ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

«Ανάπτυξη αυτόματων συστημάτων απομακρυσμένου ελέγχου»

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Καλοδήμας Παναγιώτης

Χανιά 2010

Πρόλογος

Η εργασία αυτή διεξήχθη στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας στο τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών (ΗΜΜΥ) του Πολυτεχνείου Κρήτης. Για την διεξαγωγή αυτής της εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για την στήριξη και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τους καθηγητές κ. Γιώργο Σταυρακάκη και κ. Mathias Buher για την συμμετοχή τους στην Εξεταστική Επιτροπή.

Με αυτήν την εργασία ολοκληρώνεται ο κύκλος σπουδών μου για τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την οικογένεια μου, που μου έδωσε αυτή την ευκαιρία και που με στήριξε όλα αυτά τα χρόνια. Επιπλέον, όλους αυτούς με τους οποίου βαδίσαμε μαζί όλα αυτά τα χρόνια.

Περίληψη

Η εργασία αυτή είχε σκοπό την ανάπτυξη ενός συστήματος M2M [Κεφάλαιο 2] το οποίο θα επικοινωνεί με τον χρήστη του μέσω του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και συγκεκριμένα μέσω της υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων (SMS). Πρωταρχικός σκοπός και πεδίο δοκιμών ήταν η δημιουργία ενός συστήματος απομακρυσμένου ελέγχου ενός αγροκτήματος, όπου ο χειρισμός από τον ιδιοκτήτη του θα γινόταν μέσω γραπτών μηνυμάτων. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής του συστήματος ήταν η Q2687 της εταιρίας Wavecom πάνω στην πλακέτα της σειράς Q26 της ίδιας εταιρίας. Επίσης χρησιμοποιήθηκαν κάποια επιπλέον ηλεκτρονικά υλικά για τον έλεγχο και την εξομοίωση του συστήματος.

Αρχικά, αναπτύχθηκε μια εφαρμογή σε γλώσσα προγραμματισμού C που διαχειριζόταν ένα σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου ενός εικονικού αγροκτήματος, όπως ήταν και ο πρωταρχικός σκοπός της εργασίας. Όμως, στην συνέχεια, η εφαρμογή αυτή διευρύνθηκε με σκοπό τον προγραμματισμό της από τον χρήστη για την δημιουργία συστημάτων M2M με βάση τις εκάστοτε ανάγκες του. Έτσι, αναπτύχθηκε μια επιπλέον εφαρμογή για τον προγραμματισμό της εφαρμογής διαχείρισης στις προτιμήσεις των χρηστών. Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε ως διαδικτυακή με την γλώσσα προγραμματισμού PHP.

Το σύστημα, όπως και τα περισσότερα συστήματα M2M, προσφέρει στον χρήστη του την δυνατότητα πρόσβασης σε αυτό μέσω δικτύου πράγμα που καθιστά την δυνατότητα επικοινωνίας από απόσταση. Αυτό προσφέρει στους χρήστες των συστημάτων αυτών εξοικονόμηση ενέργειας τόσο με την μορφή χρημάτων όσο και χρόνου. Επιπλέον, τα M2M συστήματα είναι συστήματα χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Αρκεί να σκεφτεί κανείς την ενέργεια που εξοικονομείται όταν παραδείγματος χάριν ένας αγρότης δεν χρειάζεται να πηγαίνει καθημερινά στο αγρόκτημα του για να προβεί σε εργασίες ελέγχου και συντήρησης (πχ πότισμα), αφού μπορεί να ενημερώνεται και να εκτελεί εργασίες χρησιμοποιώντας το κινητό του τηλέφωνο.

Συντομογραφίες

3G	3rd Generation
4G	4th Generation
ADC	Analog to Digital Converter
ANSI	American National Standards Institute
API	Application Programming Interface
AT	ATtention
AuC	Authentication Centre
BS	Base Station
BSC	Base Station Controller
BSS	Base Station System
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code Division Multiple Access
DAC	Digital to Analog Converter
EDGE	Enhanced Data rates for GSM Evolution
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile communication
GWMS	SMS gateway SMC
HLR	Home Locator Register
HSPA	High Speed Packet Access
IMEI	International Mobile Equipment Identity
M2M	Machine to Machine
MSC	Mobile Switching Center
NNS	Network Switching Subsystem
OS	Operating System

PDA	Personal Data Assistant
PHP	PHP Hypertext Preprocessor
RAM	Random Access Memory
RF	Radio Frequency
SDK	Software Development Kit
SIM	Subscriber Identity Module
SMC	Short Message Center
SME	Short Message Entity
SMS	Short Message Service
SMSC	Short Message Service Center
VLR	Visitor Locator Register
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
WDK	Wavecom Development Kit
WiMax	Worldwide Interoperability for Microwave Access

Εικόνες

Πίνακες

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή

1.1 Στόχος της Εργασίας

Μια από τις πλέον αναπτυσσόμενες τεχνολογίες είναι αυτή των δικτύων και ιδιαίτερα των ασύρματων. Μέσω του παγκόσμιου διαδικτύου μπορεί να επιτευχθεί σύνδεση μεταξύ συσκευών που βρίσκονται σε διαφορετικά γεωγραφικά σημεία με αρκετά μεγάλη απόσταση μεταξύ τους. Η χρήση των ασύρματων δικτύων κινητής τηλεφωνίας κάνει αυτή την διαδικασία ακόμα πιο ευέλικτη.

Εικόνα 1. Παγκόσμιο διαδίκτυο

Στην εκμετάλλευση των δυνατοτήτων αυτών των δικτύων στηρίζεται μια από τις ανερχόμενες τεχνολογίες, αυτή του M2M που θα αναλυθεί εκτενέστερα στο πρώτο κεφάλαιο, η οποία αποσκοπεί στην συνένωση μεταξύ διαφορετικών ειδών συσκευών μέσω δικτύων δημιουργώντας «έξυπνα» συστήματα, τα οποία αλληλεπιδρούν μεταξύ τους μειώνοντας αισθητά την συμμετοχή του ανθρώπινου παράγοντα.

Ένα M2M σύστημα ήταν ο στόχος αυτής της εργασία το οποίο θα είχε εφαρμογή σε γεωργικές εγκαταστάσεις για τον εξ αποστάσεως έλεγχο τους.

1.2 M2M Εφαρμογές

Καθώς η τεχνολογία των δικτύων αναπτύσσεται, η τεχνολογία M2M ακολουθεί. Σιγά σιγά τα πρώτα M2M συστήματα βρίσκουν εφαρμογή στην κοινωνία. Επίσης, οι βιομηχανίες αρχίζουν να την προσεγγίζουν χρησιμοποιώντας σε μικρή κλίμακα τέτοια συστήματα. Έτσι, η M2M τεχνολογία σιγά σιγά κάνει τα πρώτα της βήματα.

- Στην πολιτεία της Καλιφόρνια ασύρματα συστήματα διαχείρισης υδάτινων πόρων παρατηρούν το πρόγραμμα υδροδότησης για την χρήση νερού έτσι ώστε να διατηρούνται οι κατάλληλες ποσότητες νερού στην περιοχή. Το σύστημα υπολογίζει και υδροδοτεί τις περιοχές με βάση δεδομένα που παίρνει από δελτία καιρού, τετελεσμένα καιρικά φαινόμενα, την εξάτμιση, την απορροφητικότητα από τα φυτά και την υπεδάφια διαρροή. [1]
- Η General Motors προσφέρει τις υπηρεσίες OnStar οι οποίες είναι ένα πολύ χαρακτηριστικό παράδειγμα M2M εφαρμογής. Με αυτόν τον τρόπο μπορεί να κάνει διάγνωση εξ' αποστάσεως μηχανικών βλαβών, να επικοινωνήσει με υπηρεσίες άμεσης ανάγκης και να παρέχει οδική βοήθεια. Η υπηρεσία OnStar παρακολουθεί την κατάσταση των οχημάτων όλο το εικοσιτετράωρο και μπορεί να διαγνώσει συγκρούσεις με αποτέλεσμα να καλεί σε άμεση βοήθεια όταν ο οδηγός του οχήματος αδυνατεί να το κάνει ο ίδιος. [2][3][4]

Εικόνα 2. Υπηρεσία Onstar [3]

- Μια από τις πιο καινοτόμες εφαρμογές M2M είναι στην ιατρική το PillCam, η οποία αναπτύχθηκε από την εταιρία Given Imaging Ltd στο Ισραήλ. Ο ασθενής καταπίνει μια κάψουλα, η οποία περιέχει μια πολύ μικρών διαστάσεων κάμερα. Η διαδικασία είναι ουσιαστικά μια ενδοεντερική ενδοσκόπηση. Η συσκευή αυτή παίρνει φωτογραφίες καθώς διέρχεται μέσα από τον οργανισμό. Οι φωτογραφίες μεταδίδονται σε έναν δέκτη που φοράει ο ασθενής και στην συνέχεια μεταφέρονται σε μια οθόνη από όπου γίνεται η διάγνωση. [2][5][6]

Εικόνα 3. PillCam [6]

- Ακόμα ένα παράδειγμα είναι αυτό της εταιρίας Coca cola, η οποία έχει προσεταιριστεί την M2M τεχνολογία. Η Coca Cola έχει στήσει ασύρματα ελεγχόμενα μηχανήματα πώλησης με ποικιλία πάνω από εκατό διαφορετικά είδη αναψυκτικών. Αυτό έδωσε την ευκαιρία στην εταιρία όχι μόνο να εξυπηρετεί καλύτερα τους πελάτες της αλλά και να μπορεί να έχει άμεση επίβλεψη σε σχέση με τα αποθέματα. Επιπλέον, μπορεί και καταγράφει την συμπεριφορά των καταναλωτών σχεδιάζοντας έτσι καλύτερες πολιτικές μάρκετινγκ. Με αυτόν τον τρόπο μειώνει το κόστος σε ώρες εργασίας και σε κίνηση οχημάτων εφοδιασμού στους δρόμους ενώ παράλληλα έχει συνεχή παρακολούθηση της καταναλωτικής συμπεριφοράς σε σχέση με τα προϊόντα της. [2][7]

Εικόνα 4. Ασύρματα ελεγχόμενα μηχανήματα πώλησης της Coca Cola [7]

- Η εταιρία Rentokil από το Ηνωμένο Βασίλειο είχε την ιδέα να τοποθετήσει ασύρματα αισθητήρια σε παγίδες ποντικών σε διάφορα κτήρια στο Λονδίνο.

Σκοπός αυτής της M2M εφαρμογή ήταν να ειδοποιεί όταν ένα τρωκτικό πιάνεται σε μια παγίδα. Χάρης σε αυτή την εφαρμογή η εταιρία κέρδισε από το να απασχολεί υπαλλήλους που επισκέπτονταν μια-μια όλες τις παγίδες για να ελέγχουν αν κάποιο τρωκτικό είναι παγιδευμένο. Ένα από τα κτήρια στα οποία εφαρμόστηκε αυτή η εφαρμογή ήταν στο γήπεδο του Wembley. Η εφαρμογή αυτή προσφέρει επιπλέον αρκετές πληροφορίες για την κίνηση των τρωκτικών και την δυνατότητα πρόβλεψης των κινήσεων και εξορμήσεων τους. [2][8]

Εικόνα 5.Monitor unit της Rentokil [8]

1.3 Εκτέλεση Εργασίας

Το πρώτο βήμα για την εκτέλεση της εργασίας ήταν η εύρεση του κατάλληλου υλικού για την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος. Αποτέλεσμα της αντίστοιχης έρευνας ήταν η χρήση της ασύρματης κεντρικής μονάδας επεξεργασίας Q2687 [9] της εταιρίας Wavecom [10]. Η αιτία επιλογής της συγκεκριμένης συσκευής ήταν το γεγονός ότι έχει ενσωματωμένη μονάδα σύνδεσης με τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας. Επιπλέον, διαθέτει μεγάλη ποικιλία περιφερειακών διαύλων και εξωτερικών σημάτων γενικής χρήσης για σύνδεση τους με αισθητήρια και άλλα εξωτερικές συσκευές. Τέλος, η εταιρία Wavecom αποτελούσε μια από τις κυρίαρχες εταιρίες στο τομέα των ασύρματων κεντρικών μονάδων επεξεργασίας. Κατά συνέπεια η εταιρία Wavecom αγοράστηκε στην συνέχεια από μια από τις μεγαλύτερες εταιρίες στον τομέα των ασύρματων συστημάτων, την Sierra [11].

Το επόμενο ερώτημα βρισκόταν στο τρόπο με τον οποίο θα επιτυγχάνεται η επικοινωνία του συστήματος με τον χρήστη. Με βάση τις απαιτήσεις σε μετάδοση όγκου δεδομένων αλλά και την ευκολία χειρισμού του από τον χρήστη ως τρόπος επικοινωνίας επιλέχθηκε η υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων (SMS) που προσφέρει το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας GSM (Global System for Mobile Communication) των παρόχων υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας. Η υπηρεσία SMS επιλέχθηκε καθώς είναι πλήρως οικεία στους περισσότερους χρήστες του δικτύου κινητής τηλεφωνίας, είναι αρκετά αξιόπιστη και όγκος των δεδομένων ανταλλαγής μεταξύ χρήστη και συστήματος δεν είναι μεγάλος.

Εικόνα 6. Αυτόματο σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου

Στην συνέχεια της εργασίας αναπτύχθηκε το λογισμικό της εφαρμογής, που εκτελείται από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας του συστήματος. Επιπλέον, χρειάστηκε να δημιουργηθεί και ένα σύνολο βοηθητικών κυκλωμάτων για την εξομοίωση της εφαρμογής και τον έλεγχο του λογισμικού.

1.4 Καινοτομία

Κατά την διάρκεια ανάπτυξης του λογισμικού εμφανίστηκε η ιδέα επέκτασης της εφαρμογής σε μια εφαρμογή ευρείας χρήσης η οποία, με την χρήση μια βοηθητικής εφαρμογής, θα μπορεί να παραμετροποιείται και να χρησιμοποιείται ανάλογα με τις ανάγκες του εκάστοτε χρήστη. Με απλά λόγια, μια εφαρμογή που προγραμματίζει M2M συστήματα για τον επεξεργαστή Q2687.

Στο σημείο αυτό χρειάστηκε να τροποποιηθεί το λογισμικό έτσι ώστε να μπορεί να είναι παραμετροποιήσιμο για να αλλάζει ο τρόπος λειτουργίας του ανάλογα με το αυτόματο σύστημα που ο χρήστης επιθυμεί να δημιουργήσει. Για να επιτευχθεί αυτό χρειάστηκε να αναπτυχθεί μια επιπλέον εφαρμογή, που να δέχεται τα χαρακτηριστικά του συστήματος του χρήστη και να δίνει τις αντίστοιχες παραμέτρους στο λογισμικό ώστε να λειτουργεί με βάση τις ιδιαιτερότητες του συστήματος του.

1.5 Περιεχόμενα Κεφαλαίων

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην τεχνολογία M2M, της εφαρμογές που μπορεί να έχει, την δομή των συστημάτων M2M και της προοπτικές της στο μέλλον. Στο κεφάλαιο 2 περιγράφεται η σχέση της M2M τεχνολογίας με τα ασύρματα δίκτυα. Επιπλέον, αναλύεται τον δίκτυο κινητής τηλεφωνίας GSM και ο τρόπος λειτουργίας του καθώς και η υπηρεσία αποστολής γραπτών μηνυμάτων, την οποία προσφέρει και χρησιμοποιήθηκε στην συγκεκριμένη εργασία. Στο κεφάλαιο 3 γίνεται περιγραφή του εξοπλισμού που χρησιμοποιήθηκε για την επίτευξη της εργασία αυτής τόσο σε επίπεδο υλικού όσο και εργαλείων λογισμικού. Στο τέταρτο κεφάλαιο δίνεται η περιγραφή του λογισμικού της εφαρμογής διαχείρισης του συστήματος που αναπτύχθηκε καθώς και της βοηθητικής εφαρμογής προγραμματισμού της. Στο κεφάλαιο 6 και 7 αναφέρονται τα συμπεράσματα της εργασίας σε σχέση με το σύστημα απομακρυσμένου ελέγχου που αναπτύχθηκε αλλά και την M2M τεχνολογία γενικότερα. Τέλος, στο παράστημα Α υπάρχει αναλυτική περιγραφή των εντολών που δέχεται το σύστημα μέσω SMS.

2. Τεχνολογία M2M

2.1 Τι είναι η M2M Τεχνολογία

Η λέξη M2M είναι συντομογραφία των φράσεων «Machine-2-Machine», «Man-2-Machine», «Mobile-2-Machine» σαν έκφραση της τεχνολογίας που περιλαμβάνει την ενσύρματη ή ασύρματη επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συσκευών αλλά και την επικοινωνία τους με ανθρώπους. Το ασύρματο M2M περιλαμβάνει οποιαδήποτε τεχνολογία ασύρματου δικτύου από τα μικρά τοπικά δίκτυα μέχρι τα παγκόσμια δορυφορικά.

Εικόνα 7. M2M τεχνολογία [21]

Πηγές: [12][13][7][12][14][15][16][17][18][19][20]

2.2 Η Ιδέα πίσω από το M2M

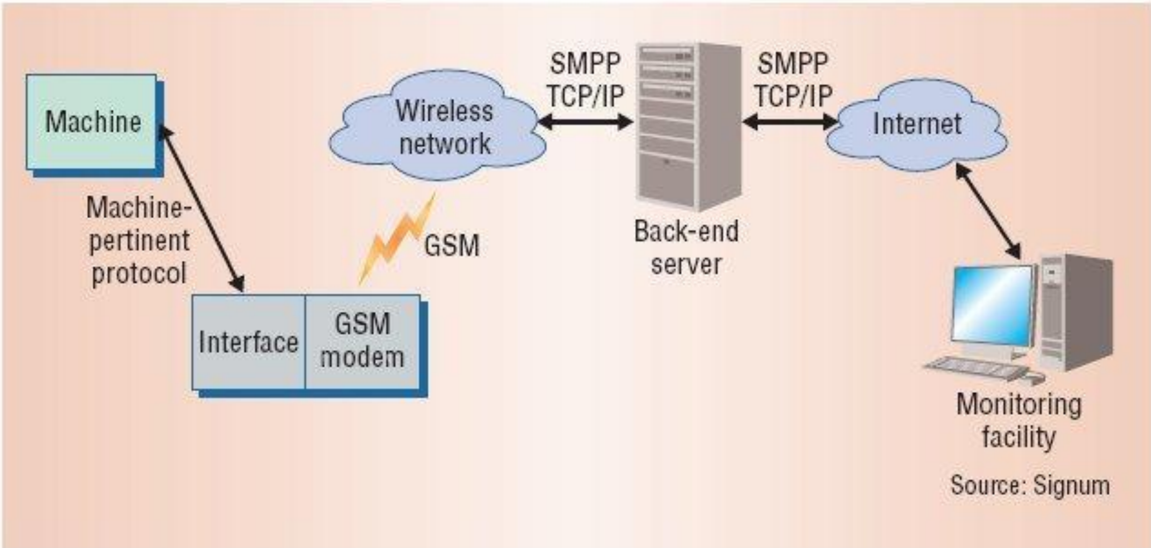
Οι Η/Υ άλλαξαν τελείως τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι επιδρούν με τις μηχανές και επικοινωνούν μεταξύ τους. Οι M2M συσκευές βρίσκονται πίσω από την ιδέα ενός μέλλοντος όπου έξυπνες συσκευές θα είναι ικανές να επιδρούν μεταξύ τους χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα. Οι συσκευές αυτές θα είναι ικανές να ανταλλάσουν δεδομένα μεταξύ τους και να παίρνουν αυτόνομα αποφάσεις αφήνοντας στον ανθρώπινο παράγοντα τον ρόλο του επόπτη. Σκοπός είναι η μείωση της συμμετοχής του ανθρώπου και η εξοικονόμηση ενέργειας και οικονομικών και ανθρώπινων πόρων.

Εκτός από τις βιομηχανικές εφαρμογές, η M2M τεχνολογία ταιριάζει και σε ανθρώπους που δεν είναι εξοικειωμένοι με την τεχνολογία γενικότερα και δεν κατέχουν ιδιαίτερες τεχνικές γνώσεις, καθώς βασίζεται σε έξυπνα συστήματα που μπορούν να παίρνουν μόνα τους αποφάσεις. Οι αποφάσεις αυτές βασίζονται σε πληροφορίες τις οποίες συλλέγουν συνήθως από αισθητήρια όργανα και από εξωτερικές εντολές.

Πηγές: [2][12][17]

2.3 Δομή Συστημάτων M2M

Η βασική αρχιτεκτονική δομή ενός M2M συστήματος ίσταται από μια ηλεκτρονική συσκευή που μπορεί να λειτουργεί ανεξάρτητα και μια μονάδα σύνδεσης με το δίκτυο. Η μονάδα σύνδεσης με το δίκτυο μπορεί να είναι ενσωματωμένη στη συσκευή ή να λειτουργεί επιπρόσθετα συνδεόμενη εξωτερικά. Η πρωτεύουσα σημασία της μονάδας αυτής είναι η μετάδοση και η λήψη δεδομένων μέσα από κάποιου είδους δίκτυο. Μια ακόμα βασική μονάδα του συστήματος είναι ένας τερματικός χρήστης για την συλλογή δεδομένων και την ανώτερου επιπέδου επίβλεψη του συστήματος.



Εικόνα 8. Δομή συστημάτων M2M [12]

Οι «έξυπνες» και δικτυακά συνδέσιμες συσκευές είναι το κύριο συστατικό των M2M συστημάτων. Αναφερόμαστε σε ένα σύνολο ηλεκτρονικών και ηλεκτρικών συσκευών όπως μικροελεγκτές, αισθητήρια, ενεργοποιητές καθώς και κινητά τηλέφωνα, GSM Modules και άλλες δικτυακές συσκευές. Οι συσκευές αυτές μπορούν να τοποθετηθούν σε άλλα συστήματα για την συλλογή δεδομένων, την επεξεργασία αυτών των δεδομένων καθώς και την λήψη αποφάσεων. Με την σύνδεση με συσκευές σύνδεσης ασυρμάτου δικτύου μπορούν να γίνουν ασύρματες. Επίσης τα ήδη υπάρχοντα αυτόματα συστήματα μπορούν να μετατραπούν σε δικτυακά και να ελέγχονται από μακριά με την ενσωμάτωση ασύρματα συνδέσιμων συσκευών.

Το συστατικό ενός M2M συστήματος, το οποίο το διαφοροποιεί από τα υπόλοιπα είδη αυτόματων συστημάτων, είναι το δίκτυο επικοινωνίας, αναφερόμενοι τόσο στα ενσύρματα όσο και στα ασύρματα δίκτυα. Η συνδεσιμότητα είναι το πιο ουσιαστικό και θεμελιώδες κομμάτι του M2M. Οι επικοινωνίες μπορούν να επωφεληθούν από τα είδη υπάρχοντα πρωτόκολλα TCP/IP καθώς είναι τα πιο ευρέως διαδεδομένα και χρησιμοποιούνται από της υπηρεσίες διαδικτύου. Η επιλογή του δικτύου εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το εύρος, η κάλυψη, η συχνότητα χρήσης, η απόσταση και το κόστος. Ανάλογα με τις προδιαγραφές μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ενσύρματο (Ethernet) είτε ασύρματο δίκτυο (GSM, GPRS, CDMA, Bluetooth, ZigBee, RF technologies.

Πηγές: [2][7][12][16][17][18][19][22]

2.4 Εφαρμογές της M2M Τεχνολογίας:

Οι εφαρμογές M2M βασίζονται περισσότερο στην ανταλλαγής δεδομένων χωρίς την άμεση παρεμβολή του ανθρώπινου παράγοντα. Στηρίζονται στην ιδέα ότι οι μηχανές είναι πολύ πιο χρήσιμες όταν είναι συνδεδεμένες με δίκτυο και συνάμα τα δίκτυα είναι πολύ πιο χρήσιμα όταν συνδέουν πολλές και διαφόρων ειδών συσκευές. Συνήθως ο ανθρώπινος παράγοντας βρίσκεται πίσω από μια τερματική συσκευή, η οποία μπορεί να είναι κινητή, και η οποία λειτουργεί σαν διεπαφή για να παρεμβαίνει στις κρίσιμες αποφάσεις.

