκριμένη εργασία έγινε η χρήση του pbx ανοιχτού κώδικα: Asterisk, ώστε να μην υπάρχει περιορισμός στις παρούσες και μελλοντικές δυνατότητες του χρήστη. Για τα τηλεφωνικά κέντρα με το πρωτόκολλο sip γίνεται η χρήση του πρότυπου (Voice Over Ip ΄VoIP΄), δηλαδή της μεταφοράς των δεδομένων μέσω των υπηρεσιών του τοπικού δικτύου ή του διαδικτύου [33].

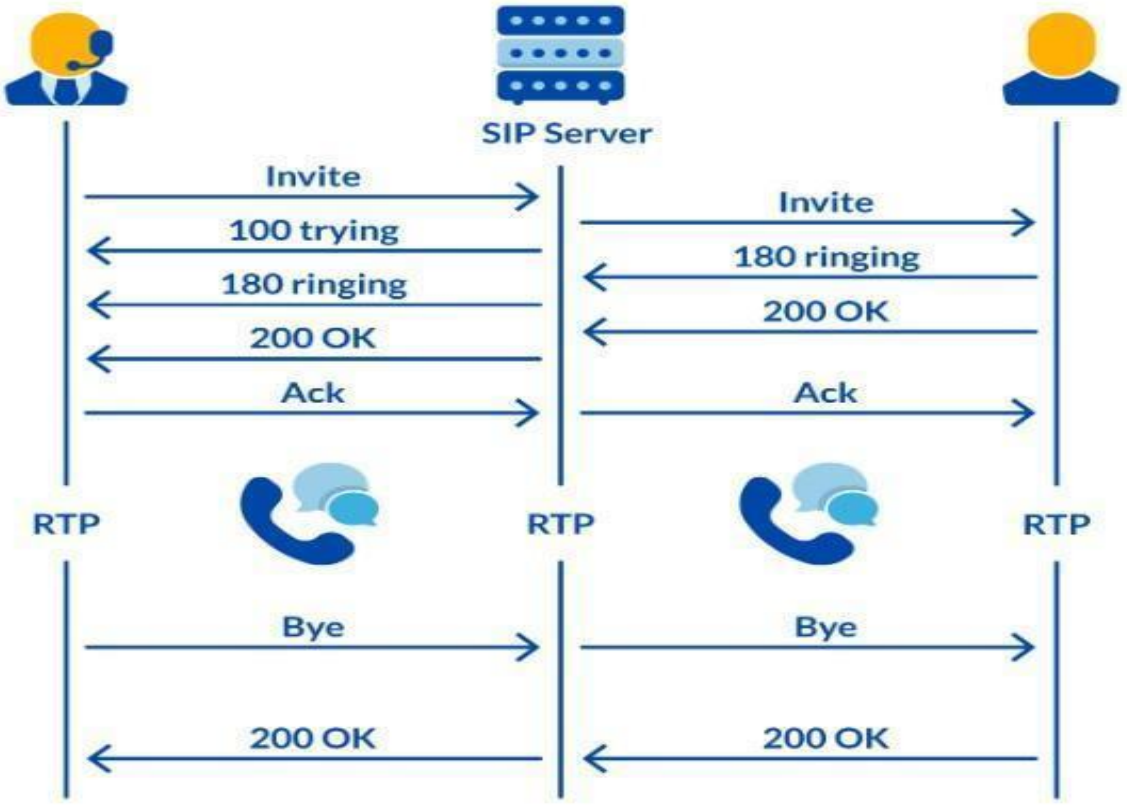
Παρακάτω φαίνεται μία εικόνα της αρχιτεκτονικής του πρωτοκόλλου SIP σε μορφή σχεδιαγράμματος, αλλά και μία εικόνα σηματοδοσίας ανάμεσα σε 2 χρήστες:



Εικόνα 2.1 SIP architecture

(https://callwave.com/sip-proxy-server accessed on: 5-6-2023).

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε τον ΄server΄ ο οποίος έχει την δυνατότητα να επικοινωνήσει με διάφορες συσκευές (τηλέφωνο με εφαρμογή Voip, ip τηλέφωνο, tablet, φορητό υπολογιστή κ.α.), αλλά και να τις συνδέσει, ώστε να δημιουργηθεί επικοινωνία και μεταξύ τους.



Εικόνα 2.2 Σηματοδοσία ανάμεσα σε 2 χρήστες (https://callwave.com/sip-uri/ accessed on: 15-11-2024).

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε την σηματοδοσία ανάμεσα στον ΄server΄ και τις συσκευές των χρηστών, ώστε να υπάρχει διαρκείς και αδιάλειπτη επικοινωνία μεταξύ τους.

2.3 Τεχνολογίες CLOUD

Όπως έγινε και με την αναφορά στο προηγούμενο κεφάλαιο, τα παραπάνω πρωτόκολλα δεν χρησιμοποιούνται μόνο για το τοπικό δίκτυο, αλλά και για το διαδίκτυο. Αυτό επιτυγχάνεται με την χρήση της τεχνολογίας του σύννεφου (ονομαζόμενο ως: CLOUD). Με την χρήση της

τεχνολογίας του CLOUD ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αποθηκεύει, να επεξεργάζεται προσωπικά δεδομένα του, σε κάποιον server του διαδικτύου και όχι μόνο στον υπολογιστή του [34]. Με απλά λόγια, έχει την δυνατότητα να διαχειρίζεται τα δεδομένα και τις πληροφορίες του σε όποιο σημείο του κόσμου και να βρίσκεται, αρκεί να υπάρχει πρόσβαση στο διαδίκτυο και όχι μόνο στον σκληρό δίσκο της προσωπικής συσκευής του χρήστη. Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω το 'CLOUD' δίνει αρκετές δυνατότητες στον χρήστη, αλλά θα πρέπει να λαμβάνετε υπόψιν και τα ζητήματα ασφαλείας και εμπειρίας προς τον χρήστη [35]. Θα πρέπει λοιπόν να γίνεται ταυτόχρονα και η χρήση κατάλληλων πρωτοκόλλων και λογισμικών ασφαλείας.

Για να επιτευχθούν οι δυνατότητες που μας δίνει το 'CLOUD' χρειάζεται να γίνει χρήση διαφόρων πρωτοκόλλων όπως το: Interactive Connectivity Establishment ΄ICE΄, το οποίο με απλά λόγια βοηθά ώστε να είναι πραγματοποιήσιμη η διασύνδεση της επικοινωνίας ανάμεσα σε συσκευές με όσο πιο ευθύ τρόπο μεταξύ τους [36]. Όπως γίνεται κατανοητό, αυτό δεν είναι κάτι τόσο απλό, οπότε για να επιτευχθεί χρειάζονται και περισσότερα πρωτόκολλα που τα χρησιμοποιεί το ICE. Πριν μιλήσουμε όμως για αυτά θα αναφέρουμε το: Network address translation ΄nat΄ που είναι μία μέθοδος αντιστοίχισης και τροποποίησης των διευθύνσεων του δικτύου ΄IP addresses΄ και των υποδικτύων μεταξύ τους.

Τα κυρίως πρωτόκολλα του ICE είναι λοιπόν τα εξής:

1) το Session Traversal Utilities for NAT ΄STUN΄, που είναι σε θέση να ανακαλύπτει τις διευθύνσεις των συσκευών και τις πόρτες δικτύου ΄ports΄ και να τις γνωστοποιεί στο ice, ώστε να επιτευχθεί η διασύνδεση τους.

2) το Traversal Using Relays around NAT ΄TURN΄ που λειτουργεί βοηθητικά σε όλη την διαδικασία της επικοινωνίας δημιουργώντας τα σενάρια επικοινωνίας [36].

2.3 Τηλεφωνικά κέντρα (PBX- Asterisk)

Τα τηλεφωνικά κέντρα αποτελούν συστήματα που επιτρέπουν τη διαχείριση εισερχόμενων και εξερχόμενων τηλεφωνικών κλήσεων. Τα σύγχρονα τηλεφωνικά κέντρα

βασίζονται σε ψηφιακές τεχνολογίες, προσφέροντας λειτουργίες όπως δρομολόγηση κλήσεων, αναμονή, καταγραφή κλήσεων και μεταφορά [37]. Μπορούν να είναι είτε φυσικά, δηλαδή υλικοτεχνικές εγκαταστάσεις που περιλαμβάνουν εξοπλισμό (όπως διακόπτες, δρομολογητές και καλωδιώσεις) για τη διαχείριση των τηλεφωνικών κλήσεων, είτε εικονικά, δηλαδή η λειτουργία του τηλεφωνικού κέντρου να παρέχεται μέσω υποδομών cloud ή servers, ανάλογα με τις ανάγκες [38]. Η δεύτερη επιλογή είναι πιο ευέλικτη και συνήθως πιο οικονομική, καθώς μειώνει την ανάγκη για συντήρηση υλικού.

Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, έγινε η επιλογή του εικονικού τηλεφωνικού δικτύου, που κάνει την χρήση του πρωτοκόλλου IP με μετάδοση ήχου και εικόνας μέσω του δικτύου (Voice Over Internet Protocol ΄VoIP΄), μειώνοντας έτσι το κόστος επικοινωνίας [38]. Οι πλατφόρμες αυτές υποστηρίζουν SIP πρωτόκολλα για τη διαχείριση κλήσεων και συμβατότητα με πολλές συσκευές [39]. Τα VoIP συστήματα είναι πιο ευέλικτα, προσφέροντας δυνατότητες απομακρυσμένης εργασίας και υποστήριξης μέσω διαδικτύου, αλλά και λειτουργίες, όπως ηχογράφηση κλήσεων, τηλεδιάσκεψη και ενσωμάτωση με λογισμικά επικοινωνίας [37].

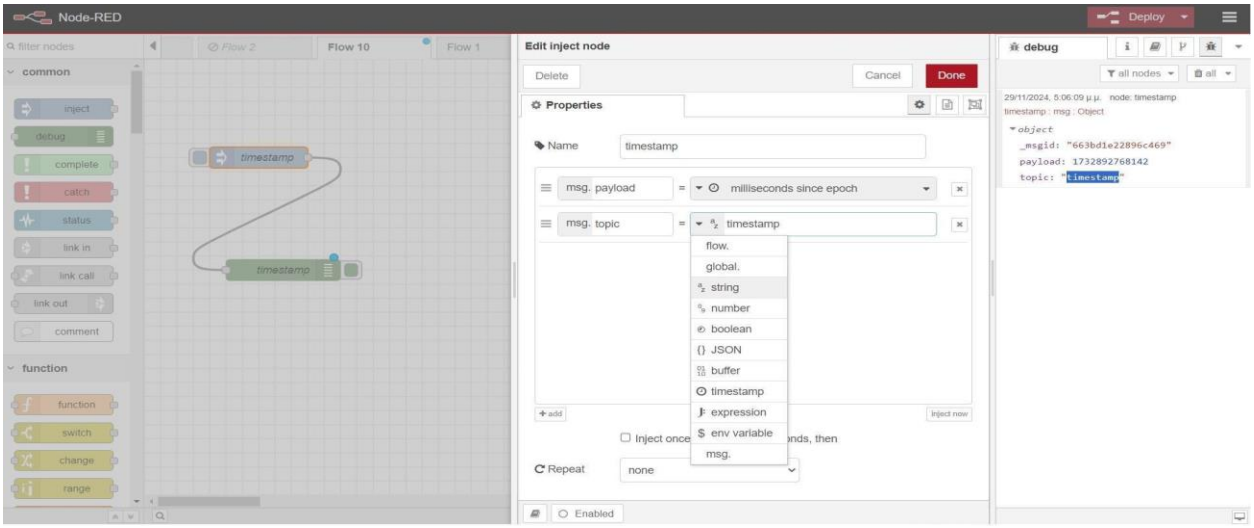
Το λογισμικό που επιλέχθηκε, ώστε να λειτουργήσει ως τηλεφωνικό κέντρο είναι το: Asterisk. Το Asterisk είναι μια πλατφόρμα ανοικτού κώδικα για την υλοποίηση τηλεφωνικών συστημάτων και εφαρμογών VoIP [40]. Αναπτύχθηκε από την Digium και υποστηρίζει πλήθος τηλεπικοινωνιακών λειτουργιών, όπως SIP και το VoIP [39]. Είναι ανοικτού κώδικα και είναι σε θέση να κάνει με επιτυχία της μεταγωγές της εικόνα και του ήχου, να μεταδώσει πληροφορίες, αλλά και να επεκταθεί στο μέλλον, αλλά και να παρέχει ευελιξία και προσαρμοστικότητα, αφού μπορεί να συνδυαστεί με εξοπλισμό διαφορετικών προμηθευτών[41].

2.4 Λογισμικό NodeRed

Για να πραγματοποιηθεί ο προγραμματισμός της αυτοματοποιημένης διαδικασίας κλήσεων, τα ηχητικά μηνύματα, καθώς και η εντολή για το άνοιγμα της πόρτας έγινε η επιλογή χρήσης της πλατφόρμας NodeRed.

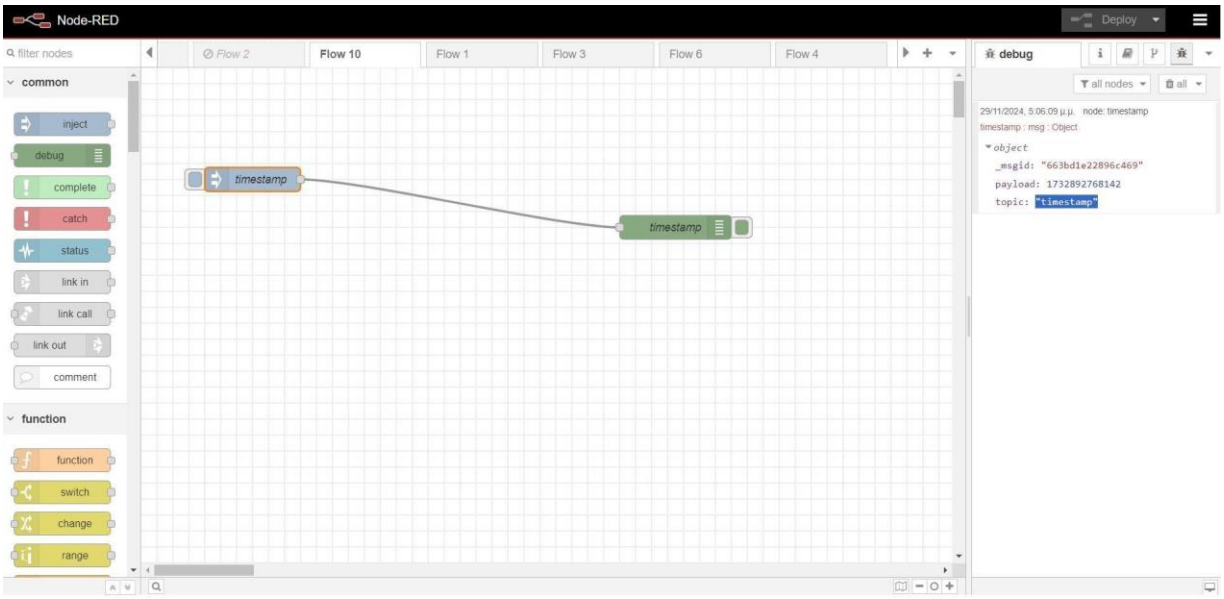
Η πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού ΄NodeRed΄ αναπτύχθηκε και δημιουργήθηκε από την IBM το 2009 και είναι κατασκευασμένη σε γλώσσα προγραμματισμού JavaScript. Αποτελεί ένα εύχρηστο εργαλείο που παρέχει στους χρήστες τη δυνατότητα να υλοποιούν σύνθετες λειτουργίες αυτοματοποίησης μέσω ενός γραφικού περιβάλλοντος, το οποίο προβάλλεται σε κάποιον

φυλλομετρητή (browser), ώστε ο προγραμματισμός να γίνει πιο φιλικός για τον χρήστη [42]. Το περιβάλλον αυτό βασίζεται στη χρήση κατάλληλα σχεδιασμένων εικονιδίων, γνωστών ως ΄pallets΄, τα οποία μπορούν να συνδυαστούν για να δημιουργήσουν ροές (flows). Αυτές οι ροές αντιπροσωπεύουν τα βήματα της διαδικασίας που προγραμματίζεται, καθιστώντας τον προγραμματισμό πιο φιλικό και προσιτό, ακόμη και για χρήστες που δεν διαθέτουν εκτεταμένη εμπειρία στη JavaScript. Οι ροές αποθηκεύονται σε μορφή JSON, κάτι που καθιστά εύκολη την επεξεργασία, την αντιγραφή ή ακόμα και την κοινή χρήση τους με άλλους χρήστες ή συστήματα. Παρακάτω απεικονίζεται ένα παράδειγμα ροής (flow).



Εικόνα 2.3 Παράδειγμα ροής (flow) με ρυθμίσεις

Στο παραπάνω παράδειγμα, διακρίνονται δύο ΄pallets΄. Το χρώματος μπλε, που ρυθμίζει την μεταφορά της πληροφορίας: timestamp, στο οποίο διακρίνονται οι επιλογές των ρυθμίσεων. Και στο πράσινου χρώματος που μεταφέρει την πληροφορία στην δεξιά μεριά της οθόνης. Παρακάτω απεικονίζεται μόνο το αποτέλεσμα.



Εικόνα 2.4 Παράδειγμα ροής (flow)

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της πλατφόρμας NodeRed είναι η υποστήριξη για μεγάλη ποικιλία εξωτερικών συνδέσεων και υπηρεσιών. όπως MQTT και πολλά άλλα, τα οποία επιτρέπουν τη διασύνδεση της πλατφόρμας με εξωτερικές συσκευές, βάσεις δεδομένων ή ακόμα και cloud υπηρεσίες [42]. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει στον χρήστη να ενσωματώσει την NodeRed σε πολύπλοκα δίκτυα και να την αξιοποιήσει σε ένα μεγάλο εύρος εφαρμογών, όπως IoT, αυτοματοποιημένα συστήματα και διαδικασίες παρακολούθησης.

Το γεγονός ότι η πλατφόρμα NodeRed βασίζεται σε JavaScript της δίνει επίσης τη δυνατότητα να λειτουργεί σε διάφορες πλατφόρμες, όπως το Raspberry Pi, αλλά και σε servers ή cloud περιβάλλοντα, εξασφαλίζοντας έτσι την απαιτούμενη ευελιξία και επεκτασιμότητα που χρειάζεται η παρούσα εργασία. Η χρήση της πλατφόρμας NodeRed επέτρεψε την ανάπτυξη μιας προσαρμοσμένης λύσης, η οποία μπορεί να υλοποιεί πολύπλοκες διαδικασίες με απλό και οργανωμένο τρόπο, ενώ παράλληλα μειώνει την ανάγκη για γραφή σύνθετου κώδικα. Με την κατάλληλη διαμόρφωση, προσφέρει λύσεις που ενσωματώνουν τόσο τις ανάγκες αυτοματισμού όσο και την απαιτούμενη διασύνδεση με άλλα συστήματα.

2.5 Λογισμικό ZoneMinder

Όσον αφορά την απεικόνιση και επίβλεψη του κλειστού κυκλώματος καμερών

χρησιμοποιήθηκε το λογισμικού: ZoneMinder. Είναι ένα δημοφιλές σύστημα ανοιχτού κώδικα για παρακολούθηση βίντεο, το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για την παρακολούθηση και καταγραφή εικόνας από κάμερες εποπτείας. Η εγκατάσταση τους έγινε σε γραμμή εντολών, αφού είναι σχεδιασμένο για να τρέχει σε Linux-based συστήματα και προσφέρει στους χρήστες έναν αξιόπιστο και ευέλικτο τρόπο για να παρακολουθούν και να καταγράφουν τις δραστηριότητες στους χώρους τους μέσω καμερών, ενώ η παραμετροποίηση του πραγματοποιήθηκε σε γραφικό περιβάλλον φιλικό προς τον χρήστη. Το ZoneMinder είναι ένα δωρεάν λογισμικό ανοικτού κώδικα που επιτρέπει την παρακολούθηση των συστημάτων εποπτείας CCTV σε πραγματικό χρόνο, για να καταγράφουν τα δεδομένα που συλλέγονται και να διαχειρίζονται τις κάμερες από μια κεντρική πλατφόρμα. Επειδή είναι λογισμικό ανοιχτού κώδικα, έχει υποστήριξη για τις περισσότερες IP κάμερες και έτσι γίνεται το ίδιο, το σύστημα εποπτείας [43]. Η δυνατότητα, του να συνδεθούν διαφορετικοί τύποι καμερών καθιστά το σύστημα ευέλικτο και προσαρμόσιμο σε διαφορετικές ανάγκες και εγκαταστάσεις. Οι χρήστες μπορούν να προσθέσουν κάμερες και να τις διαμορφώσουν εύκολα μέσω της διασύνδεσης web του ZoneMinder.

Μία από τις βασικές λειτουργίες του είναι η ανίχνευση κίνησης. Το ZoneMinder έχει την δυνατότητα να υποστηρίξει την τεχνητή νοημοσύνη και συγκεκριμένα την αναγνώριση συμβάντων, γεγονότων, όπως και προσώπων (που όμως δεν είναι στις ανάγκες της παρούσας εργασίας και έτσι δεν θα ασχολείται περεταίρω με αυτό).

Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους ανίχνευσης κίνησης, το σύστημα μπορεί να εντοπίσει αλλαγές στην εικόνα και να ενεργοποιήσει την καταγραφή ή ακόμα και να στείλει ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο στον χρήστη. Αυτό καθιστά το σύστημα ιδιαίτερα χρήσιμο για την παρακολούθηση χώρων, χωρίς να χρειάζεται συνεχής καταγραφή ή να καταναλώνεται χώρος αποθήκευσης για αδιάκοπα βίντεο.

Μία άλλη σημαντική δυνατότητα του είναι η ενσωμάτωση με άλλες πλατφόρμες και συστήματα, ώστε με την αυτοματοποίηση ολόκληρου του συστήματος παρακολούθησης, να επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργήσουν "σενάρια" που να ενεργοποιούν άλλες συσκευές ή να εκτελούν ενέργειες, ανάλογα με τα δεδομένα από τις κάμερες, όπως για παράδειγμα να ανοίγουν φώτα όταν ανιχνεύεται κίνηση σε έναν χώρο.

Το ZoneMinder είναι επίσης ιδανικό για τη διαχείριση και αποθήκευση βίντεο για μελλοντική αναφορά. Οι χρήστες μπορούν να ορίσουν παραμέτρους αποθήκευσης και να επιλέξουν το πόσο καιρό θέλουν να διατηρούν τα αρχεία βίντεο. Επίσης, υποστηρίζει την

αποθήκευση των βίντεο σε διάφορες μορφές και βάσεις δεδομένων, δίνοντας στους χρήστες την ευχέρεια να επιλέξουν την πιο κατάλληλη μέθοδο αποθήκευσης για τις ανάγκες τους.
Ένα από τα πλεονεκτήματα του ZoneMinder είναι η υποστήριξη για πολλαπλές κάμερες και ζώνες ανίχνευσης. Οι χρήστες μπορούν να διαμορφώσουν την περιοχή που θα παρακολουθεί η κάθε κάμερα και να θέσουν παραμέτρους για να επισημαίνουν περιοχές εντός της εικόνας που απαιτούν παρακολούθηση, κάνοντας την παρακολούθηση πιο ακριβή και αποτελεσματική.

Το ZoneMinder αποτελεί αρκετά καλή επιλογή για την εκτέλεση στο Raspberry Pi, ειδικά όταν υπάρχουν πολλές κάμερες. Αυτό γιατί το Raspberry Pi είναι σχετικά χαμηλής ισχύος και μπορεί να παραμείνει σε λειτουργία 24 ώρες το 24ωρο. Η ευκολία της διαχείρισης και η εκτενής τεκμηρίωση του ZoneMinder το καθιστούν ιδανικό για μικρές και μεγάλες εγκαταστάσεις, τόσο για οικιακή όσο και για επαγγελματική χρήση. Παρά το γεγονός ότι το σύστημα μπορεί να φαίνεται λίγο περίπλοκο για αρχάριους, η κοινότητα υποστηρίζει νέους χρήστες με οδηγούς και φόρουμ για την επίλυση προβλημάτων.
Ουσιαστικά, το ZoneMinder προσφέρει μια ολοκληρωμένη λύση παρακολούθησης, η οποία είναι προσαρμόσιμη και οικονομικά αποδοτική, ειδικά όταν συγκρίνεται με εμπορικές λύσεις ασφαλείας. Απαιτεί μόνο έναν εξυπηρετητή ή έναν υπολογιστή που να μπορεί να υποστηρίξει τις ανάγκες του συστήματος, ενώ το ίδιο το λογισμικό είναι δωρεάν και ανοικτού κώδικα, με μια ισχυρή κοινότητα χρηστών και προγραμματιστών να το υποστηρίζουν και να το αναπτύσσουν συνεχώς.

Τέλος, η συνεχιζόμενη ανάπτυξη του ZoneMinder και οι τακτικές αναβαθμίσεις του λογισμικού εγγυώνται ότι οι χρήστες απολαμβάνουν βελτιώσεις στην απόδοση, την ασφάλεια και τις νέες δυνατότητες, κρατώντας το σύστημα σύγχρονο και λειτουργικό για όλα τα σενάρια παρακολούθησης.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, με την χρήση του ZoneMinder, δίνεται η δυνατότητα όχι μόνο συνεχής καταγραφής στον χρήστη, αλλά και καταγραφής συγκεκριμένων γεγονότων σε σχέση με μοτίβα που δημιουργεί ο ίδιος. Για παράδειγμα έχει την δυνατότητα να καταγράψει αν υπάρχει εισχώρηση σε κάποια περιοχή ή ακόμη και συγκεκριμένη έκταση κάποιων αντικείμενων, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 2.5 ZoneMinder ρυθμίσεις καταγραφής περιοχής

Παραπάνω απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα η περιοχή που είναι επιθυμητό να γίνεται καταγραφή συμβάντος σε περίπτωση που κάποιο αντικείμενο εισέλθει ή εξέλθει από αυτήν. Για την καλύτερη κατανόηση του συμβάντος μπορεί να απεικονιστεί η ημερομηνία και η ώρα του.



Εικόνα 2.6 ZoneMinder ρυθμίσεις καταγραφής αντικειμένου

Η ρύθμιση που φαίνεται στην εικόνα είναι αυτή του εντοπισμού κάποιου αντικειμένου. Είναι πολύ χρήσιμη, καθώς ο χρήστης έχει την δυνατότητα να απομονώσει μία ολόκληρη περιοχή και να εστιάσει μόνο στο αντικείμενο. Με την παραπάνω λειτουργία, το σύστημα βρίσκεται πιο κοντά στις ανάγκες του χρήστη, αφού τον βοηθά να απομονώσει πιθανές ανεπιθύμητες καταγραφές.

2.6 Αντίστοιχες εφαρμογές και ερευνητικές εργασίες

Στη σημερινή εποχή έχουν δημιουργηθεί πολλών ειδών εφαρμογές που ασχολήθηκαν, είτε με την ενδοεπικοινωνία και τις απομακρυσμένες εντολές, είτε και με την απομακρυσμένη μεταφορά εικόνας. Ορισμένες από αυτές αναφέρονται παρακάτω.

2.6.1 Εφαρμογές ενδοεπικοινωνίας και εντολών

Κάποιες από αυτές τις εφαρμογές έχουν κατασκευαστεί για μία χρήση και μόνο και για εμπορικό σκοπό, από εταιρείες που δραστηριοποιούνται στον χώρο των ηλεκτρονικών οικιακών συσκευών. Μία από αυτές τις δραστηριότητες αυτές είναι η επικοινωνία μιας ειδικά κατασκευασμένης ηλεκτρονικής συσκευής με άλλες συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Το παραπάνω πραγματοποιείται μέσω ΄CLOUD΄ και μιας εφαρμογής κινητής τηλεφωνίας (application). Η βασική συσκευή τοποθετείται εξωτερικά του σπιτιού και λειτουργεί ως θυροτηλεόραση, που συνδέεται σε ένα ΄CLOUD΄. Στο ίδιο ΄CLOUD΄ έχει συνδεθεί και η κινητή συσκευή μέσω της εφαρμογής (application) και έτσι επικοινωνούν.

Επίσης η εργασία: AI-Based Smart Doorbell with Cloud Integration, εξετάζει τη δημιουργία ενός έξυπνου συστήματος θυροτηλεόρασης που χρησιμοποιεί τεχνητή νοημοσύνη για την αναγνώριση προσώπων και αντικειμένων. Το σύστημα συνδέεται με το cloud για αποθήκευση δεδομένων και επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση μέσω διαδικτύου. Η εργασία επικεντρώνεται στη βελτίωση της ασφάλειας της οικίας, παρέχοντας ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο μέσω κινητών συσκευών και υπολογιστών. Ο συνδυασμός AI και cloud βοηθά στην αναγνώριση των επισκεπτών και την ανάλυση των καταγραφών χωρίς να απαιτείται τοπική αποθήκευση. Η τεχνολογία AI επιτρέπει στο σύστημα να εντοπίζει άτομα με βάση τα χαρακτηριστικά του προσώπου και να αποθηκεύει αυτές τις πληροφορίες για μελλοντική αναφορά [44].



Εικόνα 2.7 ΄CLOUD΄ εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας (https://www.mistore-greece.gr/Products/SmartDevices/Smart-Home/xiaomi-smart-doorbell-3.aspx accessed on: 18-3-2023)

Ακόμη στην εργασία: Integration of AI for Smart Doorbell Systems: A Cloud-Based Solution αναπτύσσεται μια λύση cloud-based για σύστημα θυροτηλεόρασης που περιλαμβάνει AI για τη διαχείριση και αναγνώριση προσώπων. Το σύστημα συνδέεται με το cloud για την αποθήκευση δεδομένων και την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο. Το AI χρησιμοποιείται για την αναγνώριση του καλούντος και την αποστολή ειδοποιήσεων όταν εντοπίζεται μια ασυνήθιστη δραστηριότητα. Το σύστημα παρέχει δυνατότητες ζωντανής ροής και απομακρυσμένης διαχείρισης μέσω διαδικτύου, επιτρέποντας στους χρήστες να ελέγχουν την κατάσταση του συστήματος οποιαδήποτε στιγμή και από οποιαδήποτε τοποθεσία [45].

Άλλη μία εργασία που παρουσιάζει ένα σύστημα θυροτηλεόρασης βασισμένο στο Internet of Things (IoT), το οποίο ενσωματώνει cloud storage και AI για την παρακολούθηση και αναγνώριση προσώπων, είναι η: IoT-Based Smart Doorbell System with Cloud Integration.

Μία άλλη εφαρμογή, είναι αυτή που κάνει χρήση της πλατφόρμας arduino, ως συσκευής που ανιχνεύει κάποιο άτομο στην είσοδο και ειδοποιεί τον ιδιοκτήτη του χώρου και χρήστη του συστήματος [46]. Ο χρήστης αυτός έχει συνήθως την δυνατότητα να ανοίξει την πόρτα εισόδου με απομακρυσμένο χειρισμό. Εδώ το σύστημα επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και ειδοποιήσεις μέσω κινητών και υπολογιστών, με δεδομένα που αποθηκεύονται και

αναλύονται στο cloud. Η εργασία αναλύει την εφαρμογή του συστήματος σε οικιακές και εμπορικές εφαρμογές, προσφέροντας λύσεις για την ενίσχυση της ασφάλειας [47].

Σε μία από αυτές τις κατασκευές όπως η παρακάτω, υπάρχουν δύο πλακέτες arduino. Η μία λειτουργεί ως εξυπηρετητής (server), που είναι τοποθετημένος στην είσοδο, ώστε να γίνει ανίχνευση του επισκέπτη με αισθητήρα υπερύθρων. Η δεύτερη πλακέτα αφού επικοινωνήσει με ασύρματο τρόπο (με την χρήση πρωτοκόλλου Zigbee) με την πρώτη πλακέτα, ανταλλάσουν τις απαραίτητες πληροφορίες και εντολές. Στη συνέχεια μία συσκευή κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιεί web browser, ωστε να συνδεθεί με τις συσκευές και να μπορεί να δεχτεί φωτογραφίες αλλά και να δώσει κατάλληλες εντολές, ώστε να ανοίξει η πόρτα εισόδου. Παρακάτω φαίνεται μία φωτογραφία υλοποίησης της εφαρμογής.