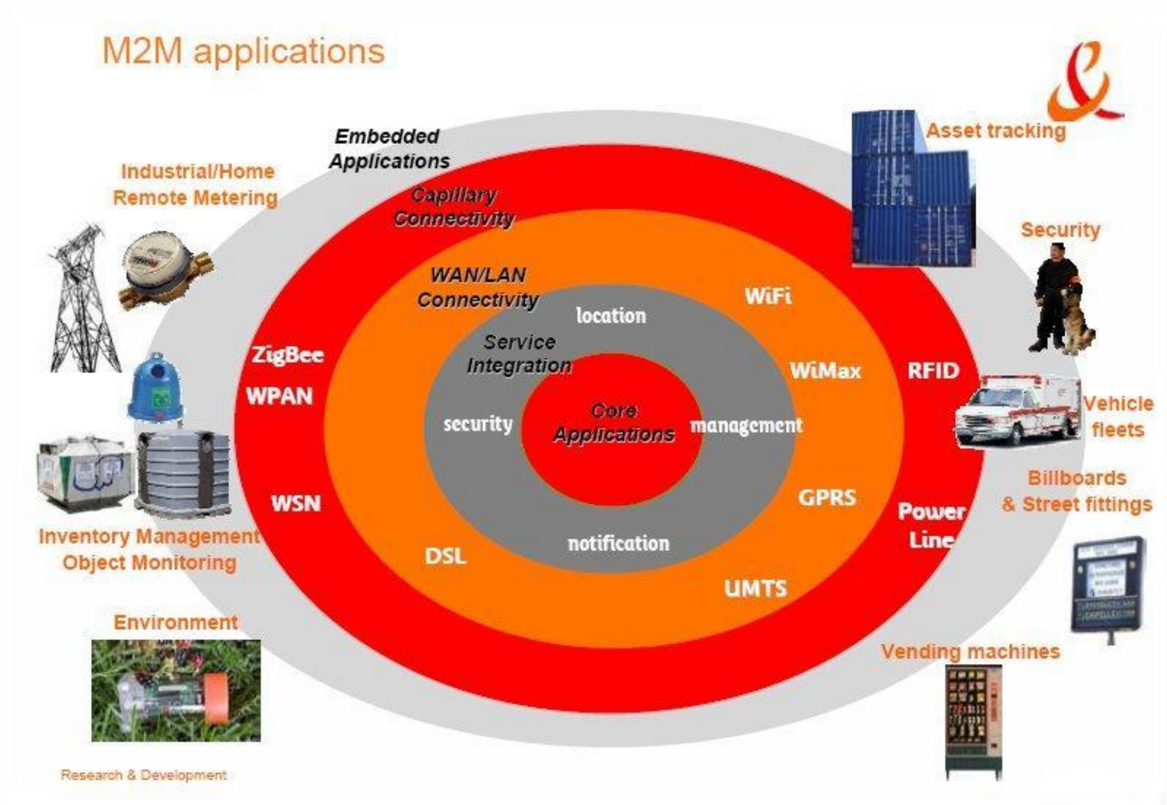
Κάποια πεδία εφαρμογών είναι:

- Εφαρμογές σε επικίνδυνες για τον άνθρωπο περιοχές. Τέτοιες περιοχές μπορεί να είναι απόκρημνα σημεία, θαλάσσιες περιοχές ή ο θαλάσσιος βυθός, μολυσμένες για την ανθρώπινη υγεία περιοχές.
- Στην ιατρική, ιατρικά όργανα που συνδέονται δικτυακά με κεντρικό server ή κάποια κεντρική ιατρική συσκευή και στέλνουν μετρήσεις και λαμβάνουν αποτελέσματα. Τέτοιες συσκευές μπορούν να επιταχύνουν την διαδικασία προετοιμασίας σε ένα νοσοκομείο ενώ το ασθενοφόρο βρίσκεται στην διαδρομή. Επίσης, μπορεί μια κεντρική ιατρική συσκευή τύπου server να βγάζει αποτελέσματα για πολλές άλλες συσκευές τύπου client. Τέλος, συσκευές που παρακολουθούν την υγεία ενός ασθενή κατ’ οίκων, ενώ ενημερώνεται ο γιατρός του στο νοσοκομείο ή το γραφείο του.

- Στις Μεταφορές η συνεχής παρακολούθηση της διαδρομής των φορτίων από τον τόπο παραγωγής στον προορισμό παράδοσης. Πλήρης έλεγχος της παραγωγής.
- Στο κυκλοφοριακό δίκτυο, φωτεινοί σηματοδότες που ρυθμίζουν την λειτουργία τους με βάση δεδομένα που παίρνουν από αισθητήρια. Επίσης, ενημέρωση των οδηγών για την τρέχουσα κατάσταση κυκλοφορίας και πρόταση εναλλακτικών διαδρομών.
- Στις πωλήσεις, αυτόματα μηχανήματα πώλησης που πληροφορούν το κέντρο για τις πωλήσεις και κάνουν αιτήσεις για ανεφοδιασμό.
- Έξυπνα κτήρια. Παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και άλλων παραγόντων για την διατήρηση άνετου περιβάλλοντος εντός των κτηρίων και την εξοικονόμηση ενέργειας.
- Στην βιομηχανία η επικοινωνία μεταξύ διαφόρων σταδίων παραγωγής
- Συστήματα ασφαλείας. Παρακολούθηση χώρων από μεγάλες αποστάσεις και άμεση ενημέρωση.
- Στην γεωργία για την παρακολούθηση και την καλύτερη επίβλεψη της κατάστασης της παραγωγής από απόσταση
- Στις δημόσιες υπηρεσίες μετρητές κατανάλωση ηλεκτρικού ρεύματος ή πόσιμου ύδατος που θα ενημερώνουν για την κατανάλωση των καταναλωτών.

Ένα επαναστατικό προτέρημα της M2M τεχνολογίας το οποίο μπορεί να αλλάξει τον τρόπο λειτουργίας της σύγχρονης βιομηχανίας αλλά και της κοινωνίας είναι ότι μπορεί να συνεισφέρει εποικοδομητικά στην αποκέντρωση των συστημάτων και κέντρων επιχειρήσεων. Για παράδειγμα στην μείωση των επισκέψεων σε ένα νοσοκομείο.

Επίσης οι M2M συσκευές δίνουν στους ιδιοκτήτες τους την δυνατότητα να έχουν κάθε στιγμή από κάθε μέρος πρόσβαση στην συσκευή τους αρκεί να διαθέτουν μια συσκευή που να μπορεί να συνδεθεί στο δίκτυο όπως ένα κινητό τηλέφωνο, ένα PDA (Personal Digital Assistant) ή ένα φορητό υπολογιστή. Επίσης, δίνει την δυνατότητα σύνδεσης τους με τον κατασκευαστή προσφέροντας την δυνατότητα άμεσης επιδιόρθωσης προβλημάτων και αναβαθμίσεων.



Εικόνα 9. M2M εφαρμογές [12]

Πηγές: [2][7][12][13][14][16][17][19][20][21][22][23][24][25]

2.5 Μέλλον και Προοπτικές της M2M τεχνολογίας

Όσο οι άνθρωποι και τα ηλεκτρονικά μηχανικά συστήματα αλληλοσυνδέονται περισσότερο, τόσο η M2M τεχνολογία γίνεται πιο ισχυρή μπροστά στον 21ο αιώνα. Υπάρχουν δισεκατομμύρια ηλεκτρονικές συσκευές σήμερα που διαθέτουν όλα τα χαρακτηριστικά για να εκμεταλλευτούν τα πλεονεκτήματα της M2M τεχνολογίας. Όλο και περισσότερες εταιρίες καταφεύγουν σε λύσης τύπου M2M. Κάθε νέα και ελπιδοφόρα τεχνολογία παρουσιάζει προκλήσεις στην υλοποίηση. Το M2M δεν διαφέρει σ' αυτό.

Τα κύρια προβλήματα που αντιμετωπίζει η τεχνολογία M2M βρίσκονται στο επίπεδο του δικτύου. Οι δυσκολίες εμφανίζονται στην αξιοπιστία, δυναμικότητα, καθυστερήσεις, ασφάλεια και το κόστος. Η ασφάλεια και προστασία των δεδομένων είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία κατά την διάρκεια σχεδίασης ενός M2M συστήματος. Διαφορετικοί τρόποι μετάδοσης προσφέρουν διαφορετικού τύπου κρυπτογράφηση και ασφάλεια. Για παράδειγμα, το πρωτόκολλο Ethernet δεν παρέχει κανενός είδους ασφάλεια ή κρυπτογράφηση, ενώ τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας προσφέρουν κρυπτογράφηση και εξουσιοδότηση για την πρόσβαση και την μετάδοση δεδομένων. Οι δικτυακές τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν πρέπει να εξασφαλίζουν διαθεσιμότητα, αξιοπιστία και οικονομική αποδοτικότητα. Τα δίκτυα θα πρέπει να δομούνται για βελτιστοποιημένη επικοινωνία.

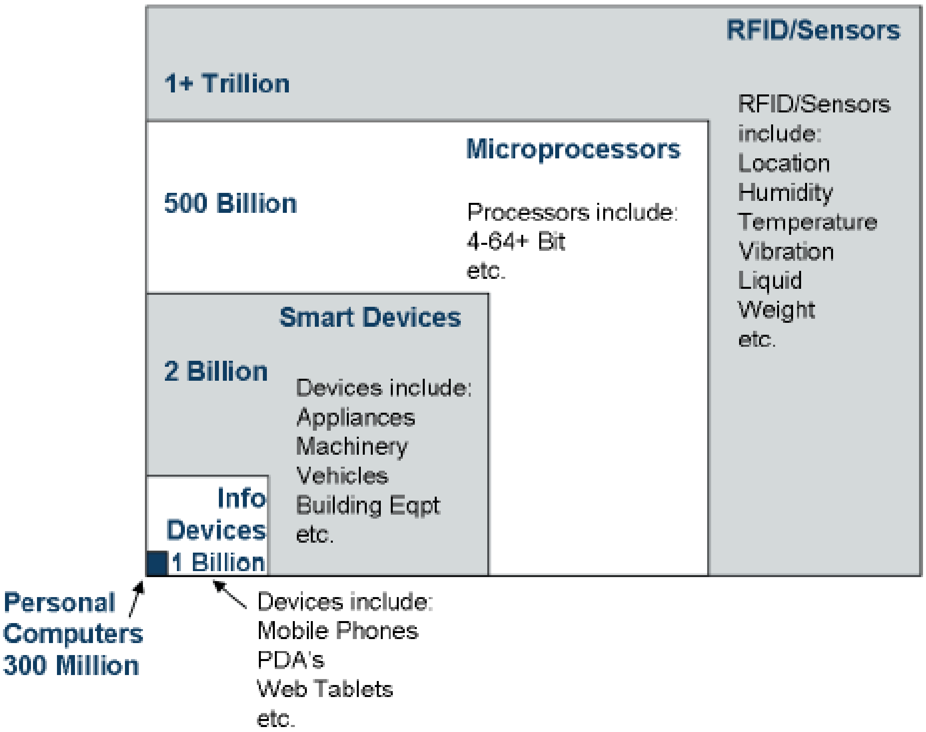
Οι προσδοκίες για την ανάπτυξη του M2M είναι υψηλές. Κάποιοι υποστηρίζουν πως είμαστε στο κατώφλι μια επανάστασης των ασύρματων τηλεπικοινωνιών όπου όλα θα συνδέονται ανά πάσα στιγμή ανεξαρτήτως γεωγραφικού πλάτους με οποιαδήποτε συσκευή με χαμηλό κόστος. Αυτή η αντίληψη ταιριάζει απόλυτα στην τεχνολογία M2M. Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που μπορούμε να αναλογιστούμε.

Εικόνα 10. Πεδία εισαγωγής M2M τεχνολογίας [26]

- Η υποδομή είναι ήδη εγκατεστημένη. Το είδη υπάρχον 3G δίκτυο και οι αναπτυσσόμενες WiMax και 4G τεχνολογίες, χρησιμοποιούν τις απαραίτητες υποδομές που οι μεγαλύτεροι κομιστές κινητής τηλεφωνίας είδη διαθέτουν εγκατεστημένες. Ελάχιστες είναι οι προδιαγραφές που χρειάζεται να έχει ένας κομιστής για να εξυπηρετήσει τις M2M συσκευές και σχεδόν όλοι ικανοποιούν.
- Με την εξέλιξη των τεχνολογιών στις τηλεπικοινωνίες όπως το EDGE και 3G στην τεχνολογία GPRS/GSM, η απόδοση των συστημάτων θα βελτιωθεί και θα μπορούμε να έχουμε πολλαπλές λύσεις σε απλές συσκευές. Νέες τεχνολογίες όπως το WiMax έχουν αυξήσει τις ταχύτητες στην μεταφορά δεδομένων και το εύρος του προσθέτοντας και άλλα πλεονεκτήματα στις

τηλεπικοινωνίες. Βελτίωση της δομής των δικτύων θα οδηγήσει σε βελτίωση της απόδοσης των M2M συστημάτων.

- Πολλά από τα σημερινά ενσωματωμένα συστήματα μπορούν να επωφεληθούν από την λειτουργικότητα της M2M τεχνολογίας. Σήμερα ανά τον κόσμο υπάρχουν κυριολεκτικά δισεκατομμύρια συσκευές που μπορούν να προσαρμοστούν και να τροποποιηθούν για να ενταχθούν στην M2M τεχνολογία που μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό είναι ήδη συνδεδεμένο. Εκρηκτική αύξηση των M2M συσκευών αναμένεται.
- Τα αισθητήρια και οι ενεργοποιητές παίζουν μεγάλο ρόλο στις M2M εφαρμογές. Πλέον αυτά τα στοιχεία γίνονται όλο και πιο φτηνά. Οι ενεργειακά αποδοτικοί αισθητήρες θα εμπλουτίσουν περισσότερο τις συσκευές που χρησιμοποιούνται από τα M2M συστήματα, και η τεχνολογική εξέλιξη στον τομέα της ηλεκτρονικής και της ενέργειας θα οδηγήσει σε όλο και μικρότερη κατανάλωση ενέργεια και καλύτερη αξιοποίηση των μπαταριών κάνοντας τα περισσότερο αυτόνομα. Η βελτίωση της τεχνολογίας έχει μικρύνει το μέγεθος των μπαταριών λιθίου και έχει αυξήσει την διάρκεια τους. Άλλες εναλλακτικές μορφές ενέργειας προσθέτονται στα πλεονεκτήματα προς την M2M τεχνολογία. Ενεργειακά αποδοτικά συστήματα μπορούν να δουλεύουν ασταμάτητα χωρίς καμία ανθρώπινη παρεμβολή και να φροντίζουν για περισσότερο χρόνο παρέχοντας έξυπνα, καλύτερα, φτηνότερα και βολικά M2M συστήματα. Υπάρχουν πάρα πολλές ευκαιρίες για βελτίωση σε κάθε επίπεδο με την σωστή και έξυπνη αξιοποίηση των σύγχρονων τεχνολογιών. Η M2M μπορεί να επωφεληθεί πολύ από αυτό.



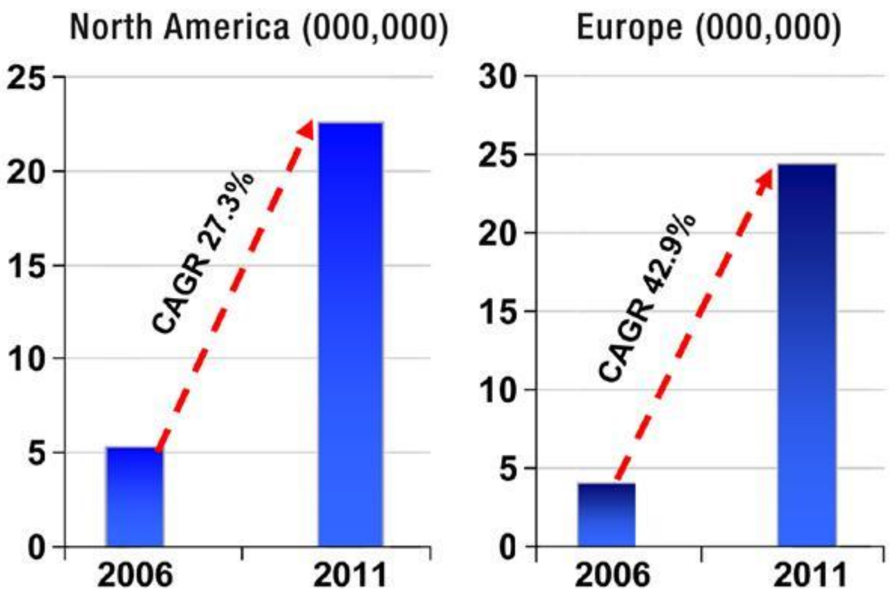
Εικόνα 11. Πληθυσμός μικροσυσκευών παγκοσμίως [12][13]

- Το κόστος σύνδεσης στο δίκτυο έχει μειωθεί. Το κόστος σύνδεσης στα ασύρματα δίκτυα μειώνεται συνέχεια τα τελευταία χρόνια. Ξεκινώντας από τα πρώτα ασύρματα δίκτυα της τεχνολογίας 2/2.5G όπου το κόστος ήταν υπέρογκα υψηλό, σήμερα τα νέα και καλύτερα δίκτυα των 3/4G προσφέρονται σε πολύ χαμηλές τιμές.
- Η διαθεσιμότητα σε ολοκληρωμένες μονάδες συσκευών. Σήμερα υπάρχουν κάποιοι κατασκευαστές μονάδων M2M συστημάτων τα οποία περιλαμβάνουν ενσωματωμένα πρωτόκολλα και λειτουργικά συστήματα real-time με είδη ολοκληρωμένες κάποιων ειδών εφαρμογές M2M. Για παράδειγμα οι εταιρίες ccWW Ltd [27], Sierra Wireless (Wavecom) [11] και Telit [28].

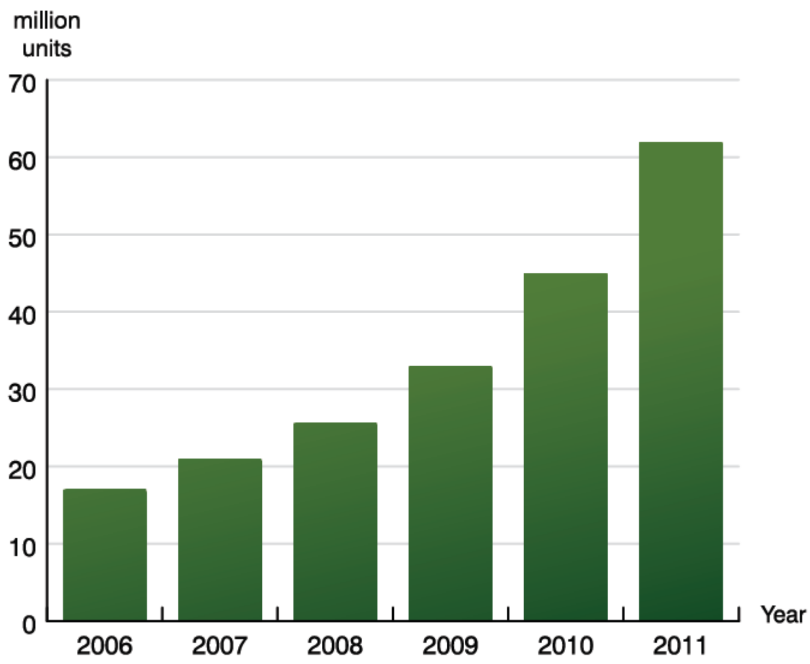
Εικόνα 12. Κατασκευαστικές εταιρίες M2M μονάδων [11][27][28]

- Οι κρατικές αποφάσεις προωθούν και υιοθετούν την M2M τεχνολογία. Στην Μεγάλη Βρετανία η κυβέρνηση απαίτησε όλα τα σπίτια και κτήρια να εφοδιαστούν με συστήματα M2M για την μέτρηση της ενεργειακής κατανάλωσης μέχρι το 2020. Προς παρόμοια πολιτική δείχνει να κινείται και οι Ηνωμένες Πολιτείες όπου υπάρχουν οι πρώτες πιέσεις σε σχέση με την ενεργειακή πολιτική. [29]

Οι συνδέσεις για M2M εφαρμογές αναμένεται να αυξηθούν κατά 426% στην βόρεια Αμερική και 595% στην Ευρώπη μεταξύ του χρονικού διαστήματος από το 2007 έως το 2011. Σύμφωνα με την Berg Insight [30], ο αριθμός των M2M συνδέσεων θα αυξηθεί σε 200 με 250 δισεκατομμύρια συνδέσεις στα επόμενα χρόνια. Η αιτία αυτής της πρόβλεψης είναι το γεγονός ότι τα κινητά τηλέφωνα είναι συσκευές για συγκεκριμένη χρήση σε αντίθεση με τις M2M συσκευές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για πληθώρα εφαρμογών εμπορικού ή βιομηχανικού τύπου. Επιπλέον, ένα πολύ μικρό ποσοστό των επεξεργαστών σχεδιάζεται και κατασκευάζεται για την χρήση του σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές καθώς η πλειοψηφία εντάσσεται σε ενσωματωμένα συστήματα. Όλα αυτά τα συστήματα δεν είναι τύπου M2M αλλά η διασύνδεση τους με δίκτυα και η μετατροπή τους σε M2M συστήματα είναι δυνατή και συμφέρουσα. Έτσι αυτή η πρόβλεψη δεν αποβλέπει στην εισροή μεγάλων ποσοτήτων M2M εφαρμογών στην κοινωνία αλλά στην μετατροπή των είδη υπάρχων εφαρμογών ενσωματωμένων συστημάτων σε M2M και εισαγωγή τους σε ασύρματα δίκτυα, κάτι που θα προσδώσει στις εφαρμογές αυτές μεγαλύτερη ευελιξία και περισσότερες δυνατότητες.



Εικόνα 13. Αναμενόμενη αύξηση M2M εφαρμογών σε Β. Αμερική και Ευρώπη [2]



Εικόνα 14. Αναμενόμενη αύξηση των M2M εφαρμογών παγκοσμίως [31]

Πηγές: [1][2][7][12][13][14][18][19][31]

3. Ασύρματα Δίκτυα

3.1 Ασύρματα Δίκτυα για M2M Εφαρμογές

Δύο είναι οι βασικές κατηγορίες ασυρμάτων δικτύων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε M2M εφαρμογές σε βιομηχανικό ή μη περιβάλλον. Η μια κατηγορία περιλαμβάνει τα ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLAN, ZIGBEE) ενώ η άλλα τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (GSM (GPRS/EDGE), WCDMA (HSPA)) [32]

Κάθε κατηγορία έχει τα δικά της χαρακτηριστικά τα οποία αποτελούν και κριτήριο επιλογής τους σε μια εφαρμογή M2M.

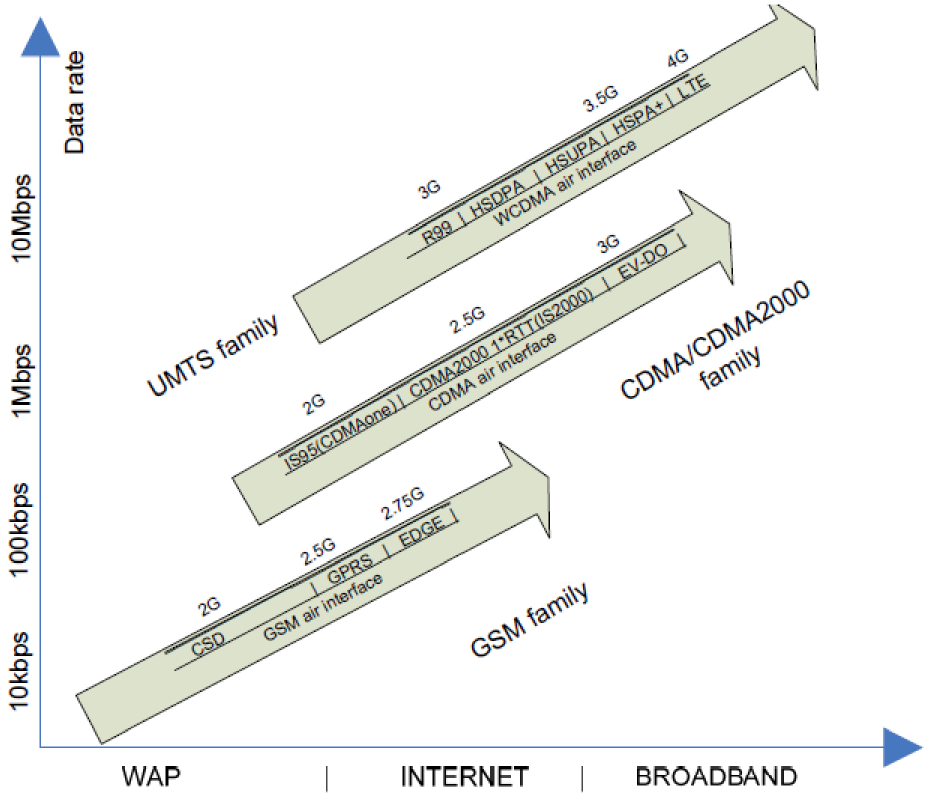
Το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας αποτελεί ένα από τα πλέον ιδανικά δίκτυα για ανάπτυξη κάποιων M2M εφαρμογών καθώς,

- Είναι πάντα ενεργό
- Δεν χρειάζεται εγκατάσταση
- Έχει κάλυψη σχεδόν παντού η οποία επεκτείνεται συνεχώς
- Μπορεί να εξυπηρετεί πολύ μεγάλο αριθμό χρηστών ταυτόχρονα
- Είναι παγκόσμιο και αναπτύσσεται συνέχεια
- Κοστίζει με βάση την ογκοχρέωση

Ωστόσο εμφανίζει κάποιες ελλείψεις οι οποίες το καθιστούν αναξιόπιστο και μη αποδοτικό για κάποιες άλλες εφαρμογές, όπως,

- Χαμηλοί ρυθμοί μετάδοσης της μέχρι τώρα τεχνολογίας σε σχέση με τα ασύρματα δίκτυα (ωστόσο αυξάνονται συνεχώς)
- Μειωμένη κάλυψη σήματος σε εσωτερικούς χώρους, ειδικά σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις με τοίχους από παχύ μπετόν.
- Μειωμένη κάλυψη σήματος σε κάποιες περιοχές γενικότερα
- Υπάρχει κόστος για την χρήση του που αυξάνεται με τον όγκο των δεδομένων που διακινούνται.

Με λίγα λόγια αποτελεί ένα έτοιμο δίκτυο στο οποίο υπάρχει πρόσβαση από οπουδήποτε, έτοιμο να εξυπηρετήσει κάθε πελάτη με ταχύτητες που συνεχώς αυξάνονται καθώς εξελίσσονται οι νέες γενιές πρωτοκόλλων 3G και 4G ενώ το κόστος χρήσης συνεχώς μειώνεται. Ωστόσο εμφανίζει κάποιες ελλείψεις που είναι ιδιαίτερα συμπαντικές στην χρήση M2M εφαρμογών για βιομηχανική χρήση.



Εικόνα 15. Εξέλιξη της τεχνολογίας των δικτύων κινητής τηλεφωνίας [15]

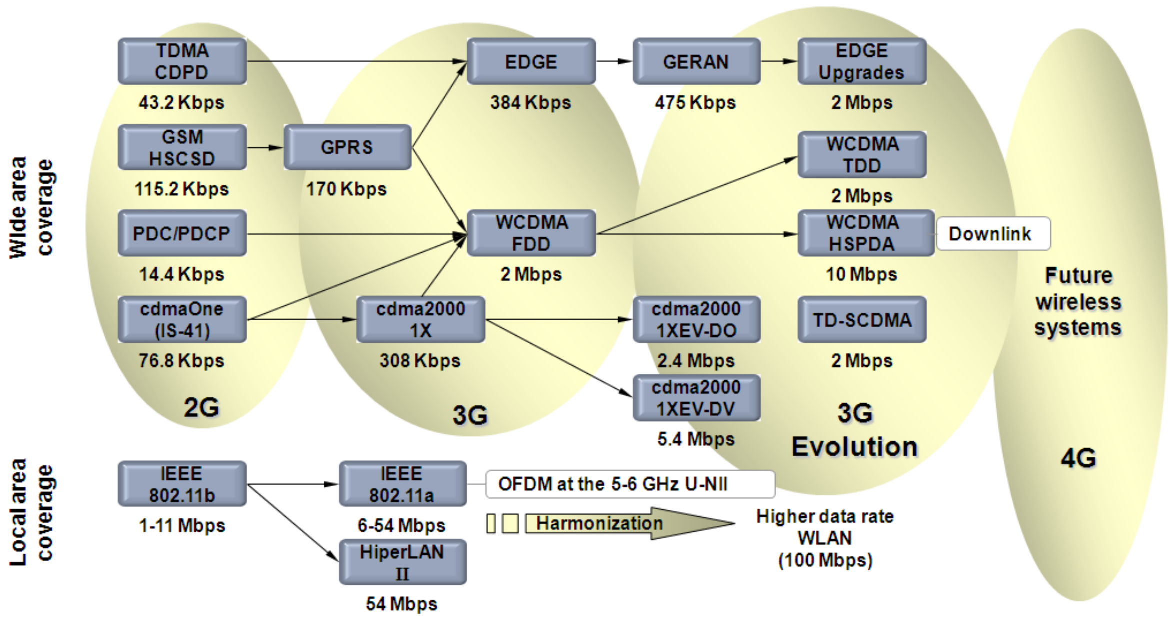
Οι μεγάλες βιομηχανικές εγκαταστάσεις βρίσκονται πολλές φορές σε απομακρυσμένες περιοχές που δεν υπάρχει υψηλή κάλυψη του δικτύου, ενώ ταυτόχρονα η ποιότητα του σήματος περιορίζεται καθώς καλείται να διαπεράσει παχύς στρώσεις τσιμέντου. Ακόμα όμως και για περιοχές εντός μεγάλων πόλεων πάντα υπάρχει το πρόβλημα της υπερχείλιση λόγο υψηλού φόρτου στο δίκτυο με αποτέλεσμα την καθυστέρηση μετάδοσης δεδομένων και ασταθής συνδέσεις. Πρακτικά, στην Ελλάδα, οι ταχύτητες οι οποίες υπόσχονται οι εταιρίες δικτύων κινητής τηλεφωνίας απέχουν αισθητά από την πραγματικότητα, καθώς σε ώρες αιχμής, αλλά και μέσου φόρτου χρήσης του δικτύου, οι ταχύτητες αυτές είναι εικονικές. Όλα τα παραπάνω είναι ρίσκα που δεν προτίθεται να αναλάβουν οι βιομηχανίες. Ωστόσο, στο παρόν στάδιο ανάπτυξης του, τα ελληνικά δίκτυα κινητής τηλεφωνίας μπορούν να καλύψουν τις ανάγκες πολλών μικρότερων απαιτήσεων M2M εφαρμογών.

Τα δίκτυα WLAN και ZIGBEE [33][34][35] είναι δίκτυα μικρής εμβέλειας σε σχέση με αυτή των δικτύων κινητής τηλεφωνίας, ωστόσο παρουσιάζουν και αυτά κάποια χαρακτηριστικά τα οποία είναι ιδανικά για κάποιες M2M εφαρμογές όπως,

- Είναι δοκιμασμένες οπότε και αξιόπιστες τεχνολογίες
- Προσφέρουν καλή διασύνδεση. Καλή και ελεγχόμενη κάλυψη καθώς και υψηλό όγκο μετάδοσης
- Μηδενικό κόστος χρήσης. Μετά την εγκατάσταση μοναδικό κόστος είναι η συντήρηση.

Ταυτόχρονα όμως παρουσιάζουν και κάποιες ελλείψεις όπως,

- Απαιτούν εγκατάσταση από ειδικό τεχνικό και αντίστοιχη ρύθμιση συσκευών
- Παρουσιάζουν χαμηλότερο επίπεδο ασφάλειας σε σχέση με τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας
- Εμφανίζουν φαινόμενα παρεμβολών. Σε κάποιους χώρους λειτουργούν συσκευές που πιθανόν να εισάγουν παρεμβολές στο σήμα του ασύρματου τοπικού δικτύου.



Εικόνα 16. Εξέλιξη συστημάτων κινητών και ασύρματων επικοινωνιών [36][37]

Πίνακας 1. Ασύρματα δίκτυα				
	Δίκτυα κινητής τηλεφωνίας		Ασύρματα τοπικά δίκτυα	
Τεχνολογία	GSM (GPRS/EDGE)	WCDMA (HSPA)	WLAN	ZIGBEE
Ασφάλεια	Υψηλή (VPN, Κρυπτογράφηση)	Υψηλή (VPN, Κρυπτογράφηση)	WEP, WAP	SKKE
Ταχύτητα	Απλό GSM – μέχρι 14,4kbps GPRS – μέχρι 48kbps EDGE – μέχρι 384kbps	Μέχρι 84Mbps	Μέχρι 54Mbps	Έως 250kbps
Παρεμβολές	Από παρόμοια μόνο δίκτυα	Από παρόμοια μόνο δίκτυα	Φούρνοι μικροκυμάτων, συσκευές Bluetooth, κα	Φούρνοι μικροκυμάτων, συσκευές Bluetooth, κα
Κάλυψη	Καλή σε εξωτερικούς χώρους Μέτρια σε εσωτερικούς	Καλή σε εξωτερικούς χώρους Μέτρια σε εσωτερικούς	Μέχρι 100 μέτρα	Μέχρι 75 μέτρα

Πηγές: [7][15][19][20][25][32][33][34][35][36][37][38][39]

3.2 M2M και Δίκτυο Κινητής Τηλεφωνίας

Οι τομείς των τηλεπικοινωνιών, ειδικά οι ασύρματες, έχουν αναπτυχθεί ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια. Η δημοτικότητα του διαδικτύου και του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου οδήγησαν στην επένδυση σε τεχνολογίες που θα παρέχουν πρόσβαση όλη μέρα οπουδήποτε. Τα δίκτυα αυτών των τεχνολογιών αναπτύχθηκαν για σύνδεση με κινητά τηλέφωνα, PDAs, Η/Υ (Ηλεκτρονική Υπολογιστές), ωστόσο και άλλων ειδών συσκευές μπορούν να επωφεληθούν από αυτά τα δίκτυα. Επιπλέον, η ραγδαία ανάπτυξη αυτών των δικτύων με όλο μεγαλύτερη γεωγραφική κάλυψη και όλο αυξανόμενη δυνατότητα ταχύτερης μετάδοσης σε συνδυασμό με την ευκολία πρόσβασης τους οδηγεί στην όλο και μεγαλύτερη χρήση τους από αντίστοιχες συσκευές.

Με τις πολυάριθμες προόδους στις τεχνολογίες επεξεργαστών base-band οι συσκευές μπορούν εύκολα να επικοινωνούν μεταξύ του ακόμα και αν τοποθετηθούν σε διάφορες περιοχές με πολλά χιλιόμετρα απόστασης μεταξύ τους ή από ένα κεντρικό σημείο ελέγχου. Όμως προκειμένου αυτές οι συσκευές να μπορούν να επικοινωνούν και να μεταδίδουν δεδομένα χρειάζεται να υπάρχει εγκατεστημένο ένα επίγειο ή ένα δορυφορικό δίκτυο. Ένα τέτοιο δίκτυο είναι συνήθως το δίκτυο GSM, GPRS/EDGE.

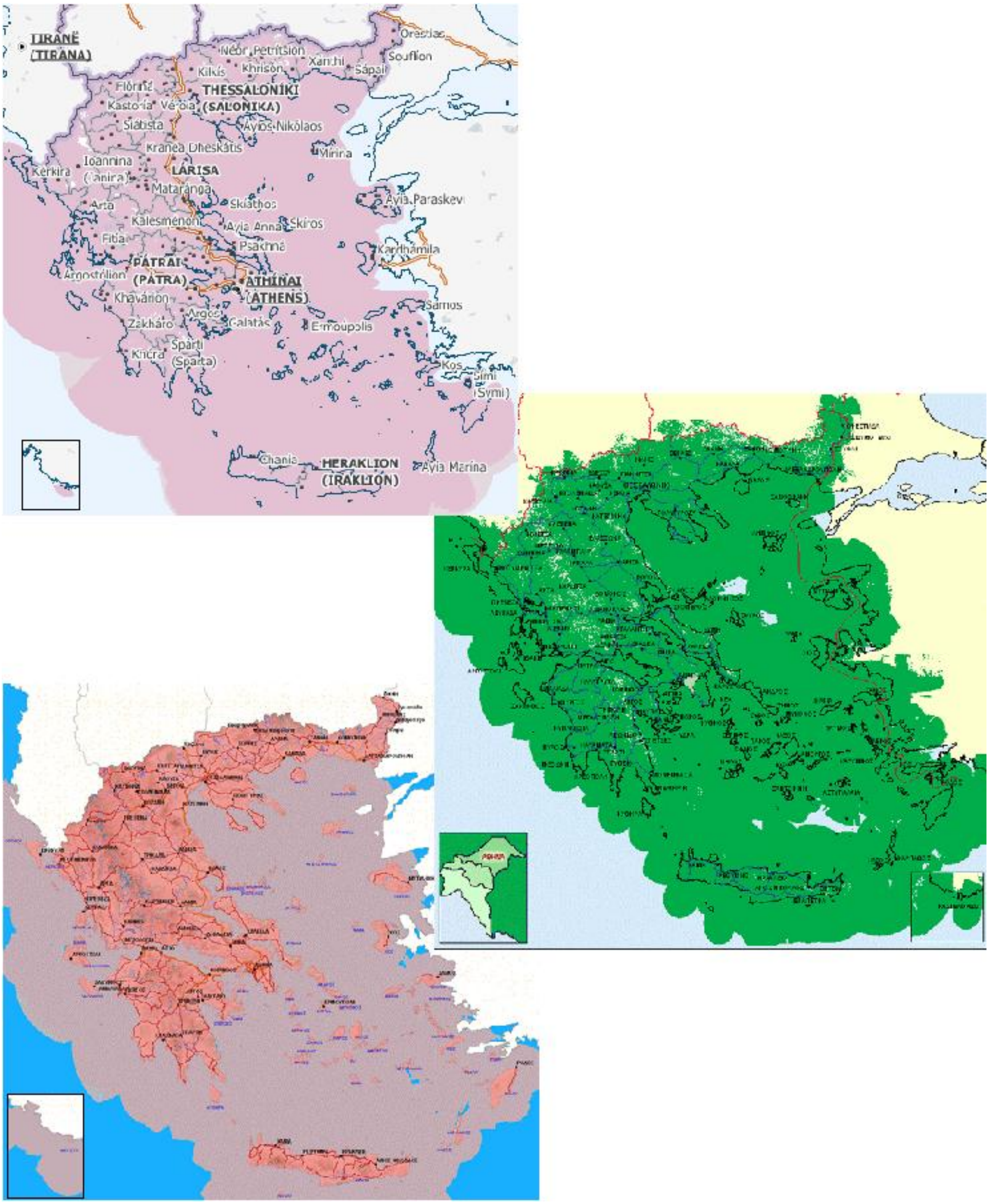
Πηγές: [7][14][15][16][24][19]

3.3 Δίκτυο Κινητής Τηλεφωνίας GSM

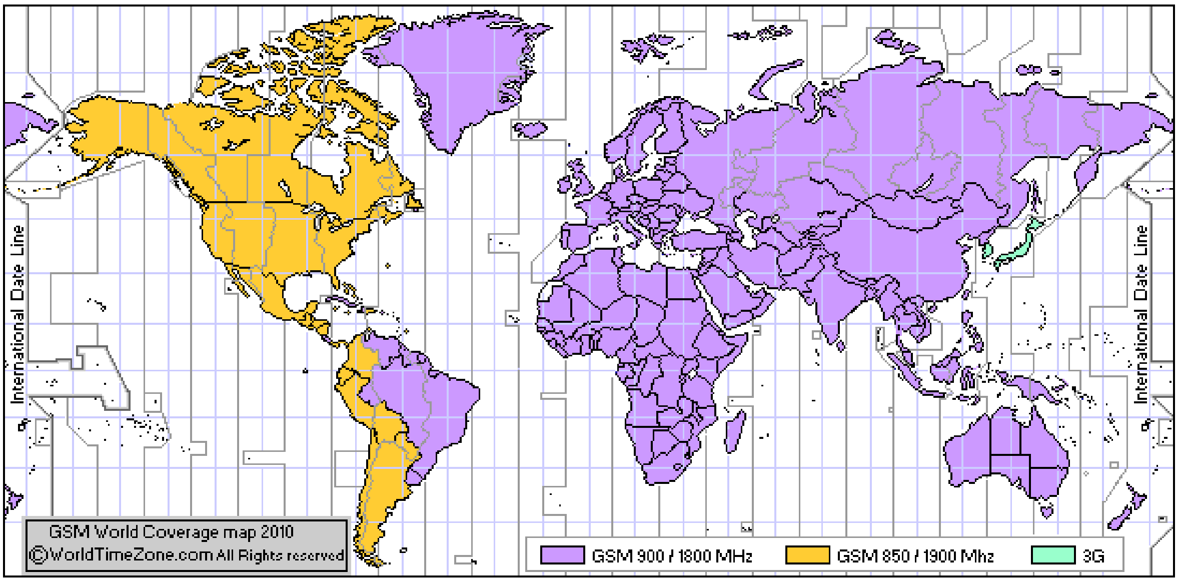
Το δίκτυο GSM (Global System for Mobile Communication) [40][41] είναι το πιο διάσημο και αναγνωρισμένο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Υπολογίζεται ότι το 80% της παγκόσμια αγοράς και βιομηχανίας που σχετίζεται με την κινητή τηλεφωνία και τις υπηρεσίες της χρησιμοποιεί αυτό το δίκτυο. Περίπου 4,3 δισεκατομμύρια άνθρωποι από 212 περίπου χώρες το χρησιμοποιούν. Η παγκοσμιοποίηση του δίνει την δυνατότητα στους χρήστες του να μπορούν να το χρησιμοποιούν από πολλά σημεία σε όλο τον κόσμο. Προσφέρει δυνατότητα χρήσης παντού και πάντα.

Εικόνα 17. GSM [40]

Η υλοποίηση του GSM δικτύου ξεκίνησε το 1982 από το Ευρωπαϊκό Τηλεπικοινωνιακό Συμβούλιο (European Telecommunications Standards Institute) σαν μια προσπάθεια δημιουργίας του πρώτου ψηφιακού συστήματος κινητών επικοινωνιών και γι αυτό θεωρείται σύστημα δεύτερης γενιάς (2G). Το 1987 13 ευρωπαϊκές χώρες συναίνεσαν σε αυτήν την προσπάθεια για την δημιουργία ενός συστήματος κινητής τηλεφωνίας που θα τις συνέδεε. Το 1990 ανακοινώθηκε επίσημα για πρώτη φορά το πρότυπο και τα χαρακτηριστικά του και ένα χρόνο αργότερα ξεκίνησε η εμπορική του χρήση. Στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά το 1993 από την εταιρία Telestet, σήμερα γνωστή ως Wind. Το ίδιο έτος το δίκτυο GSM αριθμούσε 70 παρόχους κινητής τηλεφωνίας σε 48 χώρες με περίπου ένα εκατομμύριο συνδεδεμένους χρήστες. Η χρήση του πρότυπου GSM υιοθετήθηκε σιγά σιγά από όλες σχεδόν τις χώρες σε όλων τον κόσμο.



Εικόνα 18. Χάρτες κάλυψης δικτύων GSM στην Ελλάδα (Wind πάνω αριστερά [42], Cosmote μέση δεξιά [42][43], Vodafone κάτω αριστερά [42][44])



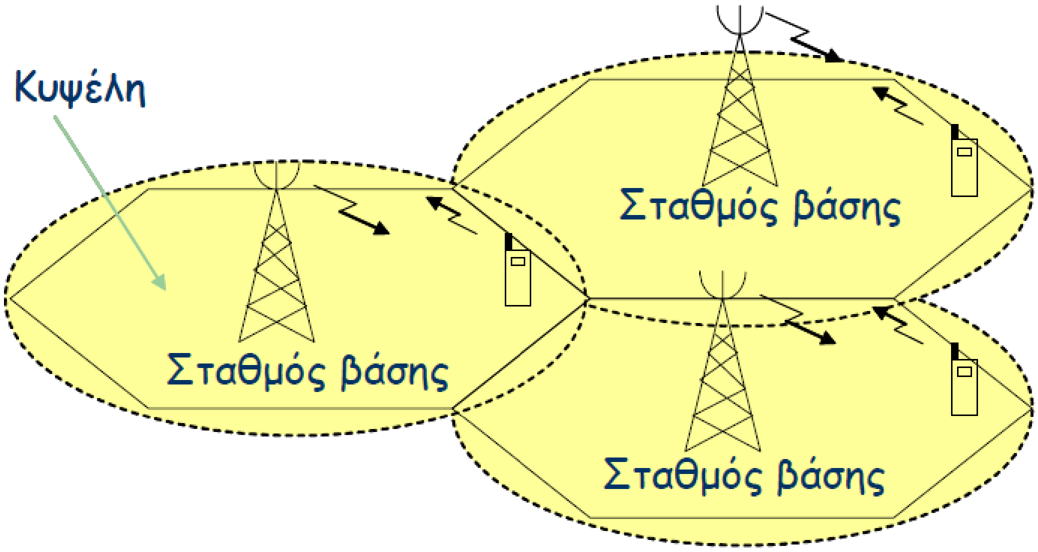
Εικόνα 19. Παγκόσμιος χάρτης κάλυψης δικτύου GSM [45]

Το 2009, οι M2M εφαρμογές κινητής τηλεφωνίας, υπολογίζεται ότι μέτρησε 14,1 εκατομμύρια εφαρμογές εντός της ευρωπαϊκής ένωσης και πάνω από 20 εκατομμύρια παγκοσμίως. Από αυτές το μεγαλύτερο μερίδιο ανήκε σε εφαρμογές τηλεμετρίας. Ακολουθούν οι εφαρμογές μέτρησης ενέργειας, βιομηχανικές εφαρμογές, εφαρμογές ασφαλείας, κτλ. Ο ρυθμός όμως ανάπτυξης υποδηλώνει όλο και μεγαλύτερη αύξηση στο μέλλον. [15]

Πηγές: [15][40][41]

3.3.1 Δομή

Το GSM είναι ένα κυψελοειδές ψηφιακό σύστημα κινητής τηλεφωνίας το οποίο χρησιμοποιεί ηλεκτρομαγνητικά σήματα και την τεχνική πολλαπλής πρόσβασης με διαχωρισμό του διαθέσιμου φάσματος συχνοτήτων σε ένα αριθμό καναλιών και την διαίρεση αυτών σε χρονοθυρίδες για την μετάδοση σημάτων.



Εικόνα 20. Κυψελοειδή μορφή δικτύου GSM [37]

Η εμβέλεια ενός δικτύου GSM σε μία γεωγραφική περιοχή πετυχαίνεται με τον διαμελισμό της περιοχής αυτής σε μικρότερες περιοχές που λέγονται κυψέλες. Οι περιοχές αυτές εφάπτονται μεταξύ τους με κάθε κυψέλη να έχει και ένα σταθμό βάσης (Base Station), συνθέτοντας έτσι μια δομή κυψελών. Η δομή αυτή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειάζεται για την απαιτούμενη κάλυψη της περιοχής κάνοντας επαναχρησιμοποίηση των συχνοτήτων. Με την μέθοδο αυτή αυξάνεται η χωρητικότητα του δικτύου αλλά πρέπει η ισχύς κάθε κυψέλης να είναι όση χρειάζεται ώστε να μην ξεπερνάει τα όρια της και να υπερχειλίζει άλλες κυψέλες της ίδιας δομής, ενώ για να μην δημιουργείται ενδοκαναλική παρεμβολή σε γειτονικές κυψέλες, η επαναχρησιμοποίηση συχνοτήτων πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να απέχουν επαρκή απόσταση οι κυψέλες μιας δομής, που έχουν την ίδια συχνότητα, με τις κυψέλες μιας άλλης δομής. Η ενδοκαναλική παρεμβολή μειώνεται όσο αυξάνει ο αριθμός των κυψελών της δομής. Η ακτίνα κάθε κυψέλης σε αραιοκατοικημένες περιοχές είναι έως και 35Km, ενώ σε πυκνοκατοικημένες περιοχές δεν ξεπερνά τα 300 μέτρα. Σε περιοχές με πολύ μεγάλη ζήτηση χωρητικότητας δικτύου, όπως τα αστικά κέντρα, οι σταθμοί βάσης υπερφορτώνονται και έτσι υπάρχει ανάγκη για μεγαλύτερη χωρητικότητα του δικτύου. Για να επιτευχθεί αυτός ο σκοπός γίνεται διάσπαση των υπαρχόντων κυψελών σε μικρότερες, ενώ γι’ αυτές χρησιμοποιούνται κεραίες μικρότερης ισχύος (macro bs - micro- bs - pico bs) όπως σε κτήρια, στο μετρό, δημόσιους οργανισμούς, οδικές αρτηρίες κτλ..

Πηγές: [15][16][36][37][39][40][41][46]

3.3.2 Αρχιτεκτονική

Ένα GSM δίκτυο χωρίζεται σε 3 βασικά μέρη:

1) Κινητός Τερματικός Σταθμός (Mobile Station): Είναι όλες οι τερματικές συσκευές οι οποίες συνδέονται στο δίκτυο όπως τα κινητά τηλέφωνα και τα GSM modules. Βασική προϋπόθεση για να συνδεθεί μια τέτοια συσκευή στο δίκτυο είναι να διαθέτει μια κάρτα SIM (Subscriber Identity Module) [47]. Πρόκειται για μια αποσπώμενη κάρτα με ενσωματωμένο ολοκληρωμένο κύκλωμα το οποίο έχει αποθηκευμένα τα στοιχεία του συνδρομητή και τον τηλεφωνικό του κατάλογο. Αυτό επιτρέπει στον χρήστη να διατηρεί αυτά τα στοιχεία και να μπορεί να συνδεθεί με το δίκτυο στο οποίο είναι συνδρομητής ακόμα και όταν αλλάζει συσκευές. Επίσης ένας χρήστης μπορεί να αλλάξει δίκτυο και πάροχο απλά αλλάζοντας κάρτα SIM στην συσκευή του.

Εικόνα 21. Κάρτα SIM [48]

2) Βασικό Σύστημα Σταθμών (Base Station System): Το BSS διαχειρίζεται τις κλήσεις σε μια γεωγραφική περιοχή όπου καλύπτεται από ένα σύνολο κεραιών διαφόρων μεγεθών σε σειρά σαν αυτούς που βλέπουμε σε λόφους, ταράτσες κτηρίων κτλ. Κάθε τέτοια κεραία εξυπηρετεί και από μια κυψέλη. Το BSS χωρίζεται στο βασικό σταθμό πομπό-δέκτη (BTS) και στο βασικό σταθμό ελέγχου (BSC).