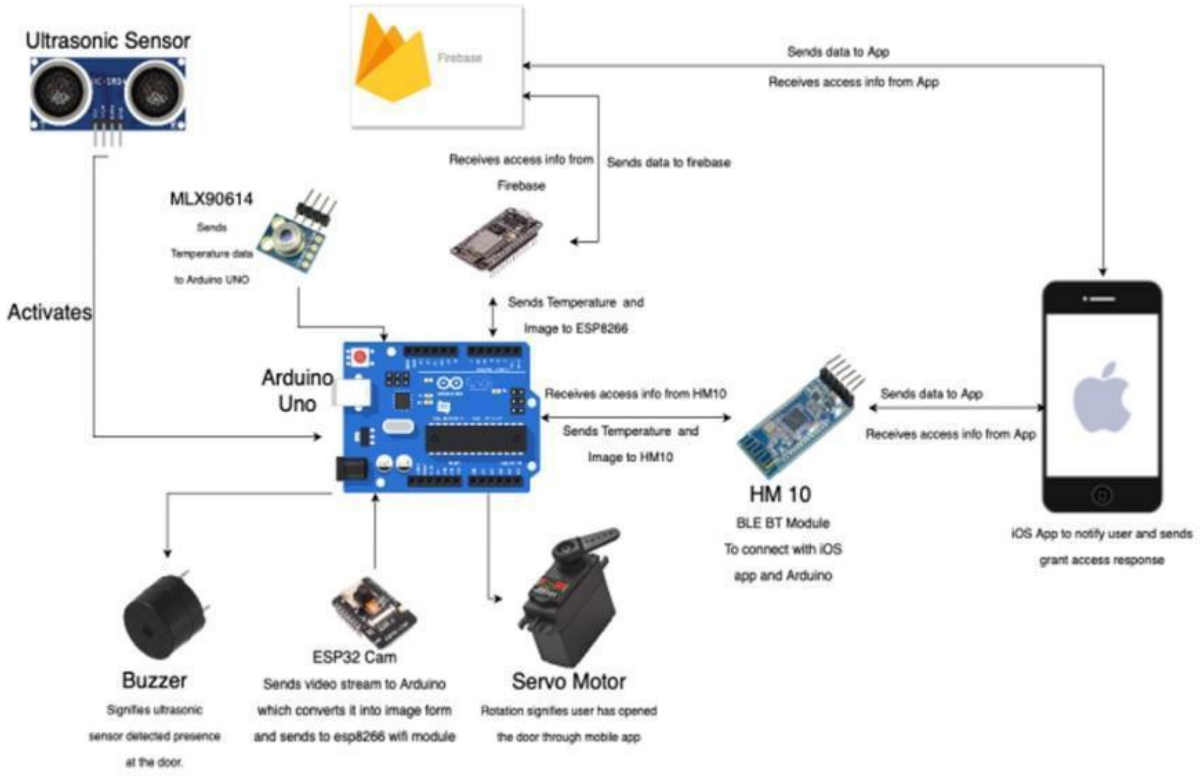


Εικόνα 2.8 Δύο arduino ως εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας (https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/view/4435/3818 accessed on: 23-3-2023)

Κάποια άλλη εφαρμογή κάνει χρήση μόνο μία πλακέτα arduino και έχει συνδέσει σαν είσοδο επίσης τον αισθητήρα κίνησης, ώστε να ανιχνεύσει την κίνηση στην πόρτα και να ενεργοποιείσει κάποιον ήχο, χωρίς όμως να χρειάζεται να γίνει κάποια ενέργεια από τον επισκέπτη. Ακόμη και αν δεν μεταφέρεται εικόνα και ήχος, υπάρχει πάντα η δυνατότητα

ενεργοποίησης της πόρτας εισόδου απομακρυσμένα, κάνοντας χρήση κινητής τηλεφωνικής συσκευής android (με την προσθήκη ειδικής πλακέτας και προγραμματισμό στο σύστημα). Η παραπάνω εφαρμογή δίνει ακόμη την δυνατότητα ελέγχου και θερμοκρασίας σώματος του επισκέπτη (πάλι με την με την προσθήκη ειδικής πλακέτας και προγραμματισμό στο σύστημα), αφού δημιουργήθηκε σε περίοδο που ήταν χρήσιμη η συγκεκριμένη λειτουργία [48].

Παρακάτω φαίνεται μία φωτογραφία υλοποίησης της εφαρμογής, με τα περιφερειακά της μέρη.

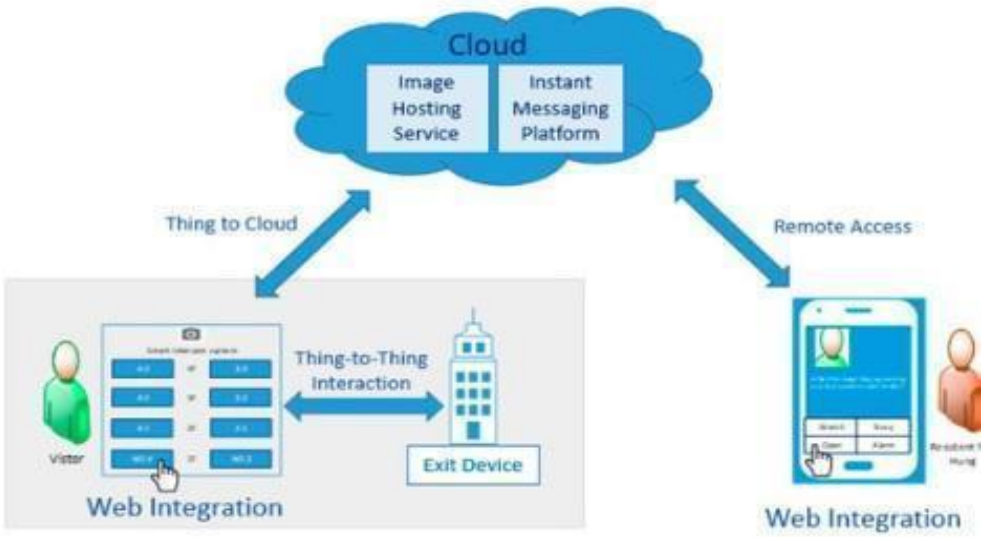


Εικόνα 2.9 Arduino ως εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας [47]

Επιπροσθέτως παρουσιάζεται χρήση της πλατφόρμας Raspberry pi, ως θυροτηλεόραση και με δυνατότητα απομακρυσμένης εντολής ανοίγματος εισόδου [49]. Ενώ και σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης έχει την δυνατότητα να ανοίξει την πόρτα εισόδου στον επισκέπτη με απομακρυσμένο χειρισμό, αυτό γίνεται με διαφορετικό τρόπο. Στην συγκεκριμένη υλοποίηση έχουμε μία πλακέτα raspberry, η οποία συνδέεται σε cloud. Στη συνέχεια μία συσκευή κινητής

τηλεφωνίας χρησιμοποιεί web browser, ωστε να συνδεθεί στο web server (δηλαδή στο ίδιο ΄CLOUD΄) και να μεταφερθούν οι απαραίτητες πληροφορίες και εντολές σε αυτήν. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε επικοινωνία video του επισκέπτη με τον χρήστη, αλλά και εντολή ανοίγματος της πόρτας εισόδου.

Παρακάτω φαίνεται μία φωτογραφία υλοποίησης της εφαρμογής.



Εικόνα 2.10 Raspberry ως εφαρμογή απομακρυσμένης επικοινωνίας με χρήση εντολών (https://www.mdpi.com/2673-4001/3/4/36 accessed on: 19-1-2024)

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε το ΄CLOUD΄ το οποίο, όχι μόνο δίνει την δυνατότητα της επικοινωνίας ανάμεσα στους χρήστες του, αλλά αποθηκεύει και το ιστορικό ή ακόμη και τις κινήσεις των χρηστών.

2.6.2 Εφαρμογές εποπτείας καμερών (surveillance)

Για τα συστήματα εποπτείας μπορούν να βρεθούν αρκετές εργασίες, με αρκετές διαφοροποιήσεις.

Σε μία από αυτές αναπτύσσεται ένα σύστημα CCTV που ενσωματώνει τεχνητή νοημοσύνη για αναγνώριση προσώπων και αντικειμένων. Το σύστημα χρησιμοποιεί κάμερες IP και αποθηκεύει τα δεδομένα στο cloud, επιτρέποντας την απομακρυσμένη πρόσβαση και την ανάλυση των βίντεο σε πραγματικό χρόνο. Η χρήση AI επιτρέπει τη βελτιστοποίηση της ανίχνευσης και των ειδοποιήσεων για συμβάντα. Το σύστημα αναγνωρίζει κινήσεις και αλληλεπιδράσεις σε συγκεκριμένες ζώνες παρακολούθησης και βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της ασφάλειας [50].

Η παρακάτω εργασία αναπτύσσει ένα CCTV σύστημα που χρησιμοποιεί ανίχνευση κίνησης για να ενεργοποιήσει καταγραφή και ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα αποθηκεύονται στο cloud για απομακρυσμένη παρακολούθηση και ανάλυση. Το σύστημα παρέχει δυνατότητες ζωντανής ροής μέσω διαδικτύου και είναι προσαρμόσιμο σε διαφορετικές ανάγκες παρακολούθησης. Η εργασία επικεντρώνεται στη βελτίωση της ασφάλειας μέσω της τεχνολογίας cloud και της άμεσης ανάλυσης βίντεο από απομακρυσμένες τοποθεσίες [51].

Υπάρχει επίσης το Genius Vision NVR Community Edition, που είναι λογισμικό για διαχείριση καμερών CCTV μέσω διαδικτύου. Παρέχει δυνατότητες για ανίχνευση κίνησης και καταγραφή μέσω δικτύου. Η έκδοση Community υποστηρίζει μόνο περιορισμένο αριθμό καμερών και παρέχει δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και πρόσβασης μέσω cloud. Οι χρήστες μπορούν να διαχειρίζονται τις κάμερες και τα δεδομένα τους μέσω μιας πλατφόρμας web interface [52].

Επιπροσθέτως υπάρχει το ανοιχτό λογισμικό iSpy, το οποίο προσφέρει δυνατότητες καταγραφής ήχου και βίντεο, ανίχνευσης κίνησης, και ζωντανής ροής μέσω διαδικτύου. Αν και η βασική έκδοση είναι δωρεάν, η επαγγελματική έκδοση επιτρέπει την απομακρυσμένη παρακολούθηση και αποθήκευση βίντεο στο cloud για ασφαλή πρόσβαση. Το iSpy προσφέρει ευελιξία στην παρακολούθηση και καταγραφή, χρησιμοποιώντας IP κάμερες και διάφορους τύπους συσκευών [53].

Ανάμεσα σε πολλές εφαρμογές, ξεχώρισε και μία που παρουσιάζει τη δημιουργία ενός προσιτού και αποδοτικού συστήματος παρακολούθησης χρησιμοποιώντας το Raspberry Pi 2 Model B και

το λογισμικό ZoneMinder. Το σύστημα βασίζεται σε τοπικό δίκτυο και χρησιμοποιεί διαδικτυακή πρόσβαση για απομακρυσμένη διαχείριση, χωρίς να απαιτείται σύνδεση σε cloud [54]. Η κατασκευή περιλαμβάνει τη χρήση του Raspberry Pi 2 Model B ως βασική μονάδα, με λειτουργικό σύστημα Raspbian και κάμερες Logitech C210. Η εγκατάσταση περιλαμβάνει την προσαρμογή του ZoneMinder για την παρακολούθηση μέσω ενός φιλικού web interface, το οποίο επιτρέπει τη διαχείριση από οποιαδήποτε συσκευή με πρόσβαση στο δίκτυο.
Αξιοποιεί δυνατότητες του ZoneMinder όπως:

- Καταγραφή περιοχών ενδιαφέροντος: Οι χρήστες μπορούν να ορίσουν "ζώνες ενδιαφέροντος" για ανίχνευση κίνησης.
- Ανίχνευση κίνησης: Το ZoneMinder καταγράφει μόνο όταν ανιχνεύεται κίνηση, εξοικονομώντας χώρο αποθήκευσης. Επίσης, υποστηρίζει προγραμματισμό ωρών λειτουργίας, όπως καταγραφή μόνο σε συγκεκριμένες ώρες.
- Ζωντανή μετάδοση και εγγραφή: Παρέχεται δυνατότητα παρακολούθησης βίντεο σε πραγματικό χρόνο και εγγραφής για μελλοντική ανάλυση.
- Επεξεργασία AI: Το ZoneMinder ενσωματώνει λειτουργίες AI για πιο έξυπνη αναγνώριση και ταξινόμηση συμβάντων, όπως διαφοροποίηση μεταξύ ανθρώπων και αντικειμένων.
- Ευελιξία στην υποστήριξη καμερών: Υποστηρίζει ποικιλία καμερών, όπως USB webcams και IP cameras, με απεριόριστο αριθμό συσκευών ανάλογα με την υποδομή.

2.6.3 Ανάλυση χαρακτηριστικών αντίστοιχων εφαρμογών

Όπως είδαμε παραπάνω υπάρχουν αρκετές εφαρμογές που είναι κοντά στο μοντέλο υλοποίησης της παρούσας εργασίας. Θα μπορούσε κάποιος να τις ομαδοποιήσει σε τρεις περιπτώσεις. Αρχικά, αυτές που κάνουν χρήση CLOUD, με κύριο πλεονέκτημα την απομακρυσμένη σύνδεση, από οποιοδήποτε σημείο, αρκεί να υπάρχει διαδίκτυο. Είναι αρκετά οικονομικές και δεν χρειάζονται ιδιαίτερες γνώσεις εγκατάστασης, όμως υπάρχει πάντα το πρόβλημα της ασφάλειας και της ιδιωτικοποίησης. Επίσης, κυρίως λειτουργούν με επαναφορτιζόμενη μπαταρία και είναι πολύ εκτεθειμένες στην δολιοφθορά ή και την κλοπή (αν και σύμφωνα με τον τρόπο λειτουργίας της είναι άχρηστη για τον άνθρωπο που την έκλεψε). Επίσης, απαιτούν σύνδεση στο διαδίκτυο για να λειτουργήσουν και δεν έχουν την δυνατότητα απομακρυσμένης εντολής ανοίγματος της πόρτας εισόδου.

Στην δεύτερη περίπτωση είναι οι εφαρμογές που γίνεται η χρήση πλατφόρμας arduino ή κάποια παρόμοια της. Σε τέτοιες περιπτώσεις, συνήθως μεταφέρεται φωτογραφία και όχι βίντεο. Ακόμη στις υλοποιήσεις αυτές, δεν υπάρχει μετάδοση φωνής, αλλά κάποιες φορές μόνο μηνυμάτων κειμένου. Επιπροσθέτως η λειτουργία τέτοιου είδους συστημάτων συνήθως απαιτεί συνδυασμό δύο πλακετών arduino ή αντίστοιχων πλακετών για να είναι εύχρηστο και πλήρως λειτουργικό το σύστημα.

Η επόμενη ομάδα θα μπορούσε να αποτελείται από υλοποιήσεις που στηρίζονται σε πλήρη προγραμματιζόμενες πλατφόρμες. Σε αυτές τις περιπτώσεις το σύστημα εκτός το παρόν εξοπλισμό του, θα έχει την δυνατότητα της μελλοντικής εξέλιξης, κυρίως με τον επαναπρογραμματισμό και την χρήση διαφόρων λογισμικών. Σε σχέση με όλες τις παραπάνω εφαρμογές, αυτού του τύπου υλοποιήσεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν οι πιο εύχρηστες. Σε αυτές, ενώ έχει αρκετά πλεονεκτήματα, υπάρχουν και κάποιοι περιορισμοί και κενά στην ομαλή λειτουργία του συστήματος, ορισμένες φορές. Αρχικά, ο τρόπος λειτουργίας τους είναι μέσω ΄CLOUD΄, άρα χρειάζεται το διαδίκτυο και σε πιθανή απώλεια του δεν δύναται να λειτουργεί, αφού κάνουν χρήση web server σε web browser. Επίσης αυτές που μελετήθηκαν, ενώ δέχονται πολλαπλούς χρήστες, δεν υπάρχει δυνατότητα ενδοεπικοινωνίας μεταξύ τους.

Όσον αφορά τα συστήματα εποπτείας, οι παραπάνω εργασίες δείχνουν την εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών όπως το AI, το cloud και το IoT σε συστήματα CCTV, προσφέροντας δυνατότητες έξυπνης ανίχνευσης και απομακρυσμένης παρακολούθησης για βελτιωμένη ασφάλεια και ευχρηστία.

Ειδικά με βάση την τελευταία εργασία που έχει εγκαταστήσει το ZoneMinder στο Raspberry, αποδεικνύεται ότι είναι δυνατή η δημιουργία ενός πλήρως λειτουργικού συστήματος παρακολούθησης με χαμηλό κόστος, συνδυάζοντας οικονομικό υλικό και λογισμικό ανοικτού κώδικα. Παρατηρείται επίσης ότι ο σύστημα είναι κατάλληλο για οικιακή και επαγγελματική χρήση, προσφέροντας δυνατότητες που συνήθως συναντώνται σε ακριβότερα εμπορικά συστήματα.

Αυτό που είναι σημαντικό να υπογραμμιστεί, είναι ότι στις παραπάνω υλοποιήσεις δεν παρατηρείται ο συνδυασμός πολλαπλών εφαρμογών σε μία ενιαία πλατφόρμα. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει ενοποίηση λειτουργιών όπως η ενδοεπικοινωνία, η εποπτεία καμερών, και η ταυτόχρονη καταγραφή, μέσα στο ίδιο σύστημα. Επίσης, δεν προσφέρεται η δυνατότητα να καταγραφεί η εικόνα του καλούντος από 2 διαφορετικά συστήματα, ακόμα και αν υπάρχει

ξεχωριστό σύστημα εποπτείας, αφού αυτά τα δεδομένα παραμένουν εκτός του προγράμματος επικοινωνίας. Η παρούσα εργασία φιλοδοξεί να επιτύχει αυτή την ενοποίηση, παρέχοντας μια ολοκληρωμένη λύση.

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΙΤΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

3.1 Ανάλυση απαιτήσεων

Στο σημείο αυτό θα γίνει αναφορά των απαραίτητων χαρακτηριστικών με βάση τον σχεδιασμό και τις απαιτήσεις του συστήματος. Ο σχεδιασμός του συστήματος χωρίζεται σε τρεις τομείς. Αρχικά αυτόν της επικοινωνίας του εξωτερικού επισκέπτη με κάποιο άτομο στον εσωτερικό του χώρου, δηλ στον τομέα της θυροτηλεόρασης. Στη συνέχεια στον τομέα της επικοινωνίας ανάμεσα στα άτομα που βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο, δηλαδή στον τομέα της ενδοεπικοινωνίας και τέλος στον τομέα της εποπτείας των ip καμερών.
Παρακάτω βλέπουμε τις ελάχιστες απαιτήσεις που ικανοποιούν τις ανάγκες της παρούσας εργασίας και χωρίζονται σε τρεις τομείς.

Όσον αφορά στον τομέα της θυροτηλεόρασης, το σύστημα χρειάζεται τουλάχιστον να έχει την δυνατότητα:

- Να χρησιμοποιεί κάποιο λογισμικό που να έχει την δυνατότητα σύνδεσης σε διάφορες συσκευές κινητής τηλεφωνίας, tablet καθώς και υπολογιστή.
- Να ενεργοποιεί κλήση από τον εξωτερικό επισκέπτη προς συγκεκριμένο όροφο (ακόμη και αν στον όροφο υπάρχουν πολλές συσκευές).
- Να μεταδίδει εικόνα και ήχο από την μεριά του επισκέπτη προς το άτομο που απάντησε την κλήση.
- Να υπάρχει η δυνατότητα ενεργοποίησης ανοίγματος της πόρτας από μεριάς του ατόμου που απάντησε την κλήση.
- Να ακούγεται κάποια ηχητική ειδοποίηση όταν ενεργοποιηθεί το άνοιγμα της πόρτας, ώστε να περάσει ο επισκέπτης.
- Να υπάρχει η δυνατότητα ενεργοποίησης της κάμερας από τις συσκευές, χωρίς να είναι ανάγκη να ενεργοποιηθεί κλήση από την είσοδο

- Να υπάρχει δυνατότητα καταγραφής του συμβάντος εισόδου ή απλά ενεργοποίησης της κλήσης.
- Να υπάρχει μηνύματος ΄voicemail΄ σε περίπτωση απουσίας του καλούντος.
- Να έχει την δυνατότητα το σύστημα επικοινωνίας του επισκέπτη με πάνω από δύο χρήστες σε συνδιάλεξη ΄conference΄.
- Να υπάρχει δυνατότητα προώθησης της κλήσης σε άλλο όροφο, σε περίπτωση λάθους.
- Να τερματίζεται αυτόματα η κλήση, σε περίπτωση ανοίγματος της πόρτας εισόδου.

Στον τομέα της ενδοεπικοινωνίας, το σύστημα χρειάζεται τις παρακάτω δυνατότητες:

- Να χρησιμοποιεί το ίδιο λογισμικό για την ενδοεπικοινωνία και την θυροτηλεόραση.
- Να υπάρχει δυνατότητα επιλογής σύνδεσης συγκεκριμένων χρηστών και όχι μόνο ορόφων, ώστε να γίνεται επικοινωνία μόνο με επιλεγμένους χρήστες.
- Το σύστημα να έχει την δυνατότητα ενδοεπικοινωνίας με πάνω από δύο χρήστες συνδιάλεξη ΄conference΄.
- Να υπάρχει δυνατότητα προώθησης της κλήσης σε άλλο χρήστη, σε περίπτωση λάθους.
- Να υπάρχει δυνατότητα καταγραφής της κλήσης και από τους δύο ή περισσότερους χρήστες.

Στον τομέα της εποπτείας των καμερών, το σύστημα χρειάζεται τις παρακάτω δυνατότητες:

- Να υπάρχει δυνατότητα εύκολης πρόσβασης στο σύστημα εποπτείας από οποιονδήποτε χρήστη και με όλες τις παραπάνω συσκευές (smartphone, tablet, pc).
- Να υπάρχει δυνατότητα προσχώρησης στο σύστημα οποιασδήποτε ip κάμερας, ανεξάρτητα την μάρκα της.
- Να υπάρχει δυνατότητα καταγραφής των καμερών.
- Να υπάρχει δυνατότητα αναγνώρισης συγκεκριμένου συμβάντος από το σύστημα και καταγραφή του.
- Να υπάρχει δυνατότητα καταγραφής των συμβάντων και περιστατικών σε ξεχωριστό σημείο στο χώρο αποθήκευσης, ώστε να είναι ευκολότερη η αναζήτηση από τον χρήστη.
- Να υπάρχει δυνατότητα μετάδοσης καταγραφής των συμβάντων και περιστατικών.

3.2 Σχεδιασμός συστήματος

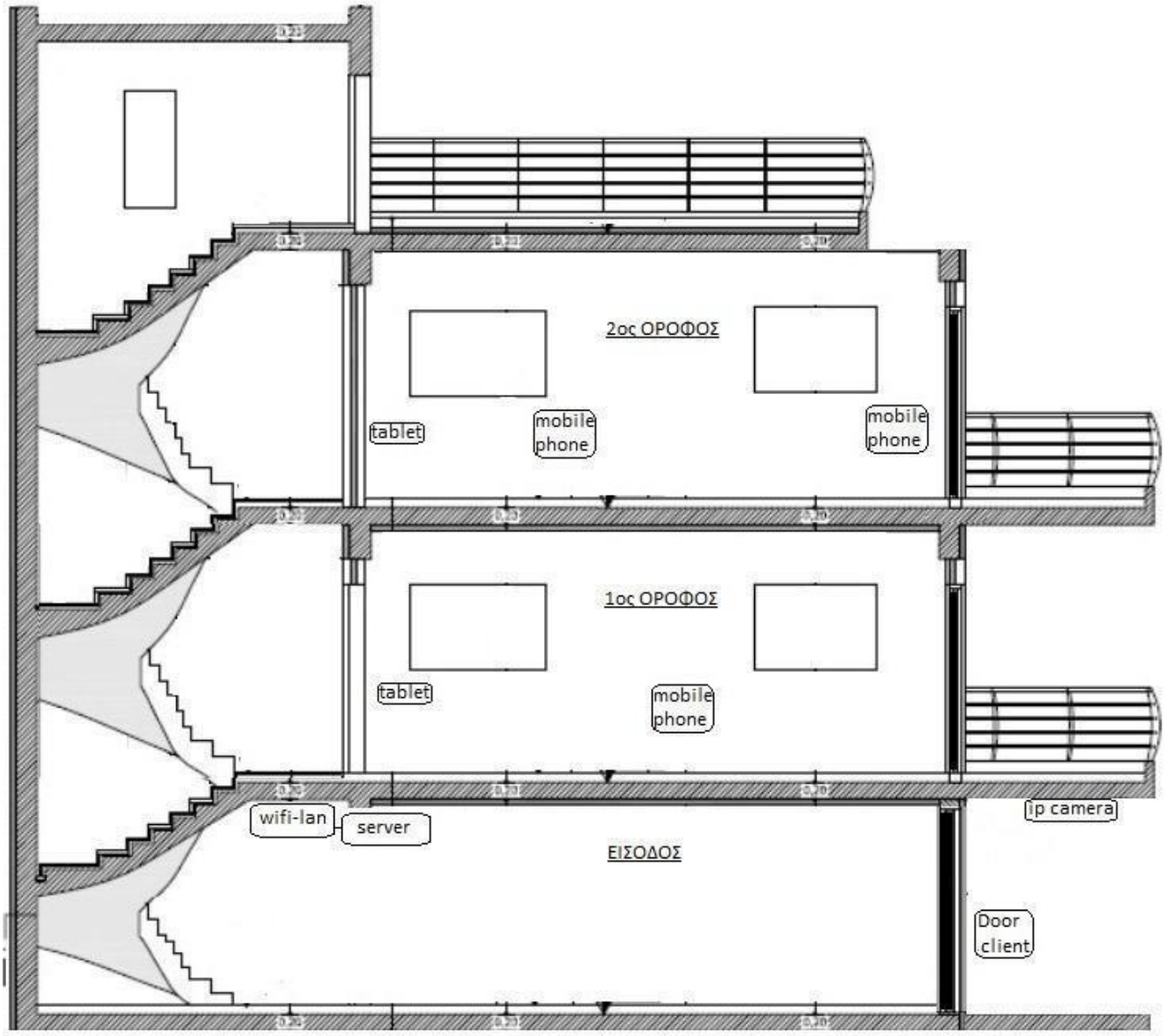
Για να επιτευχθεί η λειτουργία του συστήματος με τις παραπάνω απαιτήσεις, θα πρέπει να γίνει ένας σχεδιασμός που να αποτελείται από τα απαραίτητα υποσυστήματα, ώστε να λειτουργήσουν οι τομείς, αλλά και η μεταξύ τους διασύνδεση.

Για να υπάρχει στο σύστημα επιτυχημένη επικοινωνία των συσκευών θυροτηλεόρασης και ενδοεπικοινωνίας χρειάζεται ένας εξυπηρετητής - διακομιστή ΄server΄ που θα εξυπηρετεί τις διάφορες υπηρεσίες των πελατών ΄clients΄ [55]. Πιο συγκεκριμένα στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, ο server είναι το λογισμικό που κάνει την διασύνδεση των συσκευών μεταξύ τους. Αυτό επιτυγχάνεται με την εγκατάσταση του ανοιχτού κώδικα λογισμικού: Asterisk που λειτουργεί ως τηλεφωνικό κέντρο ΄pbx΄ και υλοποιήθηκε με την πλατφόρμα Asterisk (σε περιβάλλον linux), με επικοινωνία VOIP που κάνει χρήση του πρωτοκόλλου SIP.

Οι clients που υπάρχουν στο σύστημα, δεν είναι τίποτα άλλο από της συσκευές (συσκευές κινητής τηλεφωνίας, tablet, υπολογιστές ακόμη και το Raspberry pi) που επιθυμούν να επιτύχουν μία ή περισσότερες συνδέσεις μεταξύ τους. Το παραπάνω είναι επιτυχές με την εγκατάσταση των εφαρμογών Linphone στο Raspberry, PortSip και Linhome στις κινητές συσκευές και tablet.

Κάτι ανάλογο γίνεται και στην περίπτωση της εποπτείας των ip καμερών, μόνο που σε αυτήν την περίπτωση έγινε η επιλογή του λογισμικού ZoneMinder, σαν πρόγραμμα που αναλαμβάνει την παρακολούθηση, αποθήκευση, ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων που στέλνουν οι ip κάμερες σε αυτό, ώστε τελικώς να δοθεί ένα ικανοποιητικό αποτέλεσμα στον χρήστη.

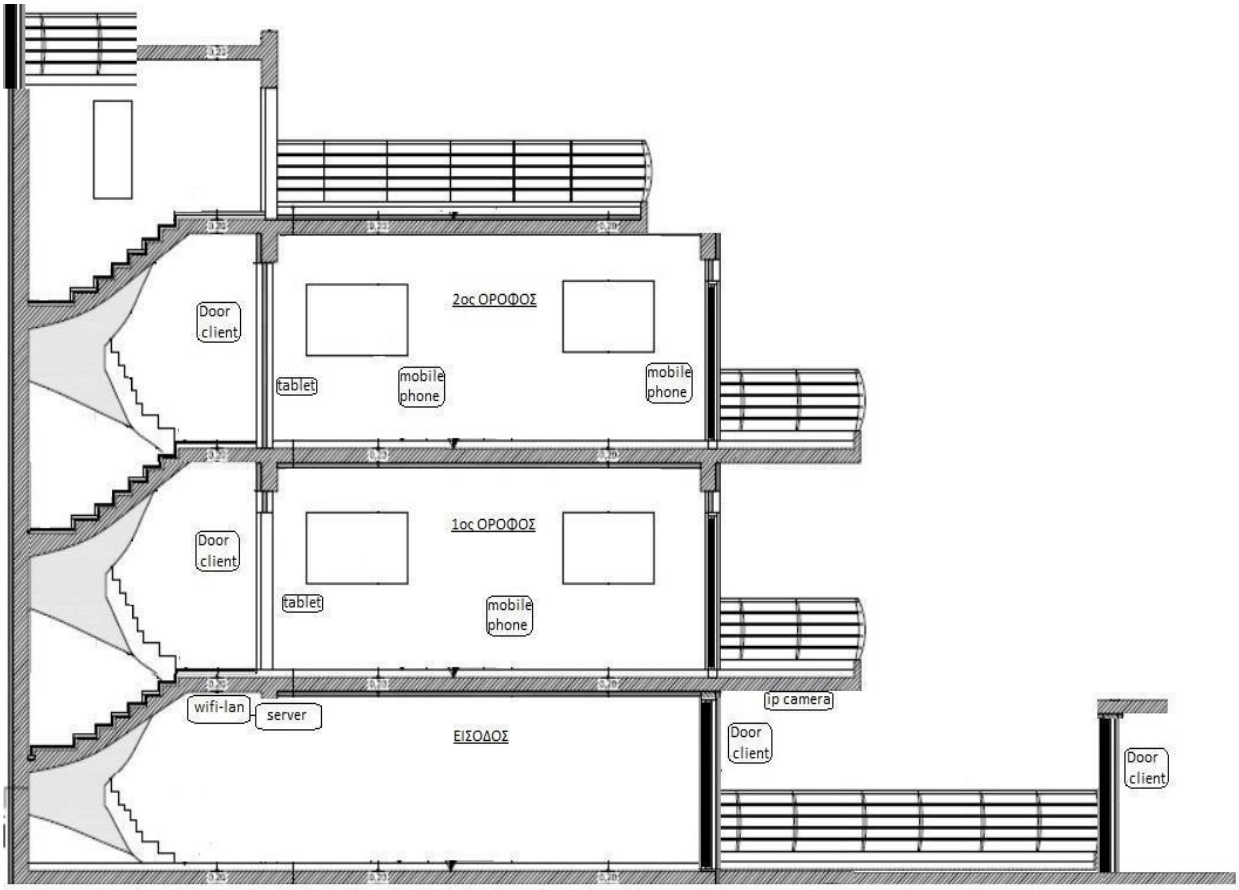
Στο παρακάτω γράφημα έχει σχεδιαστεί το σύστημα με τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Σαν παράδειγμα παρουσιάζεται μία διώροφη οικία με διάφορους μετακινούμενους χρήστες (συσκευές κινητής τηλεφωνίας), σταθερές μονάδες θυροτηλεόρασης (tablet), τον εξυπηρετητή (raspberry pi), την κεντρική μονάδα επικοινωνίας του εξωτερικού επισκέπτη (raspberry pi), όπως και μία ip κάμερα. Στην παρούσα φάση, έγινε η επιλογή της διπλής χρήσης της πλακέτας Raspberry pi 5, ως server, αλλά και ως client, για λόγους οικονομίας.