- Ο Βασικός σταθμός πομπό-δέκτη (BTS – Base Transceiver Station) φροντίζει την επικοινωνία μεταξύ του δικτύου GSM και του κινητού σταθμού. Ένα BTS μπορεί να ελέγχει μια ή περισσότερες κεραίες. Όταν ένας χρήστης Α θέλει να πραγματοποιήσει μια κλήση σε έναν άλλο συνδρομητή Β, ο σταθμός βάσης μεταβιβάζει το σήμα με το αίτημά του Α για αναζήτηση και εντοπισμό του άλλου συνδρομητή Β στο τηλεπικοινωνιακό κέντρο της εταιρείας του Α. Το κέντρο της εταιρείας εντοπίζει την κυψέλη στην οποία βρίσκεται ο Β και στέλνει το σήμα στον πλησιέστερο σταθμό βάσης (BS). Από εκεί, πάλι με τη χρήση των διαθέσιμων συχνοτήτων, στέλνεται το σήμα στο κινητό του Β κι έτσι μπορεί να επικοινωνήσει μαζί του ο Α. Το πεδίο μιας GSM κεραίας ενός σταθμού βάσης (BS) ή κινητής μονάδας είναι ένα παλμικό κανάλι χωρισμένο σε 8 ή 16 χρονοθυρίδες. Κάθε χρήστης χρησιμοποιεί για μια τηλεφωνική κλήση από μια χρονοθυρίδα. Έτσι ένα κανάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ταυτόχρονα από 8 ή 16 συνδρομητές.

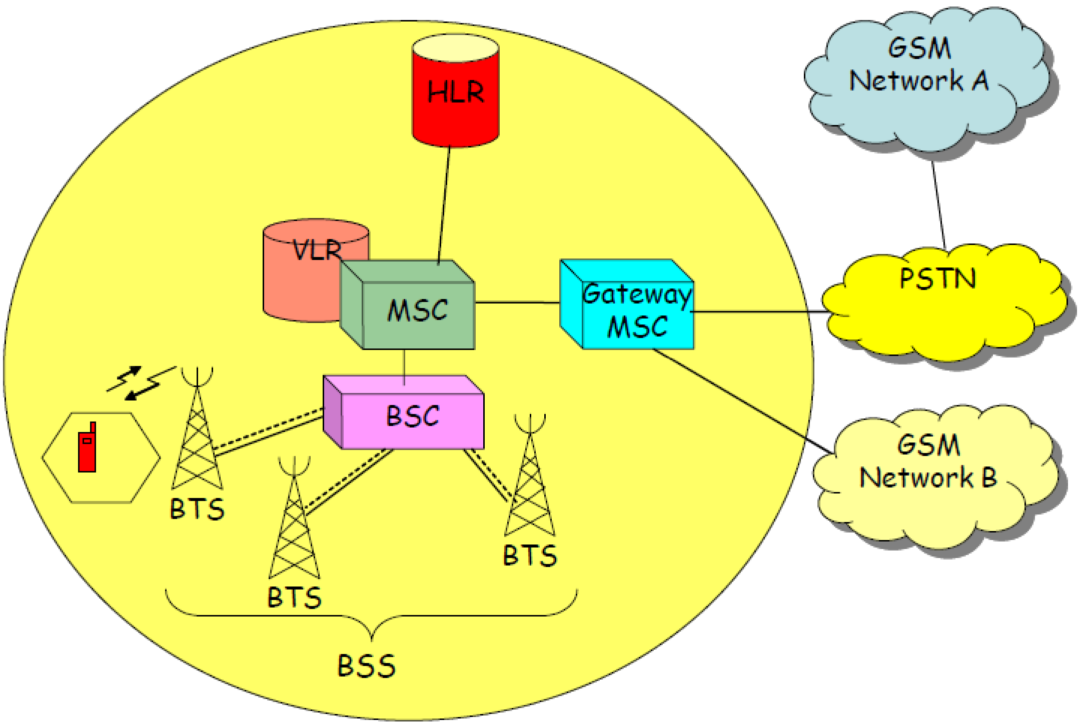
- Ο <u>Βασικός Σταθμός Ελέγχου</u> (BSC - Base Station Controler) ελέγχει τα σήματα που δέχεται από τα BTS, μεταβιβάζει πληροφορίες μεταξύ τους και εκχωρεί ή απελευθερώνει κανάλια διανέμοντας τις συχνότητες για κάθε κλίση. Επιπλέον κατευθύνει τα σήματα στο κέντρο διασύνδεσης (MSC) και όταν χρειάζεται μετατρέπει τα 16kbps φωνής που χρησιμοποιούνται από την κινητή τηλεφωνία σε 64kbps που χρησιμοποιούνται στη σταθερή.

3) Το <u>Υποσύστημα Δικτύου Μεταγωγής</u> (NNS- Network Switching Subsystem) που αποτελείται από:

- Το <u>κέντρο διασύνδεσης</u> (Mobile Switching Center) το οποίο είναι υπεύθυνο για την διασύνδεση, τον έλεγχο και την δρομολόγηση εισερχόμενων/εξερχόμενων κλήσεων μεταξύ του δικτύου κινητής τηλεφωνίας και των άλλων δικτύων. Όταν ένα MSC συνδέεται με ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας τότε θα πρέπει να γνωρίζει που βρίσκεται εκείνη τη δεδομένη χρονική στιγμή ο χρήστης για τον οποίο προορίζεται η κλίση. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια του καταχωρητή θέσης αναζήτησης (HLR) και θέσης αναζήτησης επισκεπτών (VLR).

- Ο <u>καταχωρητής θέσης αναζήτησης</u> (HLR – Home Locator Register) ή τοπικά κέντρα εγγραφής έχει μια βάση δεδομένων που κρατά τα στοιχεία προφίλ ενός συνδρομητή, πληροφορίες για την τρέχουσα θέση του και την διαδρομή που χρειάζεται να ακολουθηθεί ανάμεσα στους κόμβους για να πραγματοποιηθεί σύνδεση μαζί του. Η εμβέλεια κάθε τέτοιου κέντρου είναι σε τοπικό επίπεδο. Σε πυκνοκατοικημένες περιοχές μπορεί να υπάρχουν περισσότερα από ένα τοπικά κέντρα.

- Ο <u>καταχωρητής θέσης αναζήτησης επισκεπτών</u> (VLR – Visitor Locator Register) ή εικονικό κέντρο εγγραφής χρήστη χρησιμοποιείται όταν ο συνδρομητής βγει από τα όρια της τοπικής περιοχής που καλύπτει το HLR. Ο VLR έχει μια βάση δεδομένων στην οποία συγκρατεί προσωρινά δεδομένα καθώς και την ακριβή τρέχουσα θέση των χρηστών σε επίπεδο κυψέλης.



Εικόνα 22. Αρχιτεκτονική δικτύου κινητής τηλεφωνίας [37]

4) Επίσης υπάρχει και το <u>κέντρο πιστοποίησης</u> (AuC - Authentication Centre) ο ρόλος του οποίου έγκειται στη διαχείριση δεδομένων για την πιστοποίηση της ταυτότητας του χρήστη.

Πηγές: [16] [17] [36] [37] [39] [40] [41]

3.3.3 Πιστοποίηση και Ασφάλεια

Για να μπορέσει ένας χρήστης να χρησιμοποιήσει το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας θα πρέπει πρώτα το δίκτυο να τον πιστοποιήσει. Για να γίνει αυτό κάθε κινητό θα πρέπει να διαθέτει ένα κρυμμένο κλειδί, το οποίο βρίσκεται συγκεκριμένα στην κάρτα SIM του και στο Κέντρο Πιστοποίησης (AuC). Όταν ενεργοποιείται ένα κινητό τηλέφωνο το κέντρο πιστοποίησης του στέλνει ένα τυχαίο αριθμό. Αυτόν τον αριθμό χρησιμοποιούν μαζί με το κρυμμένο κλειδί και με ένα κρυπτογραφημένο αλγόριθμο τον χρησιμοποιούν για την δημιουργία ενός νέου αριθμού. Το κινητό στέλνει πίσω στο κέντρο πιστοποίησης τον αριθμό αυτό και το κέντρο πιστοποίησης με την σειρά του ελέγχει αν είναι ίδιος με αυτόν που έφτιαξε. Αν ο αριθμός είναι ίδιος τότε ο χρήστης πιστοποιήθηκε, ειδάλλως τον ειδοποιεί ότι διαδικασία εγγραφής στο δίκτυο ήταν ανεπιτυχής. Κάθε κινητό τηλέφωνο έχει την δικιά του ταυτότητα IMEI (International Mobile Equipment Identity) [49]. Η ταυτότητα αυτή είναι ένας μοναδικός 16ψήφιος αριθμός που αντιστοιχεί στην μάρκα του, τον αριθμός σειράς, τα στοιχεία κατόχου, την ημερομηνία αγοράς συσκευής κ.α. Ένα δίκτυο κινητής τηλεφωνίας GSM αποθηκεύει σε 3 διαφορετικές λίστες τα IMEI των συνδρομητών της. Η πρώτη λίστα είναι η λευκή λίστα όπου υπάρχουν όλα τα IMEI το συσκευών που λειτουργούν φυσιολογικά και μπορούν να συνδεθούν στο δίκτυο με ασφάλεια. Η δεύτερη λίστα είναι η γκρι λίστα όπου υπάρχουν τα IMEI των συσκευών που είναι υπό-παρακολούθηση λόγω πιθανόν προβλημάτων που δημιουργούν. Τέλος, η τρίτη λίστα είναι η μαύρη λίστα που υπάρχουν τα IMEI των συσκευών που έχουν δηλωθεί από τους κατόχους τους κλεμμένες ή απολεσθέν και ανάλογα την περίπτωση διενεργείται είτε παρακολούθηση τους αν χρησιμοποιούνται, είτε άρνηση εγγραφής τους με το δίκτυο. Οι λειτουργίες αυτές ανήκουν στο MSC.

Πηγές: [17] [36] [37] [39] [40] [41] [47] [49]

3.4 Υπηρεσία Γραπτών Μηνυμάτων

Η υπηρεσία γραπτών μηνυμάτων SMS (Short Message service) είναι η υπηρεσία των πάροχων δικτύου κινητής τηλεφωνίας (δίκτυο GSM) μέσα από την οποία οι χρήστες μπορούν να ανταλλάσουν μεταξύ τους σύντομα (έως 160 χαρακτήρες) γραπτά μηνύματα. Η υπηρεσία αυτή ξεκίνησε το 1992 και σήμερα είναι η πλέον διαδεδομένη υπηρεσία ανταλλαγής δεδομένων με περίπου 2,4 δισεκατομμύρια μηνύματα να ανταλλάσσονται καθημερινώς σε όλο τον κόσμο.

Η μετάδοση πακέτων δεδομένων τύπου SMS είναι μια υπηρεσία με τις χαμηλότερες απαιτήσεις σε σχέση με τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας καθώς καλύπτεται από το δίκτυο GSM με ρυθμό μετάδοσης μόνο 9,6kbps. Το μέγεθος ενός μηνύματος SMS είναι 160 bytes. Το μέγεθος αυτό είναι επαρκές για πολλές M2M εφαρμογές. Επιπλέον, είναι εύκολο στην χρήση και συμβατό με συσκευές κινητής τηλεφωνίας. Παρέχει αμφίδρομη επικοινωνία ακόμα και όταν είναι ενεργοποιημένη κάποια φωνητική κλίση και προσφέρει υπηρεσία επιβεβαίωση παράδοσης (Αναφορές). Απαιτεί μονάχα ένα αριθμό τηλεφώνου σαν διεύθυνση και παρέχει ασφάλεια καθώς κρυπτογραφείται και ταυτοποιείται.

Η υπηρεσία SMS μπορεί να συμπεριλάβει και μετάδοση μηνυμάτων δυαδικών δεδομένων για διαφορετικού είδους υπηρεσίες. Χρησιμοποιείται είδη από εφαρμογές M2M καθώς είναι ένα εύχρηστο, φθηνό και παγκόσμιο μέσω επικοινωνίας.

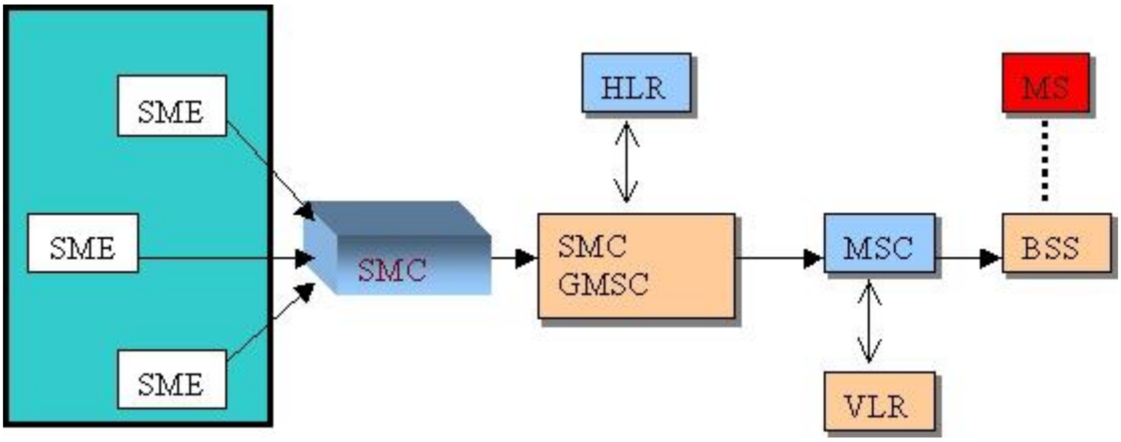
Εικόνα 23. M2M συστήματα με χρήση SMS [50]

Τα γραπτά μηνύματα αποστέλλονται σε ένα κέντρο γραπτών μηνυμάτων (SMSC - Short Message Service Center) από όπου προωθούνται με την διαδικασία «αποθήκευσης και προώθησης» («Store and Forward») στον παραλήπτη. Αυτή η διαδικασία εξασφαλίζει την παραλαβή του μηνύματος, αφού ακόμα και όταν ο παραλήπτης είναι εκτός δικτύου, το μήνυμα αποθηκεύεται και παραδίδεται όταν εισέλθει στο δίκτυο. Επιπλέον, δίνεται η δυνατότητα στο αποστολέα να ζητήσει επιβεβαίωση παράδοσης.

Η αρχιτεκτονική δομή της υπηρεσίας γραπτών μηνυμάτων (SMS) αποτελείται από τα παρακάτω συστατικά μέρη:

1) Κέντρο γραπτών μηνυμάτων (SMC – Short Message Center): Όταν ένα γραπτό μήνυμα (SME - Short Message Entity) αποστέλλεται από έναν τερματικό σταθμό τότε αυτό λαμβάνεται από το κέντρο γραπτών μηνυμάτων (SMC) στο οποίο και αποθηκεύεται προσωρινά. Στην συνέχεια, εφόσον ο παραλήπτης του μηνύματος είναι ενεργός στο δίκτυο και είναι συνδρομητής στο ίδιο SMC, του παραδίδει άμεσα το μήνυμα. Αν αυτό δεν ισχύει, το μήνυμα παραμένει

αποθηκευμένο στο SMC μέχρις ότου ο παραλήπτης να γίνει ενεργός. Αν ο παραλήπτης του μηνύματος δεν είναι συνδρομητής στο ίδιο SMC, τότε συνεχίζεται η διαδικασία στην πύλη κέντρου γραπτών μηνυμάτων (GWMS).



Εικόνα 24. Αρχιτεκτονική δομή υπηρεσίας SMS [51]

2) Η GWMS (SMS gateway SMC) είναι ένα σημείο σύνδεσης του κέντρου μηνυμάτων με άλλα κέντρα. Στο σημείο αυτό γίνεται σύνδεση με την κεντρική βάση δεδομένων (HLR).

3) Το HLR (Home Locator Register) διατηρεί ενεργής πληροφορίες για όλους τους συνδρομητές του δικτύου, όπως το κέντρο μηνυμάτων στο οποίο είναι συνδρομητές και ποιά διαδρομή πρέπει να ακολουθηθεί για να φτάσει σ' αυτό ένα μήνυμα καθώς και για την ανάκτηση της διεύθυνσης του παραλήπτη και την διαδρομή που πρέπει να ακολουθήσει ένα μήνυμα μέχρι να φτάσει σ' αυτόν. Στην συνέχεια αναλαμβάνει το κέντρο διασύνδεσης (MSC).

4) Το MSC (Mobile Switching Center) είναι ο σταθμός του δικτύου στον οποίο γίνεται η διασύνδεση μεταξύ τερματικών σταθμών. Σε κάθε MSC αντιστοιχεί ένας καταχωρητής θέσης επισκεπτών (VLR). Το VLR διατηρεί προσωρινές πληροφορίες σε σχέση με τους τερματικούς σταθμούς όπως είναι η κυψέλη στην οποία ανήκει ο σταθμός την συγκεκριμένη στιγμή. Με βάση αυτές τις πληροφορίες το MSC προωθεί το γραπτό μήνυμα στο αντίστοιχο βασικό σύστημα σταθμών (BSS) το οποίο μεταδίδει το μήνυμα στον παραλήπτη. Το BSS αποτελείται από πομποδέκτες από τους οποίου γίνεται ουσιαστικά η ασύρματη μετάδοση.

Πηγές: [7] [16] [17] [51] [52] [53] [54]

4. Εξοπλισμός

4.1 Υλικό

Ως κεντρική μονάδα επεξεργασίας του συστήματος χρησιμοποιήθηκε η Q2687 [9] της εταιρίας Wavecom [10] με την βοηθητική πλακέτα της σειράς Q26 της ίδιας εταιρίας. Η Q2687 περιέχει ενσωματωμένη μια μονάδα σύνδεσης με τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας (GSM module). Για τον έλεγχο και την προσομοίωση του συστήματος χρησιμοποιήθηκαν επιπλέον ο πολυπλέκτης οκτώ προς ένα HCF4051B [55] της εταιρίας ST [56] καθώς και μια πληθώρα βοηθητικών ηλεκτρονικών εξαρτημάτων.

4.1.1 Κεντρική Μονάδα Επεξεργασίας Q2687

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας Q2687 διαθέτει έναν επεξεργαστή ARM946 [57] των 32 bit με μέγιστη ταχύτητα λειτουργίας στα 104 MHz Επιπλέον διαθέτει μονάδα σύνδεσης με δίκτυα GSM συμβατή με όλα τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας GSM παγκοσμίως καθώς και σύνδεση με τις τεχνολογίες GPRS class 10 και EDGE class 10.

Συνοπτικά τα χαρακτηριστικά της είναι τα εξής:

- ARM946 επεξεργαστή 32 bit στην ταχύτητα των 104 MHz σε κανονική λειτουργία και των 24 MHz σε λειτουργία αδράνειας
- Τάσης εισόδων/εξόδων στα 1,8 Volt και στα 2,8 Volt
- Δύο εισόδους για μικρόφωνο και δύο εξόδους για ηχεία
- Δύο διασυνδέσεις UART
- Μια διασύνδεση για USB 2.0
- Δύο διασυνδέσεις SPI
- Μια διασύνδεση I2C
- Δύο ADC (Analog to Digital Converter)
- Έναν DAC (Digital to Analog Converter)
- 44 γενικής χρήσης εισόδους/εξόδους (GPIOs)
- Ρολόι πραγματικού χρόνου

- Χρονόμετρα
- Δύο εισόδους για εξωτερικούς διακόπτες
- Διασύνδεση για πληκτρολόγιο 5x5
- Διασύνδεση για κάρτα SIM
- Διασύνδεση για παράλληλη θύρα
- Μονάδα διασύνδεσης με δίκτυα κινητής τηλεφωνίας συμβατή με όλα τα δίκτυα GSM κινητής τηλεφωνίας παγκοσμίως και τις τεχνολογίες GPRS class 10 και EDGE class 10.

Εικόνα 25. Κεντρική μονάδα επεξεργασίας Q2687 [9]

Για την χρήση της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας Q2687 και την σύνδεση της με εξωτερικά ηλεκτρονικά στοιχεία χρησιμοποιήθηκε η βοηθητική πλακέτα της σειράς Q26 της Wavecom (Wavecom Q26 series Development Kit)

Πηγές: [9] [10] [11] [58] [59] [60] [61]

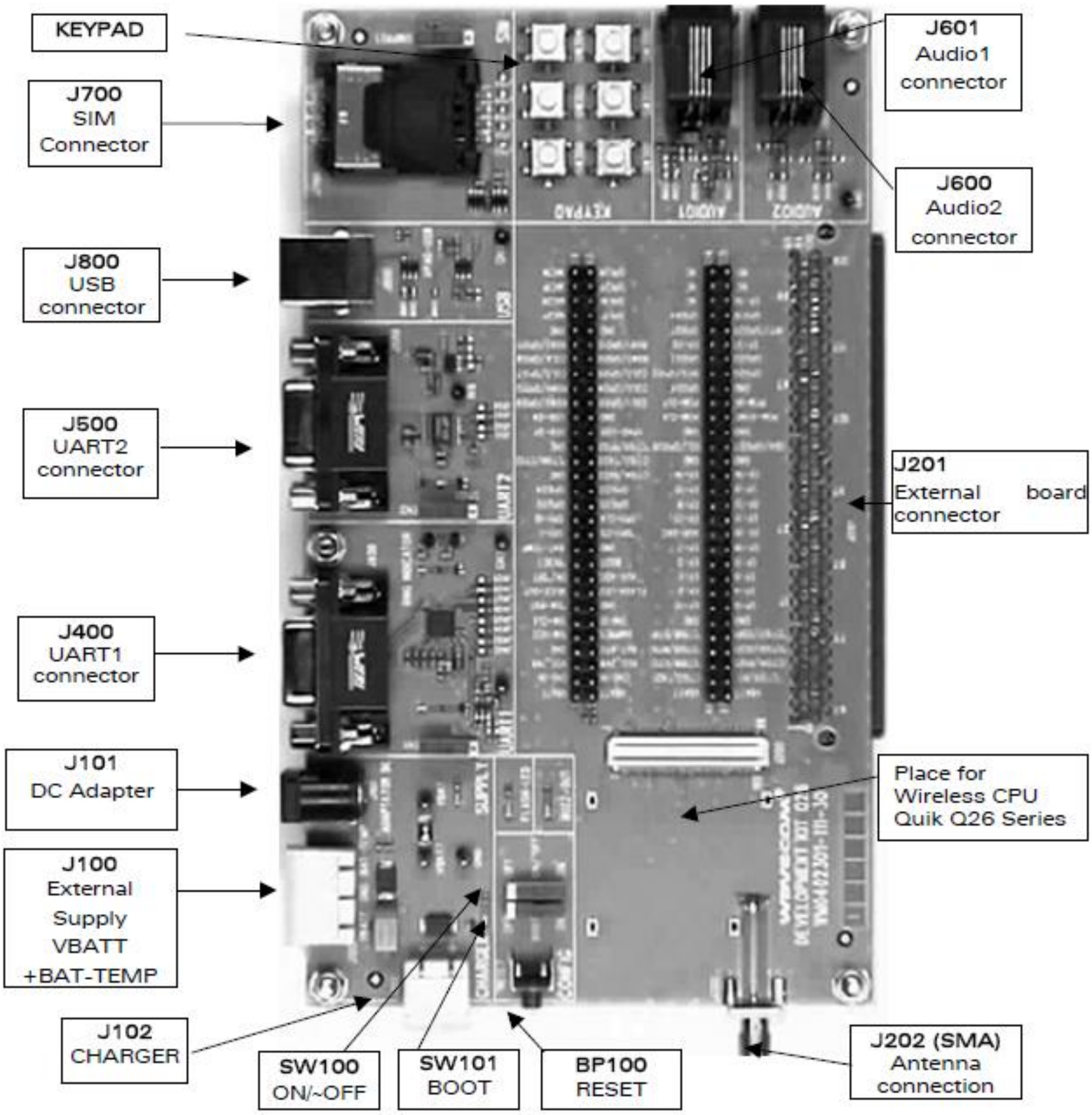
4.1.2 Wavecom Q26 Series Development Kit (WDK)

Η βοηθητική πλακέτα της σειράς Q26 είναι σχεδιασμένη από την Wavecom για την σύνδεση της με τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας της σειράς Q2686 και Q2687 της ίδιας εταιρίας. Διαθέτει μια σειρά από περιφερειακά στοιχεία και ακίδες σύνδεσης εξωτερικών σημάτων για σύνδεση τους απευθείας με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας.