Εικόνα 3.1 Γράφημα σχεδιασμού συστήματος

Στην δεξιά μεριά της εικόνας που βρίσκεται η είσοδος, έχει εγκατασταθεί μία ip κάμερα καθώς και η συσκευή που έχει συνδεδεμένα τα μπουτόν και την κάμερα, ώστε να συμπεριφέρεται ως χρήστης με το όνομα: DOOR. Στην δική μας περίπτωση (κυρίως για εργονομικούς λόγους) εγκαταστήθηκε με συγκεκριμένο λογισμικό στην ίδια πλατφόρμα με τον διακομιστή. Στον διάδρομο του ισογείου, δίπλα στο δίκτυο (ενσύρματο ή ασύρματο), τοποθετήθηκε ο διακομιστής, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες διασυνδεσιμότητας. Πρακτικά μπορεί να τοποθετηθεί οπουδήποτε στο ίδιο δίκτυο. Στους παραπάνω ορόφους υπάρχουν οι συσκευές των χρηστών. Στο

παρόν σημείο μπορεί να σημειωθεί, ότι υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν και άλλες πλακέτες Raspberry pi, που θα χρησιμεύσουν ως client και στην ουσία, να τοποθετηθούν στην πόρτα της αυλής, αλλά και στην εξώπορτα του κάθε ορόφου ξεχωριστά, όπως μπορεί να φανεί παρακάτω.



Εικόνα 3.2 Γράφημα σχεδιασμού συστήματος για όλες τις εισόδου

4. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, απεικονίζεται το σύστημα με πραγματικές φωτογραφίες, καθώς και οι συνδεσμολογίες του. Επίσης αναφέρεται το είδος του λογισμικού για την αποπεράτωση της εργασίας, δίνοντας κυρίως έμφαση σε κάποιες λεπτομέρειες για τον απαραίτητο προγραμματισμό του. Τέλος γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσης των βημάτων εγκατάστασης του, με όσο το δυνατόν πιο κατανοητό τρόπο.

Όπως αναφέρεται και παραπάνω, για να είναι λειτουργικό το σύστημα χρειάστηκαν:

- Ο server (που πραγματοποιεί την/τις διασυνδέσεις των συσκευών).
- Ο client (από την εξωτερική μεριά του επισκέπτη).
- Οι clients (οι συσκευές που επικοινωνούν μεταξύ τους, ή με τον επισκέπτη).
- Μία τουλάχιστον ip κάμερα παρακολούθησης.

4.1 Περιγραφή υλικών συστήματος

Το κατασκευαστικό μοντέλο αξιοποιεί τις δυνατότητες που έχει ένα σύστημα σε γλώσσα προγραμματισμού ανοιχτού κώδικα, χρησιμοποιώντας ως server, την οικονομική και αρκετά αξιόπιστη πλατφόρμα Raspberry Pi 4.

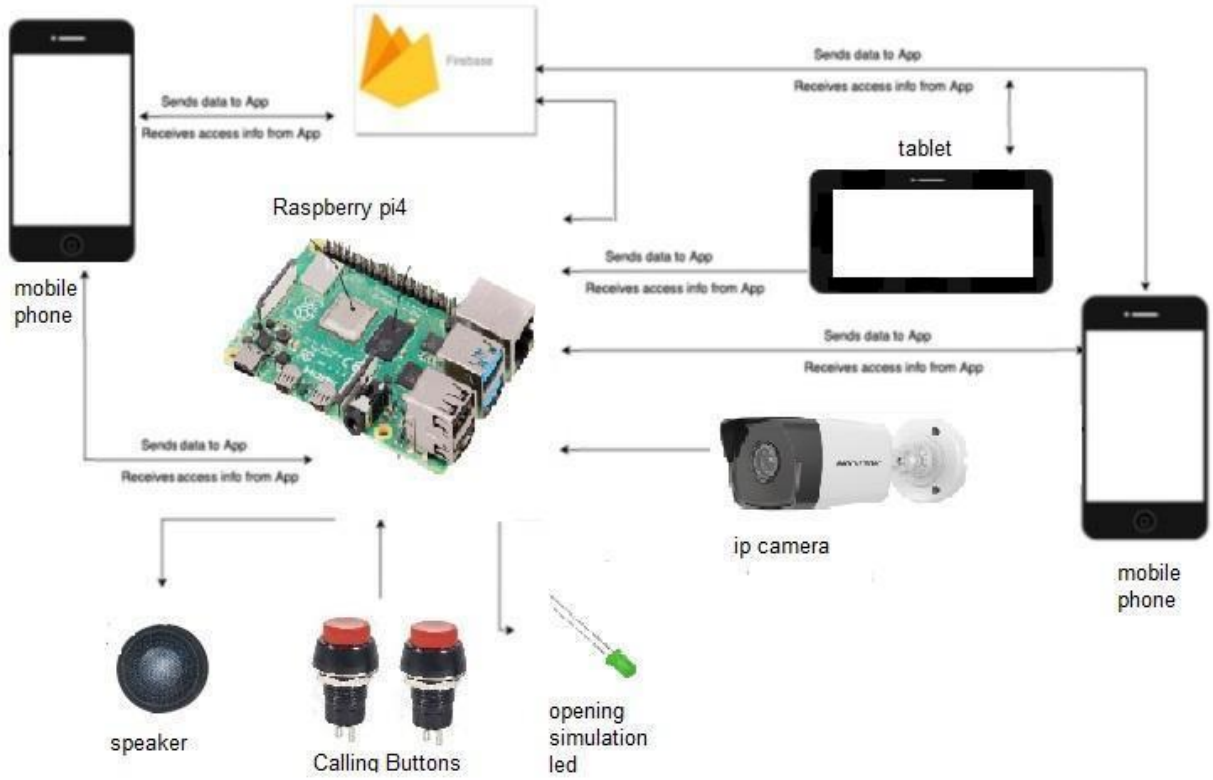
Έτσι η πλακέτα Raspberry PI 4 επιλέχθηκε να λειτουργήσει ως διαχειριστής των εξωτερικών κλήσεων, πλατφόρμα επικοινωνίας των clients καθώς και να παρέχει την δυνατότητα ανοίγματος της πόρτας εισόδου.

Για την ολοκλήρωση της κατασκευής χρειάστηκαν τα παρακάτω περιφερειακά υλικά που αναλύονται στο παρόν κεφάλαιο:

- Ένα υπολογιστικό σύστημα: Raspberry PI 4.
- Μία κάμερα USB με μικρόφωνο.
- Ένα μεγάφωνο.
- Δύο διακόπτες, τύπου μπουτόν (button), από τα οποία καλεί ο επισκέπτης.
- Ένα LED, το οποίο χρησιμεύει σαν εντολή ανοίγματος της κεντρικής πόρτας.
- Διάφορα καλώδια μικρής διατομής.

- Ένα πλαστικό κουτί εξωτερικού τύπου (ικανών διαστάσεων, ώστε να περικλείει τα παραπάνω).
- Συσκευές κινητής τηλεφωνίας (με λογισμικό android προαιρετικά).
- Μία IP κάμερα.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ο σχεδιασμός του συστήματος με τα παραπάνω υλικά και την χρησιμότητα του καθενός σε αυτό.



Εικόνα 4.1 Σχεδιασμός κατασκευής συστήματος

Αρχικά για να είναι ικανό το σύστημα, να ενεργοποιήσει την κλήση από τον επισκέπτη προς τον χρήστη της κινητής συσκευής, θα πρέπει να συνδέσουμε τους εξωτερικούς διακόπτες με κάποια Gpio pin του Raspberry, ώστε πατώντας τα ο επισκέπτης, να ενεργοποιεί την αντίστοιχη κλήση. Παρακάτω φαίνεται η εικόνα της κατασκευής, στην οποία μπορεί να φανεί τα μπουτόν κλήσης, η κάμερα και το αντίστοιχο πράσινο led που εξομοιώνει την εντολή του ανοίγματος της πόρτας.



Εικόνα 4.2 Κατασκευή του συστήματος

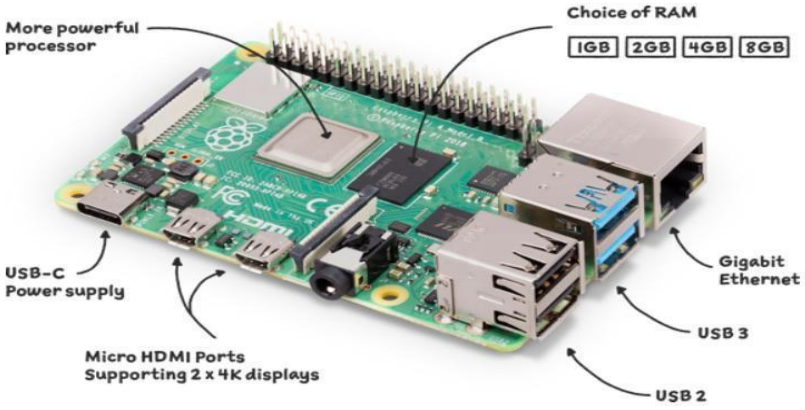
4.1.1 Το υπολογιστικό σύστημα Raspberry Pi 4

Το Raspberry pi είναι μία υπολογιστική πλατφόρμα κατασκευασμένη από το ίδρυμα Raspberry, με λειτουργικό σύστημα που ονομάζεται Debian [56]. Το μοντέλο πλακέτας που έγινε χρήση στην παρούσα εργασία είναι το Raspberry Pi4 και αποτελείται από έναν τετραπύρηνης κατασκευής ARM Cortex-A72 επεξεργαστή Broadcom BCM2711 και με ταχύτητα ρολογιού έως και 1,5 GHz, πράγμα που του παρέχει καλύτερη απόδοση σε σύγκριση με προηγούμενα μοντέλα. Η χωρητικότητα της μνήμης RAM, κυμαίνεται από 2 GB έως 8 GB [57]. Για τις ανάγκες της εργασίας είναι πλήρως λειτουργικό για την όποια επιλογή. Η πλακέτα τροφοδοτείται από τροφοδοτικό με είσοδο 220 volt και έξοδο 5.1 volt, έως 3 Amp και ισχύ 35 watt. Αν και η πλακέτα χρειάζεται για την λειτουργία της μόνο 700ma , η ισχύς χρησιμοποιείται κυρίως για τις επιπλέον περιφερειακές συσκευές που πιθανόν να τροφοδοτήσει.

Αρχικά η πλακέτα Raspberry δημιουργήθηκε για εκπαιδευτικούς σκοπούς, αλλά στη συνέχεια με τις κατάλληλες μετατροπές των μοντέλων και της κατασκευής της πλακέτας, αποδείχθηκε ότι είναι ικανή για πολλούς ακόμη σκοπούς [58]. Το μοντέλο της παρουσας

υλοποίησης, έχει την ικανότητα να χειριστεί ένα ευρύ φάσμα εργασιών, από των οικιακών υπολογιστών έως πιο απαιτητικές εφαρμογές, όπως αναπαραγωγή πολυμέσων, ελαφρύ gaming και έτσι είναι ιδανικό και για την δική μας υλοποίηση.

Παρακάτω βλέπουμε μία φωτογραφία της πλακέτας Raspberry pi 4.

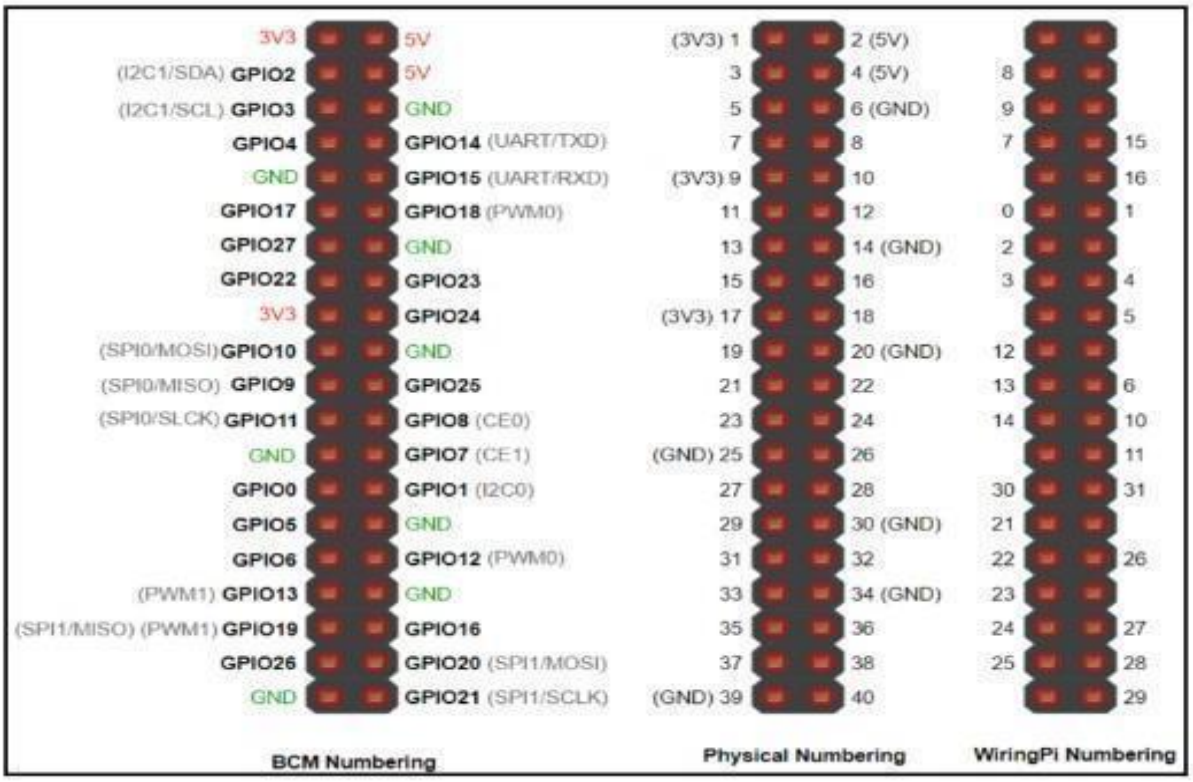


Εικόνα 4.3 Πλακέτα Raspberry Pi 4

(https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/ accessed on: 19-1-2023)

4.1.2 Ακροδέκτες ΄gpio΄ του Raspberry Pi4

Όπως διακρίνεται και στην παρακάτω εικόνα, οι ακροδέκτες για εντολές εξόδου και αισθητήρες εισόδου (gpio pin), που χρησιμοποιεί το σύστημα Raspberry Pi4 είναι σαράντα και είναι οι εξής [59]:



Εικόνα 4.4 Σχεδίαση ακροδεκτών Raspberry Pi 4 (gpio pin schematics) [59]

4.1.3 Κυκλωματική παρουσίαση - Οι συνδεσμολογίες του Raspberry Pi4

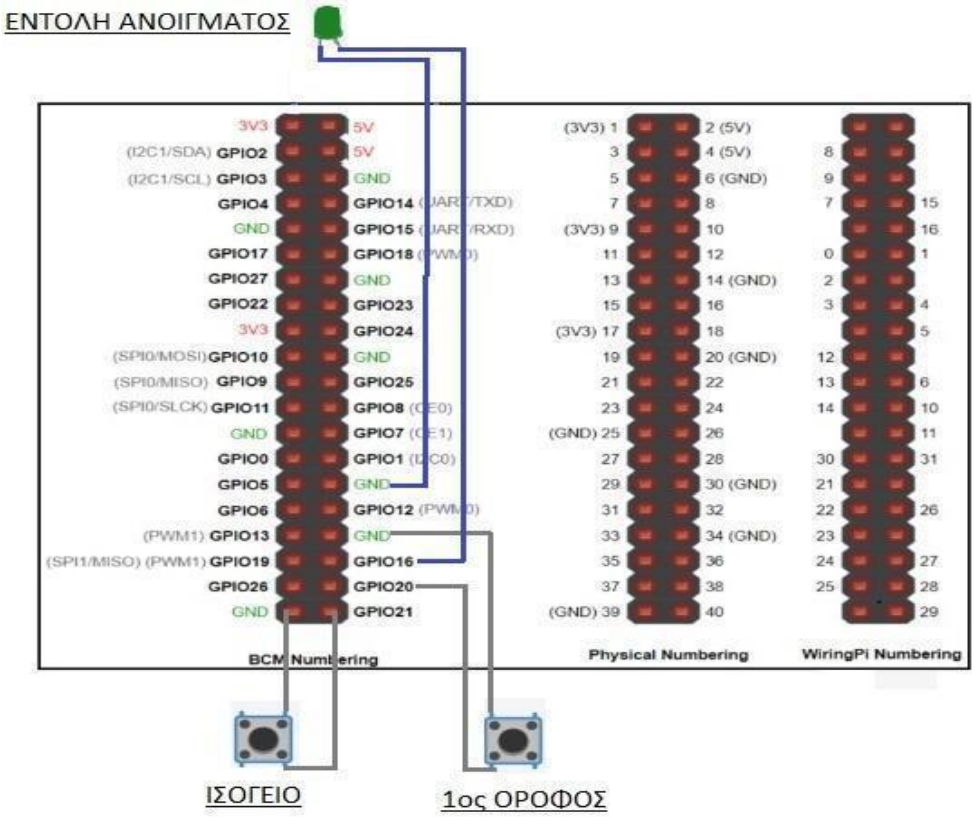
Το κύκλωμα αποτελείται από την σύνδεση δύο gpio pin (εισόδου) του Raspberry με τα μπουτόν και ένα gpio pin (εξόδου) για την εντολή ανοίγματος της εισόδου. Τα εξαρτήματα συνδέθηκαν σε σειρά και με αρχικό σημείο των αντίστοιχων gpio pin και με τελικά σημεία το ground pin.

Πιο συγκεκριμένα για την ενεργοποίηση της κλήσης του ισογείου (δηλαδή των αντίστοιχων τηλεφωνικών συσκευών) έγινε χρήση του **21 Gpio** pin.

Αντίστοιχα για την ενεργοποίηση κλήσης του πρώτου ορόφου (δηλαδή της δεύτερης τηλεφωνικής συσκευής) έγινε χρήση του **20 Gpio** pin.

Στη συνέχεια για την ενεργοποίηση ανοίγματος της πόρτας εισόδου, η οποία προσομοιάζεται με πράσινο λαμπάκι led, έγινε χρήση του **16 Gpio** pin.

Παρακάτω μπορούμε να δούμε και το σχέδιο με την εικόνα κυκλωματικής διάταξης, καθώς και την αντίστοιχη φωτογραφία της υλοποίησης της.



Εικόνα 4.5 Σχέδιο κυκλωματικής διάταξης Gpio pin

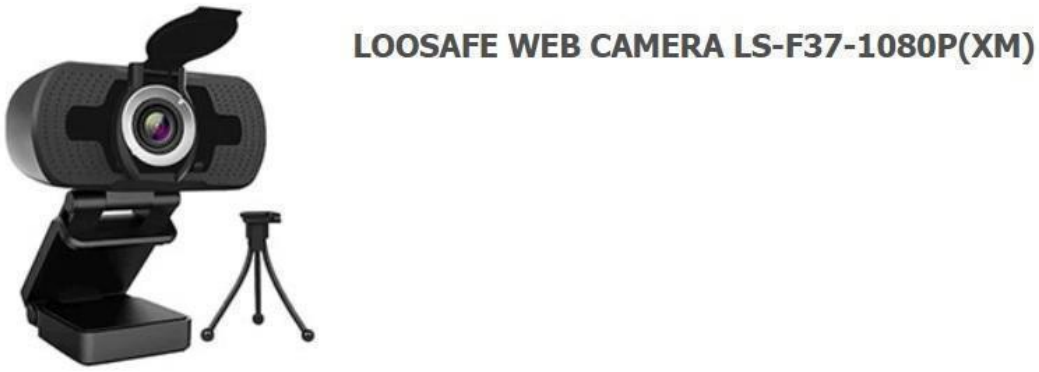


Εικόνα 4.6 Υλοποίηση συνδεσμολογίας Gpio pin

4.1.2 USB camera με μικρόφωνο

Στο παρόν σύστημα έχει τοποθετηθεί USB WEB κάμερα για την μεταφορά της εικόνας, αλλά και του ήχου, αφού έχει και ενσωματωμένο μικρόφωνο. Εφόσον το λειτουργικό σύστημα του Raspberry ανιχνεύει αυτόματα το υλικό της USB κάμερας και είναι πλήρως λειτουργικό χωρίς επιπλέον οδηγούς εγκατάστασης και χωρίς καμία παραμετροποίηση, είναι ιδανικό για την κατασκευή μας. Βέβαια έχουμε την δυνατότητα να τοποθετήσουμε όποια USB κάμερα του εμπορίου επιθυμούμε.

Στην περίπτωση μας είναι η οικιακή Web Camera LS-F37 της Loosafe, με αισθητήρα 2MPixels και ανάλυση έως 1920x1080. Η ποιότητα εικόνας είναι άριστη χάρη στο υψηλό frame rate 30fps, και την αυτόματη εστίαση. Λόγο του 3.6mm φακού εξασφαλίζετε ένα ομοιόμορφο κάδρο με ευρεία οπτική γωνία.
Παρακάτω φαίνεται μία φωτογραφία της κάμερας.



Εικόνα 4.7 Loosafe web camera LS-F37
(https://www.e-shop.gr/loosafe-web-camera-ls-f37-1080pxm-p-PER.589176 accessed on: 16-7-2023).

4.1.3 Ηχείο

Για να υπάρχει αμφίδρομη επικοινωνία, χρειάζεται να τοποθετηθεί στο σύστημα μας και ένα μεγάφωνο που θα μεταφέρει την φωνή του χρήστη της κινητής συσκευής προς τον εξωτερικό χώρο. Το μεγάφωνο αυτό συνδέθηκε στην θύρα εξόδου του ήχου βύσματος (Jack 3.5mm) που

υπάρχει στην πλακέτα του Raspberry pi. Για να υπάρχει αρκετή ακουστική ισχύς ώστε να καλύπτει τους πιθανούς εξωτερικούς θορύβους του περιβάλλοντος, θα πρέπει το εξάρτημα αυτό να είναι αυτοενισχυόμενο, άρα και εξωτερικής τροφοτοτούμενης ισχύος. Το χαρακτηριστικό που χρειάστηκε να υπάρχει λοιπόν είναι η τροφοδοσία usb, καθώς έτσι κάνουμε χρήση των θυρών της πλακέτας Raspberry pi.

Όσον αφορά το ηχείο, πειραματικά εντοπίστηκε ότι τα κοινά μεγάφωνα του εμπορίου από 3 watt και πάνω λειτουργούν αρκετά ικανοποιητικά. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε ένα παλιό ηχείο μάρκας JBL 3 watt και απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 4.8 Ηχείο 3 watt

4.1.4 Button

Για να δοθεί η εντολή κλήσεις των κινητών συσκευών από το εξωτερικό περιβάλλον χρησιμοποιούνται αντίστοιχοι διακόπτες τύπου μπουτόν (button). Υπάρχουν σε διάφορα είδη και χρώματα και είναι αρκετά κοινοί στην αγορα τους.

Υπάρχουν πολλά είδη και χρώματα μπουτόν (button) στην αγορά, ένα από τα πιο κοινά είναι και η παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 4.9 Διακόπτης τύπου μπουτόν (button)

4.1.5 Καλώδια

Η σύνδεση πραγματοποιήθηκε με την χρήση απλών χάλκινων εύκαμπτων καλωδίων. Αυτού του τύπου καλώδια έχουν πολύκλωνη και μικρή διατομή και είναι ειδικά κατασκευασμένα για ηλεκτρονικές εφαρμογές.

Τα καλώδια που χρησιμοποιήθηκαν είναι εύκαμπτα και με μικρή διατομή, ειδική για τέτοιου είδους εφαρμογές. Κατασκευάζονται σε διάφορα χρώματα, ώστε να ξεχωρίζει η οδήγηση της κάθε διαφορετικής σύνδεσης τους, με εμφανή τρόπο και απεικονίζονται παρακάτω:



Εικόνα 4.10 Καλώδια ηλεκτρονικών εφαρμογών

4.1.6 Σταθερές και κινητές ηλεκτρονικές συσκευές

Όπως προαναφέρθηκε, θα χρειαστούν συσκευές ΄tablet΄, όπως και συσκευές κινητής τηλεφωνίας, αλλά και προαιρετικά και υπολογιστές, για την εξομοίωση της υλοποίησης περισσότερων χρηστών. Τα χαρακτηριστικά των συσκευών αυτών είναι αδιάφορα, αρκεί να μπορούν να λειτουργήσουν κάποια από τις παρακάτω εφαρμογές ή εφάμιλλη της, που να είναι συμβατή με το πρωτόκολλο SIP.

4.1.7 IP Κάμερα

Το παρόν σύστημα λειτουργεί και ως πρόγραμμα εποπτείας καμερών. Πρακτικά δεν χρειάζεται κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές για την ip κάμερα, αρκεί να μην έχει το πρωτόκολλο ONVIF. Το παραπάνω είναι ο μοναδικός περιορισμός, διότι το σύστημα αντιλαμβάνεται την κάμερα ως ξεχωριστό πρόγραμμα εποπτείας καμερών και στην ουσία σαν δεύτερο καταγραφικό σύστημα εποπτείας και έτσι δεν έχει την δυνατότητα να το προσθέσει στο δικό του σύστημα εποπτείας και καταγραφής.

Στην συγκεκριμένη περίπτωση έγινε επιλογή της μάρκας ΄Hikvision΄ και του μοντέλου ΄DS-2CD1043G0-I΄ το οποίο προστέθηκε και λειτούργησε επιτυχώς στο σύστημα και απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 4.11 Hikvision ΄DS-2CD1043G0΄ ip Κάμερα (https://www.hikvision.com/mena-en/products/IP-Products/Network-Cameras/Value-Series/DS-2CD1043G0-I/?subName=DS-2CD1043G0-I accessed on: 20-1-2024).

4.2 Λογισμικά συστήματος

Όπως έγινε αναφορά και παραπάνω, σκοπός της συγκεκριμένης κατασκευής είναι η επικοινωνία ενός χρήστη κινητής συσκευής τηλεφωνίας - tablet με τον ενδεχόμενο επισκέπτη στον εξωτερικό χώρο της εγκατάστασης μας, καθώς και η εποπτεία του χώρου με την βοήθεια των καμερών. Για να μπορέσει λοιπόν να λειτουργεί το σύστημα, είναι απαραίτητη η εγκατάσταση και παραμετροποίηση εξειδικευμένων λειτουργικών συστημάτων. Αυτά είναι τα παρακάτω:

- Debian bullseye
- Asterisk
- NodeRed
- Apache
- MariaDb
- Softphone (Linphone, Linhome, PortSip)
- ZoneMinder

4.2.1 Λειτουργικό σύστημα του Raspberry Pi 4

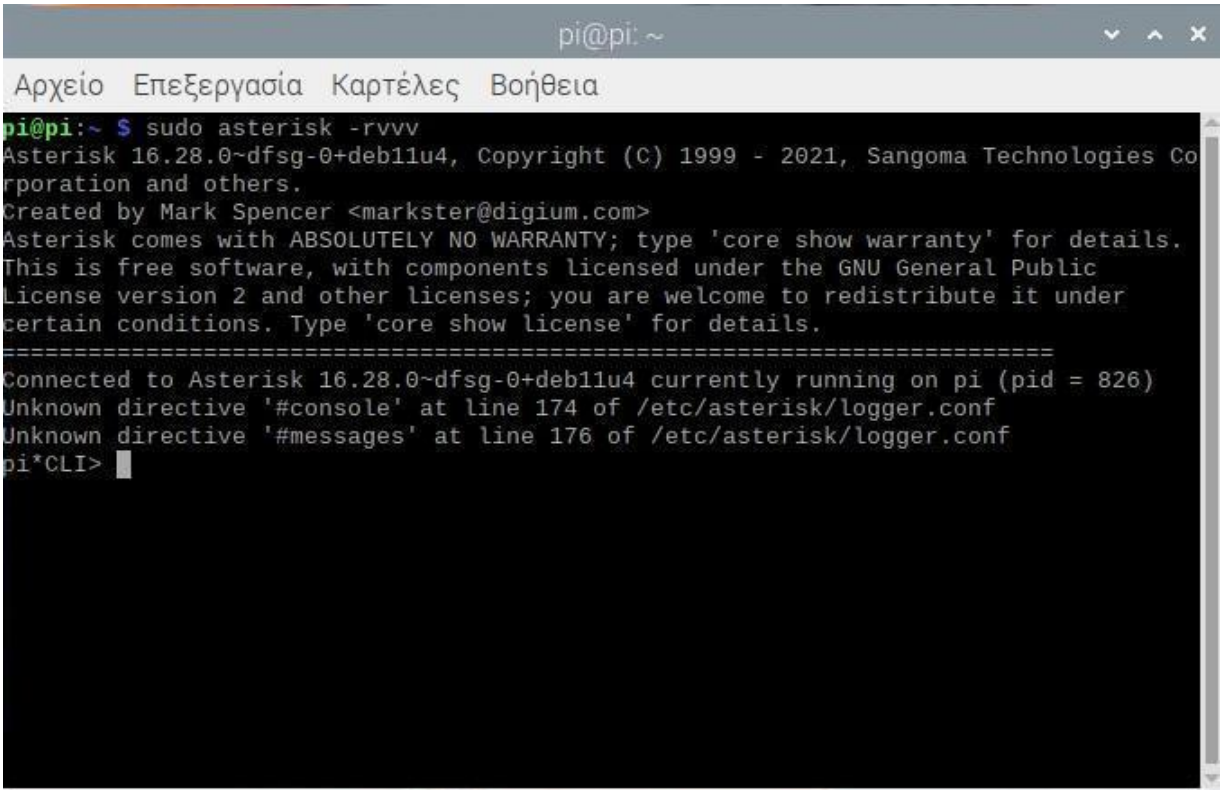
Αρχικά να αναφέρουμε ότι για να γίνει λειτουργικό το Raspberry Pi, ανεξάρτητα την χρήση του, θα πρέπει να ακολουθήσουμε τον σύνδεσμο της εταιρείας να γίνουν εγκατάσταση σε κάποιο υπολογιστικό σύστημα, τα απαραίτητα μικροεργαλεία που χρειάζονται για να διαμορφώσουμε την microSD κάρτα με το ISO του λειτουργικού συστήματος. Αυτό προϋποθέτει τις παρακάτω εφαρμογές:

Το Disk imager - το οποίο είναι το λειτουργικό που διαμορφώνει και προετοιμάζει την microSD για να φορτωθεί το λειτουργικό σύστημα του Raspberry pi.

Το RP imager - που είναι το πρόγραμμα του ιδρύματος Raspberry, ώστε να φορτωθεί το λειτουργικό σύστημα βασισμένο σε debian, που είναι παραμετροποιημένο ειδικά για το Single Board Computer Raspberry Pi 4. Σε αυτό το πρόγραμμα θα επιλέξουμε την εγκατάσταση του λογισμικού bullseye, που είναι το εικονικό περιβάλλον για την συγκεκριμένη πλατφόρμα.

4.2.2 Λογισμικό Asterisk

Η εγκατάσταση και ο προγραμματισμός του Asterisk έγινε σε περιβάλλον linux και η έκδοση του είναι η 16.28.0 version, όπως μπορεί να φανεί και παρακάτω (στη δεύτερη σειρά του παραθύρου της εικόνας).

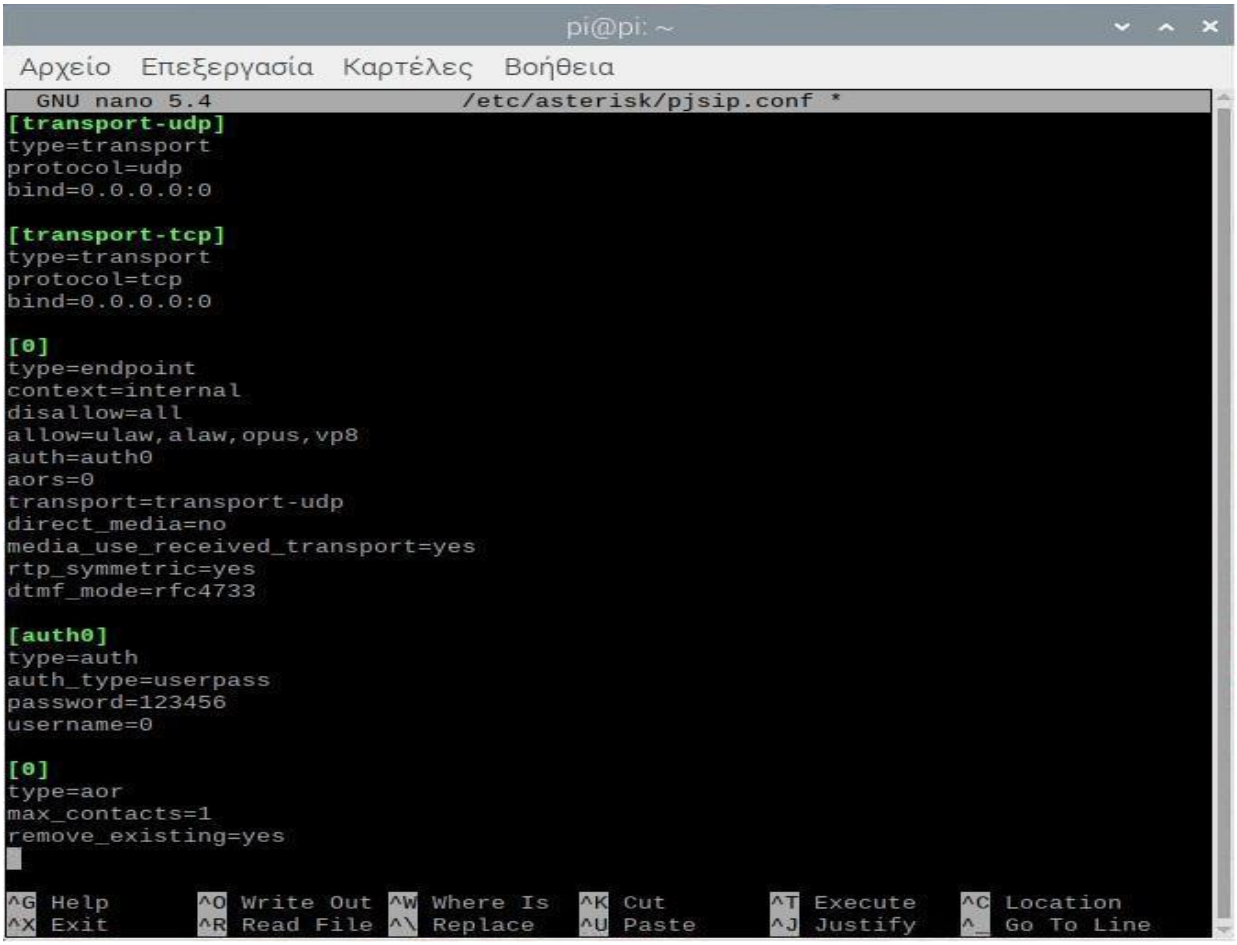


Εικόνα 4.12 Asterisk 16.28.0 version

Μετά την ολοκλήρωση του Asterisk άρχισε η παραμετροποίηση του.

Το αρχικό στάδιο ήταν ο ορισμός των συσκευών των χρηστών, ονομαζόμενα ως: extension.

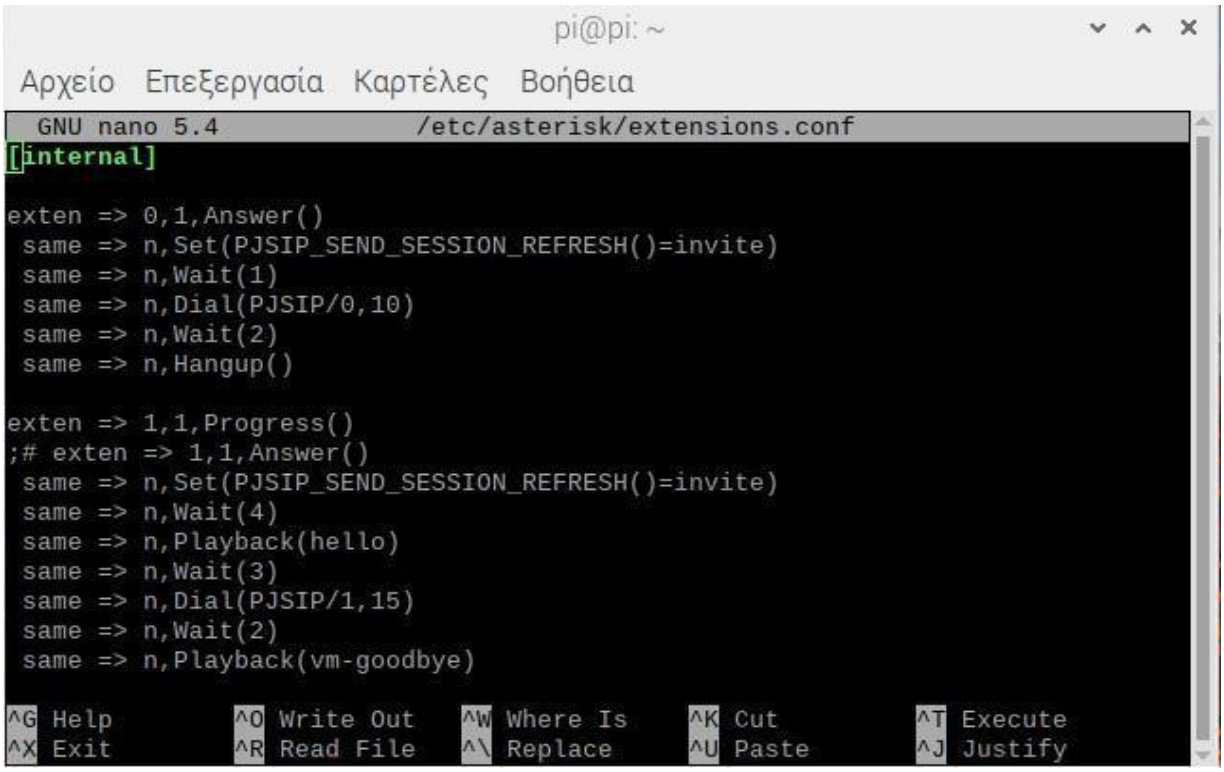
Το σύστημα δεν έχει περιορισμό στον αριθμό τους, καθώς και στην ονομασία που θα ορίσουμε στο κάθε extension. Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας έγινε η επιλογή απλής αρίθμησης. ΄0΄ για το extension που βρίσκεται στο λογισμικό εγκατεστημένο στον διακομιστή, ΄1΄ και ΄2΄ στα extension που αντιστοιχούν στις συσκευές του ισογείου, ΄10΄ και ΄11΄ στα extension που αντιστοιχούν στις συσκευές του πρώτου ορόφου και ΄20΄ και ΄21΄ στα extension που αντιστοιχούν στις συσκευές του δεύτερου ορόφου. Με την ίδια φιλοσοφία μπορούν μελλοντικά να προστεθούν και τα άλλα extension, για μελλοντικούς χρήστες. Παρακάτω βλέπουμε τις ρυθμίσεις για το extension 0.



Εικόνα 4.13 Asterisk pjsip file

Οι ρυθμίσει είναι κάτι αρκετά περίπλοκο και χρειάζεται πολύ προσοχή, καθώς με το παραμικρό λάθος, η εφαρμογή δεν θα δεχτεί καν την είσοδο του χρήστη, δηλαδή ο χρήστης δεν πρόκειται καν να κάνει log in, στην εφαρμογή. Μπορούμε να διακρίνουμε κάποιες ρυθμίσεις όπως: το όνομα του χρήστη, ο κωδικός του, αλλά και ανάμεσα σε άλλες και οι κωδικοποιήσεις για την αρχικοποίηση και εν τέλει την θέσπιση της επικοινωνίας που χρησιμοποιεί (rfc4733 και codec όπως opus, vp8 κ.α.).

Το επόμενο βήμα είναι να οριστούν οι ρυθμίσεις της επικοινωνίας για το κάθε extension. Μία από αυτές περιλαμβάνει τον ήχο ΄hello΄ που σηματοδοτεί της αρχή της επικοινωνίας, αλλά και τον ήχο ΄goodbye΄ που ενημερώνει για το τέλος της.



Εικόνα 4.14 Asterisk extensions file

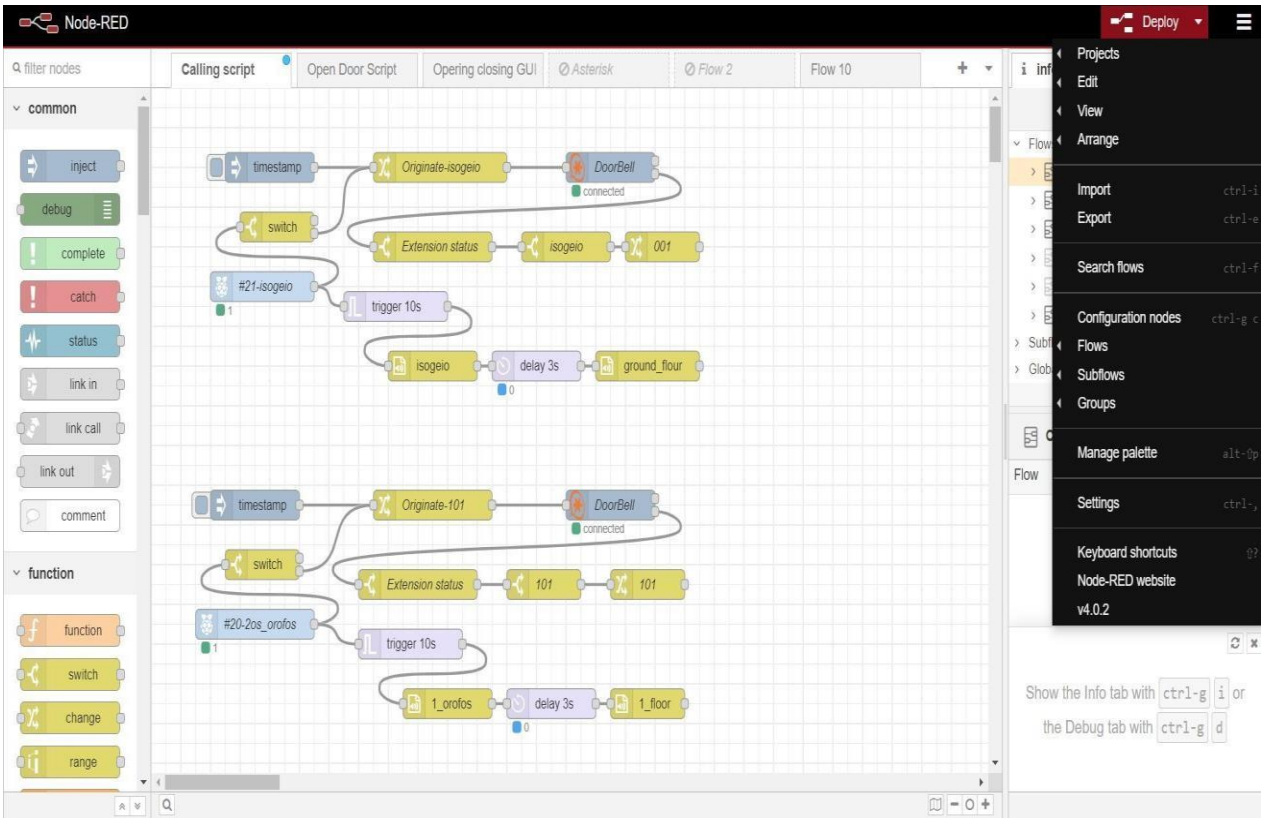
Υπάρχει ακόμη και μία εντολή για την μεταφορά της εικόνας προτού ολοκληρωθεί η απάντηση, όπως και εμφανές είναι και κάποιες χρονοκαθυστερήσεις μερικών δευτερολέπτων για την ομαλή απάντηση, αλλά και τερματισμό της επικοινωνίας. Με τις παραπάνω ρυθμίσεις και με την παραμετροποίηση του λογισμικού στις υπόλοιπες συσκευές, μπορούν να πραγματοποιηθούν χειροκίνητες κλήσεις μεταξύ των χρηστών.

4.2.3 Λογισμικό Node Red

Για να πραγματοποιηθεί ο προγραμματισμός της αυτοματοποιημένης διαδικασίας κλήσεων, τα ηχητικά μηνύματα, καθώς και η εντολή για το άνοιγμα της πόρτας έγινε η επιλογή της χρήσης της

Η πλατφόρμα NodeRed είναι αρκετά ικανοποιητική για τον προγραμματισμό σε γραφικό περιβάλλον, αφού υπάρχει ο τρόπος δημιουργίας και αλληλεπίδρασης με τον χρήστη του γραφικού περιβάλλοντος του συγκεκριμένου λογισμικού. Η έκδοση του είναι η 4.02 version, όπως μπορεί κάποιος/α να δει στην παρακάτω εικόνα (κάτω και δεξιά), στην οποία απεικονίζεται το

γραφικό περιβάλλον, όπως επίσης και ο προγραμματισμός που πραγματοποιήθηκε για την αυτοματοποιημένη κλήση των extension με το πάτημα ενός απλού button που συνδέεται σε κάποιο pin της πλακέτας raspberry. Παρακάτω απεικονίζεται και αναλύεται ο προγραμματισμός των εντολών των δύο ορόφων της κατασκευής που πραγματοποιήθηκε στην παρούσα εργασία.



Εικόνα 4.15 Node Red calling palette

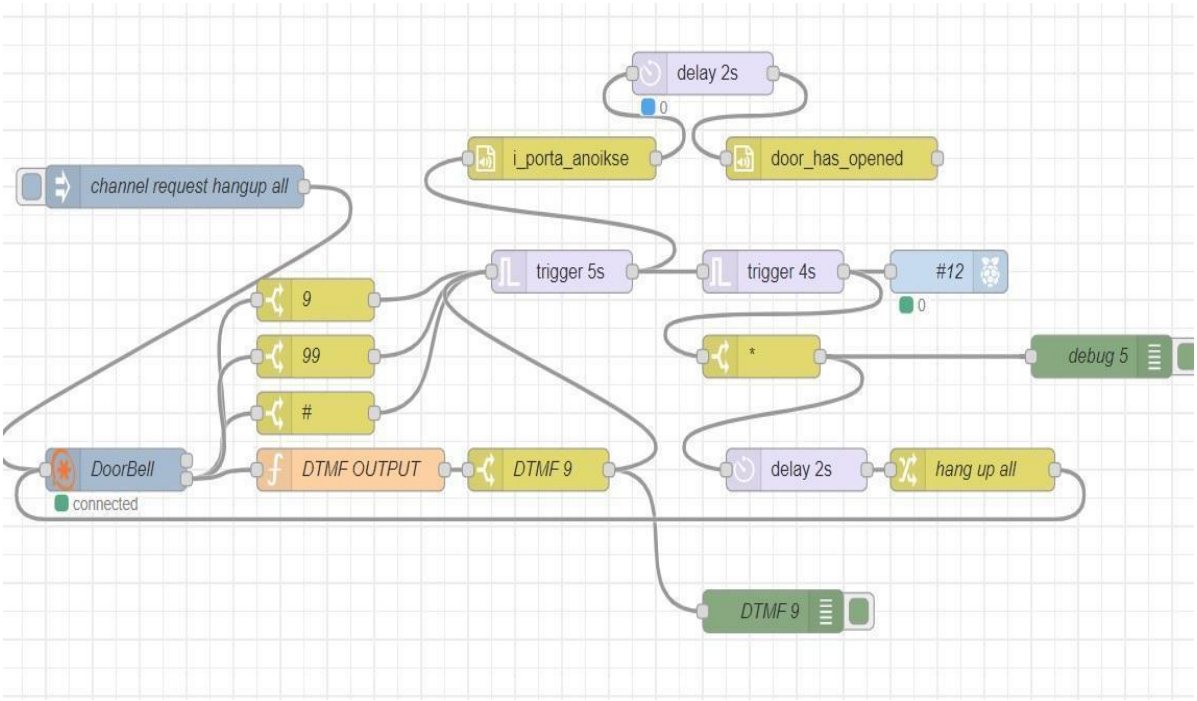
Στην εικόνα φαίνονται δύο σχεδόν ταυτόσημα flow που αφορούν την ενεργοποίηση της κλήσης για κάθε όροφο του κτιρίου. Η κύρια διαφορά μεταξύ τους εντοπίζεται στον όροφο που αντιπροσωπεύει κάθε flow, καθώς και στους χρήστες που καλούνται να ανταποκριθούν στην κλήση. Κάθε flow περιγράφει μια διαδικασία που ξεκινά με την ενεργοποίηση της κλήσης και καταλήγει στους αντίστοιχους χρήστες του κάθε ορόφου, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την επόμενη ενέργεια ή απόφαση. Παρά την ομοιότητα στην δομή, οι διαφορές αυτές διασφαλίζουν ότι η διαδικασία λειτουργεί σωστά και για τους δύο ορόφους με βάση τις ανάγκες των χρηστών και της κάθε κατάστασης.

Τα παραπάνω γίνονται πραγματοποιώντας την αντίστοιχη δημιουργία και σειρά για τα ΄palette΄. Η διαδικασία ξεκινά με το πάτημα ενός μπουτόν για έναν συγκεκριμένο όροφο. Αυτό το μπουτόν ενεργοποιεί την αντίστοιχη εντολή για τον όροφο, που στη συνέχεια μεταφέρεται σε ένα άλλο ΄palette΄ που χειρίζεται την καθυστέρηση (χρονική καθυστέρηση 10 δευτερολέπτων). Αυτή η καθυστέρηση αποτρέπει τη δημιουργία πολλαπλών εντολών, εξασφαλίζοντας ότι η επόμενη εντολή θα εκτελεστεί μόνο όταν είναι έτοιμη. Ακολουθεί μία διακλάδωση των ΄palette΄ για τα ηχογραφημένα μηνύματα (στα ελληνικά και αγγλικά), που ειδοποιεί τον επισκέπτη σε ποιον όροφο έχει πραγματοποιηθεί η κλήση. Αυτά τα μηνύματα είναι σημαντικά για την καθοδήγηση του επισκέπτη. Στη συνέχεια το ΄palette΄ με την εντολή του Asterisk: originate, η οποία χρησιμοποιείται για να δημιουργήσει μια σύνδεση μεταξύ των extensions. Όταν ο επισκέπτης καλεί, το σύστημα χρησιμοποιεί αυτή την εντολή για να επιτύχει την επικοινωνία με τον επιθυμητό extension. Αυτό το ΄palette΄ συνδέεται με το ΄palette΄ της σύνδεσης του NodeRed με το Asterisk. Υπάρχουν επίσης ΄palette΄, που επιτρέπουν είτε την χειροκίνητη ενεργοποίηση της διαδικασίας μέσω του προγράμματος, είτε της παρακολούθησης κατάστασης του συστήματος.
Παρακάτω αναλύεται η εντολή: originate, η οποία είναι υπεύθυνη για την ενεργοποίηση κλήσεων ανάμεσα σε extensions. Αποτελείται από ένα json αρχείο του παρακάτω τύπου:

```
{
   "channel": "PJSIP/extension0",    // Το extension που καλεί
   "exten": "1",                      // Το extension στον οποίο καλείται
   "priority": 1,                     // Η προτεραιότητα της κλήσης στο Dialplan
  "timeout": 30000,                   // Χρόνος αναμονής για την κλήση
   "context": "default",              // το context του Dialplan
}
```

Όπως αναγράφεται και παραπάνω η εντολή channel, χρησιμοποιείται για να καθορίσει την πηγή της κλήσης. Συγκεκριμένα, ορίζει τον "καλούντα" ή το extension από το οποίο ξεκινά η κλήση. Αυτό είναι το πρώτο βήμα για την καθιέρωση της σύνδεσης.
Στη συνέχεια η εντολή exten, καθορίζει το extension στο οποίο θα γίνει η κλήση, δηλαδή τον προορισμό της κλήσης. Είναι το extension που θα παραλάβει την κλήση από τον καλούντα. Ακολουθεί η εντολή priority, που καθορίζει το σημείο εκκίνησης της κλήσης στον Asterisk

Dialplan. Στο Asterisk, το Dialplan είναι μια σειρά από βήματα (ή προτεραιότητες) που καθορίζουν τις ενέργειες που πρέπει να ληφθούν κατά την διάρκεια της κλήσης. Η προτεραιότητα επιτρέπει να καθορίσετε ποιο βήμα του Dialplan θα εκτελεστεί πρώτα.
Η εντολή timeout, καθορίζει την διάρκεια της κλήσης ή τον χρόνο αναμονής που μπορεί να ρυθμιστεί. Ο χρόνος αυτός καθορίζει το μέγιστο χρόνο που θα περιμένει το σύστημα πριν την ακύρωση της κλήσης αν δεν υπάρχει σύνδεση.
Και τέλος η εντολή του context, που δεν είναι τίποτα άλλο από τον καθορισμό του συνόλου των κανόνων που θα εκτελούνται κατά την διάρκεια της κλήσης.
Επιπροσθέτως στην επόμενη εικόνα φαίνεται ο προγραμματισμός για την εντολή που είναι υπεύθυνη για το άνοιγμα της πόρτας εισόδου του επισκέπτη. Σε αυτό το σημείο έχει προστεθεί και ένα ηχητικό μήνυμα, ενημερώνοντας τον επισκέπτη ότι μπορεί να περάσει.



Εικόνα 4.16 Node Red opening palette

Αναλύοντας την εικόνα, θα αναφερθεί, ότι αρχικά υπάρχει το ΄palette΄ της σύνδεσης του NodeRed με το Asterisk. Ακολουθούν τα ΄palette΄ της εντολής ανοίγματος πόρτας πληκτρολογώντας τους αριθμούς: 9, 99, είτε το σύμβολο: #, είτε ακόμη και εντολές ΄DTMF΄ (στην περίπτωση μας προγραμματίστηκε ο αριθμός 9). Στη συνέχεια έχουμε την διακλάδωση των ΄palette΄ για τα

ηχογραφημένα μηνύματα (στα ελληνικά και αγγλικά), που ειδοποιούν τον επισκέπτη, ότι μπορεί να εισέλθει στον χώρο, αλλά και της εντολής που ενεργοποιεί για συγκεκριμένο χρόνο το GPIO 12 και έτσι ανοίγει η είσοδος. Σε αυτό το σημείο έχει τοποθετηθεί και μία εντολή, η οποία τερματίζει την κλήση. Τα υπόλοιπα ΄palette΄, που υπάρχουν αφορούν ΄palette΄, που επιτρέπουν είτε τον χειροκίνητο τερματισμό της κλήσης μέσω του προγράμματος, είτε της παρακολούθησης κατάστασης του συστήματος.

Πιο συγκεκριμένα το ΄pallete΄: DTMF OUTPUT περιέχει ένα JavaScript script το οποίο ελέγχει αν έχει πατηθεί κάποιο DTMF (και στην περίπτωση μας είναι ο αριθμός 9). Το JavaScript script αναλύεται παρακάτω:

```
if (msg.payload && msg.payload.digit !== undefined)   //ελέγχει αν υπάρχει το msg.payload
                                                        // και αν είναι ψηφίο (εδώ το msg είναι
                                                        //   το μήνυμα που λαμβάνεται)
{
var dtmfDigit = msg.payload.digit;                      //Εάν ισχύει η παραπάνω συνθήκη,
                                                          //  αποθηκεύει την τιμή της ιδιότητας
                                                          //  digit σε μια μεταβλητή dtmfDigit
  msg.payload = dtmfDigit;                              // Ορίζει το περιεχόμενο του msg.payload
                                                              //  ως την τιμή του dtmfDigit
}
else
{
 msg.payload = "No DTMF Digit";        //Εάν η ιδιότητα digit δεν υπάρχει, τότε το msg.payload
                                                    //          παίρνει την τιμή "No DTMF Digit"

}
return msg;                                             //Επιστρέφει το μήνυμα msg για περαιτέρω
                                                          //          επεξεργασία στη ροή δεδομένων
```

Επίσης το ΄pallete΄: Hang up all περιέχει ένα JSON αρχείο, το οποίο τερματίζει τις κλήσεις, μετά το άνοιγμα της πόρτας και αναλύεται παρακάτω:

```
{
    "action": "command",              //δηλώνει ότι ακολουθεί εντολή
    "command": "channel request hangup all" //ενεργοποιεί την εντολή που
                                        // κάνει τερματισμό των κλήσεων
}
```

4.2.4 Εξυπηρετητής Apache

Για να γίνει επιτυχής επικοινωνία οποιουδήποτε χρήστη με μία ιστοσελίδα και έτσι να του δίνεται η δυνατότητα παραμετροποίησης κάποιο προγράμματος απομακρυσμένα, θα πρέπει να κάνει την χρήση ενός προγράμματος πλοήγησης κοινού επονομαζόμενος ως: browser.

Ο browser μέσω του πρωτοκόλλου ΄HTTP΄ επικοινωνεί με κάποιον διακομιστή και παράγει το εικονικό περιβάλλον του προγράμματος. Στην περίπτωση αυτήν επιλέχθηκε ο εξυπηρετητής ανοιχτού κώδικα Apache που κυκλοφόρησε υπό την άδεια λογισμικού της κοινότητας με επιτήρηση από το Ίδρυμα Λογισμικού Apache (Apache Software Foundation). Ο εξυπηρετητής αυτός χρησιμοποιείται και σε τοπικά δίκτυα σαν διακομιστής και συνεργάζεται άψογα και με ένα συστήματα διαχείρισης Βάσης Δεδομένων π.χ. MariaDB [60]. Με αυτόν τον τρόπο έγινε και η παραμετροποίηση του ZoneMinder (http://192.168.1.53/zm/), αλλά και του του Node Red (με βάση τις παρούσες ρυθμίσεις: http://192.168.1.53:1880/ αντίστοιχα). Με την διαφορά ότι το Node Red χρησιμοποιεί δικό του ΄server΄, που εγκαθίσταται αυτόματα με την εγκατάσταση του, χωρίς κάποια περαιτέρω ενέργεια από τον χρήστη.

4.2.5 Βάση δεδομένων MariaDb

Μία βάση δεδομένων είναι (το εργαλείο), που αποθηκεύει οργανωμένα κάποιες πληροφορίες, με την δυνατότητα εξαγωγής τους. Μάλιστα δίνεται η δυνατότητα αναδιοργάνωσης

τους με πολλαπλούς τρόπους (π.χ. νοητικοί πίνακες αντί φυσικών). Στην εργασία αυτή έγινε η επιλογή ενός συστήματος διαχείρισης σχεσιακών βάσεων δεδομένων πολύ ευρέως γνωστό αφού, γίνεται η χρήση με πάνω από 11 εκατομμύρια εγκαταστάσεις. Ονομάζεται MariaDb και συνεργάζεται με τον Apache server, ώστε να παρέχεται πρόσβαση σε πολλαπλούς χρήστες [61].

4.2.6 Εφαρμογές SoftPhone

Με την χρήση της τεχνολογίας VOIP, μας δίνεται η δυνατότητα να μεταφέρουμε εικόνα και ήχο και διάφορες άλλες πληροφορίες. Με βάση το πρωτόκολλο SIP και χρήση της τεχνολογίας VOIP κάποιες ειδικές εφαρμογες που ονομάζονται: SoftPhone έχουν την δυνατότητα να υλοποιούν την επικοινωνία και να συνδέσουν τους χρήστες μεταξύ τους [62]. Στην εργασία αυτή εγκαταστάθηκε το λογισμικό linphone (με 4.4.21 version) στην πλατφόρμα Raspberry, ενώ στις κινητές τηλεφωνικές συσκευές, tablet ή ακόμη και ηλεκτρονικό υπολογιστή εγινε χρήση της εφαρμογής PostSip (με 12.6.1 version) και Linhome (με 5.3.56 version) αντίστοιχα.

5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Στο πέμπτο αυτό κεφαλαίο, παρουσιάζεται ο τρόπος λειτουργίας του συστήματος, ως προς τον χρήστη, αλλά και κάποιες παραμετροποιήσεις που έχει την δυνατότητα να κάνει, ώστε να προσαρμοστεί στις ανάγκες του το σύστημα. Επίσης φαίνονται και εικόνες από την παραμετροποίηση της κατασκευής που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας αυτής.

5.1 Λογισμικά συστήματος

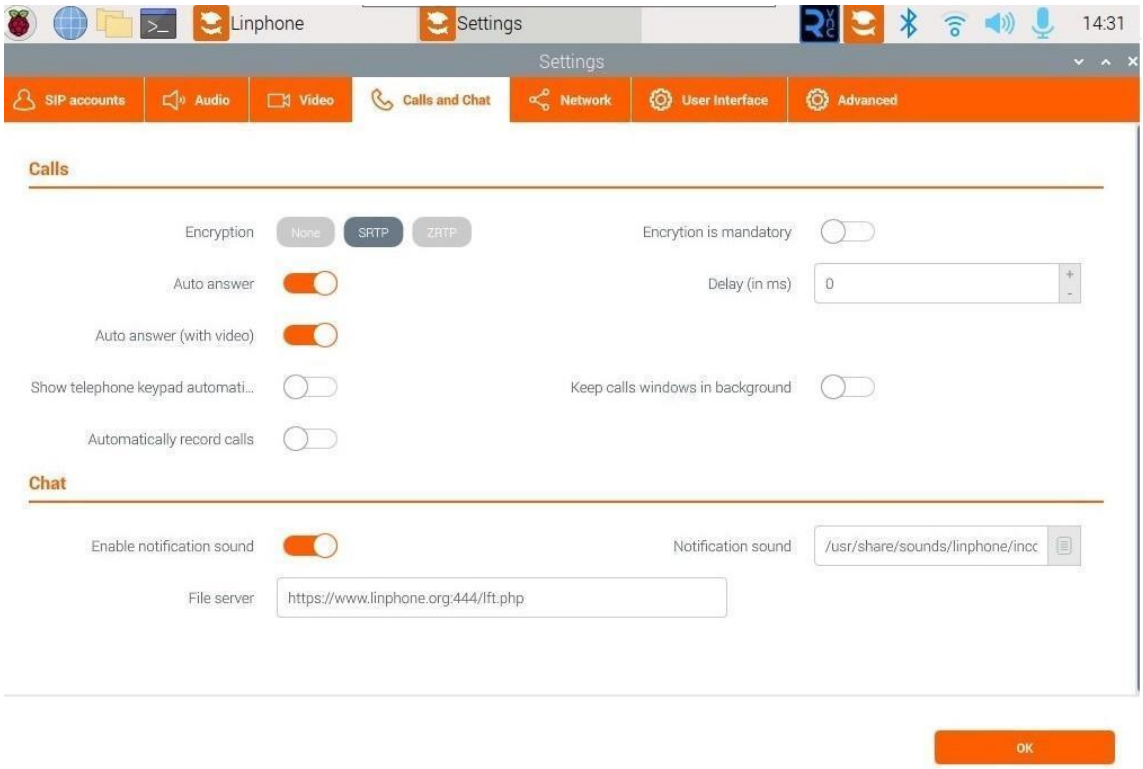
Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούμε στη λειτουργία και τον χειρισμό του λογισμικού που χρησιμοποιούν οι χρήστες. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η παρόν υλοποίηση βασίστηκε στην πλατφόρμα Asterisk για την VOIP επικοινωνία και το σύστημα ενδοεπικοινωνίας, που έχει ως ως βάση το πρωτόκολλο SIP. Έτσι εγκαταστάθηκαν οι εφαρμογές Linphone στο Raspberry και σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, καθώς και PortSip και Linhome στις κινητές συσκευές - tablet. Με αυτόν τον τρόπο το σύστημα παρέχει την δυνατότητα μετάδοσης - εποπτείας εικόνας, ήχου αλλά και δεδομένων στους χρήστες του. Στη συνέχεια ο χρήστης που δέχεται την κλήση θα πρέπει να είναι σε θέση, αν επιθυμεί να ενεργοποιήσει την επικοινωνία ή και να την απορρίψει μέσω της εφαρμογής. Ακόμη αν χρειαστεί να εισέλθει στον χώρο ο επισκέπτης θα πρέπει ο χρήστης να ενεργοποιήσει αντίστοιχη εντολή ανοίγματος της πόρτας εισόδου. Για αυτόν τον σκοπό θα γίνει αναφορά στις 3 εφαρμογές που υπάρχει η δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν.