Η πλακέτα έχει ενσωματωμένα τα παρακάτω περιφερειακά:

- Parallel Bus

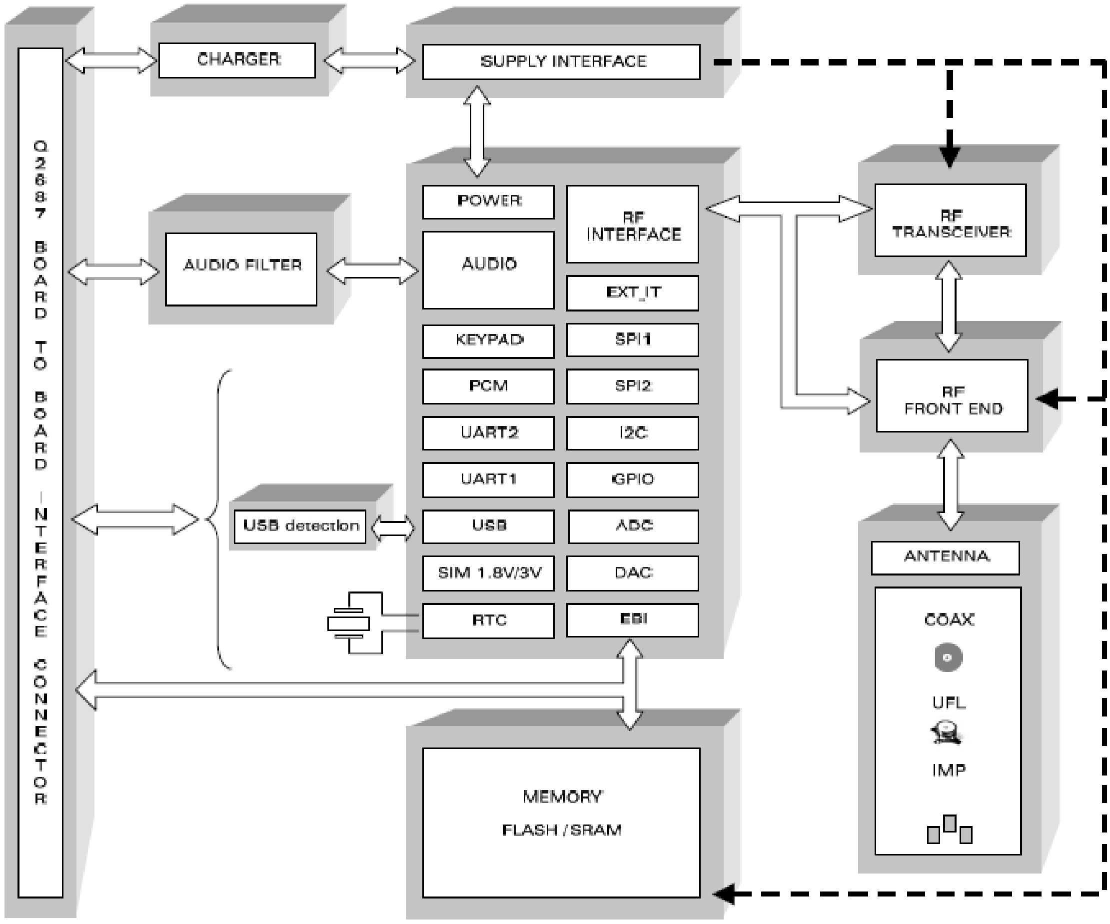
- Βασική θύρα RS-232 μέσω της οποίας γίνεται η βασική σύνδεση και ο προγραμματισμός της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας



Εικόνα 26. Wavecom Q26 series development kit board [62]

- Γενικής χρήσης θύρα RS-232
- Θύρα USB 2.0
- Θήκη τοποθέτησης κάρτας SIM και θύρα σύνδεσης της με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας
- Πληκτρολόγιο 6 κουμπιών

- Θύρα σύνδεσης τροφοδοσίας ηλεκτρικού ρεύματος με μετατροπέα από εναλλασσόμενο σε συνεχές ρεύμα και σταθεροποιητή τάσης για προστασία από απότομες αυξομειώσεις. Η θύρα αυτή τροφοδοτεί με ηλεκτρική ενέργεια την κεντρική μονάδα επεξεργασία και τα περιφερειακά με δυνατότητα όμως διαχωρισμού τους.
- Θύρα σύνδεσης εξωτερικής μπαταρίας με ενσωματωμένο αισθητήρα μέτρησης της θερμοκρασίας της μπαταρίας
- Φορτιστή εξωτερικής μπαταρίας που υποστηρίζει φόρτιση τριών ειδών μπαταρίας
    - Ni-Cd (Nickel-Cadmium)
    - Ni-Mh (Nickel-Metal Hydride)
    - Li-Ion (Lithium-Ion)
- Θύρα σύνδεσης κεραίας κινητής τηλεφωνίας
- Δύο θύρες σύνδεσης ακουστικών και μικροφώνου
- Διακόπτης ON/OFF
- Διακόπτης BOOT
- Κουμπί επαναφοράς (Reset)
- LED ενδείξεων
- 130 ακίδες για έλεγχο τιμών και σύνδεσης εξωτερικών σημάτων με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας

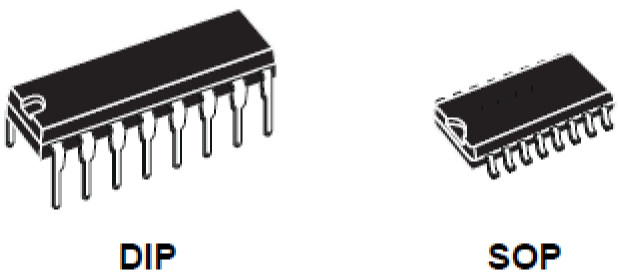


Εικόνα 27. Αρχιτεκτονική λειτουργίας WDK board [58] [59] [60] [63]

Πηγές: [58] [59] [60] [62] [63]

4.1.3 Αναλογικός Πολυπλέκτης/Αποπολυπλέκτης 8 Καναλιών HCF4051B

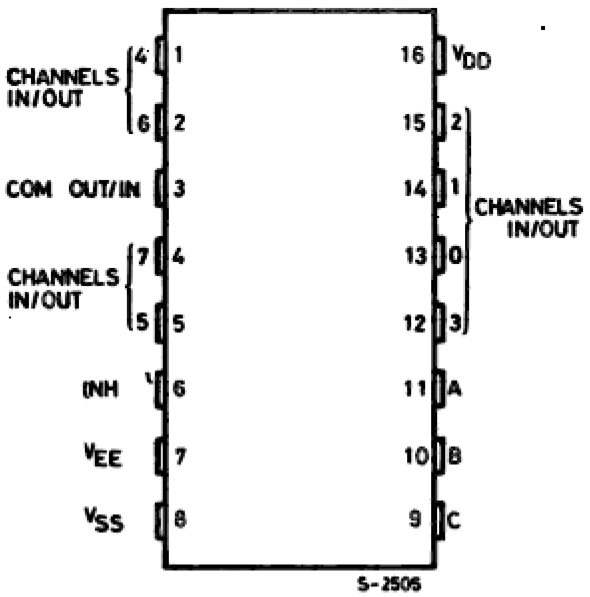
Ο πολυπλέκτης HCF4051B είναι ένας πολυπλέκτης 8 σε 1 της εταιρίας ST [56]. Χρησιμοποιήθηκε σε μορφή DIP των 16 ακίδων.



Εικόνα 28. Πολυπλέκτης HCF4051B [55]

Η συνδεσμολογία με το κύκλωμα περιλαμβάνει,

- 8 εισόδους/εξόδους για σύνδεση των σημάτων προς πολυπλεξία
- 1 έξοδο/είσοδο του επιλεγμένου σήματος
- 3 εισόδους τροφοδοσίας
- 1 είσοδο ενεργοποίησης/απενεργοποίησης
- 3 εισόδους επιλογής σήματος προς πολυπλεξία



Εικόνα 29. Διάταξη πολυπλέκτη HCF4051B [55]

Πίνακας 2. Περιγραφή ακίδων HCF4051B	
Pin	Περιγραφή
1	Κανάλι εισόδου/εξόδου 1
2	Κανάλι εισόδου/εξόδου 2
3	Κανάλι εξόδου/εισόδου
4	Κανάλι εισόδου/εξόδου 3
5	Κανάλι εισόδου/εξόδου 4
6	Σήμα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης

7	Τάση Τροφοδοσίας
8	Αρνητική τάση τροφοδοσίας
9	Σήμα επιλογής C
10	Σήμα επιλογής B
11	Σήμα επιλογής A
12	Κανάλι εισόδου/εξόδου 5
13	Κανάλι εισόδου/εξόδου 6
14	Κανάλι εισόδου/εξόδου 7
15	Κανάλι εισόδου/εξόδου 8
16	Θετική τάση τροφοδοσίας

Στο σύστημα μας εφαρμόσαμε τις παρακάτω συνδέσεις:

Πίνακας 3. Συνδέσεις ακίδων HCF4051B		
Pin	Περιγραφή	Σύνδεση
1	Κανάλι εισόδου/εξόδου 1	Αναλογικό Αισθητήριο 1
2	Κανάλι εισόδου/εξόδου 2	Αναλογικό Αισθητήριο 2
3	Κανάλι εξόδου/εισόδου	Είσοδος ADC
4	Κανάλι εισόδου/εξόδου 3	Αναλογικό Αισθητήριο 3
5	Κανάλι εισόδου/εξόδου 4	Αναλογικό Αισθητήριο 4
6	Σήμα ενεργοποίησης/απενεργοποίησης	Γείωση (0 V)
7	Τάση Τροφοδοσίας	Ψηφιακή έξοδο Q2687 2,8V
8	Αρνητική τάση τροφοδοσίας	Γείωση (0 V)
9	Σήμα επιλογής C	Ψηφιακή έξοδο Q2687 1,8V
10	Σήμα επιλογής B	Ψηφιακή έξοδο Q2687 1,8V

11	Σήμα επιλογής Α	Ψηφιακή έξοδο Q2687 1,8V
12	Κανάλι εισόδου/εξόδου 5	Γείωση (0 V)
13	Κανάλι εισόδου/εξόδου 6	Γείωση (0 V)
14	Κανάλι εισόδου/εξόδου 7	Γείωση (0 V)
15	Κανάλι εισόδου/εξόδου 8	Γείωση (0 V)
16	Θετική τάση τροφοδοσίας	Γείωση (0 V)

Πηγές: [55]

4.2 Λογισμικό

Η εταιρία Wavecom μαζί με της κεντρικές μονάδες επεξεργασίας παρέχει και το αντίστοιχο λογισμικό για την ανάπτυξη M2M συστημάτων. Το σύνολο του λογισμικού αυτού εντάσσεται στο πακέτο λογισμικού «Open AT» το οποίο συμπεριλαμβάνει το σύνολο εργαλείων προγραμματισμού «Open AT Software Development Kit» [64][65] και το λειτουργικό σύστημα «Open At OS» [66][67], το οποίο είναι αναπτυγμένο ειδικά για την χρήση του από τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας που κατασκευάζει η εταιρία

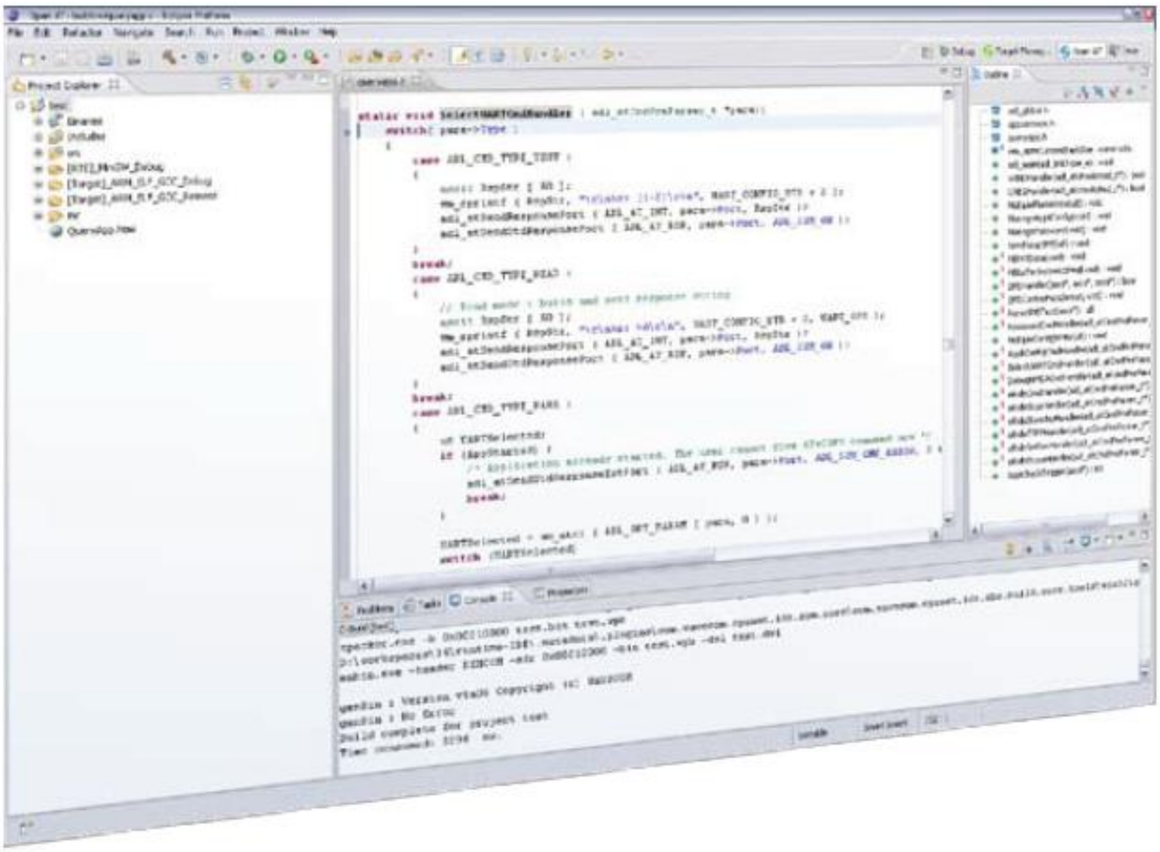
Εικόνα 30. Open AT [10]

4.2.1 Open AT Software Development Kit (SDK)

Το Open AT Software Development Kit είναι βασισμένο στην πλατφόρμα ανάπτυξης λογισμικού Eclipse. Το SDK παρέχεται από την εταιρία Wavecom και διαθέτει όλα όσα χρειάζονται σε όλα τα βήματα ανάπτυξης μια εφαρμογής. Επίσης περιέχει μερικά επιπλέον εργαλεία, όπως:

- Το πρόγραμμα Target Monitor Tool για σύνδεση με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας και λήψη μηνυμάτων από την εφαρμογή που εκτελείται

- Το πρόγραμμα Remote Task Environment το οποίο επιτρέπει την εκτέλεση των εφαρμογών του χρήστη στον Η/Υ επικοινωνώντας με την κεντρική μονάδα επεξεργασίας μέσω του βασικού σειριακού διαύλου για την χρήση των πόρων της
- Το πρόγραμμα Terminal Emulator μέσα από το οποίο επιτρέπεται η αποστολή AT εντολών στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας μέσω του βασικού σειριακού διαύλου



Εικόνα 31. Open AT software development kit – Eclipse [61]

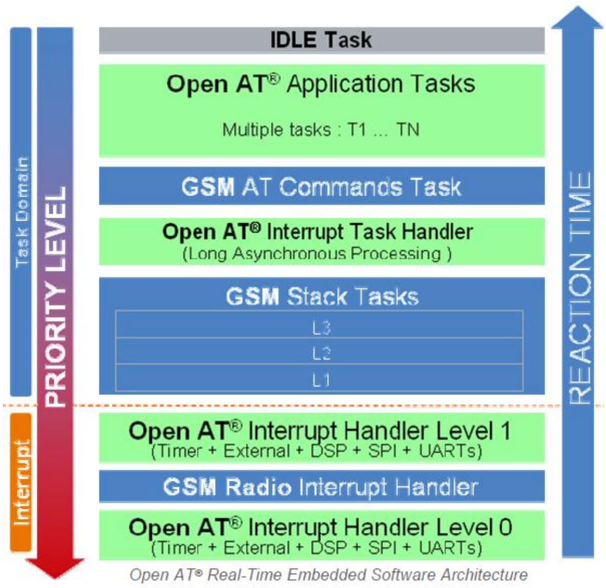
Πηγές: [10] [61] [64] [65] [68]

4.2.2 Open AT OS

Το Open AT OS είναι ένα λειτουργικό σύστημα σχεδιασμένο από την εταιρία Wavecom με σκοπό την παροχή υπηρεσιών ασύρματης επικοινωνίας, όπως αποστολή SMS, τηλεφωνικές κλίσεις, ενώ παράλληλα επιτρέπει στον χρήστη την δημιουργία προσωπικών λειτουργιών σχεδιασμένων σε γλώσσα C μέσα από τα εργαλεία λογισμικού που παρέχει.

Κύρια χαρακτηριστικά του Open AT OS είναι τα εξής:

- Real-time: Το Open AT OS παρέχει real-time ανταπόκριση σε εξωτερικές διακοπές ή σε εσωτερικούς χρονομετρητές εγγυώμενη λιγότερο από 600μς κάτω από κάθε ενδεχόμενη κατάσταση λειτουργία.

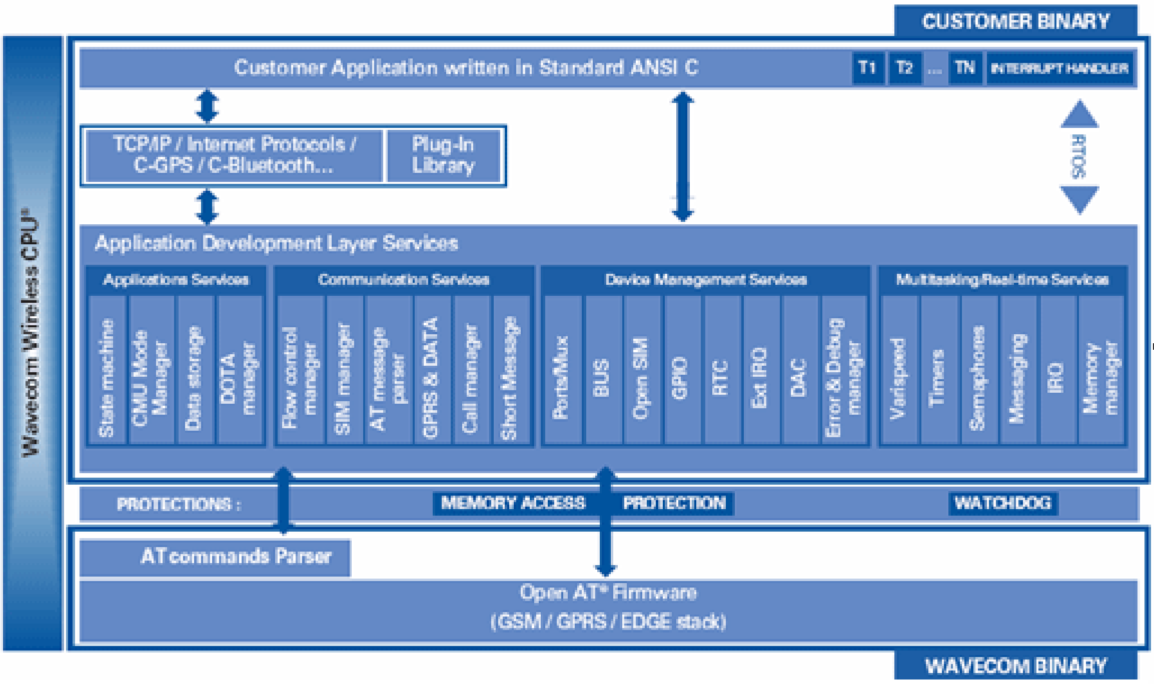


Εικόνα 32. Αρχιτεκτονική real-time του Open At OS [65]

- Pre-emptive multitask: Μέχρι 64 διεργασίες είναι διαθέσιμες για να αξιοποιήσει ο χρήστης στην εφαρμογή του. Η διεργασίες αυτές εξυπηρετούνται με βάση την προτεραιότητα τους. Παρέχονται διάφορα μέσα για τον συγχρονισμό των διεργασιών όπως μηνύματα, ουρές, συμβάντα και σηματοφόροι. Το Open AT χρησιμοποιεί σηματοφόρους.
- Standard C ANSI API: Το Open AT OS είναι γραμμένο σε γλώσσα C και λειτουργεί κάτω από αυτό το περιβάλλον.
- Event driven programming: Η ροή του προγράμματος καθορίζεται από γεγονότα (διακόπτες, σήματα αισθητήρων, πατήματα κουμπιών) ή από μηνύματα.
- VariSpeed: Επιτρέπεται η δυναμική εναλλαγή της ταχύτητας του ρολογιού του επεξεργαστή μεταξύ των 26 MHz (Standard Mode) και των 104MHz (Boost Mode).

- VariPower: Επιτρέπεται η δυναμική εναλλαγή μεταξύ διάφορων καταστάσεων κατανάλωσης ενέργειας για την εξασφάλιση μεγαλύτερης αυτονομίας του συστήματος σε καταστάσεις λειτουργίας με χρήση μπαταρίας.
- Memory access protection: Συγκεκριμένες περιοχές της μνήμης, τόσο στην Flash όσο και στην RAM, είναι διαθέσιμες για την προσωπική εφαρμογή του χρήστη για την προστασία των περιοχών μνήμης του Firmware.
- Watchdog protection: Για την αποτροπή διεξόδων του λογισμικού και την αποσταθεροποίηση του συστήματος χρειάζεται να υπάρχει ένα σύστημα ελέγχου προστασίας. Το σύστημα αυτό θα πρέπει να είναι ανεξάρτητο από το λογισμικό της εφαρμογής του χρήστη αλλά και του Firmware και για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να είναι υλοποιημένο σε επίπεδο υλικού (Hardware) μέσα στον επεξεργαστή. Η Q2687 παρέχει έναν τέτοιου είδους μηχανισμό που ελέγχει ανεξάρτητα τόσο το Firmware όσο και την εφαρμογή του χρήστη.
- Back trace: Μηχανισμοί ασφαλείας είναι υλοποιημένοι στο Open At OS προκειμένου να προστατέψουν την κεντρική μονάδα επεξεργασίας από σφάλματα λογισμικού. Όταν συμβαίνει ένα σφάλμα λογισμικού η κύρια αιτία που το προκάλεσε αποθηκεύεται σε ένα Back trace. Η πληροφορία αυτή μπορεί να ανακτηθεί από την εφαρμογή.
- Open SIM access: Δίνεται η δυνατότητα σύνδεσης της κεντρική μονάδας επεξεργασίας με κάποιον SIM Server μέσω κάποιου φυσικού κομιστή (RS-232, SPI, κτλ) χρησιμοποιώντας οποιαδήποτε πρωτόκολλο επικοινωνίας.

Επιπροσθέτως του λειτουργικού συστήματος, το Open AT OS, παρέχει μια πλούσια βιβλιοθήκη [69][70] για την πρόσβαση στις λειτουργίες κάθε υλικού πόρου.



Εικόνα 33. Αρχιτεκτονική Open AT OS [10]

Πηγές: [65] [61] [66] [67]

5. Ανάπτυξη Συστήματος Απομακρυσμένου Ελέγχου

5.1 Εφαρμογή Διαχείρισης Συστήματος

Για την ανάπτυξη του συνολικού συστήματος χρειάστηκε να αναπτυχθεί μια εφαρμογή διαχείρισης του. Η εφαρμογή αυτή αναπτύχθηκε σε γλώσσα C μέσα από τα εργαλεία του Open AT και εκτελείται από το λειτουργικό σύστημα Open AT OS στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας Q2687.

5.1.1 Αρχιτεκτονική Λογισμικού

Το λογισμικό του συστήματος είναι δομημένο σε τομείς οι οποίοι λειτουργούν παράλληλα και ανεξάρτητα μεταξύ τους, ώστε η λειτουργία του καθενός να μην επηρεάζει άμεσα την λειτουργία των υπολοίπων. Οι τομείς αυτοί ανταλλάσουν δεδομένα μεταξύ τους μέσω μηνυμάτων. Σκοπός είναι να μπορεί να παραμετροποιηθεί εύκολα το σύστημα. Επίσης, κάποιος τομέας μπορεί να μην ενεργοποιηθεί κατά την εκκίνηση του συστήματος, εφόσον οι λειτουργίες που εκπροσωπεί δεν είναι απαραίτητες. Οι τομείς από τους οποίους δομείται το λογισμικό είναι,

- <u>Τομέας Αναλογικών Εισόδων</u>: Ο τομέας αυτός ελέγχει την λειτουργία του ADC. Φροντίζει για την αλλαγή των τιμών των σημάτων επιλογής του πολυπλέκτη και την ανάγνωση της τιμής των αναλογικών εισόδων. Όταν εντοπίζει αλλαγή στην τιμή μιας εισόδου τότε στέλνει μήνυμα αλλαγής εισόδου. Ο τομέας αυτός ενεργοποιείται μόνο όταν υπάρχουν αναλογικά σήματα εισόδου (πχ αναλογικά αισθητήρια) στο σύστημά.

- <u>Τομέας Ψηφιακών Εισόδων</u>: Ο τομέας αυτός ελέγχει τις λειτουργίες των ψηφιακών σημάτων εισόδου του συστήματος. Φροντίζει για την ανίχνευση αλλαγών στις ψηφιακές εισόδους. Αν ανιχνευθεί αλλαγή στέλνει μήνυμα αλλαγής εισόδου. Ο τομέας αυτός ενεργοποιείται όταν το σύστημα δέχεται ψηφιακές εισόδους (πχ ψηφιακά αισθητήρια)

- <u>Τομέας Εξόδων</u>: Ο τομέας αυτός φροντίζει για την σωστή λειτουργία των εξόδων του συστήματος. Ενημερώνεται μέσω μηνυμάτων για αλλαγές στις εισόδους του συστήματος και αναλόγως αντιδρά. Ο τομέας αυτός ενεργοποιείται μόνο όταν το σύστημα έχει εξόδους.

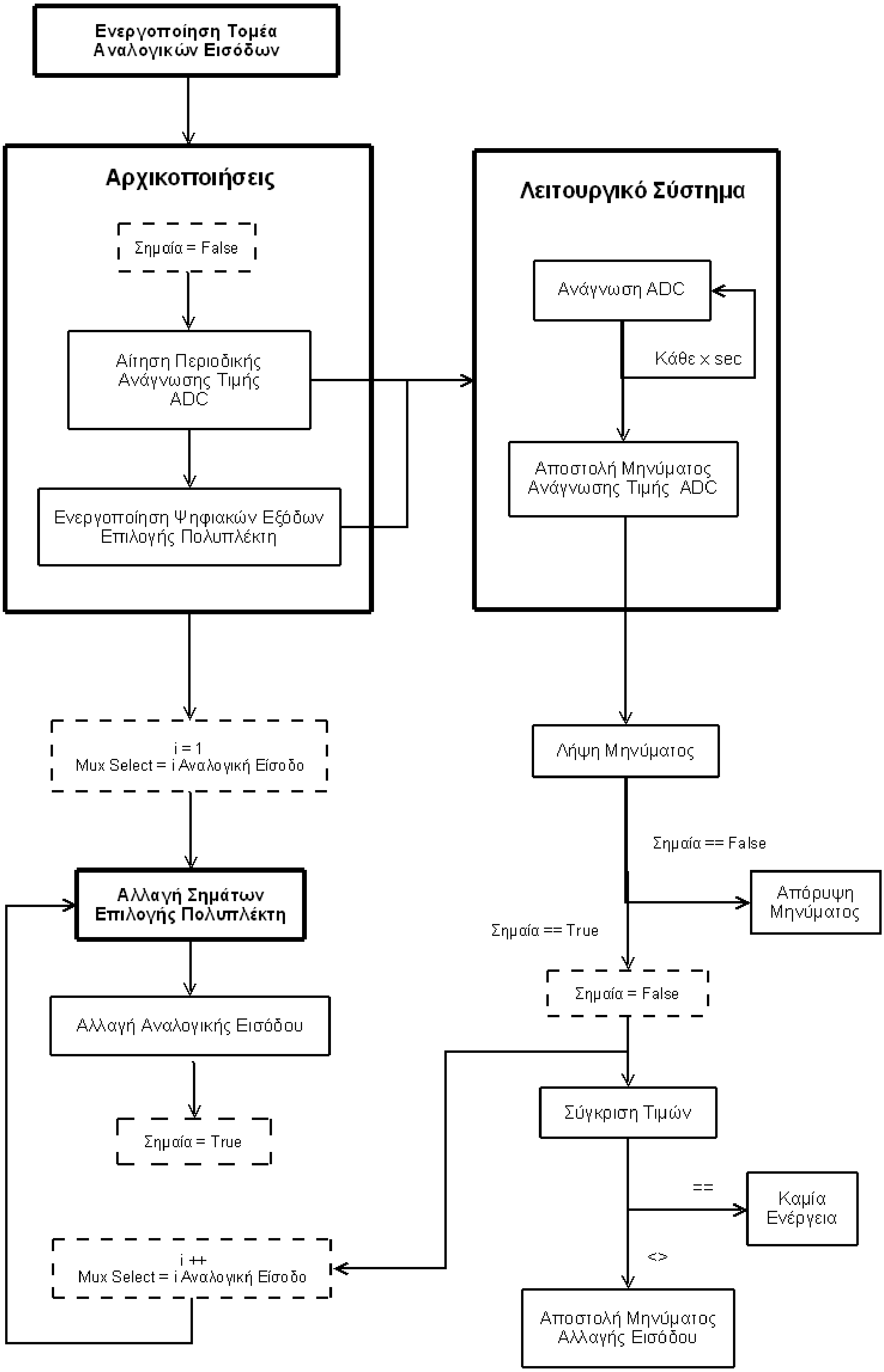
- <u>Τομέας Μηνυμάτων</u>: Ο τομέας αυτός φροντίζει για την λήψη εντολών μέσω μηνυμάτων SMS από το δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και για την αποστολή μηνυμάτων SMS προς τον χρήστη. Λαμβάνοντας ένα μήνυμα SMS το ελέγχει για σφάλματα, αναγνωρίζει της εντολές τις οποίες περιέχει και τις στέλνει στον τομέα εντολών.
- <u>Τομέας Εντολών</u>: Ο τομέας εντολών δέχεται μηνύματα από τον τομέα μηνυμάτων για εντολές τις οποίες λαμβάνει. Ανάλογα με το είδος της εντολής αναλαμβάνει να εκτελέσει την εντολή είτε άμεσα είτε προγραμματίζει την εκτέλεση της στο μέλλον. Είναι ο τομέας που ευθύνεται για την σωστή εκτέλεση των εντολών του χρήστη.
- <u>Τομέας Μνήμης</u>: Ο τομέας αυτός αναλαμβάνει την αρχικοποίηση του συστήματος και την αποθήκευση των δεδομένων που απαιτούνται ανάλογα με τις εντολές που δέχεται το σύστημα. Ο τομέας αυτός δεν συνδέεται με τους υπόλοιπους μέσω μηνυμάτων, αλλά με άμεσες κλίσεις μέσω συναρτήσεων, ωστόσο διαχωρίζεται από τους υπόλοιπους. Ουσιαστικά αποτελεί μια παρεμβολή μεταξύ των υπόλοιπων τομέων και του λειτουργικού συστήματος για την διαχείριση των δεδομένων που αποθηκεύονται στην σταθερή μνήμη (Flash memory) του συστήματος μας.

5.1.2 Τομέας Αναλογικών Εισόδων

Ο τομέας αναλογικών εισόδων διαχειρίζεται τον ADC και τον πολυπλέκτη του συστήματος. Με την ενεργοποίηση του τομέα αποστέλλεται μια εντολή στο λειτουργική σύστημα για περιοδική ανάγνωση της τιμής του ADC του συστήματος. Το λειτουργικό σύστημα επιστρέφει την τιμή που διαβάζει ανά αντίστοιχες χρονικές περιόδους. Ο τομέας αναλογικών εισόδων αναλαμβάνει τον συγχρονισμό μεταξύ των αναγνώσεων του ADC και των εναλλαγών των σημάτων επιλογής του πολυπλέκτη, έτσι ώστε κάθε ανάγνωση του ADC, να αποτελεί ανάγνωση της τιμής της σωστής κάθε φορά αναλογικής εισόδου. Για να αποτραπεί η σύγχυση και να είναι εξασφαλισμένη η σωστή αντιστοιχία τιμών και αναλογικών εισόδων χρησιμοποιείται μια σημαία, η οποία εξασφαλίζει ότι, πριν από κάθε ανάγνωση του ADC έχει προηγηθεί η αλλαγή των σημάτων επιλογής του πολυπλέκτη.

Στην ανάγνωση των τιμών των αναλογικών εισόδων ο τομέας αυτός συγκρίνει τις νέες τιμές με τις προηγούμενες για να εντοπίσει τυχόν αλλαγές. Κατά την σύγκριση λαμβάνονται υπόψη το βάθος ακρίβειας στις αλλαγές. Ο ADC του συστήματος προσφέρει ακρίβεια έως και τρία δεκαδικά ψηφία. Ωστόσο, δύνεται η δυνατότητα στο χρήστη να επιλέξει αυτός την ακρίβεια του κάθε αναλογικού στοιχείου εισόδου. Έτσι το σύστημα λαμβάνει υπόψη αυτήν την ακρίβεια κατά την σύγκριση των τιμών.

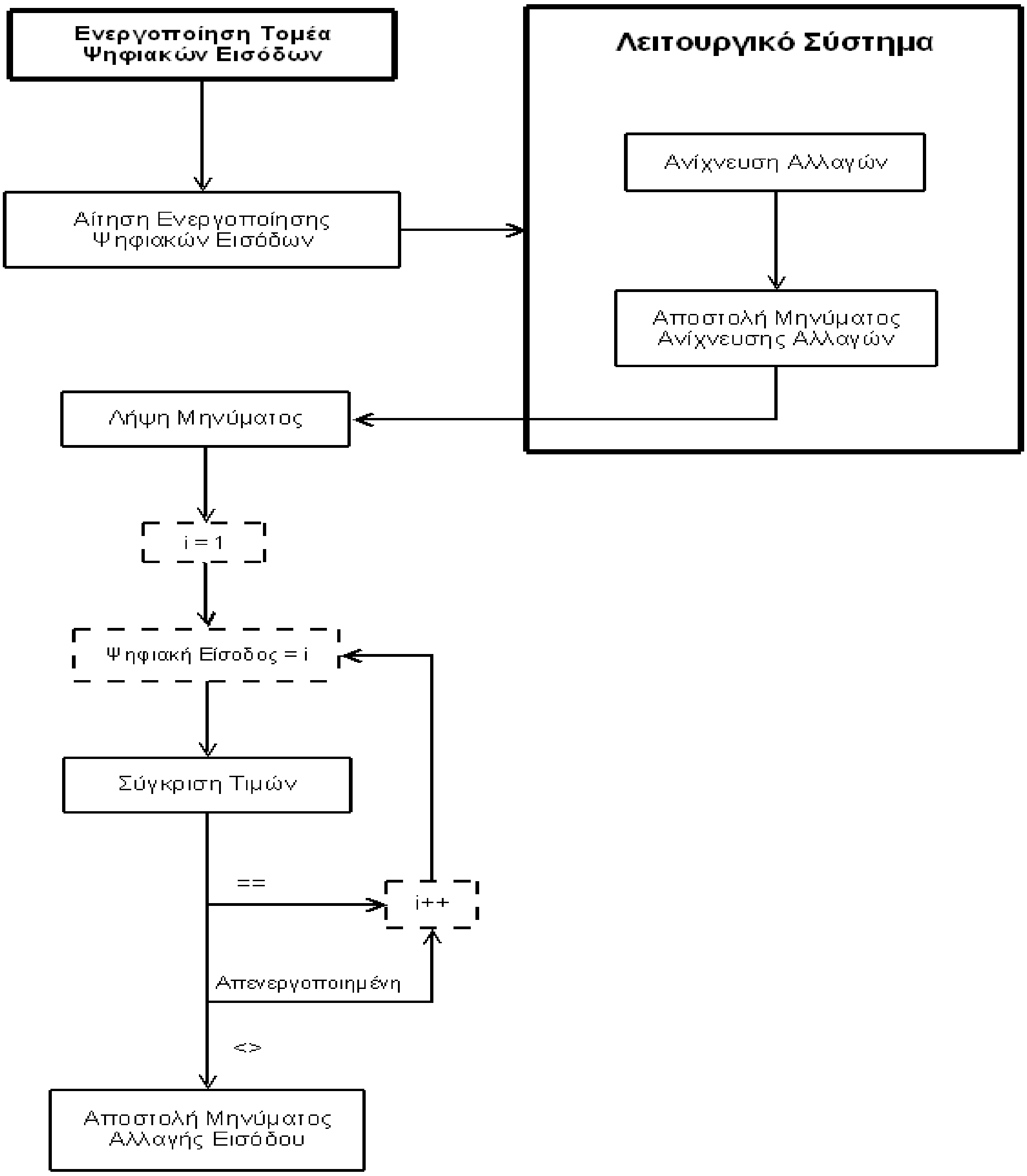
Αν εντοπιστούν αλλαγές στις τιμές των αναλογικών εισόδων, τότε αποστέλλεται μήνυμα αλλαγής εισόδου. Το σύστημα δίνει την δυνατότητα στο χρήστη να απενεργοποιήσει κάποια είσοδο του συστήματος. Σε αυτή την περίπτωση το σύστημα αγνοεί κάθε αλλαγή και τιμή της συγκεκριμένης εισόδου και της προσδίδει μια σταθερή τιμή την οποία επιλέγει ο χρήστη.



Εικόνα 34. Διάγραμμα ροής τομέα αναλογικών εισόδων

5.1.3 Τομέας Ψηφιακών Εισόδων

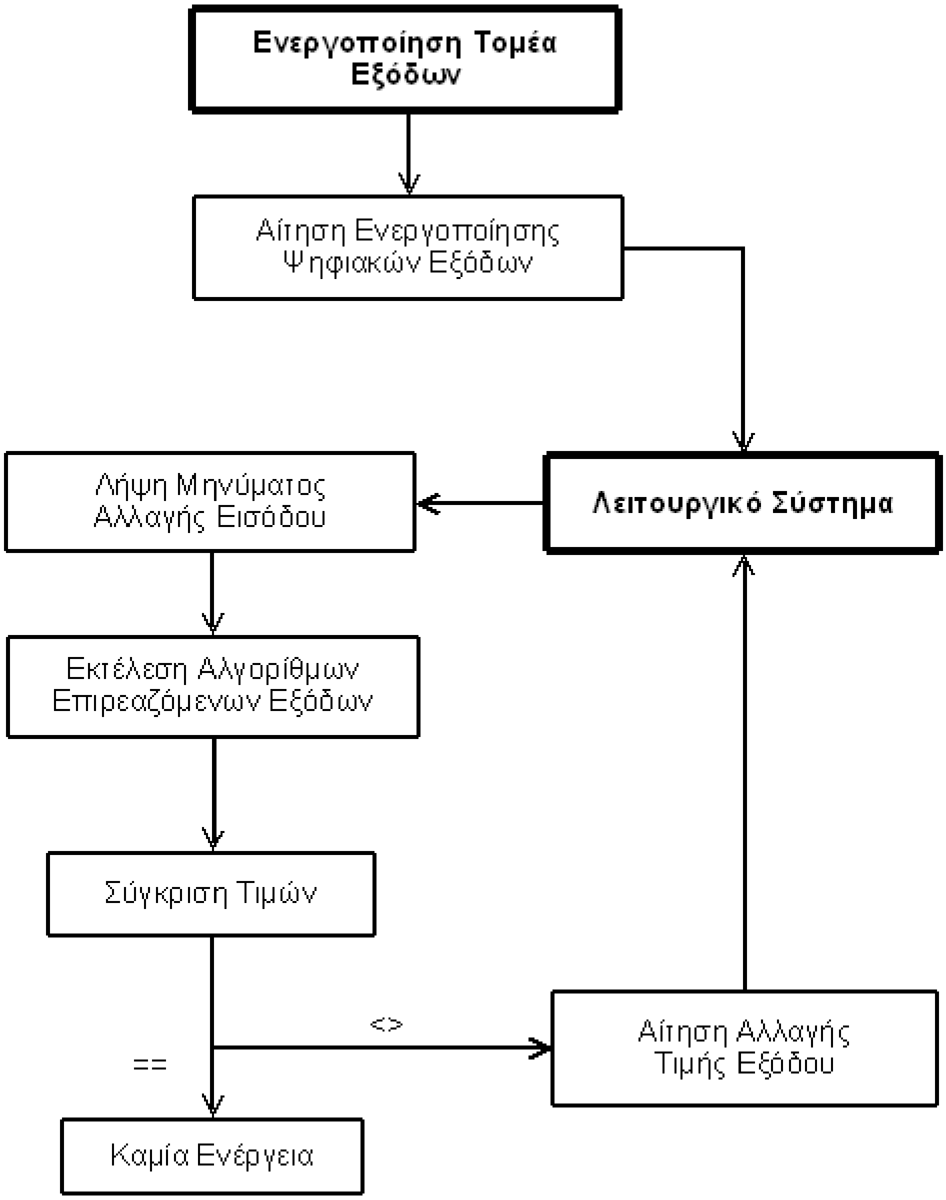
Ο τομέας ψηφιακών εισόδων διαχειρίζεται τις ψηφιακές εισόδους του συστήματος. Κατά την έναρξη λειτουργίας του αιτεί στο λειτουργικό σύστημα να του στέλνει μηνύματα κάθε φορά που κάποια αλλαγή συμβαίνει στις ψηφιακές εισόδους. Όταν λάβει ένα τέτοιο μήνυμα τότε το σύστημα συγκρίνει τις τρέχουσες τιμές των ψηφιακών εισόδων με προγενέστερες για να εντοπίσει τις αλλαγές. Για κάθε αλλαγή στέλνει και από ένα μήνυμα αλλαγής εισόδου. Αν κάποια αλλαγή αφορά μια απενεργοποιημένη είσοδο τότε αυτή αγνοείτε.



Εικόνα 35. Διάγραμμα ροής τομέα ψηφιακών εισόδων

5.1.4 Τομέας Εξόδων

Ο τομέας εξόδων διαχειρίζεται τις εξόδους του συστήματος. Λαμβάνει τα μηνύματα αλλαγής εισόδου και φροντίζει να ενημερώσει τις εξόδους του συστήματος. Όταν λάβει ένα σήμα αλλαγής εισόδου τότε εκτελεί αμέσως τον αλγόριθμο που αποφασίζει την κάθε έξοδο του συστήματος, εφόσον η είσοδος αυτή την επηρεάζει. Μόνο οι αλγόριθμοι των εξόδων των οποίων η τιμή επηρεάζεται από την αλλαγή αυτή θα εκτελεστούν. Το σύστημα διατηρεί στοιχεία για τις συσχετίσεις μεταξύ των εισόδων και των εξόδων.

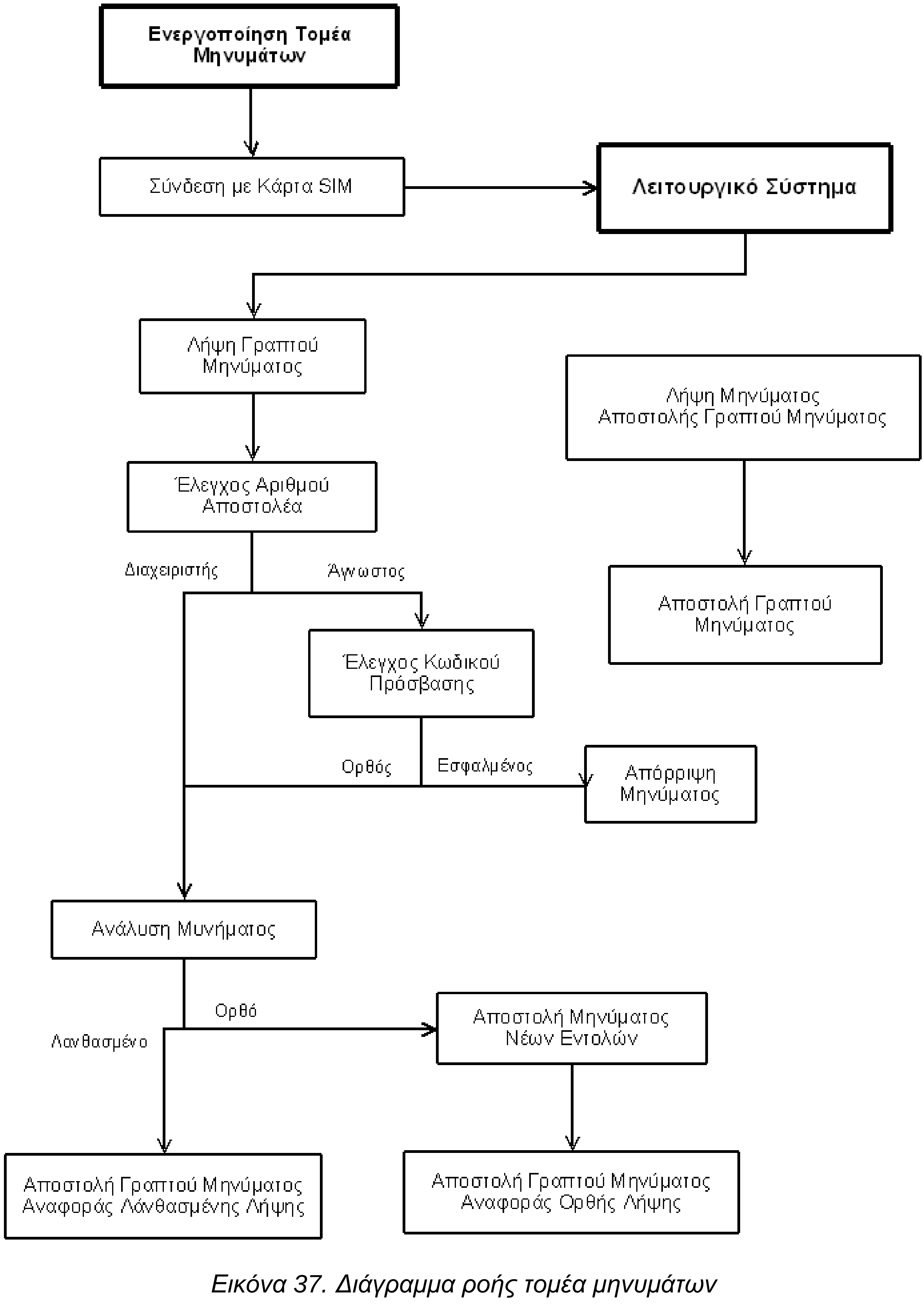


Εικόνα 36. Διάγραμμα ροής τομέα εξόδων

5.1.5 Τομέας Μηνυμάτων

Ο τομέας μηνυμάτων λαμβάνει από το λειτουργικό σύστημα τα γραπτά μηνύματα που στέλνει ο χρήστης. Αρχικά, ελέγχει αν ο αριθμός του αποστολέα είναι ένας αποδεκτός αριθμός. Αν ο αριθμός του αποστολέα δεν είναι καταχωρημένος στους αριθμούς διαχειριστών, τότε ελέγχει αν στην αρχή του κειμένου είναι γραμμένος ο κωδικός πρόσβασης του συστήματος. Αν δεν ισχύει κάτι τέτοιο τότε απορρίπτει το μήνυμα. Αν το μήνυμα είναι αποδεκτό, τότε συνεχίζει στην ανάλυση των εντολών που περιέχει το μήνυμα. Αν το μήνυμα είναι ορθογραφικά ορθό τότε στέλνει ένα μήνυμα λήψης νέων εντολών στον τομέα εντολών. Ανεξαρτήτως της ορθότητας του μηνύματος συντάσσεται ένα απαντητικό μήνυμα, το οποίο ενημερώνει τον χρήστη για το μήνυμα που ελήφθη και την ορθότητα του.

Ο τομέας μηνυμάτων αναλαμβάνει επίσης την αποστολή μηνυμάτων προς τον χρήστη ανάλογα με τις ρυθμίσεις του συστήματος. Μια τέτοια περίπτωση είναι η αποστολή μηνυμάτων συναγερμού σε περίπτωση αλλαγής μια εισόδου σε ένα μη επιτρεπτό όριο. Μια άλλη περίπτωση είναι η αποστολή μηνύματος ανανέωσης χρόνου ομιλίας στον πάροχο σύνδεσης στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας. Οι παραπάνω περιπτώσεις σχεδιάζονται από τους τομείς που σχετίζονται και μεταβιβάζονται στον τομέα αυτό μέσω μηνυμάτων. Ο τομέας μηνυμάτων απλά φροντίζει για την αποστολή τους.