5.1.1 Εφαρμογή Linphone

Η πρώτη από αυτές τις εφαρμογές είναι η Linphone, η οποία εγκαταστάθηκε κυρίως για εργονομικούς λόγους στο ίδιο Raspberry που λειτουργεί και το λογισμικό του server. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι ο χρήστης του συστήματος (δηλαδή ο εξωτερικός επισκέπτης), θα έχει την δυνατότητα να το λειτουργεί ακούσια του, μόνο με τον αυτοματοποιημένο τρόπο, πατώντας απλά το αντίστοιχο μπουτόν του ορόφου.

Το σημαντικό στην παραμετροποίηση είναι το να ρυθμιστούν οι ίδιες ρυθμίσεις με αυτές στον asterisk server, ωστε να υπάρχει επιτυχής επικοινωνία. Αρχικά ο χρήστης πρέπει να συνδεθεί

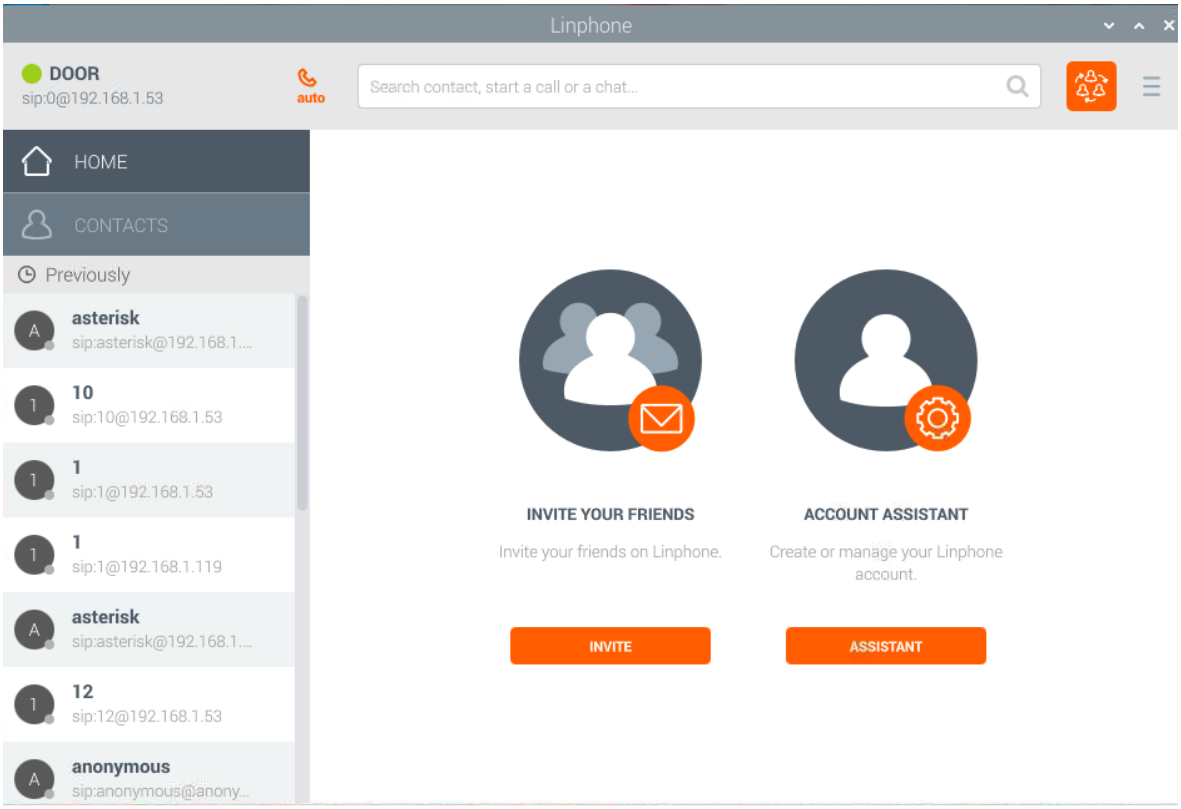
με το όνομα και κωδικό χρήστη που έχει και στο asterisk server και στην συνέχεια κάποιες από τις υπόλοιπες ρυθμίσεις φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.1 Ρυθμίσεις λειτουργικού Linphone

Στην παραπάνω εικόνα παρατηρούμε το είδος της κωδικοποίησης, τον αυτοματοποιημένο τρόπο απάντησης, με βιντεοκλήση (σε περίπτωση που επιθυμεί κάποιος χρήστης να έχει την δυνατότητα να συνδεθεί ο ίδιος με τον εξωτερικό χώρο, απλά καλώντας τον). Όπως και τον ήχο κλήσης που θα ακουστεί σε αυτήν την περίπτωση.

Μετά την εγκατάσταση και την απαραίτητη παραμετροποίηση της είναι έτοιμη για χρήση και φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.2 Λειτουργικό Linphone

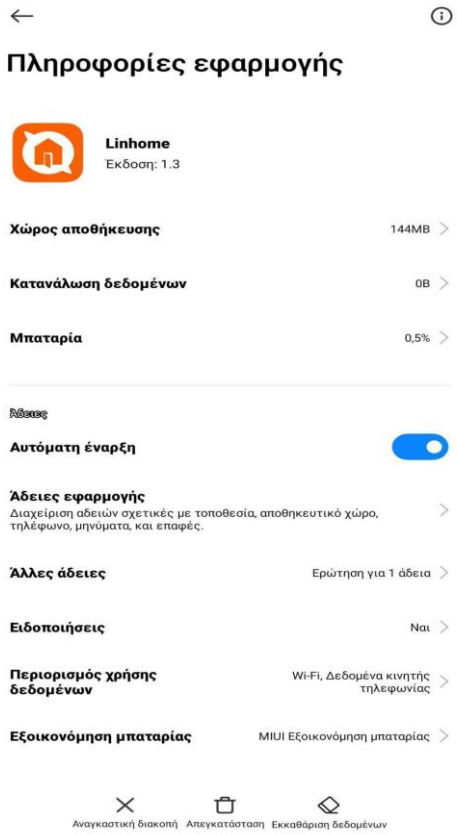
Με τον παραπάνω τρόπο απεικονίζεται το γραφικό περιβάλλον του χρήστη στην εφαρμογή που είναι εγκατεστημένη στο Raspberry. Μπορούμε να δούμε στην αριστερή πλευρά τα ονόματα των χρηστών (στην περίπτωση μας, τους αριθμούς).

Όταν το πρόγραμμα εγκατασταθεί στον υπολογιστή, έχει ακριβώς την ίδια εμφάνιση, αλλά και τον τρόπο παραμετροποίησης, όπως στο Raspberry.

5.1.2 Εφαρμογη Linhome

Το λειτουργικό Linhome είναι μια android εφαρμογή, ειδικά σχεδιασμένη για συστήματα θυροτηλεόρασης. Δίνει την δυνατότητα παροχής ακόμη και ειδικού κουμπού, ώστε να δίνεται η εντολή ανοίγματος της πόρτας εισόδου από το ίδιο περιβάλλον χρήστη του λογισμικού. Μετά την εγκατάσταση και την είσοδο του χρήστη στην εφαρμογή και στον διακομιστή, χρειάζεται να ρυθμιστούν οι αντίστοιχες ρυθμίσεις με αυτόν (όπως και στο παραπάνω λειτουργικό), ώστε να

υπάρχει δυνατότητα επικοινωνίας μεταξύ τους. Για να μπορέσει η εφαρμογή να στέλνει ειδοποιήσεις και να λειτουργεί στο παρασκήνιο, χρειάζεται να τις δοθούν τα απαραίτητα δικαιώματα και ρυθμίσεις. Κάποιες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 5.3 Ρυθμίσεις λειτουργικού Linhome

Μία σημαντική παράμετρος, είναι η αυτοματοποιημένη έναρξη της εφαρμογής, ώστε να έχει την δυνατότητα να λειτουργεί στο παρασκήνιο, αλλά και οι άδειες ενεργοποίησης ήχου, μικροφώνου κτλ.

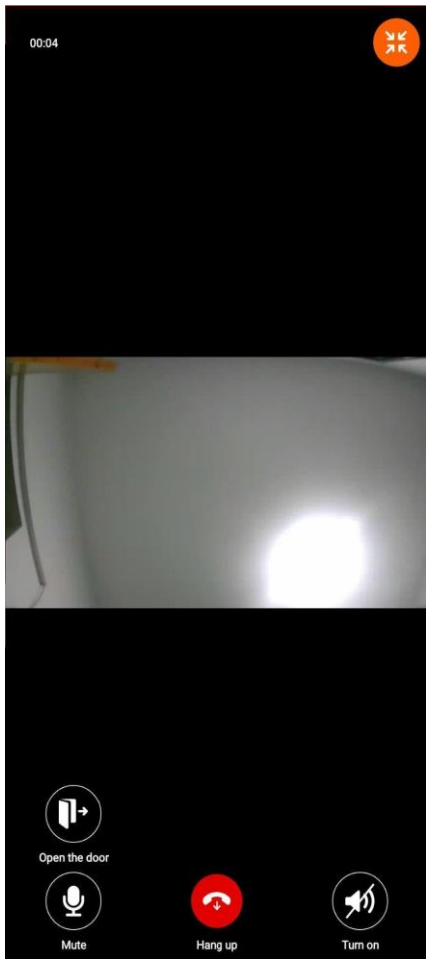
Η συγκεκριμένη εφαρμογή, εκτός την δυνατότητας να μεταφέρεται η εικόνα πριν την απάντηση της κλήσης και του ενσωματωμένου κουμπιού για την εντολή ανοίγματος της πόρτας εισόδου, παρέχει και την αυτοματοποιημένη καταγραφή της κλήσεις στον αποθηκευτικό χώρο της συσκευής. Με αυτόν τον τρόπο παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να έχει πρόσβαση στο ιστορικό του οποιαδήποτε στιγμή και ανεξάρτητα της σύνδεσης του με τον διακομιστή. Έτσι το

σύστημα είναι πιο κοντά στις ανάγκες του χρήστη, αφού του δίνεται η δυνατότητα να ανατρέξει στο παρελθόν και να το αποθηκεύσει κάποιο συμβάν σε άλλη συσκευή για μελλοντική χρήση. Παρακάτω απεικονίζεται μία εικόνα για την κάθε περίπτωση.



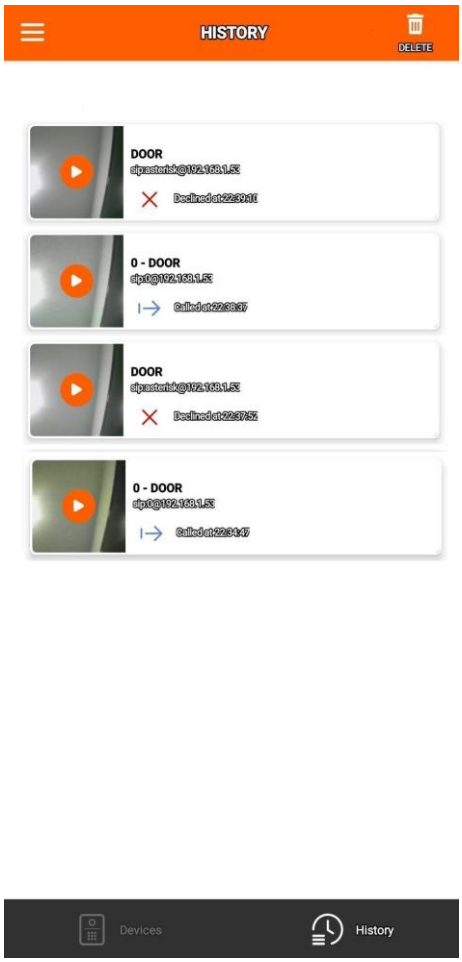
Εικόνα 5.4 Εφαρμογή Linhome σε κατάσταση εισερχόμενης κλήσης

Η παραπάνω εικόνα μας δείχνει την εικόνα του καλούντος από τον εξωτερική κάμερα του διακομιστή (server). Επίσης στην πάνω μεριά φαίνεται και το όνομα του καλούντος (που είναι ο διακομιστής με όνομα: DOOR). Σε αυτήν την περίπτωση ο χρήστης έχει την δυνατότητα να δει τον καλούντα και είτε: α) να απαντήσει την κλήση, β) να αγνοήσει την κλήση, γ) να απορρίψει την κλήση.



Εικόνα 5.5 Εφαρμογή Linhome σε κατάσταση κλήσης

Σε αυτήν την εικόνα ο χρήστης έχει ήδη απαντήσει και βρίσκεται σε επικοινωνία με τον επισκέπτη. Μπορούμε να δούμε τα ειδικά σχεδιασμένα κουμπιά επιλογών που είναι τα παρακάτω: Στη μέση και κάτω βρίσκεται το κουμπί τερματισμού της κλήσης, αριστερά του είναι το κουμπί σίγασης του μικροφώνου της συσκευής του χρήστη και λίγο πιο πάνω το κουμπί ενεργοποίησης της πόρτας εισόδου. Από την άλλη μεριά μπορούμε να δούμε το κουμπί σίγασης του μεγάγωνου της της συσκευής χρήστη. Οι παραπάνω λειτουργίες είναι αρκετά εμφανές και γνωστές σχεδόν σε όλους τους χρήστες, καθώς οι εικόνες τους και ο σχεδιασμός είναι κοινά με τις αντίστοιχες της εφαρμογής των εργοστασιακών εφαρμογών των κινητών τηλεφωνικών συσκευών. Επιπροσθέτως το κουμπί ενεργοποίησης της πόρτας εισόδου μας δείχνει μια εξώπορτα που ανοίγει, αλλά και μας αναφέρει και την λειτουργία του στην αγγλική γλώσσα.



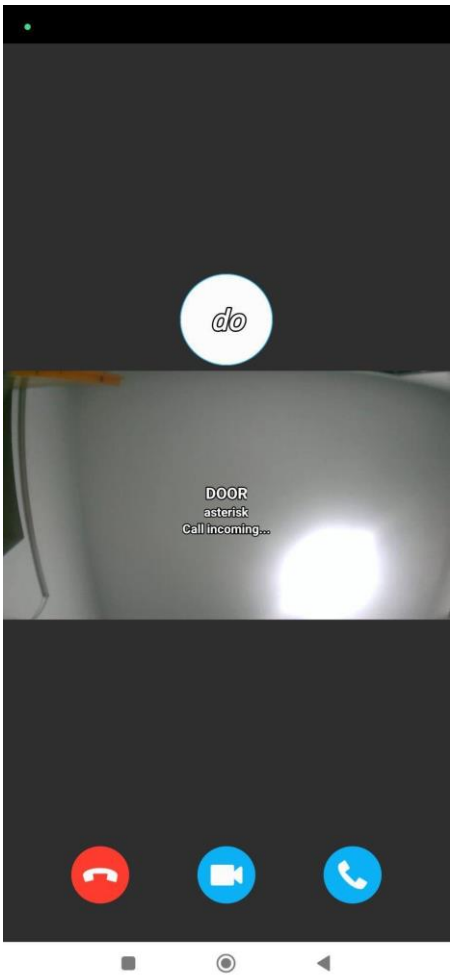
Εικόνα 5.6 Εφαρμογή Linhome σε ιστορικού κλήσεων

Σε αυτό το σημείο ο χρήστης μπορεί να κάνει αναπαραγωγή, επεξεργασία ή ακόμη και διαγραφή των αρχείων του ιστορικού της συσκευής του.

5.1.3 Εφαρμογη PortSip

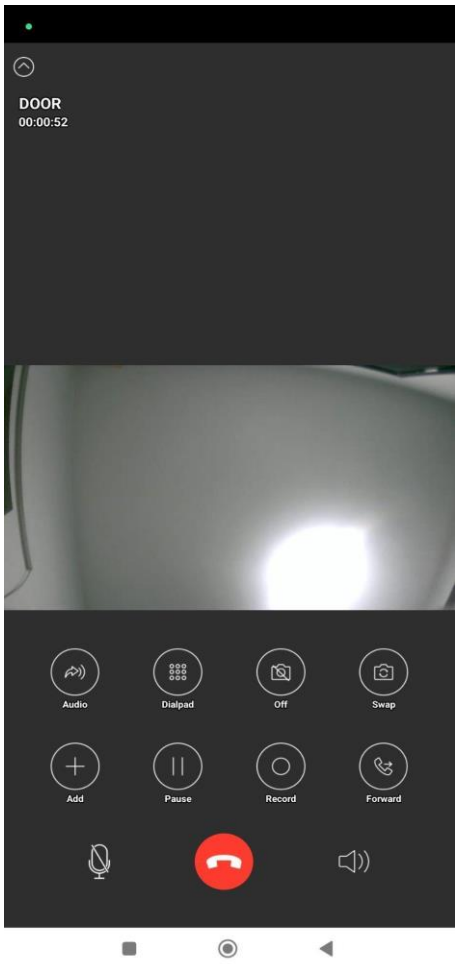
Η Εγκατάσταση αυτής της εφαρμογής είναι προαιρετική, όμως το συγκεκριμένο λειτουργικό δίνει την δυνατότητα της εκμετάλλευσης των δυνατοτήτων του διακομιστή asterisk σε αρκετά ικανοποιητικό βαθμό. Τέτοιες δυνατότητες είναι όχι μόνο η αναμονή κλήσης, αλλά και η μεταφορά αυτής από τον έναν χρήστη σε κάποιον άλλον ΄call transfer΄, όπως και η συνδιάλεξη μεταξύ τους ΄conference΄. Με την χρήση της παρούσας εφαρμογής ο χρήστης έχει την δυνατότητα επίσης να αποθηκευσει χειροκίνητα φωτογραφίες ή και να βιντεοσκοπήσει κάποια κλήση.

Παρακάτω φαίνονται κάποιες αντίστοιχες εικόνες.



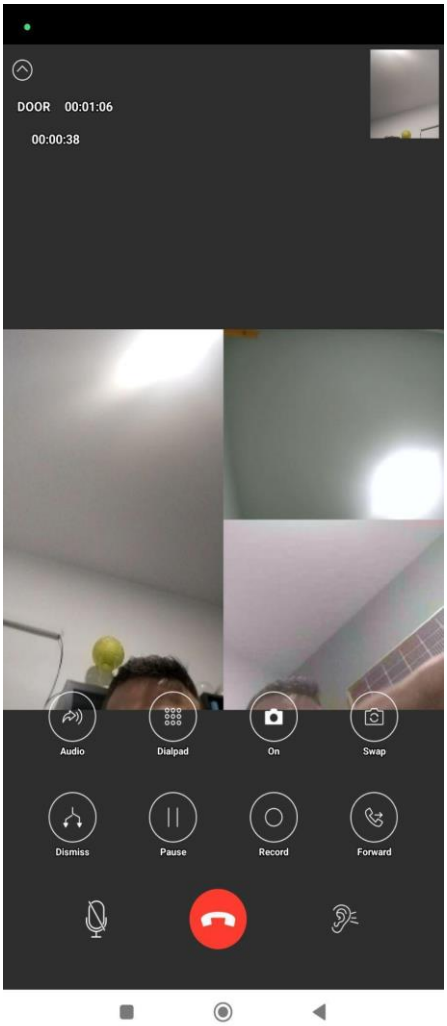
Εικόνα 5.7 Εφαρμογή PortSip σε κατάσταση εισερχόμενης κλήσης

Η παραπάνω εικόνα είναι αντίστοιχη με την εφαρμογή της Linhome. Ένα παραπάνω κουμπί κάτω και δεξιά δίνει την δυνατότητα απλά να πραγματοποιείται επικοινωνία ήχου καί όχι βιντεοκλήσης. Όπως και στην προηγούμενη εφαρμογή, εμφανίζεται το όνομα του καλούντος (που είναι ο διακομιστής με όνομα: DOOR).



Εικόνα 5.8 Εφαρμογή PortSip σε κατάσταση κλήσης

Στην περίπτωση που υπάρχει απάντηση, η παραπάνω εικόνα δείχνει περισσότερες επιλογές στην εφαρμογή PortSip, σε σχέση με την Linhome. Επιλογές όπως: εναλλαγή από βιντεοκλήση σε κλήση ήχου και αντίστροφα (αρχίζοντας από αριστερά προς τα δεξιά). Κουμπί που εμφανίζει το πληκτρολόγιο (έτσι πατώντας τον αριθμό: 9 μας δίνεται η δυνατότητα να μεταδοθεί η εντολή ανοίγματος της πόρτας εισόδου). Κλείσιμο ή άνοιγμα της κάμερας, αλλά και εναλλαγή της από την μπροστινή κάμερα της συσκευή στην πίσω. Παρακάτω υπάρχει κουμπί εντολής συνδιάλεξης ΄conference΄, αλλά και αναμονής κλήσης. Τα δύο τελευταία κουμπιά μας δίνουν την δυνατότητα της χειροκίνητης εγγραφής και της προώθησης, σε κάποιον άλλον χρήστη.

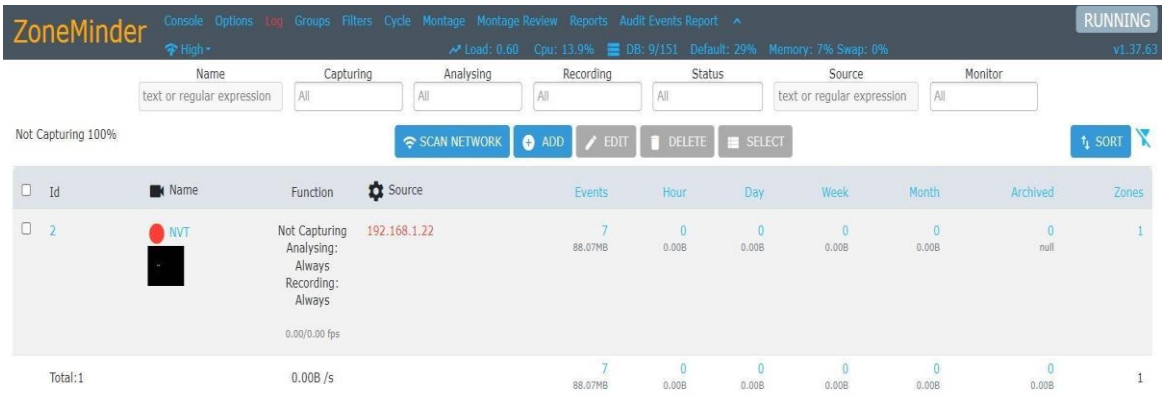


Εικόνα 5.9 Εφαρμογή PortSip σε κατάσταση συνδιάλεξης κλήσεων

Παραπάνω πραγματοποιείται μια συνδιάλεξη και όπως είναι εμφανές, υπάρχουν και εκεί τα αντίστοιχα κουμπιά των ίδιων επιλογών.

5.1.4 ZoneMinder

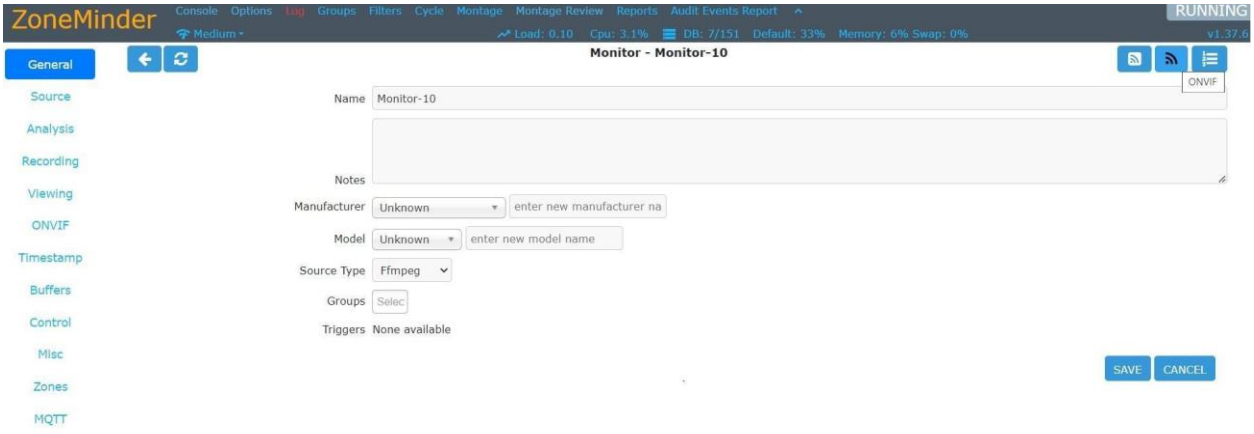
Για να μπορέσει ο χρήστης να λειτουργήσει το λειτουργικό ZoneMinder πρέπει να κάνει χρήση κάποιου ενός προγράμματος πλοήγησης ΄browser΄, πληκτρολογώντας την διεύθυνση δικτύου του. Στην περίπτωση της εργασίας αυτής, η διεύθυνση είναι η εξής: http://192.168.1.53/zm/ (εφόσον έχει ρυθμιστεί η τοπική διεύθυνση του διακομιστή σε: 192.168.1.53).



Εικόνα 5.10 Αρχική σελίδα ZoneMinder

Παραπάνω απεικονίζεται το αρχικό γραφικό περιβάλλον του χρήστη ΄console΄, στο οποίο έχει προστεθεί μία ip κάμερα.

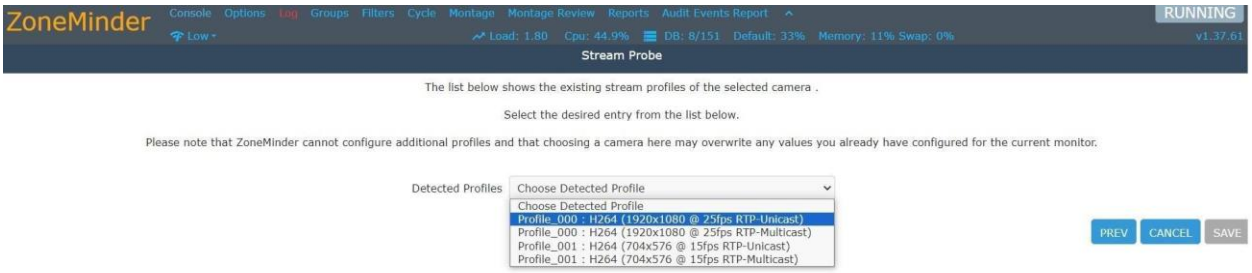
Για να αξιοποιηθεί στο έπακρο το ZoneMinder, θα πρέπει ο χρήστης να γνωρίζει τις IP διευθύνσεις των καμερών καθώς και τον τρόπο σύνδεσης με αυτές. Σε περίπτωση που δεν τις γνωρίζει, παρέχετε αυτόματη αναζήτηση, κατόπιν συγκεκριμένων ρυθμίσεων. Αρχικά ακολουθήθηκαν οι οδηγίες για την αυτοματοποιημένη εισχώρηση της κάμερας στο λογισμικό, όπως φαίνεται παρακάτω. Θα χρειαστεί βέβαια να γνωρίζουμε το username και το password της κάμερας. Η έκδοση του είναι η 1.37.63 version (πάνω και δεξιά γωνία).



Εικόνα 5.11 ZoneMinder add camera menu1 (1.37.61 version)

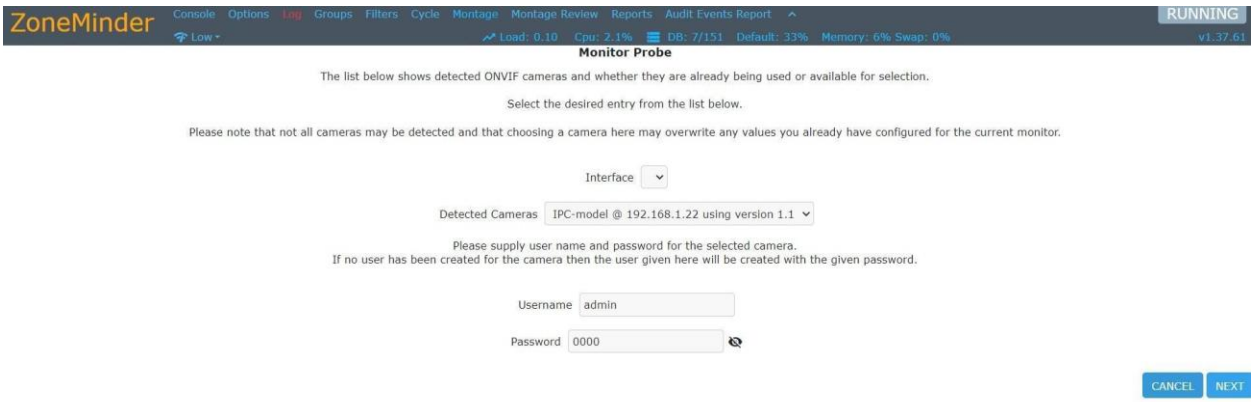
Αρχικά γίνει επιλογή ΄onvif΄ πάνω και δεξιά, ώστε να μπορέσει να περάσει στο εικονικό

περιβάλλον που γίνεται η πρόσθεση της κάμερα και έτσι να εμφανιστούν οι παρακάτω επιλογές.



Εικόνα 5.12 ZoneMinder add camera menu2

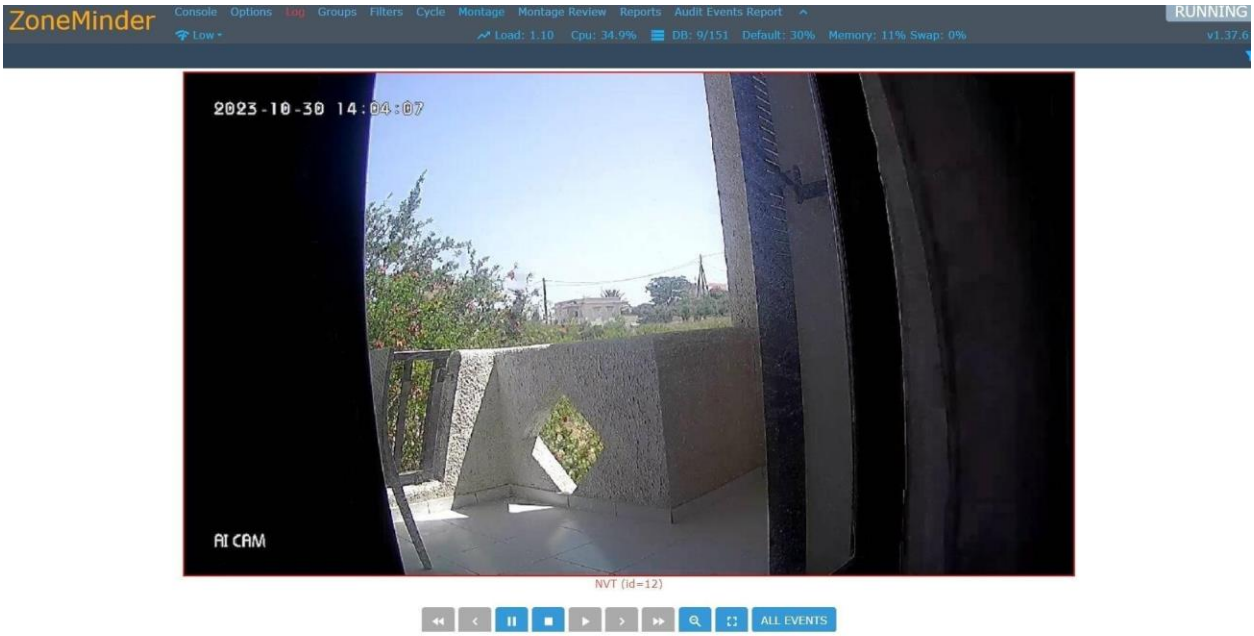
Στο παραπάνω μενού επιλέγει ο χρήστης την ανάλυση και τα καρέ της εικόνας ανά δευτερόλεπτο και προχωράει στο επόμενο και τελευταίο μενού. Αυτό γίνεται πατώντας στα κουμπιά επιλογών στην κάτω δεξιά μεριά.