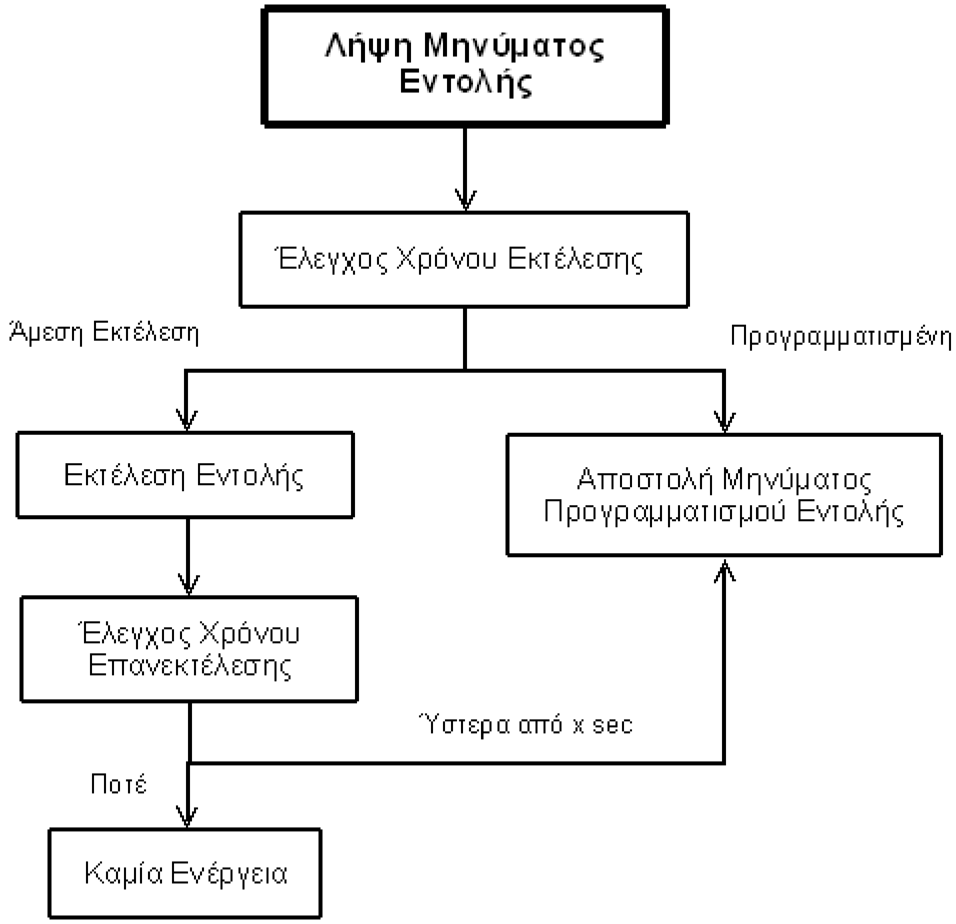


Εικόνα 37. Διάγραμμα ροής τομέα μηνυμάτων

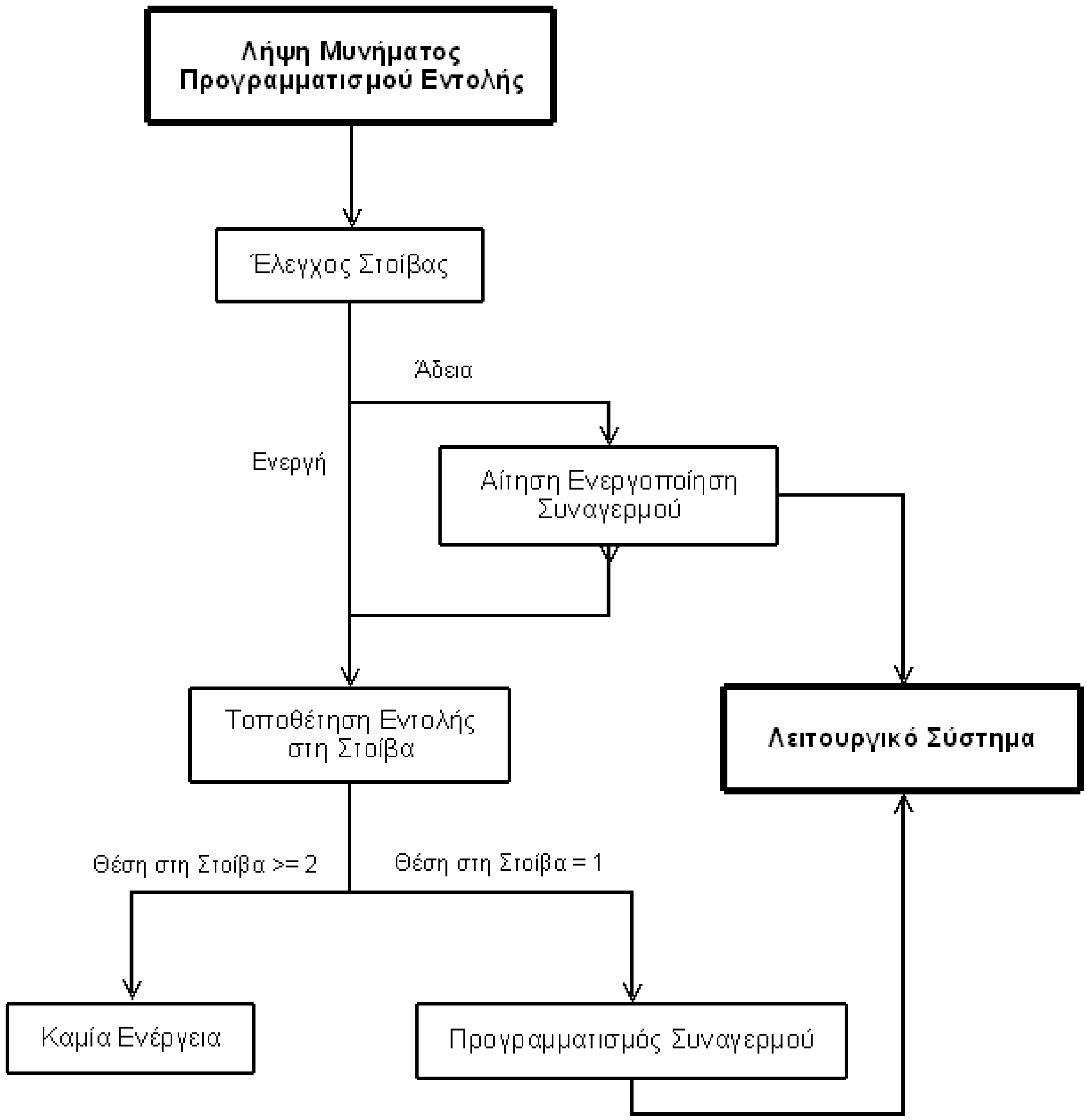
5.1.6 Τομέας Εντολών

Ο τομέας εντολών διαχειρίζεται τις εντολές που δίνονται από τον χρήστη καθώς και τις εικονικές εισόδους και εξόδους. Στο σύστημα μπορούν να υπάρχουν εικονικές είσοδοι και έξοδοι που παίρνουν τιμές από και προς το χρήστη. Μια εικονική είσοδος μπορεί να εκπροσωπεύει έναν διακόπτη τον οποίο ο χρήστη ανοίγει και κλείνει μέσα από εντολές που στέλνει στο σύστημα. Μια εικονική έξοδο μπορεί να είναι η μέση τιμή μεταξύ πολλών εισόδων την τιμή της οποίας θέλει α επιβλέπει ο χρήστης.

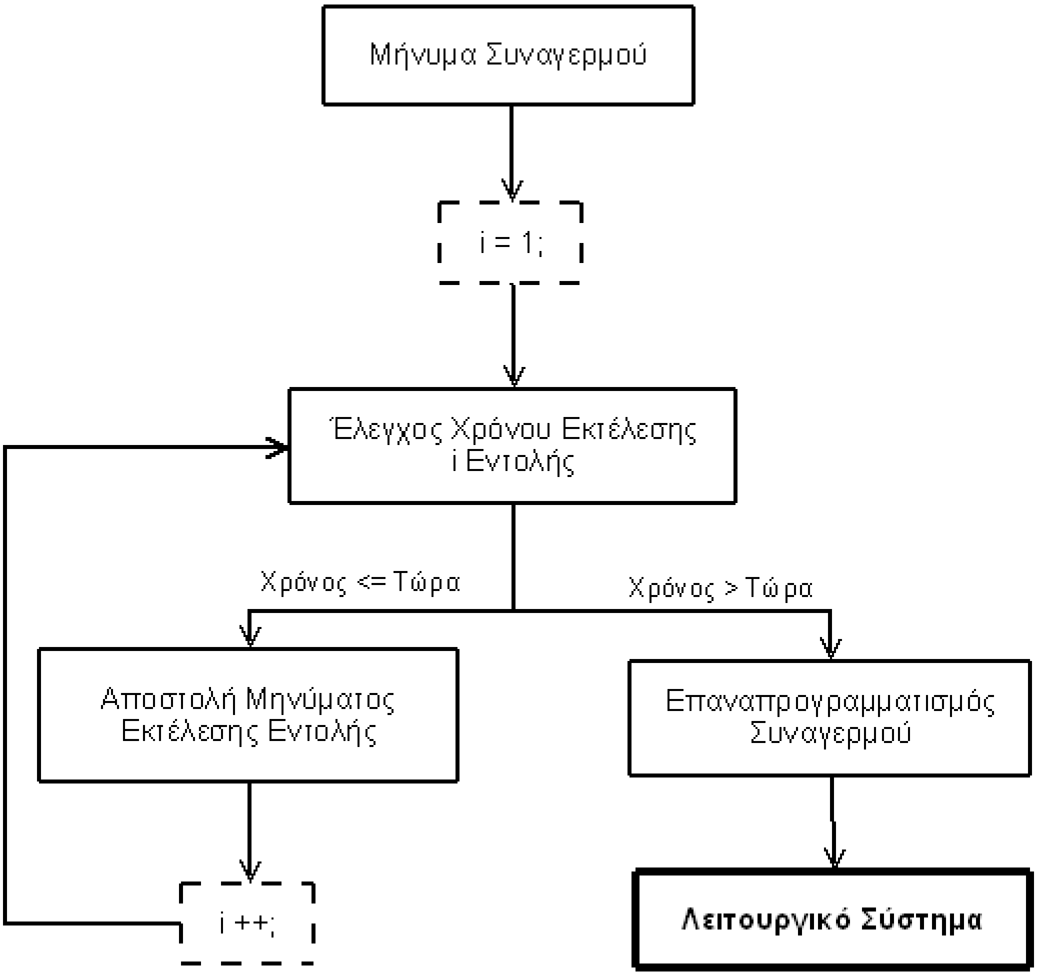
Ο τομέας εντολών είναι υπεύθυνος για τον σωστό προγραμματισμό των εντολών. Κατατάσσει τις προγραμματισμένες εντολές σε μία στοίβα με ιεραρχία χρονικής προτεραιότητας. Η εντολή που πρέπει να εκτελεστεί πρώτη βρίσκεται στην κορυφή. Κάθε φορά που μια νέα εντολή εισάγεται στο σύστημα τοποθετείται στην στοίβα. Για τον υπολογισμό του χρόνου χρησιμοποιείται ένα από τα ρολόγια του συστήματος. Το ρολόι αυτό προγραμματίζεται κάθε φορά για την εκτέλεση της πρώτης εντολής. Μετά αναπρογραμματίζεται για την επόμενη.



Εικόνα 38. Διάγραμμα ροής τομέα εντολών – Λήψη μηνύματος εντολής



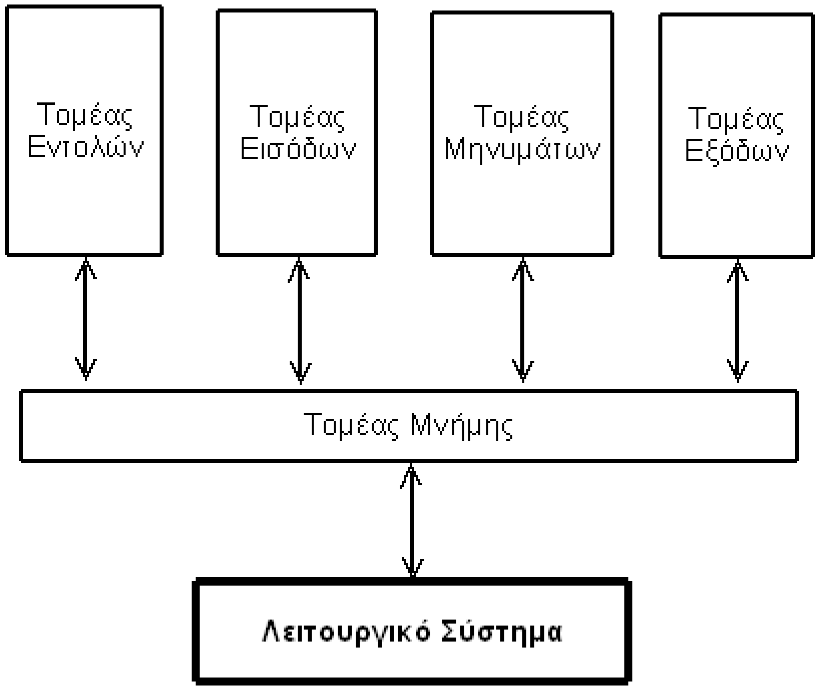
Εικόνα 39. Διάγραμμα ροής τομέα εντολών – Λήψη μηνύματος προγραμματισμού εντολής



Εικόνα 40. Διάγραμμα ροής τομέα εντολών – Εκτέλεση εντολής

5.1.7 Τομέας Μνήμης

Ο Τομέας μνήμης αναλαμβάνει την ανάγνωση κατά την εκκίνηση από την μνήμη του συστήματος των δεδομένων αρχικοποίησης του. Κατά την διάρκεια λειτουργίας του συστήματος, με την χρήση συναρτήσεων, οι διάφοροι τομείς χρησιμοποιούν αυτόν τον τομέα για να διαβάζουν και να αποθηκεύουν δεδομένα.



Εικόνα 41. Τομέας μνήμης

5.2 Εφαρμογή Προγραμματισμού Συστήματος

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε για την παραμετροποίηση του συστήματος από το χρήστη σχεδιάστηκε με βασικό γνώμονα την ευκολία χρήσης του από μη εξειδικευμένους χρήστες. Η εφαρμογή αυτή είναι διαδικτυακού τύπου και αναπτύχθηκε με την γλώσσα προγραμματισμού PHP, έτσι ώστε να μπορεί να είναι προσβάσιμη και αξιοποιήσιμη και μέσω του παγκόσμιου διαδικτύου.

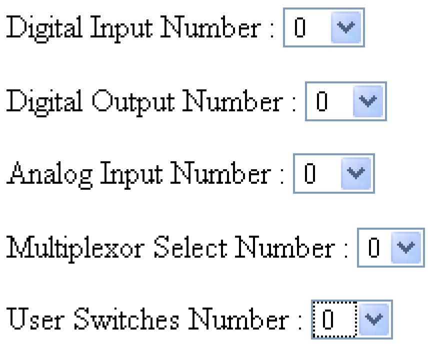
Η γενική λειτουργία αυτής της εφαρμογής είναι η λήψη πληροφοριών από το χρήστη σε σχέση με τις ιδιαιτερότητες του συστήματος που θέλει να δημιουργήσει και σαν αποτέλεσμα είναι η επιστροφή ενός αρχείου παραμέτρων μέσα από το οποίο παραμετροποιείται το λογισμικό του συστήματος.

5.2.1 Διαδικασία Προγραμματισμού

Η διαδικασία προγραμματισμού του συστήματος περιλαμβάνει τέσσερα απλά βήματα μέσα από τα οποία ο χρήστη δηλώνει τις προτιμήσεις του και λαμβάνει το αρχείο παραμέτρων.

1) Βήμα 1ο

Στο πρώτο βήμα ο χρήστη καλείται να δηλώσει τον αριθμό των εισόδων και των εξόδων που έχει συνδέσει στο σύστημα του. Επιπλέον, καλείται να δηλώσει τον αριθμό των ψηφιακών σημάτων που συνδέονται στον πολυπλέκτη (αν υπάρχει) που συνδέεται με τον ADC του συστήματος. Τέλος, ο χρήστη μπορεί να δηλώσει πόσους εικονικούς διακόπτες θέλει να δημιουργήσει. Οι διακόπτες αυτοί υλοποιούνται μέσω εικονικών εισόδων.



Εικόνα 42. 1ο στάδιο προγραμματισμού

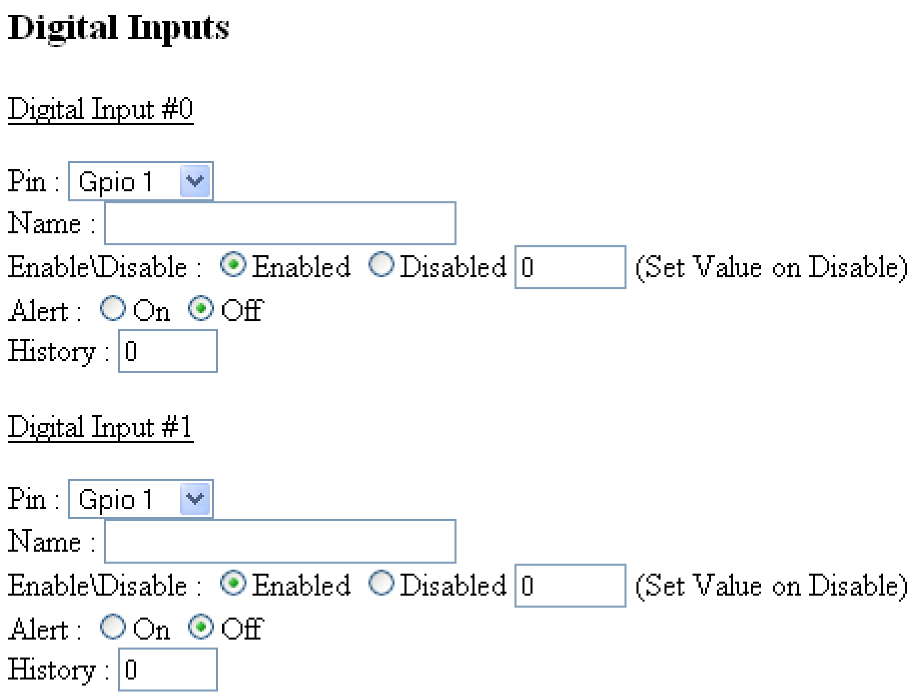
2) Βήμα 2ο

Στο δεύτερο βήμα καθορίζονται οι ιδιαιτερότητες των εισόδων και εξόδων που δηλώθηκαν στο προηγούμενο βήμα.

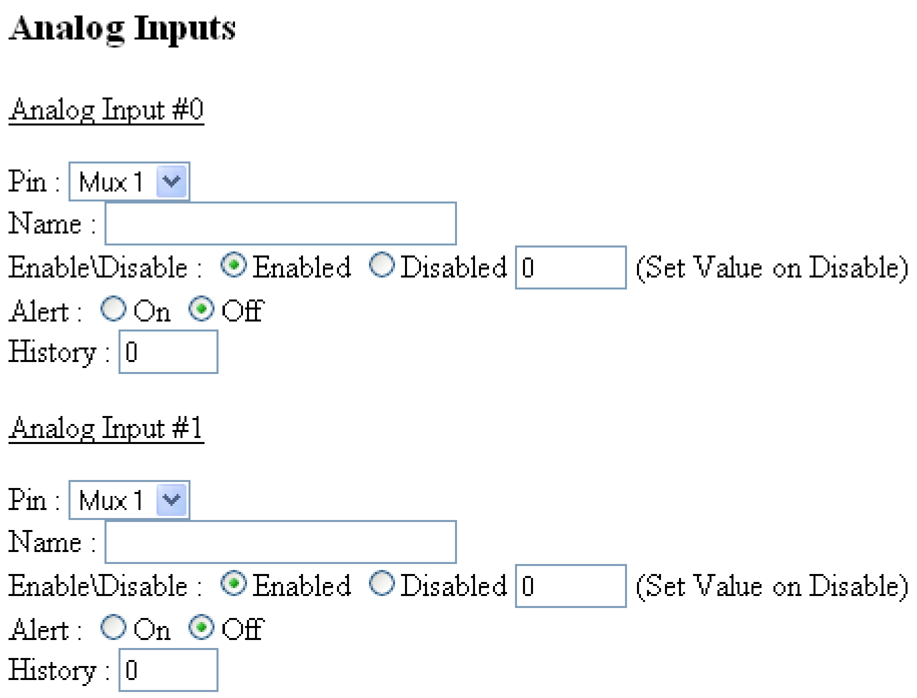
Ο χρήστης καλείται να δηλώσει σε ποια ακίδα (πεδίο Pin) της κεντρικής μονάδας έχει συνδεθεί κάθε ψηφιακή είσοδος ή έξοδος ενώ για τις αναλογικές εισόδους καλείται να δηλώσει τον αριθμό της εξόδου του πολυπλέκτη. Επίσης, κάθε είσοδος και έξοδος του συστήματος περιγράφεται από τον χρήστη με ένα όνομα (πεδίο Name) έτσι ώστε να μπορεί ο χρήστη να αναφέρεται σε αυτές με την χρήση αυτού του ονόματος. Ακόμα, δίνεται η δυνατότητα για άμεση ενημέρωση του από το σύστημα μέσω γραπτού μηνύματος σε περίπτωση αλλαγής στην τιμή τους (πεδίο Alert). Ο χρήστη μπορεί να ζητήσει από το σύστημα να διατηρεί για μια ή περισσότερες εισόδους και εξόδους ιστορικό αλλαγών τιμής (πεδίο History) επιλέγοντας ο ίδιος τον αριθμό των καταγεγραμμένων αλλαγών.

➢ Ψηφιακές & Αναλογικές Είσοδοι

Στις πραγματικές εισόδους ο χρήστη έχει την δυνατότητα επιλογής απενεργοποίησης (πεδίο Enable/Disable) έτσι ώστε οι τιμές τους να μην επηρεάζουν το σύστημα, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να ορίσει αυτός την τιμή την οποία θα χρησιμοποιεί το σύστημα για την είσοδο αυτή. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να αφαιρέσει αισθητήρια από το σύστημα χωρίς να επηρεάσει την λειτουργία του.



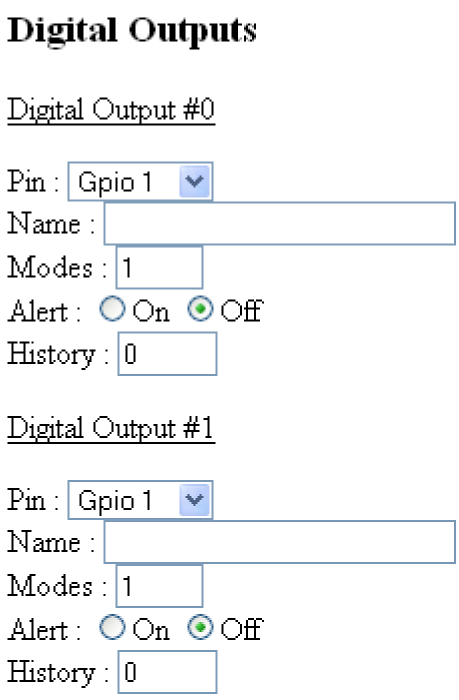
Εικόνα 43. 2ο στάδιο προγραμματισμού – Ψηφιακές είσοδοι



Εικόνα 44. 2ο στάδιο προγραμματισμού – Αναλογικές είσοδοι

- **Ψηφιακές Έξοδοι**

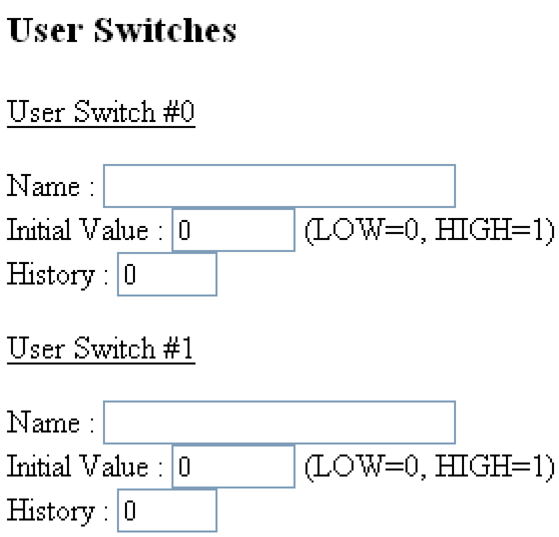
Στις εξόδους του συστήματος δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να ορίσει περισσότερους από έναν αλγόριθμους (πεδίο Mode) για τον καθορισμό της τιμής τους. Ένας τέτοιος αλγόριθμος μπορεί να είναι η σύνδεση του με ένα εικονικό διακόπτη. Έτσι, ο χρήστη μπορεί να εναλλάσσει τον τρόπο καθορισμού της τιμής τους.



Εικόνα 45. 2ο στάδιο προγραμματισμού – Ψηφιακές έξοδοι

➢ Εικονικές Είσοδοι

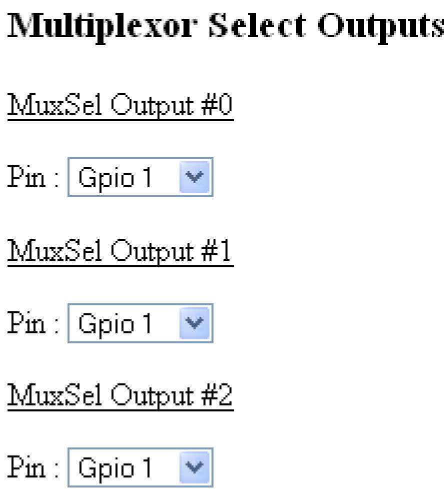
Οι εικονικές είσοδοι (ή διακόπτες) μπορούν να πάρουν τιμές είτε ψηφιακές (1,0) είτε αναλογικές. Για τις εικονικές εισόδους δεν δίνεται η επιλογή άμεσης ενημέρωσης καθώς μόνο ο χρήστη μπορεί να αλλάξει τις τιμές τους.



Εικόνα 46. 2ο στάδιο προγραμματισμού – Εικονικές είσοδοι

- **Πολυπλέκτης**

Στο βήμα αυτό ο χρήστη καλείται να δηλώσει επίσης σε ποιες ακίδες ψηφιακών εξόδων (Pin) της κεντρικής μονάδας του συστήματος έχει συνδέσει τα σήματα επιλογής του πολυπλέκτη αναλογικών εισόδων.



Εικόνα 47. 2ο στάδιο προγραμματισμού – Πολυπλέκτης

3) Βήμα 3ο

Στο τρίτο βήμα ο χρήστη καλείται να συμπληρώσει τους αλγόριθμους που καθαρίζουν τις τιμές των εξόδων του συστήματος. Οι αλγόριθμοι γράφονται με την χρήση γλώσσας προγραμματισμού C αναφερόμενοι στις εισόδους και εξόδους του συστήματος με τα ονόματα που τους έχουν δοθεί. Επιπλέον δίνεται η ευκολία στον χρήστη να συνδέσει μια έξοδο με μία εικονική είσοδο δίνοντας έτσι απευθείας τιμές στην έξοδο.