Εικόνα 5.13 ZoneMinder add camera menu3

Εδώ απεικονίζεται το μενού επιλογής του αυτοματοποιημένου τρόπου εισχώρησης της κάμερας στο σύστημα του ZoneMinder, με το username και το password της κάμερας. Με την ολοκλήρωση της προσθήκης της κάμερας στο σύστημα, δίνεται η δυνατότητα να παραμετροποίησης πληκτρολογώντας στα αντίστοιχα σημεία τον κωδικό εισόδου λογαριασμού χρήστη της ίδιας της κάμερας.

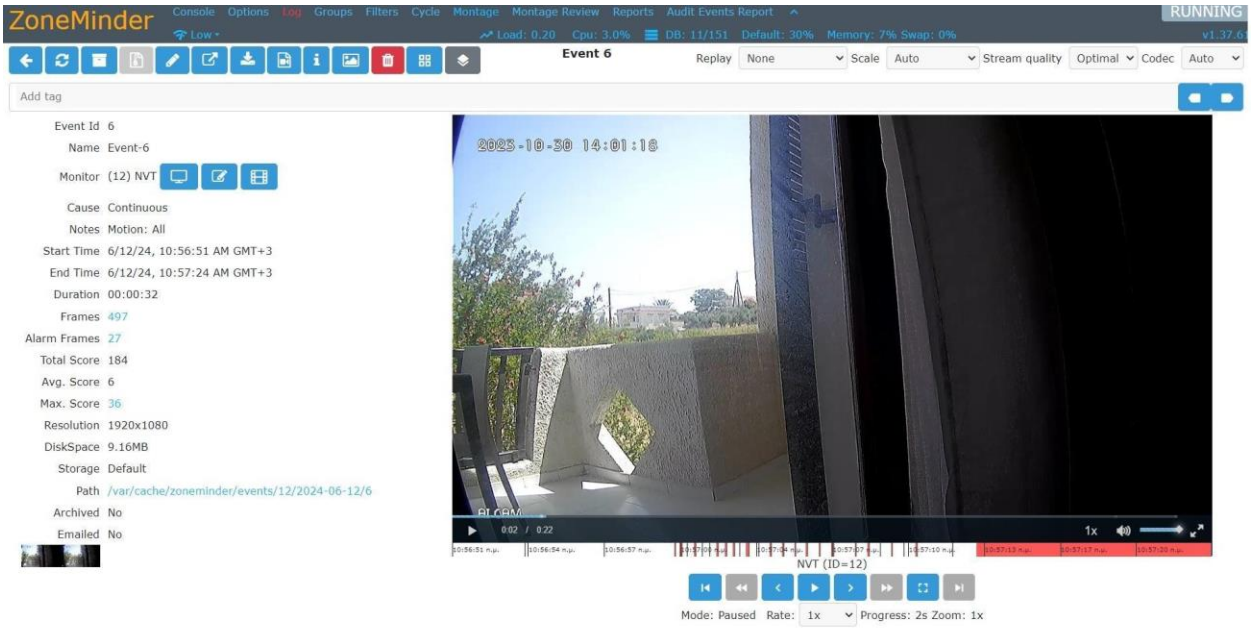
Μετά την επιλογή της κάμερας και την εισχώρηση των κωδικών εισόδου λογαριασμού χρήστη, απεικονίζεται η θέαση της προβολής της κάμερας από το λογισμικό, παρακάτω.



Εικόνα 5.14 ZoneMinder θέαση από κάμερα

Σε αυτό το σημείο υπάρχει, η δυνατότητα με τα κουμπιά στο κάτω μέρος της εικόνας, να παγώσει η εικόνα, να σταματήσει το σύστημα την εγγραφή, ή ακόμη να προχωρήσει στην απεικόνιση, της προηγούμενης ή της επόμενης κάμερας που έχουμε προσθέσει σε σειρά. Βέβαια στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, είναι συνδεδεμένη στο σύστημα μόνο μία κάμερα.

Οι δυνατότητες όμως του συστήματος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω δεν σταματούν εδώ, καθώς το σύστημα έχει την δυνατότητα να αποθηκεύσει σε ξεχωριστές χρονικές περιόδους κάποια περιστατικά που συμβαίνουν σε μία ορισμένη από εμάς περιοχή ή κάποιο αντικείμενο. Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας ρυθμίστηκε η κίνηση των φύλλων του δέντρου της παρακάτω εικόνας:



Εικόνα 5.15 ZoneMinder time slot playback

Ακριβώς κάτω από την εικόνα φαίνονται οι γραμμές καταγραφής συμβάντων που υποδεικνύουν ότι την συγκεκριμένη χρονική στιγμή υπάρχει καταγραφή κίνησης των φύλλων του δέντρου. Πατώντας με το ποντίκι ο χρήστης στο κάθε σημείο εμφανίζεται το συμβάν, αλλά του δίνεται και η δυνατότητα αλλαγής από συμβάν σε συμβάν με την χρήση των μπλε κουμπιών στο κάτω μέρος της οθόνης, που απεικονίζονται ως βέλη.

Στην παρακάτω εικόνα, οι καταγραφές εμφανίζονται σε μορφή λίστας, διευκολύνοντας έτσι την άμεση και γρήγορη αναγνώριση ή αναζήτηση ενός συγκεκριμένου συμβάντος. Η χρήση της λίστας επιτρέπει στους χρήστες να εντοπίσουν εύκολα τα στοιχεία που τους ενδιαφέρουν, προσφέροντας μια πιο οργανωμένη και αποτελεσματική παρουσίαση των δεδομένων. Με αυτόν τον τρόπο, η διαδικασία αναζήτησης γίνεται πιο αποδοτική, ενώ παράλληλα μειώνεται ο χρόνος που απαιτείται για να εντοπιστεί οποιοδήποτε συμβάν στην καταγραφή.



Start Time	End Time	Duration	Frames	Alarm Frames	Avg. Score	Max. Score	Thumbnail
10/9/23, 8:44:13 AM GMT+3	-	00:00:51	1300	0	0	0	
10/9/23, 8:34:13 AM GMT+3	10/9/23, 8:44:13 AM GMT+3	00:10:00	15002	0	0	0	
10/9/23, 8:24:13 AM GMT+3	10/9/23, 8:34:13 AM GMT+3	00:10:00	4708	0	0	0	
10/9/23, 8:20:51 AM GMT+3	10/9/23, 8:30:51 AM GMT+3	00:10:00	14183	0	0	0	
10/9/23, 8:10:51 AM GMT+3	10/9/23, 8:20:51 AM GMT+3	00:10:00	15002	0	0	0	
10/9/23, 8:10:41 AM GMT+3	10/9/23, 8:10:51 AM GMT+3	00:00:10	256	2	1	1	
10/9/23, 8:08:57 AM GMT+3	10/9/23, 8:10:42 AM GMT+3	00:01:44	2622	2	1	1	
10/9/23, 7:58:57 AM GMT+3	10/9/23, 8:08:57 AM GMT+3	00:10:00	15002	0	0	0	
10/9/23, 7:48:57 AM GMT+3	10/9/23, 7:58:57 AM GMT+3	00:10:00	15002	0	0	0	
10/9/23, 7:42:35 AM GMT+3	10/9/23, 7:48:58 AM GMT+3	00:06:22	9568	1	1	1	

Εικόνα 5.16 ZoneMinder playback list

Στο παρόν σημείο καλό είναι να αναφερθεί ότι, η έκδοση v1.37.63 (που είναι διαθέσιμη για την εγκατάσταση στην πλατφόρμα Raspberry), επικεντρώνεται κυρίως στη διαχείριση, καταγραφή και ανάλυση της εικόνας από κάμερες, χωρίς ενσωματωμένες δυνατότητες αναγνώρισης προσώπου.

5.1.4.1 Αναγνώριση προσώπου

Η αναγνώριση προσώπου είναι μια από τις πιο εντυπωσιακές και χρήσιμες εφαρμογές της υπολογιστικής όρασης και της μηχανικής μάθησης. Αν και το ZoneMinder δεν ενσωματώνει αυτόματη αναγνώριση προσώπου στο γραφικό περιβάλλον του, ως σύστημα ανοιχτού λογισμικού, προσφέρει την ευχέρεια για την υλοποίηση αυτής της δυνατότητας μέσω εξωτερικών εργαλείων και προγραμματισμού. Στο παρακάτω κείμενο, θα παρουσιαστεί μια απλή και κατανοητή διαδικασία για την ενσωμάτωση της αναγνώρισης προσώπου στο ZoneMinder, κάνοντάς την προσβάσιμη και εύχρηστη για τον χρήστη.

Για να πραγματοποιηθεί κάτι τέτοιο δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα που χρησιμοποιεί την εικόνα από κάμερα του λογισμικού ZoneMinder, την επεξεργάζεται κατάλληλα και την επιστρέφει πίσω με την κατάλληλη απεικόνιση. Ο προγραμματισμός βασίστηκε σε βιβλιοθήκες υπολογιστικής όρασης και αλγόριθμους μηχανικής μάθησης για να εντοπίσει τα πρόσωπα στις εικόνες που καταγράφει η κάμερα και στη συνέχεια να τα συγκρίνει με μια βάση δεδομένων εικόνων (που δημιουργεί ο χρήστης) για να αναγνωρίσει το πρόσωπο του.
Ένα από τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά του προγράμματος είναι η δυνατότητα εμφάνισης ενός πράσινου ορθογώνιου περιγράμματος γύρω από το πρόσωπο του χρήστη μόλις αναγνωριστεί, καθώς και η απεικόνιση του ονόματος του. Αυτό το οπτικό σήμα επιβεβαιώνει την επιτυχή αναγνώριση του προσώπου και δημιουργεί μια ευχάριστη και σαφή εμπειρία, αλλά και την απαραίτητη οπτική οπτική ένδειξη για την άμεση ανατροφοδότηση του. Έτσι ενισχύεται η αίσθηση ασφάλειας και εμπιστοσύνης στη λειτουργία του συστήματος.

Το πρωταρχικό πρόγραμμα που χρειάζεται για αυτήν την περίπτωση είναι ένα πρόγραμμα σε κώδικας Python που χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη OpenCV για την καταγραφή εικόνων από ένα video stream. Στην συνέχεια τις αποθηκεύει σε έναν καθορισμένο φάκελο στον υπολογιστή του χρήστη. Στόχος του προγράμματος είναι να επιτρέπει στον χρήστη να τραβά φωτογραφίες από το stream της κάμερας, με την ενεργοποίηση της λήψης μέσω του πλήκτρου Space, και να αποθηκεύει αυτές τις εικόνες στον φάκελο με το όνομα του χρήστη.
Η ανάλυση του κώδικα έχει ως εξής:

```
import cv2
import os
# Ορισμός του ονόματος του χρήστη
name = 'manolis'
# URL για το stream της κάμερας
stream_url = "http://192.168.1.53/zm/cgi-bin/nph-zms?monitor=2&mode=jpeg&scale=100&rate=100"
# Δημιουργία του φακέλου αποθήκευσης αν δεν υπάρχει
save_path = os.path.abspath(f"/home/pi/facial-recognition-main/dataset/{name}")
os.makedirs(save_path, exist_ok=True)
img_counter = 0
# Άνοιγμα του stream μέσω OpenCV
cap = cv2.VideoCapture(stream_url)
if not cap.isOpened():
    print("Error: Could not open stream.")
    exit()
# Ορισμός της ανάλυσης (640x480)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, 640)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 480)
# Ελέγχουμε αν η ανάλυση εφαρμόστηκε σωστά
width = cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH)
height = cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT)
print(f"Stream resolution: {width}x{height}")  # Εμφανίζεται η τρέχουσα ανάλυση
if width != 640 or height != 480:
    print("Warning: Unable to set resolution to 640x480. Using default resolution.")
while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        print("Failed to grab frame from stream.")
```

```
        break
    # Εμφάνιση του βίντεο στην οθόνη
    cv2.imshow("Press Space to take a photo", frame)
    # Ανίχνευση πλήκτρων
    k = cv2.waitKey(1) & 0xFF
    if k == 27:  # ESC pressed
        print("Escape hit, closing...")
        break
    elif k == 32:  # SPACE pressed
        # Δημιουργία ονόματος αρχείου και αποθήκευση εικόνας
        img_name = os.path.join(save_path, f"image_{img_counter}.jpg")
        if not cv2.imwrite(img_name, frame):
            print(f"Failed to write {img_name}")
        else:
            print(f"{img_name} written!")
        img_counter += 1
# Καθαρισμός και έξοδος
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

Αρχικά, το πρόγραμμα καθορίζει το όνομα του χρήστη (στην προκειμένη περίπτωση "manolis") και χρησιμοποιεί αυτό το όνομα για να δημιουργήσει έναν φάκελο στον οποίο θα αποθηκεύονται οι εικόνες. Ο φάκελος δημιουργείται χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση os.makedirs, η οποία διασφαλίζει ότι ο φάκελος θα δημιουργηθεί αν δεν υπάρχει ήδη. Στη συνέχεια, ανοίγει το video stream από τη διεύθυνση URL που παρέχεται και προσπαθεί να θέσει την ανάλυση της εικόνας σε 640x480 pixels μέσω των ρυθμίσεων του OpenCV. Αν η ανάλυση δεν ρυθμιστεί επιτυχώς, το πρόγραμμα εκτυπώνει προειδοποίηση.

Στη συνέχεια προχωράει σε έναν βρόχο όπου συνεχώς διαβάζει καρέ από το video stream και τα εμφανίζει στην οθόνη μέσω της συνάρτησης cv2.imshow. Αν ο χρήστης πατήσει το πλήκτρο ESC (κωδικός 27), το πρόγραμμα θα τερματίσει και θα κλείσει την εφαρμογή, ενώ αν πατήσει το

πλήκτρο SPACE (κωδικός 32), το πρόγραμμα θα καταγράψει την τρέχουσα εικόνα από το stream και θα την αποθηκεύσει στον φάκελο του χρήστη με ένα μοναδικό όνομα αρχείου που περιλαμβάνει έναν μετρητή (img_counter) για να αποφευχθεί η επανεγγραφή των εικόνων.
Ο βρόχος αυτός συνεχίζεται μέχρι να πατηθεί το πλήκτρο ESC, οπότε το πρόγραμμα απελευθερώνει τις πηγές που έχει χρησιμοποιήσει για το video stream με την cap.release() και κλείνει όλα τα παράθυρα της OpenCV με την cv2.destroyAllWindows(). Με αυτόν τον τρόπο, το πρόγραμμα εξασφαλίζει την ομαλή έξοδο από το σύστημα και την αποδέσμευση των πόρων του υπολογιστή.

Ο επόμενος κώδικας χρησιμοποιεί κατάλληλες βιβλιοθήκες για να εκτελέσει αναγνώριση προσώπων σε μια συλλογή εικόνων, αποθηκεύοντας τις κωδικοποιήσεις προσώπων (face encodings) και τα αντίστοιχα ονόματα για μελλοντική αναγνώριση.
Ακολουθεί η ανάλυση του :

```
import dlib
import cv2
import os
import pickle
from imutils import paths
# Οι εικόνες  βρίσκονται στο φάκελο dataset
print("[INFO] ξεκινάει η επεξεργασία των προσώπων...")
imagePaths = list(paths.list_images("/home/pi/facial-recognition-main/dataset"))
# Εντολή για να τυπώσει το path κάθε εικόνας κάτω από την κάθε εικόνα
for imagePath in imagePaths:
    print(f'Image Path: {imagePath}")  # Τυπώνει το path κάθε εικόνας
# Αρχικοποιούμε τις λίστες για τις γνωστές κωδικοποιήσεις και τα γνωστά ονόματα
knownEncodings = []
knownNames = []
# Αρχικοποιούμε τον ανιχνευτή προσώπων της dlib και τον κωδικοποιητή προσώπων
detector = dlib.get_frontal_face_detector()
sp                    =                    dlib.shape_predictor("/home/pi/facial-recognition-
```

```
main/shape_predictor_68_face_landmarks.dat")
face_encoder = dlib.face_recognition_model_v1("/home/pi/facial-recognition-main/dlib_face_recognition_resnet_model_v1.dat")
# Βρόχος για να επεξεργαστούμε κάθε εικόνα
for (i, imagePath) in enumerate(imagePaths):
    # Εξάγουμε το όνομα του ατόμου από το path της εικόνας
    print("[INFO] επεξεργασία εικόνας {}/{}".format(i + 1, len(imagePaths)))
    name = imagePath.split(os.path.sep)[-2]
    # Φορτώνεται η εικόνα και την μετατρέπεται σε RGB
    image = cv2.imread(imagePath)
    rgb = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2RGB)
    # Ανιχνεύουμε τα πρόσωπα στην εικόνα
    faces = detector(rgb, 1)
    # Βρόχος για να επεξεργαστούμε κάθε ανιχνευμένο πρόσωπο
    for face in faces:
        # Παίρνουμε τα σημεία του προσώπου
        shape = sp(rgb, face)
        # Υπολογίζουμε την κωδικοποίηση του προσώπου
        encoding = face_encoder.compute_face_descriptor(rgb, shape)
        # Προσθέτουμε την κωδικοποίηση και το όνομα στη λίστα μας
        knownEncodings.append(encoding)
        knownNames.append(name)
# Σειριοποιούμε τις κωδικοποιήσεις στο δίσκο
print("[INFO] σειριοποίηση των κωδικοποιήσεων...")
data = {"encodings": knownEncodings, "names": knownNames}
with open("encodings.pickle", "wb") as f:
    f.write(pickle.dumps(data))
```

Αρχικά, ο κώδικας εισάγει τις απαραίτητες βιβλιοθήκες, όπως το dlib για την ανίχνευση προσώπων και την κωδικοποίηση τους, το cv2 για την επεξεργασία εικόνας και το os για χειρισμό

των αρχείων και φακέλων, καθώς και το pickle για αποθήκευση των δεδομένων σε αρχείο. Χρησιμοποιείται η βιβλιοθήκη imutils.paths για να βρει όλα τα μονοπάτια εικόνας στον φάκελο του dataset.

Στη συνέχεια, ο κώδικας ανακτά τις εικόνες από τον φάκελο που καθορίζεται μέσω του μονοπατιού τους ΄path΄. Η μέθοδος list_images της paths επιτρέπει την εύκολη ανάκτηση όλων των εικόνων στον φάκελο και τις υποφακέλους του. Μετά, ο κώδικας εκτυπώνει το μονοπάτι κάθε εικόνας για να υπάρξη και η δυνατότητα επιβεβαίωσης από τον χρήστη. Η διαδικασία της αναγνώρισης προσώπων ξεκινά με την αρχικοποίηση των μεταβλητών που αποθηκεύουν τις κωδικοποιήσεις και τα ονόματα των προσώπων. Χρησιμοποιούνται τρία βασικά εργαλεία από τη βιβλιοθήκη dlib: ο ανιχνευτής προσώπων (detector), το προγνωστικό μοντέλο σχήματος για τα χαρακτηριστικά του προσώπου (shape_predictor) και το μοντέλο αναγνώρισης προσώπων (face_recognition_model_v1). Αυτά τα εργαλεία φορτώνονται από συγκεκριμένα αρχεία, τα οποία περιέχουν τα εκπαιδευμένα μοντέλα για την ανίχνευση και την αναγνώριση προσώπων.

Ο κύριος βρόγχος του προγράμματος επεξεργάζεται κάθε εικόνα στον φάκελο, εκτυπώνοντας την πρόοδο της διαδικασίας επεξεργασίας. Κάθε εικόνα φορτώνεται και μετατρέπεται από BGR σε RGB, καθώς η dlib λειτουργεί καλύτερα με το RGB χρωματικό μοντέλο. Στη συνέχεια, ανιχνεύονται τα πρόσωπα στην εικόνα με το εργαλείο detector. Για κάθε πρόσωπο που ανιχνεύεται, το προγνωστικό μοντέλο σχήματος (shape_predictor) χρησιμοποιείται για να εντοπίσει τα χαρακτηριστικά του προσώπου (όπως τα μάτια, η μύτη, το στόμα, κλπ.). Το μοντέλο αναγνώρισης προσώπων (face_encoder) υπολογίζει την κωδικοποίηση του προσώπου. Αυτή η κωδικοποίηση και το όνομα του ατόμου αποθηκεύονται στις λίστες knownEncodings και knownNames αντίστοιχα.

Αφού επεξεργαστούν όλες οι εικόνες και αποθηκευτούν οι κωδικοποιήσεις, το πρόγραμμα αποθηκεύει αυτά τα δεδομένα σε ένα αρχείο encodings.pickle, χρησιμοποιώντας τη βιβλιοθήκη pickle. Η διαδικασία αυτή είναι σημαντική, διότι επιτρέπει την αποθήκευση των κωδικοποιήσεων σε μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για σκοπούς αναγνώρισης προσώπων σε νέες εικόνες.

Συνολικά, αυτό το πρόγραμμα εκπαιδεύει το σύστημα αναγνώρισης προσώπων φορτώνοντας τις εικόνες, εντοπίζοντας τα πρόσωπα, υπολογίζοντας τις κωδικοποιήσεις και αποθηκεύοντας τα δεδομένα για μελλοντική χρήση.

Στο επόμενο σημείο, το ζητούμενο περιλαμβάνει δύο κύριες απαιτήσεις. Η πρώτη αφορά τη

μεταφορά της εικόνας από την κάμερα του συστήματος εποπτείας ZoneMinder σε ένα πρόγραμμα που επεξεργάζεται την εικόνα σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας τη δυνατότητα αποστολής της πίσω για απεικόνιση. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, χρησιμοποιείται ο διακομιστής Flask, που είναι ένα ελαφρύ και ευέλικτο web framework, σχεδιασμένο για την ανάπτυξη διαδικτυακών εφαρμογών με απλότητα και αποδοτικότητα. Η χρήση του Flask επιτρέπει τη δημιουργία δυναμικών και γρήγορων ιστοσελίδων, μειώνοντας τον απαιτούμενο όγκο κώδικα.

Η δεύτερη απαίτηση αφορά τη μεταφορά μηνυμάτων μεταξύ του ZoneMinder και Node-Red, προκειμένου να υποστηριχθούν λειτουργίες όπως η αποστολή ηχητικών εντολών ή το άνοιγμα της πόρτας εισόδου σε περίπτωση ταυτοποίησης προσώπου. Η επικοινωνία αυτή επιτυγχάνεται μέσω του πρωτοκόλλου MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), το οποίο διακρίνεται για τη χαμηλή κατανάλωση πόρων και την ελάχιστη καθυστέρηση. Το MQTT, βασίζεται σε αρχιτεκτονική client-server και είναι ευρέως διαδεδομένο στο πεδίο του Internet of Things (IoT), καθώς εξυπηρετεί την αποστολή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο σε περιβάλλοντα με περιορισμένους πόρους ή ασταθείς δικτυακές συνθήκες. Τα μηνύματα διαχειρίζονται μέσω ενός μεσάζοντος (broker), ο οποίος αναλαμβάνει τη διανομή τους στους εκάστοτε συνδρομητές.

Συνδυάζοντας τις δυνατότητες του Flask για τη διαχείριση web servers και την αποδοτικότητα του πρωτοκόλλου MQTT για την ταχεία και ασφαλή επικοινωνία μεταξύ συσκευών, δημιουργήθηκε ένας ολοκληρωμένος κώδικας παρακολούθησης και επεξεργασίας δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, όπως παρουσιάζεται παρακάτω:

```
from flask import Flask, Response, request
import cv2
import dlib
import os
import pickle
import math
import threading
import requests
```

```
import time
import paho.mqtt.client as mqtt  # Εισαγωγή βιβλιοθήκης MQTT
# Ρύθμιση της εφαρμογής Flask
app = Flask(__name__)
# Ρυθμίσεις MQTT
mqtt_broker = "127.0.0.1"
mqtt_port = 1883
mqtt_username = "nodered"
mqtt_password = "nodered"
mqtt_topic_manolis = "faceid/manolis"
mqtt_topic_unknown = "faceid/unknown"
# Αρχικοποίηση μεταβλητών
currentname = "unknown"
encodingsP = "/home/pi/faceid-recognition-main/encodings.pickle"
# Φόρτωση των γνωστών προσώπων και κωδικοποιήσεων
print("[INFO] φόρτωση κωδικοποιήσεων + ανιχνευτή προσώπων...")
data = pickle.loads(open(encodingsP, "rb").read())
# Αρχικοποίηση του ανιχνευτή προσώπων και του προγνωστικού μοντέλου σχήματος
face_detector = dlib.get_frontal_face_detector()
shape_predictor = dlib.shape_predictor("/home/pi/faceid-recognition-main/shape_predictor_68_face_landmarks.dat")
face_recognizer = dlib.face_recognition_model_v1("/home/pi/faceid-recognition-main/dlib_face_recognition_resnet_model_v1.dat")
# Διεύθυνση URL για την ροή βίντεο από την κάμερα
stream_url = "http://192.168.1.53/zm/cgi-bin/nph-zms?monitor=2&mode=jpeg&scale=100&rate=100"
# Ξεκινά η ροή βίντεο
print("[INFO] ξεκινάμε τη ροή βίντεο...")
video_stream = cv2.VideoCapture(stream_url)
if not video_stream.isOpened():
```

```
    print("[ERROR] Δεν είναι δυνατή η ανοίγμα της ροής βίντεο.")
    exit(1)
frame_counter = 0  # Αριθμός καρέ
# Σημείο για να σταματήσει ο διακομιστής Flask και η επεξεργασία βίντεο
shutdown_flag = False
# Ρύθμιση MQTT Client
mqtt_client = mqtt.Client()
mqtt_client.username_pw_set(mqtt_username, mqtt_password)
mqtt_client.connect(mqtt_broker, mqtt_port, 60)
def generate_frames():
    """Δημιουργία καρέ για τη ροή Flask και τοπική εμφάνιση"""
    global shutdown_flag
    start_time = time.time()  # Αρχή του χρονόμετρου
    while not shutdown_flag:
        ret, frame = video_stream.read()
        if not ret:
            print("[WARNING] Δεν είναι δυνατή η ανάγνωση από τη ροή βίντεο.")
            continue
        # Αύξηση του μετρητή των καρέ
        global frame_counter
        frame_counter += 1
        # Ελέγχουμε αν το καρέ είναι το 10ο
        if frame_counter % 10 != 0:
            continue  # Παράλειψη αυτού του καρέ
        # Αλλαγή μεγέθους του καρέ για ταχύτερη επεξεργασία
        frame = cv2.resize(frame, (640, 480))
        # Μετατροπή του καρέ σε κλίμακα του γκρι (το dlib δουλεύει καλύτερα με εικόνες σε
γκρι κλίμακα)
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        # Ανίχνευση προσώπων στο καρέ
```

```
    faces = face_detector(gray, 0)
    # Βρόχος για κάθε ανιχνευμένο πρόσωπο
    for face in faces:
        # Απόκτηση των χαρακτηριστικών του προσώπου
        shape = shape_predictor(gray, face)
        # Απόκτηση της 128D κωδικοποίησης του προσώπου
        face_descriptor = face_recognizer.compute_face_descriptor(frame, shape)
        # Σύγκριση της κωδικοποίησης με τις γνωστές κωδικοποιήσεις
        matches = []
        for known_encoding in data["encodings"]:
            distance = math.sqrt(sum((float(x) - float(y)) ** 2 for x, y in zip(face_descriptor, known_encoding)))
            matches.append(distance)
        # Εύρεση της καλύτερης αντιστοιχίας
        min_distance = min(matches)
        if min_distance < 0.6:  # Όριο για την αντιστοίχιση
            name = data["names"][matches.index(min_distance)]
        else:
            name = "Unknown"
        # MQTT Δημοσίευση
        if name != "Unknown":
            mqtt_client.publish(mqtt_topic_manolis, name)  # Αν είναι ο Manolis
        else:
            mqtt_client.publish(mqtt_topic_unknown, "Unknown")  # Αν είναι άγνωστο πρόσωπο
        # Σχεδίαση ενός ορθογωνίου γύρω από το πρόσωπο
        x, y, w, h = (face.left(), face.top(), face.width(), face.height())
        cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 2)
        # Εμφάνιση του ονόματος κάτω από το πρόσωπο
        y_offset = y - 10 if y - 10 > 10 else y + 10
        cv2.putText(frame, name, (x, y_offset), cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, (255, 0,
```

```
0), 2)
        # Παράδοση του καρέ για ροή Flask
        _, buffer = cv2.imencode('.jpg', frame)
        frame = buffer.tobytes()
        # Παράδοση του καρέ στο Flask ως απάντηση
        yield (b'--frame\r\n'
               b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' + frame + b'\r\n')
    # Έλεγχος πατήματος πλήκτρο 'ESC' για να σταματήσει ο διακομιστής και να απελευθερωθούν οι πόροι
        key = cv2.waitKey(1) & 0xFF
        if key == 27:  # Πλήκτρο ESC
            # Στέλνουμε το αίτημα POST στο /shutdown για να κλείσουμε τον διακομιστή
            try:
                response = requests.post("http://127.0.0.1:5000/shutdown")
                print("Αίτημα κλεισίματος αποσταλμένο. Απόκριση:", response.text)
            except requests.exceptions.RequestException as e:
                print("Σφάλμα κατά την αποστολή του αιτήματος κλεισίματος:", e)
            # Θέτουμε το shutdown_flag σε True για να τερματίσουμε την εκτέλεση
            shutdown_flag = True
            break
        # Έλεγχος αν έχουν περάσει 60 δευτερόλεπτα
        elapsed_time = time.time() - start_time
        if elapsed_time > 60:  # 60 δευτερόλεπτα = 1 λεπτό
            print("[INFO] Περάσαν 1 λεπτό. Κλείσιμο...")
            # Στέλνεται το αίτημα POST στο /shutdown για να κλείσουμε τον διακομιστή
            try:
                response = requests.post("http://127.0.0.1:5000/shutdown")
                print("Αίτημα κλεισίματος αποσταλμένο. Απόκριση:", response.text)
            except requests.exceptions.RequestException as e:
                print("Σφάλμα κατά την αποστολή του αιτήματος κλεισίματος:", e)
```

```
            shutdown_flag = True
            break
    # Απελευθερώνεται η ροή βίντεο αφού τερματιστεί ο βρόχο
    video_stream.release()
    cv2.destroyAllWindows()  # Διασφαλίζουμε ότι το παράθυρο του OpenCV κλείνει
@app.route('/video_feed')
def video_feed():
    """Διαδρομή ροής βίντεο για το Flask"""
    return Response(generate_frames(), mimetype='multipart/x-mixed-replace; boundary=frame')
@app.route('/shutdown', methods=['POST'])
def shutdown():
    # Κλείσιμο του διακομιστή Flask και της επεξεργασίας βίντεο
    global shutdown_flag
    shutdown_flag = True
    func = request.environ.get('werkzeug.server.shutdown')
    if func is None:
        raise RuntimeError('Δεν τρέχουμε με τον διακομιστή Werkzeug')
    func()
    return 'Ο διακομιστής κλείνει...'
def run_flask():
    # Τρέξιμο του διακομιστή Flask σε ξεχωριστό νήμα
    app.run(host="0.0.0.0", port=5000)
if __name__ == "__main__":
    # Τρέχουμε τον MQTT client σε ξεχωριστό νήμα
    mqtt_thread = threading.Thread(target=mqtt_client.loop_start)
    mqtt_thread.start()
    # Τρέχουμε τον διακομιστή Flask σε ξεχωριστό νήμα
    flask_thread = threading.Thread(target=run_flask)
    flask_thread.start()
    # Ξεκινάμε την επεξεργασία της τοπικής ροής βίντεο
```

```
generate_frames()
# Περιμένουμε το νήμα του Flask να ολοκληρωθεί
flask_thread.join()
# Διασφαλίζουμε ότι το παράθυρο του OpenCV και άλλοι πόροι απελευθερώνονται
cv2.destroyAllWindows()
```

Το πρόγραμμα που παρατίθεται αποτελεί μια εφαρμογή βασισμένη σε Flask, η οποία πραγματοποιεί αναγνώριση προσώπων σε πραγματικό χρόνο μέσω βίντεο. Χρησιμοποιεί τη βιβλιοθήκη OpenCV για την επεξεργασία εικόνας και τη βιβλιοθήκη Dlib για την ανίχνευση και αναγνώριση προσώπων. Ο κύριος σκοπός της εφαρμογής είναι να εντοπίζει και να αναγνωρίζει πρόσωπα σε ροές βίντεο, να στέλνει τα αποτελέσματα μέσω MQTT και να παρέχει τη δυνατότητα ροής του βίντεο στο διαδίκτυο μέσω Flask.

Αρχικά, διαμορφώνει τον διακομιστή Flask, τον οποίο χρησιμοποιεί για να παρέχει μια ροή βίντεο στους χρήστες μέσω του endpoint /video_feed. Η εφαρμογή εξαρτάται από τις βιβλιοθήκες cv2 (OpenCV), dlib και paho.mqtt για την ανίχνευση προσώπων και την επικοινωνία μέσω του πρωτοκόλλου MQTT. Ο διακομιστής MQTT χρησιμοποιείται για την αποστολή μηνυμάτων με το όνομα του αναγνωρισμένου προσώπου, είτε αυτό είναι γνωστό ή άγνωστο πρόσωπο, σε συγκεκριμένα θέματα ΄topic΄(faceid/manolis και faceid/unknown).

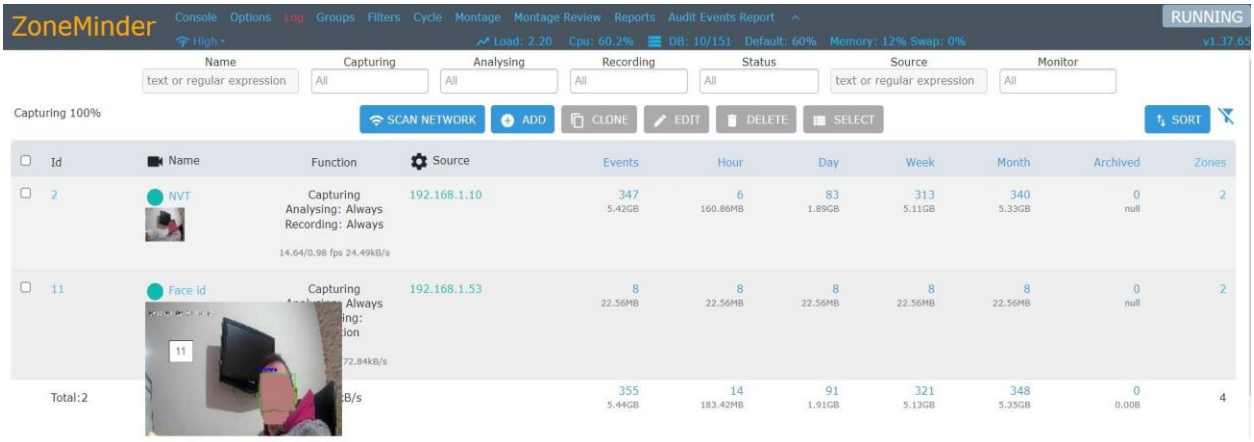
Η αναγνώριση προσώπων γίνεται μέσω ενός προγράμματος ανίχνευσης προσώπων που βασίζεται στην βιβλιοθήκη dlib, η οποία χρησιμοποιεί το μοντέλο ResNet για την εξαγωγή χαρακτηριστικών (encoding) από τα πρόσωπα. Αυτά τα χαρακτηριστικά συγκρίνονται με τα αποθηκευμένα χαρακτηριστικά από τη βάση δεδομένων, η οποία φορτώνεται από το αρχείο encodings.pickle. Αν το πρόσωπο αναγνωρίζεται και η απόσταση μεταξύ των χαρακτηριστικών είναι μικρότερη από ένα όριο (0.6), το όνομα του προσώπου αποστέλλεται μέσω MQTT. Αν το πρόσωπο είναι άγνωστο, το πρόγραμμα στέλνει την ετικέτα "Unknown". Επιπλέον, το πρόγραμμα σχεδιάζει ένα ορθογώνιο γύρω από το αναγνωρισμένο πρόσωπο και το εμφανίζει στην εικόνα.

Το πρόγραμμα τρέχει σε δύο ξεχωριστά νήματα: το ένα για τον διακομιστή Flask και το άλλο για τον MQTT client. Ο διακομιστής Flask χρησιμοποιείται για να παρέχει τη ζωντανή ροή βίντεο στο χρήστη μέσω του endpoint /video_feed, ενώ το νήμα του MQTT client χειρίζεται τη σύνδεση με τον διακομιστή MQTT και τη δημοσίευση των δεδομένων αναγνώρισης προσώπων. Η ροή

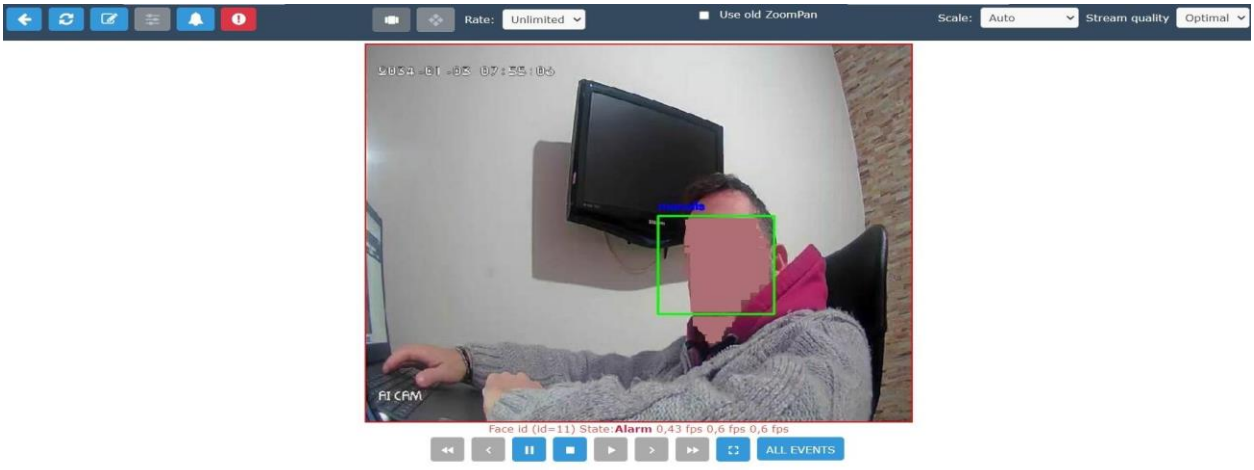
βίντεο προέρχεται από μία κάμερα IP μέσω ενός URL και επεξεργάζεται τα καρέ για να ανιχνεύσει και να αναγνωρίσει πρόσωπα σε πραγματικό χρόνο. Στην περίπτωση αυτή ρυθμίστηκε ο έλεγχος για ανίχνευση προσώπων και αναγνώρισης κάθε 10ο καρέ από τη ροή του βίντεο.

Όταν ΄εκτελείται΄ η εφαρμογή, παρέχεται η δυνατότητα να τερματιστεί μέσω του endpoint /shutdown. Εάν το πρόγραμμα ανιχνεύσει την πίεση του πλήκτρου "ESC" ή περάσουν 60 δευτερόλεπτα χωρίς αναγνώριση, το πρόγραμμα στέλνει αίτημα για κλείσιμο του διακομιστή Flask και σταματά την επεξεργασία της ροής βίντεο. Όλα τα ανοιχτά παράθυρα και οι πόροι που σχετίζονται με την επεξεργασία βίντεο απελευθερώνονται και τερματίζονται στο τέλος.

Παρακάτω φαίνονται εικόνες με το αποτέλεσμα:



Εικόνα 5.17 ZoneMinder Face Id Console

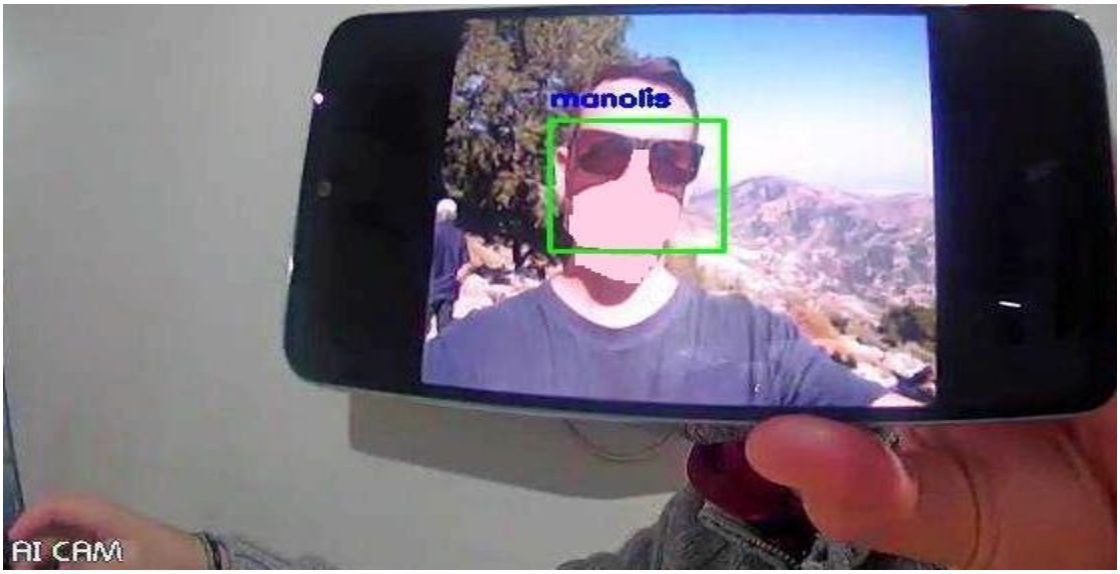


Εικόνα 5.18 ZoneMinder Face Id monitor

Όπως αρχικά αναφέρθηκε το πρόγραμμα αρχικά λαμβάνει ένα βίντεο από μια προκαθορισμένη πηγή, είτε αυτή είναι αρχείο βίντεο, κάμερα, είτε άλλη μορφή ροής δεδομένων. Στη συνέχεια, επεξεργάζεται το περιεχόμενο του βίντεο χρησιμοποιώντας προηγμένες τεχνικές ανάλυσης εικόνας και αναγνώρισης προσώπου. Όταν ανιχνεύεται κάποιο πρόσωπο στο βίντεο, το πρόγραμμα προχωρά στη σχεδίαση ενός περιγράμματος γύρω από το πρόσωπο, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει πρόσθετες πληροφορίες, όπως το όνομα ή άλλα σχετικά δεδομένα που έχουν συσχετιστεί με αυτό.

Αφού ολοκληρωθεί αυτή η διαδικασία, το πρόγραμμα δημιουργεί μια νέα εκδοχή του βίντεο, στην οποία έχουν ενσωματωθεί οι ανιχνευμένες ενδείξεις και οι γραφικές πληροφορίες. Το τελικό βίντεο επιστρέφεται σε έναν προκαθορισμένο προορισμό, είτε ως αρχείο είτε ως ροή, έτοιμο για χρήση ή περαιτέρω επεξεργασία. Αυτή η λειτουργικότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε εφαρμογές όπως η επιτήρηση, η επαυξημένη πραγματικότητα, και η ανάλυση δεδομένων πολυμέσων.

Όμως το σύστημα διαθέτει την ικανότητα να αναγνωρίζει ένα άτομο όχι μόνο σε πραγματικό χρόνο, αλλά και μέσα από μία απλή φωτογραφία ή εικόνα. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να εντοπίσει ένα πρόσωπο μέσα σε μια εικόνα. Για παράδειγμα, στην οθόνη ενός κινητού τηλεφώνου, όταν εμφανιστεί κάποιο πρόσωπο, έχει την δυνατότητα να σχεδιάσει ένα πράσινο ορθογώνιο περίγραμμα γύρω από αυτό, καθώς το όνομά του. Επιπλέον, η ακρίβεια της αναγνώρισης ενισχύεται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερο αριθμό φωτογραφιών στην εκπαίδευση του συστήματος. Μάλιστα, το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει ένα πρόσωπο ακόμη και αν ορισμένα χαρακτηριστικά του έχουν αλλοιωθεί ή καλυφθεί, όπως στην περίπτωση που κάποιος φοράει γυαλιά ή καπέλο. Η προσαρμοστικότητα αυτή καθιστά την τεχνολογία εξαιρετικά προηγμένη και ευέλικτη σε ποικίλες συνθήκες.



Εικόνα 5.19 ZoneMinder Face Id manolis

Εάν το πρόσωπο που εντοπίζεται δεν αναγνωριστεί από το σύστημα, τότε εμφανίζεται μόνο το περίγραμμα του προσώπου, συνοδευόμενο από την ένδειξη "Unknown" (Άγνωστο). Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα επισημαίνει ότι έχει καταγράψει ένα πρόσωπο, αλλά δεν μπορεί να το τακτοποιήσει με κάποια από τις γνωστές εγγραφές που περιλαμβάνονται στη βάση δεδομένων του.



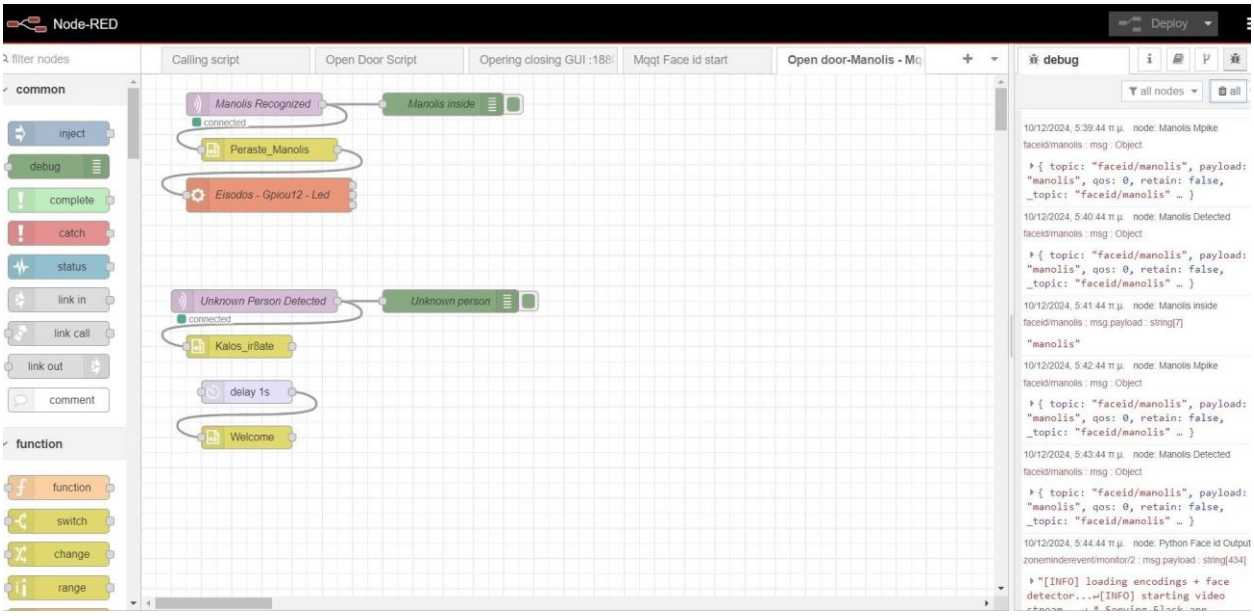
Εικόνα 5.20 ZoneMinder Face Id Unknown

5.1.4.2 Εντολές μέσω του ZoneMinder και Face Id στην πλατφόρμα NodeRed και Asterisk

Με την ολοκλήρωση του κύκλου εκτέλεσης του παραπάνω κώδικα, το Node-Red είναι πλέον σε θέση να δεχτεί και να επεξεργαστεί τα μηνύματα που αποστέλλονται μέσω του πρωτοκόλλου MQTT. Οι ροές που έχουν διαμορφωθεί εντός του Node-Red εξυπηρετούν δύο βασικούς σκοπούς. Πρωταρχικά, οι ροές αναλαμβάνουν τη διαχείριση και ενεργοποίηση ηχητικών ειδοποιήσεων, εξασφαλίζοντας ότι οι χρήστες λαμβάνουν άμεσα ενημερώσεις για σημαντικά συμβάντα. Οι ειδοποιήσεις αυτές μπορούν να προσαρμοστούν ανάλογα με τις προτιμήσεις ή τις ανάγκες του συστήματος. Στη συνέχεια, οι ροές ρυθμίζονται ώστε να ελέγχουν το μηχανισμό ανοίγματος της πόρτας. Η διαδικασία αυτή διασφαλίζει ότι η πόρτα μπορεί να ενεργοποιηθεί με ασφάλεια και ακρίβεια, είτε αυτοματοποιημένα είτε μέσω απομακρυσμένου ελέγχου.

Ο συνδυασμός αυτών των λειτουργιών καθιστά το σύστημα ευέλικτο και αποδοτικό, ενώ παράλληλα ενισχύει τη χρηστικότητα και την ασφάλεια του συνολικού πλαισίου λειτουργίας. Επιπλέον, η χρήση του MQTT προσφέρει υψηλή αξιοπιστία και χαμηλή καθυστέρηση στη μετάδοση των μηνυμάτων, καθιστώντας το ιδανικό για τέτοιου είδους εφαρμογές αυτοματισμού.

Το παρόν σημείο αφορά την αυτοματοποίηση της διαδικασίας αναγνώρισης προσώπων και την ενεργοποίηση αντίστοιχων λειτουργιών, βασισμένων στην ταυτότητα των ανιχνευόμενων προσώπων. Ειδικότερα, το πρόγραμμα αποτελεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα που αξιοποιεί την τεχνολογία αναγνώρισης προσώπου για την εκτέλεση αυτοματοποιημένων ενεργειών, προσφέροντας τόσο εξατομικευμένες όσο και γενικές αλληλεπιδράσεις μέσω φυσικών μηχανισμών και ηχητικών μηνυμάτων. Παρακάτω παρουσιάζονται οι λειτουργίες του συστήματος με σαφήνεια και δομημένο τρόπο.



Εικόνα 5.21 NodeRed με MQQT μηνύματα αναγνώρισης

Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα, σχεδιάστηκαν 2 κόμβοι με ροές στο σημείο αυτό. Ο πρώτος κόμβος είναι για την αναγνώριση του προσώπου "manolis", που γίνεται μέσω του κόμβου Manolis Recognized που λαμβάνει δεδομένα από το MQTT topic faceid/manolis. Όταν ανιχνεύεται μήνυμα σε αυτό το topic, το σύστημα ενεργοποιεί δύο διαφορετικές ενέργειες. Πρώτον, τα δεδομένα του μηνύματος εμφανίζονται στον sidebar μέσω του κόμβου Manolis Inside, ο οποίος χρησιμεύει για σκοπούς επιβεβαίωσης και εντοπισμού σφαλμάτων. Δεύτερον, ενεργοποιείται ο κόμβος Peraste_Manolis, ο οποίος αναπαράγει ένα ηχητικό μήνυμα καλωσορίσματος με τη φράση "Περάστε, Μανώλη".

Ταυτόχρονα, ο κόμβος: Eisodos - GPIO12 - LED εκτελεί ένα shell script που ελέγχει το GPIO pin 12, ενεργοποιώντας τον μηχανισμό της πόρτας εισόδου. Αυτή η λειτουργία συνδυάζει την αναγνώριση του προσώπου με την φυσική αλληλεπίδραση στο χώρο.

Για τις περιπτώσεις όπου ανιχνεύεται άγνωστο πρόσωπο, χρησιμοποιείται ο κόμβος Unknown Person Detected, ο οποίος λαμβάνει δεδομένα από το MQTT topic faceid/unknown. Ο κόμβος αυτός ενεργοποιεί δύο παράλληλες διαδικασίες. Πρώτον, μέσω του κόμβου Unknown Person, εμφανίζεται στο sidebar το πλήρες περιεχόμενο του μηνύματος, ώστε να υπάρχει καταγραφή και δυνατότητα ανάλυσης και δεύτερον, ο κόμβος Kalos_ir8ate αναπαραγάγει ηχητικό μήνυμα καλωσορίσματος στα ελληνικά με τη φράση "Καλώς ήρθατε". Για περισσότερο

προσαρμοσμένη αλληλεπίδραση, ο κόμβος Delay εισάγει μια καθυστέρηση ενός δευτερολέπτου πριν ενεργοποιήσει τον κόμβο Welcome, ο οποίος αναπαραγάγει ηχητικό μήνυμα καλωσορίσματος στα αγγλικά με τη φράση "Welcome". Αυτό το στάδιο εξασφαλίζει την ομαλή ροή των ενεργειών και αποφεύγει επικαλύψεις ήχου.

Η ρύθμιση των ηχητικών μηνυμάτων γίνεται μέσω των κόμβων Sound File Directories, οι οποίοι καθορίζουν τους φακέλους όπου βρίσκονται τα αρχεία ήχου για τα μηνύματα "Περάστε, Μανώλη", "Καλώς ήρθατε" και "Welcome". Αυτοί οι φάκελοι εξασφαλίζουν τη σωστή λειτουργία των αντίστοιχων κόμβων ήχου.

Τέλος, ο κόμβος MQTT Broker Configuration συνδέει το σύστημα με τον τοπικό MQTT broker στη διεύθυνση 127.0.0.1 και πόρτα 1883. Έτσι χρησιμεύει ως ο κεντρικός κόμβος επικοινωνίας μεταξύ των συσκευών, επιτρέποντας την παραλαβή και αποστολή μηνυμάτων.

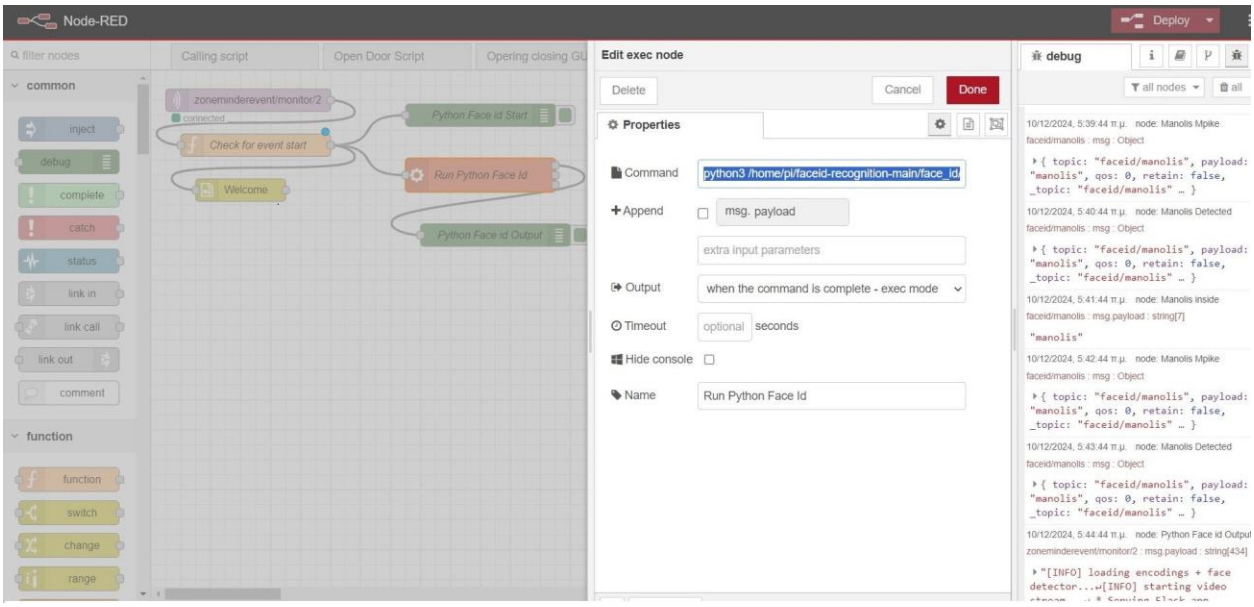
Όμως δεν είναι απαραίτητο το Raspberry να εκτελεί συνεχώς τον παραπάνω κώδικα, καθώς αυτό θα υπήρχε σπατάλη πόρων χωρίς λόγο. Αντίθετα, είναι προτιμότερο να ενεργοποιείται μόνο όταν ανιχνευτεί η παρουσία ενός ανθρώπου στην είσοδο. Για να επιτευχθεί αυτό, μπορεί να αξιοποιηθεί ένα πιο έξυπνο και αποδοτικό σύστημα.

Οι παρακάτω ροές παρέχουν ακριβώς αυτή τη λειτουργικότητα. Χρησιμοποιώντας το ZoneMinder, και την επιλογή ανίχνευσης κίνησης, ο χρήστης ρυθμίζει τις ειδοποιήσεις που ενεργοποιούνται ανάλογα με τις ανάγκες του. Όταν το ZoneMinder ανιχνεύσει κίνηση, στέλνει μια ειδοποίηση προς το Node-Red, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αυτοματισμών. Το Node-Red, με τη σειρά του, ενεργοποιεί τον κατάλληλο κώδικα στο Raspberry , ώστε να εκτελεστούν οι απαιτούμενες λειτουργίες μόνο όταν υπάρχει πραγματική ανάγκη.

Αυτός ο συνδυασμός εξασφαλίζει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα, μειώνει την περιττή κατανάλωση πόρων και προσφέρει στον χρήστη τη δυνατότητα να προσαρμόσει τις ρυθμίσεις σύμφωνα με τις ιδιαίτερες απαιτήσεις του. Έτσι, το σύστημα γίνεται πιο έξυπνο και ευέλικτο, ενώ παράλληλα παραμένει ενεργειακά αποδοτικό.

Παρακάτω αναλύεται η αυτοματοποιημένη διαδικασία που συνδυάζει λήψη μηνυμάτων μέσω MQTT, εκκίνηση αναγνώρισης προσώπων, και αναπαραγωγή ενός ηχητικού μηνύματος

καλωσορίσματος.



Εικόνα 5.22 NodeRed με MQQT μηνύματα αναγνώρισης

Η λειτουργία του ξεκινά με τη λήψη μηνυμάτων μέσω ενός κόμβου εισόδου MQTT, ο οποίος παρακολουθεί το θέμα: zoneminderevent/monitor/2. Όλα τα μηνύματα που λαμβάνονται από τον MQTT broker, ο οποίος είναι ρυθμισμένος στη διεύθυνση 127.0.0.1 με προεπιλεγμένη θύρα 1883, προωθούνται για περαιτέρω επεξεργασία.

Ο επόμενος κόμβος είναι ένας κόμβος λειτουργίας (function node) που ελέγχει το περιεχόμενο των εισερχόμενων μηνυμάτων. Συγκεκριμένα, φιλτράρει τα μηνύματα και διατηρεί μόνο εκείνα που περιλαμβάνουν τη φράση "event start". Αυτός ο έλεγχος εξασφαλίζει ότι οι επόμενες λειτουργίες ενεργοποιούνται μόνο όταν ανιχνεύεται η έναρξη ενός συμβάντος. Εάν το μήνυμα περιέχει την απαιτούμενη φράση, προωθείται στους κόμβους που ακολουθούν.

Ένας από τους προορισμούς αυτών των μηνυμάτων είναι ο κόμβος Exec, ο οποίος είναι υπεύθυνος για την εκτέλεση ενός εξωτερικού Python script. Το συγκεκριμένο script αναλαμβάνει την αναγνώριση προσώπων μέσω κάμερας, αξιοποιώντας ένα αρχείο Python που βρίσκεται στη διαδρομή: που υπάρχει το αρχείο εκτέλεσης του κυρίως προγράμματος. Η διαδικασία αυτή αποτελεί το βασικό στοιχείο της εφαρμογής, καθώς αναλαμβάνει την ταυτοποίηση προσώπων σε

πραγματικό χρόνο.

Παράλληλα, ένας κόμβος αναπαραγωγής ήχου ενεργοποιείται για να μεταδώσει ένα ηχητικό μήνυμα καλωσορίσματος. Το μήνυμα, με τη φράση "Welcome" στα αγγλικά, προσφέρει έναν θερμό και ευχάριστο χαιρετισμό στους επισκέπτες. Αυτή η ρύθμιση ενισχύει τη φιλόξενη ατμόσφαιρα, δημιουργώντας μια θετική και ζεστή πρώτη εντύπωση.

Τέλος, δύο κόμβοι Debug προσφέρουν πληροφορίες για την πορεία της διαδικασίας. Ο πρώτος εμφανίζει τα μηνύματα που περιλαμβάνουν την έναρξη συμβάντων, ενώ ο δεύτερος εμφανίζει την έξοδο του Python script. Αυτά τα στοιχεία είναι χρήσιμα για την παρακολούθηση της λειτουργίας και τον εντοπισμό πιθανών σφαλμάτων.

Συνολικά το πρόγραμμα λειτουργεί ως μια ολοκληρωμένη λύση που συνδυάζει την ανίχνευση γεγονότων μέσω MQTT, την αναγνώριση προσώπων με Python και την αναπαραγωγή ηχητικών μηνυμάτων, προσφέροντας παράλληλα δυνατότητες ελέγχου και αποσφαλμάτωσης. Πρόκειται για ένα ευέλικτο σύστημα, ιδανικό για εφαρμογές σε περιβάλλοντα ασφαλείας ή αυτοματισμών, με ιδιαίτερη προσαρμοστικότητα και αξιοπιστία.

Όπως γίνεται κατανοητό, η ενσωμάτωσή του σε πλατφόρμες όπως το Raspberry Pi ενισχύει περαιτέρω τη λειτουργικότητά του, καθώς και ο σχεδιασμός του, αξιοποιεί πλήρως τις δυνατότητες της πλατφόρμας, προσφέροντας ένα οικονομικό, χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης περιβάλλον. Παράλληλα, υποστηρίζει την εκτέλεση των κρίσιμων λειτουργιών, όπως η λήψη δεδομένων μέσω MQTT, η αναγνώριση προσώπων και η αναπαραγωγή ήχου, με υψηλή απόδοση και σταθερότητα.

Η ευελιξία του προγράμματος οφείλεται στη αρχιτεκτονική του, που διευκολύνει την προσαρμογή του σε διάφορα περιβάλλοντα και ανάγκες. Η χρήση του Node-RED για τη ροή εργασιών και του και του κώδικα Python για την αναγνώριση προσώπων το καθιστά εξαιρετικά παραμετροποιήσιμο. Επιπλέον, η άριστη συμβατότητα με το Raspberry Pi επιτρέπει την εγκατάσταση σε αποκεντρωμένα συστήματα, μειώνοντας το κόστος και την πολυπλοκότητα του εξοπλισμού.

Η συνολική ενσωμάτωση σε ένα ενιαίο σύστημα, αναδεικνύει την απλότητα στη ρύθμιση και διαχείριση, ενώ διατηρεί τα υψηλά επίπεδα απόδοσης και λειτουργικότητας που απαιτούνται σε

πραγματικές συνθήκες. Έτσι, το πρόγραμμα αποτελεί μια ιδανική επιλογή για σενάρια που απαιτούν αποτελεσματική παρακολούθηση, αυτόματη ενεργοποίηση λειτουργιών και εύκολη συντήρηση, καλύπτοντας πλήρως τις ανάγκες των σύγχρονων αυτοματοποιημένων συστημάτων.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ

Στο κεφάλαιο αυτό, που αποτελεί επίλογο της διπλωματικής εργασίας, γίνεται μία γρήγορη αναφορά σε ότι λειτούργησε με βάση τον προγραμματισμό, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που εξήχθησαν κατά την εκπόνηση της, ενώ προτείνονται και πιθανές μελλοντικές επεκτάσεις και τροποποιήσεις στο σύστημα ώστε να αναδειχθούν οι περαιτέρω δυνατότητες του. Σε κάθε περίπτωση, καθίσταται σαφές ότι, σε ένα σύστημα πραγματικής λειτουργίας, όπως το παραπάνω, είναι δυνατόν να υπάρχει μεγάλο εύρος δυνατοτήτων για το παρόν και το μέλλον.

6.1 Αξιολόγηση απαιτήσεων

Η παρούσα εργασία δεν περικλείει στις απαιτήσεις της να εξαντληθούν όλες οι δυνατότητες του κάθε συστήματος. Ο βασικός στόχος της είναι να απαντηθούν οι ερωτήσεις που τέθηκαν στο πρώτο κεφάλαιο, παρέχοντας ταυτόχρονα αποδείξεις ότι είναι εφικτό να δημιουργηθούν ανεξάρτητα συστήματα με τη χρήση open source εφαρμογών. Η δυνατότητα αυτή αποδεικνύει την ευελιξία και την ισχύ του ανοιχτού λογισμικού, το οποίο μπορεί να προσφέρει λύσεις ισάξιες ή και ανώτερες από αυτές που προσφέρουν οι προκαθορισμένες λύσεις των περισσότερων εμπορικών κατασκευαστών.

Τα open source συστήματα δεν περιορίζονται από τα προκαθορισμένα όρια και τις εμπορικές δεσμεύσεις που συνήθως θέτουν οι κατασκευαστές λογισμικού. Αντιθέτως, παρέχουν τη δυνατότητα πλήρους προσαρμογής και επέκτασης. Αυτή η ευελιξία επιτρέπει στον χρήστη να σχεδιάσει και να διαμορφώσει το σύστημα σύμφωνα με τις δικές του ανάγκες και προτιμήσεις, δημιουργώντας ένα πιο φιλικό και λειτουργικό περιβάλλον. Έτσι, ο χρήστης έχει την ευκαιρία να ενσωματώσει διαφορετικά εργαλεία και πλατφόρμες, συνδυάζοντάς τα σε ένα ενιαίο σύστημα που ταιριάζει απόλυτα στις απαιτήσεις του.

Αξίζει να σημειωθεί ότι πολλές από τις δυνατότητες που προσφέρουν τα open source συστήματα είναι συχνά καινοτόμες, με χαρακτηριστικά που δεν βρίσκονται καν στις εμπορικές εκδόσεις. Για παράδειγμα, η κοινότητα των προγραμματιστών που εργάζεται πάνω σε τέτοιες εφαρμογές είναι συνήθως πολύ δραστήρια, αναπτύσσοντας νέες λειτουργίες και διορθώνοντας σφάλματα με ταχείς

ρυθμούς. Επιπλέον, η ανοιχτή φύση ΄open source΄ του λογισμικού, εξασφαλίζει διαφάνεια στον τρόπο λειτουργίας του συστήματος, κάτι που ενισχύει την εμπιστοσύνη του χρήστη.
Τέλος, η χρήση open source εφαρμογών δίνει τη δυνατότητα όχι μόνο για οικονομία κόστους, καθώς δεν απαιτούνται ακριβές άδειες χρήσης, αλλά και για διαρκή βελτίωση μέσω της συμβολής της ευρύτερης κοινότητας. Με τον τρόπο αυτό, τα συστήματα μπορούν να εξελίσσονται συνεχώς, ενσωματώνοντας τις τελευταίες τεχνολογικές τάσεις και καλύπτοντας τις νέες απαιτήσεις που μπορεί να προκύψουν. Η παρούσα εργασία, επομένως, καταδεικνύει ότι τα open source συστήματα δεν αποτελούν απλώς μια εναλλακτική λύση, αλλά μια ισχυρή επιλογή που μπορεί να υπερβαίνει τα όρια των παραδοσιακών συστημάτων.

Μία από τις βασικές επιδιώξεις της παρούσας εργασίας ήταν η δυνατότητα ενσωμάτωσης δύο διαφορετικών εφαρμογών σε ένα ενιαίο σύστημα. Αυτή η διαδικασία απαιτούσε τη λεπτομερή μελέτη των χαρακτηριστικών των εφαρμογών και τον εντοπισμό των σημείων όπου αυτές μπορούσαν να συνεργαστούν αρμονικά. Μέσω αυτής της ενσωμάτωσης, επιτεύχθηκε η δημιουργία ενός συστήματος που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα των δύο εφαρμογών, προσφέροντας έτσι στον χρήστη περισσότερες λειτουργίες και μεγαλύτερη ευελιξία.
Η ενσωμάτωση πραγματοποιήθηκε με γνώμονα την ομαλή συνεργασία των εφαρμογών, ώστε να λειτουργούν ως ένα σύνολο. Αυτός ο συνδυασμός εξασφάλισε ένα πιο αποδοτικό και λειτουργικό περιβάλλον, προσαρμοσμένο στις ανάγκες του χρήστη.
Επιπλέον, η επιλογή των εφαρμογών βασίστηκε στη δυνατότητά τους να υποστηρίζουν open source πλατφόρμες. Αυτό διευκόλυνε την ενσωμάτωσή τους, επιτρέποντας την προσαρμογή του συστήματος και την εξάλειψη τυχόν περιορισμών που θα επέβαλλαν κλειστές αρχιτεκτονικές. Η συνδυαστική χρήση των δύο εφαρμογών οδήγησε στη δημιουργία ενός ενιαίου περιβάλλοντος, όπου οι λειτουργίες τους αλληλοσυμπληρώνονται, χωρίς να προκαλούνται συγκρούσεις ή προβλήματα ασυμβατότητας.
Το σημαντικότερο είναι ότι ο χρήστης έχει πλέον τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές σαν μία ενιαία μονάδα, διευκολύνοντας την πρόσβαση και την καθημερινή χρήση. Με αυτό τον τρόπο, καταδεικνύεται η ευελιξία που προσφέρει η χρήση καινοτόμων λύσεων λογισμικού, αλλά και οι απεριόριστες δυνατότητες που προσφέρει ο συνδυασμός εργαλείων σε μια ενιαία πλατφόρμα.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του συστήματος που αναπτύχθηκε είναι η επεκτασιμότητα του. Η αρχιτεκτονική του σχεδιάστηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να

προσαρμόζεται και να αναπτύσσεται ανάλογα με τις μελλοντικές ανάγκες. Η χρήση open source εφαρμογών παίζει κεντρικό ρόλο σε αυτό, καθώς επιτρέπει την ευκολότερη προσθήκη νέων λειτουργιών, χωρίς τους περιορισμούς που συχνά συνοδεύουν τα κλειστά συστήματα.

Η επεκτασιμότητα του συστήματος επιτρέπει την ενσωμάτωση νέων εργαλείων ή εφαρμογών, τα οποία μπορούν να προστεθούν με τρόπο που δεν διαταράσσει τη λειτουργικότητα του ήδη υπάρχοντος περιβάλλοντος. Για παράδειγμα, οι χρήστες μπορούν να προσθέσουν επιπλέον λειτουργικές μονάδες που καλύπτουν εξειδικευμένες ανάγκες, όπως αναλυτικά εργαλεία δεδομένων ή αυτοματοποιημένες διαδικασίες διαχείρισης.

Ένα άλλο σημαντικό πλεονέκτημα της επεκτασιμότητας είναι η δυνατότητα διαχείρισης αυξημένων φορτίων ή μεγαλύτερου όγκου δεδομένων. Το σύστημα μπορεί να προσαρμοστεί ώστε να υποστηρίζει περισσότερους χρήστες ή να διαχειρίζεται πιο σύνθετα δεδομένα, διασφαλίζοντας ότι η απόδοσή του παραμένει υψηλή. Αυτή η προσαρμογή μπορεί να γίνει χωρίς την ανάγκη ριζικών αλλαγών, γεγονός που μειώνει το κόστος και τον χρόνο που απαιτείται για τη συντήρησή του.

Επιπλέον, το σύστημα μπορεί να αναπτυχθεί περαιτέρω μέσω της συνεισφοράς της κοινότητας. Οι ανοιχτές πλατφόρμες επιτρέπουν σε προγραμματιστές από όλο τον κόσμο να δημιουργούν πρόσθετα ή να βελτιώνουν τα ήδη υπάρχοντα χαρακτηριστικά, ενισχύοντας τη λειτουργικότητά του. Έτσι, οι χρήστες αποκτούν πρόσβαση σε συνεχείς βελτιώσεις, διατηρώντας το σύστημα σύγχρονο και πλήρως προσαρμοσμένο στις τεχνολογικές εξελίξεις.

Τέλος, η επεκτασιμότητα δεν περιορίζεται μόνο στις τεχνικές δυνατότητες, αλλά αφορά και την ευκολία προσαρμογής στις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Το σύστημα μπορεί να παραμετροποιηθεί ώστε να ανταποκρίνεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα και απαιτήσεις, καθιστώντας το ιδανικό εργαλείο για μακροχρόνια χρήση.

Καθίσταται σαφές, λοιπόν, ότι το παρόν σύστημα όχι μόνο ανταποκρίθηκε πλήρως στις απαιτήσεις της εργασίας, αλλά ανέδειξε και πρόσθετες λειτουργίες που μπορούν να αξιοποιηθούν από τον χρήστη. Οι δυνατότητες αυτές προσφέρουν σημαντική ευελιξία, επιτρέποντας την προσαρμογή του συστήματος σε εξατομικευμένες ανάγκες και απαιτήσεις.

Μέσα από τη διαδικασία υλοποίησης, διαπιστώθηκε ότι ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να ενεργοποιήσει επιπλέον χαρακτηριστικά, τα οποία καθιστούν το σύστημα ακόμα πιο φιλικό και λειτουργικό. Αυτές οι λειτουργίες περιλαμβάνουν επιλογές παραμετροποίησης, οι οποίες επιτρέπουν τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος που ταιριάζει απόλυτα στις προτιμήσεις του.

Αξιοσημείωτο είναι ότι το σύστημα διαθέτει όχι μόνο τις βασικές δυνατότητες που απαιτούνταν αρχικά, αλλά και προηγμένες λειτουργίες που ενισχύουν την εμπειρία χρήσης.

Μια από τις πιο καινοτόμες δυνατότητες του συστήματος είναι η ενσωμάτωση τεχνολογιών AI, όπως η αναγνώριση προσώπων (Face ID). Αυτή η δυνατότητα επιτρέπει στο σύστημα να αναγνωρίζει και να ταυτοποιεί χρήστες σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας έναν υψηλό βαθμό ασφαλείας και προσωπικής εξατομίκευσης. Αυτός ο τρόπος καθιστά το σύστημα πιο δυναμικό, ικανό να προσαρμόζεται στις ανάγκες κάθε χρήστη, ενώ προσφέρει μια ευχάριστη και άμεση εμπειρία χρήσης. Επιπλέον, η αναγνώριση προσώπου ενσωματώνει και άλλες χρήσιμες λειτουργίες, όπως η αποστολή ηχητικών εξατομικευμένων μηνυμάτων στον χρήστη. Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα είναι η αυτόματη εντολής για το άνοιγμα της πόρτας εισόδου, όταν ο χρήστης αναγνωρίζεται με επιτυχία. Αυτή η δυνατότητα κάνει το σύστημα ακόμα πιο πρακτικό και ασφαλές, προσφέροντας έναν πλήρη συνδυασμό αναγνώρισης, ειδοποιήσεων και φυσικής αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

Η επεκτασιμότητα και ευελιξία του συστήματος το καθιστούν ιδανικό εργαλείο για μακροχρόνια χρήση, διασφαλίζοντας ότι μπορεί να εξελίσσεται μαζί με τις ανάγκες του χρήστη. Με αυτόν τον τρόπο, η εφαρμογή καταφέρνει να ξεπεράσει τις αρχικές προσδοκίες και να προσφέρει έναν ισχυρό συνδυασμό χρηστικότητας και προσαρμοστικότητας.

6.2 Συμπεράσματα

Η παρούσα εργασία απέδειξε ότι η κατασκευή ενός συστήματος ενδοεπικοινωνίας και ελέγχου, που συνδυάζει τεχνολογίες δικτύου, πολυμέσων και παρακολούθησης, είναι απολύτως εφικτή, ακόμα και με περιορισμένο προϋπολογισμό. Χρησιμοποιώντας ευρέως διαθέσιμα υλικά, όπως η οικονομική πλατφόρμα Raspberry, και αξιοποιώντας προγράμματα ανοικτού κώδικα, κατέστη δυνατή η υλοποίηση ενός συστήματος που προσφέρει πολλαπλά οφέλη στους χρήστες, υπερβαίνοντας τις δυνατότητες πολλών εμπορικών προϊόντων.

Ακόμη, αναδεικνύει τη σημασία της παραμετροποίησης και της ευελιξίας, επιτρέποντας στους χρήστες να προσαρμόσουν το σύστημα στις ανάγκες τους. Η συνδυαστική χρήση τεχνολογιών και εργαλείων ανοικτού λογισμικού καθιστά εφικτή την ανάπτυξη ενός πολυλειτουργικού περιβάλλοντος με δυνατότητες επέκτασης. Με την κατάλληλη τεχνογνωσία, μπορεί να επιτευχθεί

μια ολοκληρωμένη λύση για τη μετάδοση εικόνας και ήχου, η οποία είναι φιλική στη χρήση και οικονομικά αποδοτική.

Επιπρόσθετα, η ενσωμάτωση τεχνολογιών AI, όπως η αναγνώριση προσώπων (Face ID), αναδεικνύει περαιτέρω τη λειτουργικότητα του συστήματος. Η δυνατότητα ανίχνευσης και αναγνώρισης προσώπων προσφέρει προηγμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας, καθώς επιτρέπει την αυτόματη ταυτοποίηση των χρηστών και την ενεργοποίηση εξατομικευμενων λειτουργιών. Με αυτόν τον τρόπο, το σύστημα γίνεται πιο έξυπνο και προσαρμοσμένο στις ανάγκες των χρηστών, ενισχύοντας τη συνολική εμπειρία και την ασφάλεια

Το σύστημα που παρουσιάστηκε δείχνει ότι είναι δυνατόν να ξεπεραστούν οι προκλήσεις που προκύπτουν από την πολυπλοκότητα της υλοποίησης, εφόσον υπάρχει προσεκτικός σχεδιασμός και εκμετάλλευση των διαθέσιμων εργαλείων. Τελικά, επιβεβαιώθηκε ότι η χρήση τεχνολογιών ανοικτού κώδικα και οικονομικών υλικών όχι μόνο μειώνει το κόστος, αλλά προσφέρει και απεριόριστες δυνατότητες προσαρμογής και εξέλιξης, καθιστώντας την προσέγγιση αυτή εξαιρετικά αποδοτική και βιώσιμη για τους χρήστες.

6.3 Μελλοντικές επεκτάσεις συστήματος

Με την παρούσα δομή του συστήματος, αν και εξασφαλίζεται η βασική λειτουργικότητα της ενδοεπικοινωνίας και της μετάδοσης εικόνας από τις κάμερες, υπάρχουν περιορισμοί που αφορούν τη σύνδεσή του στο διαδίκτυο. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί σε ένα κλειστό τοπικό δίκτυο, γεγονός που περιορίζει τη χρηστικότητά του σε απομακρυσμένα περιβάλλοντα. Ωστόσο, μελλοντικές επεκτάσεις θα μπορούσαν να το καταστήσουν πιο ευέλικτο και αποδοτικό. Μια πιθανή αναβάθμιση θα ήταν η ενίσχυση της ασφάλειας του συστήματος, ώστε να υποστηρίζει ασφαλή σύνδεση στο διαδίκτυο. Με αυτόν τον τρόπο, οι χρήστες θα μπορούσαν να έχουν απομακρυσμένη πρόσβαση από οπουδήποτε, αρκεί να είναι συνδεδεμένοι στο διαδίκτυο. Αυτή η λειτουργία θα αύξανε σημαντικά την αξία και τη χρησιμότητα του συστήματος, ειδικά για απομακρυσμένη παρακολούθηση και έλεγχο.

Επιπλέον, το σύστημα, όπως είναι σχεδιασμένο, εξυπηρετεί δύο επίπεδα (ορόφους). Με μερικές παραμετροποιήσεις, μπορεί να υποστηρίξει πολλαπλά επίπεδα και χρήστες, χωρίς να απαιτείται επαναπρογραμματισμός των συσκευών. Οι προσθήκες θα επικεντρώνονταν στον προγραμματισμό της βασικής μονάδας Raspberry, η οποία λειτουργεί ως διακομιστής. Αυτή η επεκτασιμότητα το

καθιστά ιδανικό για οικιακή χρήση, λόγω του χαμηλού κόστους, της ευχρηστίας και των δυνατοτήτων του.

Ήδη, στον τομέα της εποπτείας, η εφαρμογή της λειτουργίας Face ID αποτελεί μια σημαντική προσθήκη στο σύστημα, καθώς επιτρέπει την αυτοματοποιημένη αναγνώριση προσώπων σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας τη διαχείριση της ασφάλειας και τη διαδικασία ειδοποιήσεων. Αυτή η δυνατότητα είναι ιδανική για τον έλεγχο πρόσβασης σε ασφαλείς ζώνες, προσφέροντας αυξημένη αποτελεσματικότητα χωρίς την ανάγκη χειροκίνητης παρέμβασης από τους χρήστες. Επιπλέον, το σύστημα προσφέρει τη δυνατότητα εξατομίκευσης, επιτρέποντας στους χρήστες να προσθέσουν επιπλέον λειτουργίες σχετικές με την τεχνητή νοημοσύνη, σύμφωνα με τις ανάγκες τους. Μελλοντικά, το σύστημα έχει τη δυνατότητα να ενσωματώσει εξελιγμένες τεχνολογίες, όπως ανάλυση συναισθημάτων, αναγνώριση συμπεριφορών ή ακόμη και πρόβλεψη κινδύνων, προσφέροντας έτσι νέα επίπεδα έξυπνης ασφάλειας. Αυτές οι δυνατότητες θα επιτρέπουν την αυτοματοποίηση των διαδικασιών και την αποστολή ειδοποιήσεων σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας περαιτέρω την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του συστήματος

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω, δόθηκαν απαντήσεις με θετικότητα στα ερευνητικά ερωτήματα, η εργασία απέδειξε ότι είναι δυνατή η κατασκευή ενός συστήματος ενδοεπικοινωνίας βασισμένου σε προγράμματα ανοικτού κώδικα, όπως το Asterisk και το ZoneMinder. Αυτά τα λογισμικά εγκαταστάθηκαν επιτυχώς σε μια οικονομική αλλά αξιόπιστη πλατφόρμα, όπως το Raspberry, διατηρώντας υψηλές επιδόσεις και συμβατότητα με κοινές SIP εφαρμογές. Το γεγονός ότι το σύστημα λειτουργεί σε τοπικό δίκτυο προσφέρει αυξημένη ασφάλεια, ενώ η δυνατότητα του Raspberry να υποστηρίζει περιφερειακές μονάδες σε διαφορετικά σημεία ενισχύει περαιτέρω την προστασία και τη λειτουργικότητα.

Με αυτές τις επεκτάσεις και δυνατότητες, το σύστημα αποδεικνύεται αξιόπιστο, προσαρμόσιμο και έτοιμο να ανταποκριθεί σε αυξανόμενες απαιτήσεις χρηστών και μελλοντικές τεχνολογικές εξελίξεις.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Anshari, M., Almunawar, M. N., Shahrill, M., Wicaksono, D. K., & Huda, M. (2017). Smartphones usage in the classrooms: Learning aid or interference?. Education and Information technologies, 22, 3063-3079 (accessed on: 5-2-2023).

[2] Bynagari, N. B. (2016). Industrial Application of Internet of Things. Asia Pacific Journal of Energy and Environment, 3(2), 75-82 (accessed on: 5-2-2023).

[3] Atutxa, A., Franco, D., Sasiain, J., Astorga, J., & Jacob, E. (2021). Achieving low latency communications in smart industrial networks with programmable data planes. Sensors, 21(15), 5199 (accessed on: 11-2-2023).

[4] Zemrane, H., Baddi, Y., & Hasbi, A. (2020). Internet of things smart home ecosystem. Emerging Technologies for Connected Internet of Vehicles and Intelligent Transportation System Networks: Emerging Technologies for Connected and Smart Vehicles, 101-125 (accessed on: 5-2-2023)

[5] Majumder, S., Aghayi, E., Noferesti, M., Memarzadeh-Tehran, H., Mondal, T., Pang, Z., & Deen, M. J. (2017). Smart homes for elderly healthcare—Recent advances and research challenges. Sensors, 17(11), 2496 (accessed on: 19-2-2023).

[6] Tahir, Z. B., & Hussin, K. B. (2012). Security aspects of gated community housing and the concept of safe townships. Chinese Business Review, 11(2) (accessed on: 22-1-2023).

[7] Χρονοπούλου, Σ. (2023). Συσκευές internet of things (IOT) και smart homes: εξέλιξη, διείσδυση και οι δυνατότητες που παρέχονται στην αλλαγή της καθημερινότητας (accessed on: 12-9-2023).

[8] Λογοθετίδης, Γ. (2017). Internet of things and international e-business (accessed on: 25-1-2023).

[9] Stoyanova, M., Nikoloudakis, Y., Panagiotakis, S., Pallis, E., & Markakis, E. K. (2020). A survey on the internet of things (IoT) forensics: challenges, approaches, and

open issues. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 22(2), 1191-1221 (accessed on: 15-3-2023).

[10] Naomi, H.; Joakim, W.; Vinit, P.; Oliver, G. Artificial intelligence and innovation management: A review, framework, and research agenda. Technol. Forecast. Soc. Chang. 2021, 162, 120392 (accessed on: 25-2-2023).

[11] Ghaffarianhoseini, A.; Ghaffarianhoseini, A.; Tookey, J.; Omrany, H.; Fleury, A.; Naismith, N.; Ghaffarianhoseini, M. The essence of smart homes: Application of intelligent technologies towards smarter urban future. In Artificial Intelligence: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications; Information Resources Management Association, Ed.; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2017; pp. 79–121 (accessed on: 26-2-2023).

[12] Erfani, S., Ahmadi, M., & Chen, L. (2017, August). The Internet of Things for smart homes: An example. In 2017 8th annual industrial automation and electromechanical engineering conference (IEMECON) (pp. 153-157). IEEE (accessed on: 15-11-2024).

[13] Μιχαλόπουλος, Γ. (2022). Η συνδρομή του Internet of Things στην βιομηχανία 4.0 (accessed on: 18-2-2023).

[14] Almusaed, A., Yitmen, I., & Almssad, A. (2023). Enhancing smart home design with AI models: A case study of living spaces implementation review. Energies, 16(6), 2636 (accessed on: 8-3-2023).

[15] Upadhyay, K.(2023). Comparative analysis of methods for streaming and broadcasting of analog CCTV cameras (accessed on: 3-6-2023).

[16] Salman, S., Sadah, L., & Abusabha, M. (2013). Intercom system based on voip and GSM (24 hours at home) (accessed on: 5-6-2023).

[17] Ilag, B. N., & Hebbar, A. (2019). An Integrated Solution of the Unified Communication System. International Journal of Computer Applications, 975, 8887 (accessed on: 13-6-2024).

[18] Qabazard, E. M., & ALZuwaid, E. A. (2021).CCTV Monitoring Applications

(accessed on: 13-8-2024).

[19] Popovic, G., Arsic, N., Jaksic, B., Gara, B., & Petrovic, M. (2013). Overview, characteristics and advantages of IP Camera video surveillance systems compared to systems with other kinds of camera. Int. J. Eng. Sci. Innov. Technol, 2(5), 356-362 (accessed on: 4-6-2023).

[20] Fall, K. R., & Stevens, W. R. (2012). Tcp/ip illustrated (Vol. 1). Addison-Wesley Professional (accessed on: 4-6-2023).

[21] Mun, H. J., & Lee, M. H. (2022). Design for visitor authentication based on face recognition technology Using CCTV. IEEE Access, 10, 124604-124618(accessed on: 10-8-2023).

[22] Yang, M., & Huang, T. (2018). Human face recognition with CCTV and AI. Journal of AI Research (accessed on: 17-11-2024).

[23] Shao, P., & Chen, D. (2020). Optimizing surveillance systems using AI-enhanced CCTV. Journal of Surveillance and Security (accessed on: 17-11-2024).

[24] Tan, Y., & Huang, Z. (2022). Efficient video surveillance using AI techniques. IEEE Access (accessed on: 17-11-2024).

[25] Zhou, Z., & Lee, T. (2020). A deep learning approach to CCTV surveillance. Proceedings of the International Conference on AI (accessed on: 17-11-2024).

[26] He, X., & Liu, Y. (2021). Real-time facial recognition using CCTV systems. IEEE Transactions on Image Processing (accessed on: 17-11-2024).

[27] Wang, L., & Zhang, M. (2020). Surveillance in urban environments using CCTV and AI. Journal of AI & Computer Vision (accessed on: 17-11-2024).

[28] Begen, A., Kyzivat, P., Perkins, C., & Handley, M. (2021). SDP: Session description protocol. Internet RFC (accessed on: 17-11-2024).

[29] Rosenberg, J., & Schulzrinne, H. (2002). SIP: Session Initiation Protocol. Internet RFC (accessed on: 15-11-2024).

[30] Handley, M., & Perkins, C. (2017). SIP and SDP: Building blocks of multimedia

communications. Wiley & Sons (accessed on: 15-11-2024).

[31] Jones, M. (2021). Advances in SIP and VoIP systems. IEEE Communications Magazine (accessed on: 17-11-2024).

[32] Ali, A., Ahmad, N., Akhtar, M. S., & Srivastava, A. (2013). Session initiation protocol. International Journal of Scientific and Engineering Research, 4(1), 1-6 (accessed on: 5-6-2023).

[33] Lazzez, A., & Slimani, T. (2013). Deployment of VoIP Technology: QoS Concerns. arXiv preprint arXiv:1312.2581 (accessed on: 5-6-2023).

[34] Alzakholi, O., Shukur, H., Zebari, R., Abas, S., & Sadeeq, M. (2020). Comparison among cloud technologies and cloud performance. Journal of Applied Science and Technology Trends, 1(1), 40-47 (accessed on: 7-9-2024).

[35] Nikoloudakis, Y., Panagiotakis, S., Markakis, E., Pallis, E., Mastorakis, G., Mavromoustakis, C. X., & Dobre, C. (2016). A fog-based emergency system for smart enhanced living environments. IEEE Cloud Computing, 3(6), 54-62 (accessed on: 21-9-2024).

[36] Rosenberg, J. (2010). Interactive connectivity establishment (ICE): A protocol for network address translator (NAT) traversal for offer/answer protocols (No. rfc5245).(accessed on: 7-9-2024) (accessed on: 7-9-2024).

[37] Johnson, R., et al. (2019). Modern call center solutions. Journal of Business Technology (accessed on: 17-11-2024).

[38] Lee, S., & Park, J. (2021). Digital telephony systems. International Journal of Communication Systems (accessed on: 17-11-2024).

[39] Taylor, P., & Brown, J. (2021). Interoperability in VoIP systems. Journal of Advanced Telecommunication Technologies (accessed on: 17-11-2024).

[40] Spencer, M., & Smith, L. (2019). The Asterisk platform: Open-source telephony. Open Source Software Review (accessed on: 17-11-2024).

[41] Montoro, P., & Casilari, E. (2009, July). A comparative study of VoIP standards

with asterisk. In 2009 Fourth International Conference on Digital Telecommunications (pp. 1-6). IEEE (accessed on: 8-9-2024).

[42] Kodali, R. K., & Anjum, A. (2018, August). IoT based home automation using node-red. In 2018 Second International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT) (pp. 386-390). IEEE (accessed on: 8-9-2024).

[43] Deshmukh, A. A., Mihovska, A., & Prasad, R. (2014, May). Optimized resource stipulation for Video on Demand via Zoneminder. In 2014 4th International Conference on Wireless Communications, Vehicular Technology, Information Theory and Aerospace & Electronic Systems (VITAE) (pp. 1-5). IEEE (accessed on: 15-9-2024).

[44] Lee, S., & Kim, J. (2023). AI-Based Smart Doorbell with Cloud Integration. International Journal of Smart Systems, 10(3), 22-35. (accessed on: 18-11-2024).

[45] Wang, Y., & Zhang, Q. (2021). Integration of AI for Smart Doorbell Systems: A Cloud-Based Solution. Journal of Cloud Computing and AI, 19(2), 18-29 (accessed on: 18-11-2024).

[46] Kumar, E. G. (2021). Design of Arduino Based Door Bell for Physically Challenged People. Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURNCOAT), 12(10), 1398-1402 (accessed on: 23-3-2023).

[47] Zhao, Q., & Li, X. (2020). IoT-Based Smart Doorbell System with Cloud Integration. Journal of IoT and Home Automation, 18(3), 70-84 (accessed on: 18-11-2024).

[48] Gudipalli, A., Kejriwal, V., Patel, V., Gupta, R., & Dixit, U. (2023). COVID bell–A smart doorbell solution for prevention of COVID-19. Paladyn, Journal of Behavioral Robotics, 14(1), 20220115 (accessed on: 18-3-2023).

[49] Huang, H. Y., Fanjiang, Y. Y., Hung, C. H., & Lee, C. A. (2022, November). Design and Implementation of a Smart Intercom System through Web Services on Web of Things. In Telecom (Vol. 3, No. 4, pp. 675-691). MDPI (accessed on: 19-1-2024).

[50] Zhang, Y., & Liu, Z. (2023). AI-Based Surveillance and CCTV Monitoring System. International Journal of Security Technology, 12(3), 45-59 (accessed on: 17-11-2024).

[51] Khan, M. A., & Wang, F. (2022). Cloud-based CCTV Surveillance with Motion Detection and Alerts. Journal of Cloud Computing and Surveillance, 17(4), 67-80 (accessed on: 17-11-2024).

[52] Genius Vision. (2023). Genius Vision NVR Community Edition. Retrieved from https://www.geniusvision.net/ (accessed on: 18-11-2024).

[53] iSpy. (2023). iSpy Open Source CCTV Surveillance Software. Retrieved from https://www.ispyconnect.com/ (accessed on: 18-11-2024).

[54] Doust, A. K. (2016). Raspberry Pi based surveillance system (Doctoral dissertation, University of Applied Sciences Technikum Wien) (accessed on: 17-11-2024).

[55] Hanson, M. D. (2000). The client/server architecture. In Server Management (pp. 17-28). Auerbach Publications (accessed on: 25-6-2023).

[56] Upton, E., & Halfacree, G. (2016). Raspberry Pi user guide. John Wiley & Sons (accessed on: 24-6-2023).

[57] Richardson, M., & Wallace, S. (2012). Getting started with raspberry PI. " O'Reilly Media, Inc." (accessed on: 24-6-2023).

[58] McManus, S., & Cook, M. (2021). Raspberry Pi for dummies. John Wiley & Sons (accessed on: 25-6-2023).

[59] Smart, G. (2020). Practical Python Programming for IoT: Build Advanced IoT Projects Using a Raspberry Pi 4, MQTT, RESTful APIs, WebSockets, and Python 3. Packt Publishing Ltd (accessed on: 25-6-2023).

[60] Valentine, T. (2023). Installing and Using the Apache Web Server. In Database-Driven Web Development: Learn to Operate at a Professional Level with PERL and MySQL (pp. 145-160). Berkeley, CA: Apress (accessed on: 7-9-2024).

[61] Dyer, R. J. (2015). Learning MySQL and MariaDB: Heading in the right direction with MySQL and MariaDB. " O'Reilly Media, Inc." (accessed on: 7-9-2024).

[62] Jaenul, A., Yusro, M., & Maruddani, B. (2019). Implementation of voice over internet protocol (VoIP) using softphone applications based on session initiation protocol (SIP). In Empowering Science and Mathematics for Global Competitiveness (pp. 562-568). CRC Press (accessed on: 13-9-2024).