Εικόνα 48. 3ο στάδιο προγραμματισμού

4) Βήμα 4ο

Στο τελευταίο βήμα ο χρήστη παραλαμβάνει από την εφαρμογή το αρχείο παραμέτρων του συστήματος του. Αυτό που απομένει είναι να ακολουθήσει τα βήματα προγραμματισμού της κεντρικής μονάδας (Q2687H cpu) σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή (Wavecom)

6. Συμπεράσματα

6.1 Τεχνολογία M2M και Δίκτυα Κινητής Τηλεφωνίας

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή της παρούσας εργασίας η βάση πάνω στην οποία στηρίζεται η M2M τεχνολογία είναι τα δίκτυα. Αυτό όμως που κάνει την διαφορά και πρόκειται να αλλάξει τον τρόπο λειτουργίας της κοινωνίας στο μέλλον είναι η χρήση των ασύρματων δικτύων κινητής τηλεφωνίας αφού μπορούν να προσφέρουν άμεση δικτύωση παντού. Στις περισσότερο αναπτυγμένες χώρες τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας βελτιώνονται συνεχώς και είναι ήδη σε θέση να προσφέρουν αρκετά ικανοποιητικά τις υπηρεσίες τους στην τεχνολογία M2M για μεγάλης κλίμακας εφαρμογές, όπως αυτές που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή. Στην Ελλάδα αυτό είναι ακόμα αμφιλεγόμενο, αλλά σίγουρα θα αλλάξει στο μέλλον. Αξίζει να αναφερθεί πως οι πάροχοι υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας στην Ελλάδα βελτιώνουν συνεχώς τα δίκτυα τους προσφέροντας όλο και πιο ικανοποιητικές και αποδοτικές υπηρεσίες.

Παρόλα αυτά μικρού μεγέθους εφαρμογές, όπως αυτή που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία, μπορούν να εξυπηρετηθούν άριστα από τις εταιρίες παροχής υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας της Ελλάδας. Η υπηρεσία SMS είναι μια από τις παλαιότερες υπηρεσίες που προσφέρει το δίκτυο GSM και είναι παγκοσμίας εμβέλειας. Το δίκτυο GSM είναι το παλαιότερο και βασικότερο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας και όπως αναφέρθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο είναι εγκατεστημένο σχεδόν σε όλες τις χώρες του κόσμου, σε αντίθεση με τα πιο εξελιγμένα δίκτυα όπως το 3G. Αυτό δείχνει πως σιγά σιγά η M2M τεχνολογία μπορεί να μπει στην υπηρεσία των πολιτών όχι μόνο των πιο αναπτυγμένων αλλά σχεδόν όλων των κρατών.

Στην παρούσα εργασία παρατηρήθηκε πολύ ικανοποιητική απόδοση της υπηρεσίας SMS του δικτύου κινητής τηλεφωνίας της εταιρίας Cosmote προσφέροντας την πεποίθηση ότι η M2M τεχνολογία βρίσκεται κοντά στην ελληνική κοινωνία τουλάχιστον για το επίπεδο μικρών εφαρμογών.

Από πλευράς υλικού για την ανάπτυξη του συστήματος υπήρξε αρκετά ικανοποιητική απόδοση από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας Q2687 και τα εργαλεία που πρόσφερε η εταιρία Wavecom. Γενικότερα, τα αποτελέσματα της έρευνας που έγινε σε σχέση με τις συσκευές που προσφέρονται για M2M εφαρμογές δείχνουν ότι από τεχνολογικής σκοπιάς η M2M τεχνολογία δεν στερείται σε τίποτα, αλλά αντιθέτως βρίσκει ένα πολύ καλό στήριγμα στις τεχνολογίες των ηλεκτρονικών συσκευών.

6.2 Ανάπτυξη Εργασίας

Όσο αναφορά την παρούσα εργασία ύστερα από αρκετές ώρες ελέγχου και προσομοίωσης του συστήματος που αναπτύχθηκε παρατηρήθηκε αρκετά ικανοποιητική απόδοση του λογισμικού για την διαχείριση του συστήματος που εκτελείται μέσα από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας Q2687. Η συνεργασία της συσκευής κινητού τηλεφώνου και της κεντρικής μονάδας του συστήματος ήταν άριστη. Αυτό είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για την ανάπτυξη συστημάτων M2M καθώς τα κινητά τηλέφωνα είναι συσκευές που οι περισσότεροι άνθρωποι χρησιμοποιούν σε μεγάλο βαθμό. Αυτό σημαίνει ότι είναι αρκετά εξοικειωμένοι με αυτές τις συσκευές και ότι συνηθίζουν να τις μεταφέρουν μαζί τους όπου και αν βρίσκονται.

Επιπλέον, η διαδικτυακή εφαρμογή που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία για τον προγραμματισμό του λογισμικού διαχείρισης του συστήματος δίνει μια άλλη διάσταση στο σύστημα, καθώς το καθιστά ευέλικτο στις απαιτήσεις του χρήστη και επιπλέον αποτελεί μια καινοτομία τόσο σε σχέση με την συγκεκριμένη κεντρική μονάδα επεξεργασίας όσο και γενικότερα στον τομέα ανάπτυξης M2M εφαρμογών.

Ωστόσο, αξίζει να αναφέρουμε ότι το παρόν σύστημα αναπτύχθηκε στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας και σκοπός δεν ήταν ένα εμπορικό προϊόν, αλλά η έρευνα και μάθηση. Αυτό συνεπάγεται ότι το παρόν σύστημα δεν είναι ένα τελειοποιημένο σύστημα, αλλά ένα σύστημα που είναι ανοικτό σε περαιτέρω ανάπτυξη και εξέλιξη.

6.3 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Το σύστημα που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία προσφέρει την δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης σε αρκετά μεγάλο βαθμό καθώς και το υλικό που χρησιμοποιήθηκε, η κεντρική μονάδα επεξεργασίας Q2687, προσφέρει μεγάλη ελευθερία στην ανάπτυξη επιπλέον λειτουργιών.

Μερικές από τις βελτιώσεις και τις επεκτάσεις που θα μπορούσαν να εφαρμοστούν στο σύστημα που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία είναι:

1. Η αύξηση του εύρους των εντολών που δέχεται το σύστημα για την ευκολότερη και καλύτερη εξυπηρέτηση του χρήστη είναι ένα πρώτο σημείο βελτίωσης του συστήματος. Περισσότερες δυνατότητες προγραμματισμού εντολών και εντολών διαχείρισης των εισόδων και των εξόδων του συστήματος θα το καθιστούσαν περισσότερο χρήσιμο και εύχρηστο στους χρήστες.

2. Η σύνδεση στο διαδίκτυο του συστήματος θα το καθιστούσε περισσότερο ευέλικτο καθώς μέσα από το διαδίκτυο δίνεται η δυνατότητα παροχής περισσότερων υπηρεσιών στον χρήστη, όπως:

- Ενημέρωση μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου. Με αυτόν τον τρόπο θα μπορούσε το σύστημα να προσφέρει περισσότερες και πιο ευπαρουσίαστες πληροφορίες στον χρήστη.
- Σύνδεση μέσω διαδικτύου με το σύστημα και διαχείριση του μέσω διαδικτυακής εφαρμογής. Με τον τρόπο αυτό το σύστημα θα μπορούσε να ενημερώνει μια διαδικτυακή εφαρμογή σε σχέση με την κατάσταση λειτουργίας του και ο χρήστη να επισκέπτεται την αντίστοιχη ιστοσελίδα για να ενημερώνεται. Επιπλέον, ο χρήστη μπορεί να προγραμματίζει το σύστημα μέσα από αυτήν την ιστοσελίδα και το σύστημα να λαμβάνει τα δεδομένα από αυτή. Με αυτό τον τρόπο το σύστημα θα μπορούσε να είναι πιο εύχρηστο και πιο ευπαρουσίαστο ακόμα.
- Χρήση πληροφοριών του διαδικτύου για την λήψη αποφάσεων. Το σύστημα θα μπορούσε να λαμβάνει πληροφορίες μέσω του διαδικτύου για την λήψη αποφάσεων, όπως το δελτίο καιρού.
- Ζωντανή οπτικοακουστική σύνδεση με το σύστημα. Μετάδοση ήχου και εικόνας στον χρήστη από το σύστημα με σκοπό τον οπτικό και ακουστικό έλεγχο. Η συγκεκριμένη προέκταση απαιτεί την δυνατότητα γρήγορης μετάδοσης δεδομένων τόσο από το δίκτυο όσο και από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας. Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας Q2687 δεν δίνει αυτή δυνατότητα καθώς μια τέτοια λειτουργία απαιτεί σύνδεση με το δίκτυο 3G ή 4G κάτι που δεν βρίσκεται στις δυνατότητες της. Ωστόσο, η εταιρία Sierra (η οποία έχει αγοράσει την Wavecom) έχει αναπτύξει κεντρικές μονάδες επεξεργασίας (Q26 extreme [71], Q26 elite [72]) με αυτές τις δυνατότητες που είναι πλήρως συμβατές με την Q2687 και την πλακέτα Q26 Series WDK. Επίσης, το δίκτυο 3G στην Ελλάδα λειτουργεί ακόμα με πολλά προβλήματα,

καθώς δεν καταφέρνει να προσφέρει τις υψηλές ταχύτητες, που μια τέτοια λειτουργία απαιτεί, τις περισσότερες ώρες της ημέρας.

3. Ενεργειακή ανεξαρτητοποίηση του συστήματος. Ανάπτυξη υποστηρικτικού συστήματος συλλογής και αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας το οποίο θα το καθιστούσε ανεξάρτητο από τον εθνικό δίκτυο παροχής ηλεκτρικής ενέργειας και θα έδινε την δυνατότητα χρήσης του συστήματος σε περιοχές αρκετά απομακρυσμένες, όπου δεν υπάρχει δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα τέτοιο σύστημα θα μπορούσε να βασίζεται σε ένα ηλιακό συλλέκτη και μια μπαταρία ληθίου.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το υλικό του συστήματος προσφέρει μεγάλη ευελιξία στην ανάπτυξη M2M εφαρμογών. Αυτό σημαίνει ότι είναι στην φαντασία του κάθε σχεδιαστή να εισάγει τις δικές του βελτιώσεις και προεκτάσεις. Επιπλέον, οι ανάγκες των χρηστών των συστημάτων αυτών είναι αυτές οι οποίες θα μπορέσουν να καθοδηγήσουν πολλές από τις μελλοντικές βελτιώσεις και προεκτάσεις.

7. Βιβλιογραφία

7.1 Βιβλιογραφικές Αναφορές

[1] Alex Brisbourne, «Machine-to-Machine communications Monitor Environmental Impact», KORE Telematics

[2] Syed Gilani, Vertical Markets, «The Promise of M2M: How Pervasive Connected Machines are Fueling the Next Wireless Revolution», Embedded Systems Division, Mentor Graphics Corporation, August 2009

[3] Ιστοσελίδα εταιρίας Onstar (www.onstar.com) (υπερ-σύνδεση: http://www.onstar.com/web/portal/customerservice)

[4] Ιστοσελίδα εταιρίας General Motors (www.gm.com)

[5] Ιστοσελίδα εταιρίας Given Imaging (www.givenimaging.com)

[6] Άρθρο «PillCam ESO 2» από την ιστοσελίδα medGadget (www.medgadget.com) (υπερ-σύνδεση: http://medgadget.com/archives/2007/06/pillcam_eso_2.html)

[7] Sony Ericsson, «We make Machine talk», May 2002

[8] Ιστοσελίδα εταιρίας Rentokill (www.rentokill.gr)

[9] Σελίδα της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας Q2687 στην ιστοσελίδα της εταιρίας Sierra Wireless (www.sierrawireless.com) (υπερ-σύνδεση: http://www.sierrawireless.com/productsandservices/AirPrime/Embedded_Modules/Q_Series/Q2687.aspx)

[10] Ιστοσελίδα της εταιρίας Wavecom (www.wavecom.com)

[11] Ιστοσελίδα της εταιρίας Sierra Wireless (www.sierrawireless.com)

[12] Sushant Gupta, Ankit Hirdesh, «Overview of M2M», Department of Computer and Information Science and Engineering, University of Florida, USA

[13] FocalPoint Group LLC, «M2M White Paper: The Growth of Device Connectivity»

[14] Vodafone Global Enterprise, «Global Machine to Machine Communication», 2010

[15] Lei Shi, Dominique Blanc, Ben Slimane, «Improvement on the Radio Link Reliability of Wireless M2M Application in Industrial Environment», KTH - Royal Institute Of Technology Stockholm, March 2009

[16] Mugisha Philip Bisanda, Emmanuel O. Bejide, «GSM Based Industrial Automation», University of Cape Town Department of Electrical Engineering, October 2006

[17] Matumba Dalubuhle Goodtime, «Development of a GSM-Based Monitoring System», Department of Electrical Engineering University of Cape Town, October 2005

[18] Vincent Bonneau, «Strong Growth of Wireless M2M and Impact of RFID», IDate, Montpellier

[19] Deloitte Research, «Mobilizing the Machine – The Coming Embedded Mobile Revolution»

[20] Shaye Shayegany, «Device Networking Enables M2M Technology», Lantronix, 2009

[21] Ιστοσελίδα της εταιρίας MedApps (**www.medapps.net**)

[22] Jim Jones, Vanilson Burıgio, Gabor Sipkoi, «An Architecture for Telemetry–Based Systems to Control Remote Devices via GPRS», Unibratec Brazil

[23] Harbor Research Inc, «Smart Power Pervasive Internet Technology in a Changing Energy Market», February 2005

[24] Robert Szilαgyi, Miklos Herdon, «Mobile Internet in Agriculture Application Perspectives», University of Debrecen Centre of Agricultural Sciences, August 2007

[25] Gilles Privat, France Telecom Research and Development, «Smart Devices: New Telecom Applications & Evolution of Human Interfaces», March 2005

[26] Ιστοσελίδα M2Mexpo (**www.m2mexpo.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.m2mexpo.com/2008/na/**)

[27] Ιστοσελίδα της εταιρίας ccWW Ltd (**www.ccww.co.uk**)

[28] Ιστοσελίδα της εταιρίας Telit (**www.telit.com**)

[29] Άρθρο «UK Government's Smart Metering Initiative Calls for Expert M2M Capabilities» από την ιστοσελίδα cellular-news (**www.cellular-news.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.cellular-news.com/story/37522.php**)

[30] Ιστοσελίδα της εταιρίας Berg Insight (**www.berginsight.com**)

[31] Berg Insight, Andre Malm, Tobias Ryberg, «Wireless M2M and Mobile Broadband Devices»

[32] Άρθρο «Universal Mobile Telecommunication System» από την ιστοσελίδα Wikipedia (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://en.wikipedia.org/wiki/Umts**)

[33] Άρθρο «ZigBee» από την ιστοσελίδα Digi–Making Wireless M2M Easy (**www.digi.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.digi.com/technology/rf-articles/wireless-zigbee.jsp**)

[34] Άρθρο «ZigBee» από την ιστοσελίδα Wikipedia (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://en.wikipedia.org/wiki/ZigBee**)

[35] Άρθρο «ZigBee» από την ιστοσελίδα WorldLingo (**www.worldlingo.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/el/ZigBee**)

[36] Λάζαρος Μεράκος, «Δίκτυα Κινητών Επικοινωνιών, Σύγχρονες Τάσεις», Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Αθήνας

[37] Μιχαήλ Θεολόγου, «Δίκτυα Κινητών και Προσωπικών Επικοινωνιών», Μετσόβιο Πολυτεχνείο Αθηνών

[38] Joseph Soma Reddy, «ZigBee Security», ZigBee Alliance, 2004

[39] Μάνος Βαρβαρίγος, «Κινητά Δίκτυα Επικοινωνιών», Πανεπιστήμιο Πάτρας

[40] Άρθρο «Global System for Mobile Communications» από την ιστοσελίδα Βικιπεδία (ελληνική έκδοση της ιστοσελίδας Wikipedia) (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://el.wikipedia.org/wiki/Global_System_for_Mobile_Communications**)

[41] Άρθρο «GSM» από την ιστοσελίδα Wikipedia (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://en.wikipedia.org/wiki/GSM**)

[42] Ιστοσελίδα GSM World (**www.gsmworld.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.gsmworld.com/roaming/roaming.html**)

[43] Ιστοσελίδα της εταιρίας Cosmote (**www.cosmote.gr**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.cosmote.gr/content/el/sections/company/company/kalypsi.html**)

[44] Ιστοσελίδα Δασικά Χωριά Ελλάδας (**www.dasikoxorio.wordpress.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://dasikoxorio.wordpress.com/2009/12/05/vodafone-cosmote-ή-wind-πιάνει-καλύτερα-στα-ελληνικά-βο**)

[45] Ιστοσελίδα Worldtimezone (**www.worldtimezone.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.worldtimezone.com/gsm.html**)

[46] Ιστοσελίδα GSM World (**www.gsmworld.com**)

[47] Άρθρο «Subscriber Identity Module» από την ιστοσελίδα Wikipedia (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://en.wikipedia.org/wiki/Subscriber_Identity_Module**)

[48] Ιστοσελίδα Yeedong (**www.yeedong.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.yeedong.com/buy-wholesale-SIM-Card-Iphone-3G-Rebel-Unlock-SIM-Card+pid_1797.aspx**)

[49] Άρθρο «International Mobile Equipment Identity» από την ιστοσελίδα Wikipedia (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://en.wikipedia.org/wiki/International_Mobile_Equipment_Identity**)

[50] Ιστοσελίδα Gprs-controllers (**www.gprs-controllers.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.gprs-controllers.com/gt-530-p-5441.html**)

[51] Άρθρο «Short Message Service: What, How and Where?» από την ιστοσελίδα Wireless Developer Network (**www.wirelessdevnet.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.wirelessdevnet.com/channels/sms/features/sms.html**)

[52] Άρθρο «SMS FAQ» από την ιστοσελίδα GSM-technology (**www.gsmytechnology.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.gsm-technology.com/gsm.php/en,unlock,subpage_id,smsfaq.html**)

[53] Άρθρο «SMS» από την ιστοσελίδα Βικιπεδία (ελληνική έκδοση της ιστοσελίδας Wikipedia) (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://el.wikipedia.org/wiki/SMS**)

[54] Άρθρο «SMS» από την ιστοσελίδα Wikipedia (**www.wikipedia.org**) (υπερ-σύνδεση: **http://en.wikipedia.org/wiki/SMS_message**)

[55] ST, «HCF4051B»

[56] Ιστοσελίδα της εταιρίας ST (**www.st.com**)

[57] Ιστοσελίδα της εταιρίας ARM (**www.arm.com**) για τον επεξεργαστή ARM946 (υπερ-σύνδεση: **http://www.arm.com/products/processors/classic/arm9/arm946.php**)

[58] Wavecom Inc, «Wismo Quik Q2687 Customer Design Guidelines»

[59] Wavecom Inc, «Wireless Cpu Quik Q2687 Customer Design Guidelines»

[60] Wavecom Inc, «Q2687 Classic Wireless Cpu»

[61] Wavecom, «Wireless Cpu Q26 Family»

[62] Wavecom Inc, «Development Kit Q2686 and Q2687 User Guide»

[63] Wavecom Inc, «Wismo Quik Q2687 Product Technical Specification»

[64] Wavecom Inc, «Tutorial for Open AT IDE 1.02»

[65] Wavecom, «Open AT Software Suite 2.0»

[66] Σελίδα του Open AT OS στην ιστοσελίδα της εταιρίας Sierra Wireless (**www.sierrawireless.com**) (υπερ-σύνδεση: **http://www.sierrawireless.com/productsandservices/AirPrime/Sierra_Wireless_Software_Suite/Open_AT_Operating_System.aspx**)

[67] Wavecom Inc, «Operation System 6.61 & Wireless Cpu Q2687»

[68] Wavecom Inc, «Tools Manual for Open AT IDE 1.02»

[69] Wavecom Inc, «Basic Development Guide for Open AT v4.10»

[70] Wavecom Inc, «ADL User Guide for Open AT v4.10»

[71] Σελίδα της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας Q26 extreme από την ιστοσελίδα της εταιρίας Sierra Wireless (**www.sierrawireless.com**) (υπερ-σύνδεση:

http://www.sierrawireless.com/productsandservices/AirPrime/Embedded_Modules/Q_Series/Q26_Extreme.aspx)

[72] Σελίδα της κεντρικής μονάδας επεξεργασίας Q26 elite από την ιστοσελίδα της εταιρίας Sierra Wireless (www.sierrawireless.com) (υπερ-σύνδεση: http://www.sierrawireless.com/productsandservices/AirPrime/Embedded_Modules/Q_Series/Q26_Elite.aspx)

7.2 Χρήσιμη Βιβλιογραφία

- Joe Pardue, «C Programming for Microcontrollers», Smiley Micros Publishing
- Tim Converse and Joyce Park with Clark Morgan, «Php and MySQL Bible», Wiley Publishing Inc
- Aitken Peter, «Εγχειρίδιο της C», Εκδόσεις Μ. Γκιούρδας
- Π.Ν. Παρασκευοπούλου, «Εισαγωγή στον Αυτόματο Έλεγχο - Θεωρία και Εφαρμογές», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- Jean Walrand, «Δίκτυα Επικοινωνιών», Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
- Νίκος Μάργαρης, «Ανάλυση Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων», Εκδόσεις Τζιόλα
- Sedra Smith, «Μικροηλεκτρικά Κυκλώματα», Εκδόσεις Παπασωτηρίου
- Proakis, Salehi, «Συστήματα Τηλεπικοινωνιών», Prentice Hall Publishing
- Tran Tien Lang, «Ηλεκτρονικά Συστήματα Μετρήσεων», Εκδόσεις Τζιόλα
- Andrew S. Tanenbaum, «Σύγχρονα Λειτουργικά Συστήματα», Εκδόσεις Κλειδάριθμος
- Ι.Παπαευσταθίου, «Ενσωματωμένα Συστήματα Μικροεπεξεργαστών», Πολυτεχνείο Κρήτης
- Wavecom Inc, «AT Commands Interface Guide for OS 6.61»
- Wavecom Inc, «Wismo Quik Q26xx Customer Process Guidelines»

8. Παράρτημα A – Περιγραφή Εντολών

Το σύστημα που αναπτύχθηκε για την παρούσα εργασία επικοινωνεί με το χρήστη του μέσα από εντολές που λαμβάνει μέσω γραπτών μηνυμάτων SMS. Για τον λόγο αυτό αναπτύχθηκε μια σειρά εντολών μέσα από την οποία ο χρήστη περιγράφει στο σύστημα τις λειτουργίες που επιθυμεί να εκτελέσει. Οι εντολές αυτές μπορεί να εκτελεστούν είτε άμεσα με την λήψη του μηνύματος είτε σε προκαθορισμένο χρόνο που ο χρήστη έχει ορίσει. Επίσης κάποιες εντολές μπορούν να προγραμματιστούν να εκτελούνται περιοδικά. Στην συνέχεια γίνεται περιγραφή όλων των εντολών που έχουν σχεδιαστεί για το σύστημα που αναπτύχθηκε στην παρούσα εργασία

8.1 Χρονικοί Παράμετροι Εντολών

Οι χρονική παράμετροι είναι παράμετροι οι οποίοι ακολουθούν κάποιες εντολές για να καθορήσουν τον χρόνο εκτέλεσης τους και την περιοδικότητα τους. Οι παράμετροι αυτοί είναι δύο:

1) Παράμετρος χρόνου εκτέλεσης εντολής

2) Παράμετρος περιόδου

8.1.1 Παράμετρος Χρόνου Εκτέλεσης

Ο παράμετρος εκτέλεσης ορίζει τον χρόνο εκτέλεσης της εντολής. Οι τιμές που μπορεί να πάρει περιγράφονται στον παρακάτω πίνακα,

Πίνακας 4. Τιμές παραμέτρου χρόνου εκτέλεσης εντολής	
Τιμές	Χρόνος εκτέλεσης εντολής
(δεν ορίζεται)	Χρόνος λήψης εντολής
NOW	Χρόνος λήψης εντολής
AT <DATE,TIME>	Την καθορισμένη ημερομηνία (<DATE>) και ώρα (<TIME>)

Ο χρόνος λήψης εντολής περιέχει καθυστερήσεις από τον πάροχο κινητής τηλεφωνίας και υπηρεσίας SMS. Έτσι η παράδοσης του μηνύματος από τον χρήστη στο σύστημα δεν είναι σταθερός. Ο χρόνος αυτός υπό φυσιολογικές συνθήκες υπολογίζεται περίπου στα 10 δευτερόλεπτα, αλλά μπορεί να αυξηθεί υπερβολικά (αρκετές ώρες ή ημέρες) σε ασυνήθιστες συνθήκες, όπως υπερχείλισης, χαμηλής ποιότητας σήματος, κ.α.

Για να επιτυγχάνεται η ακρίβεια στην εκτέλεση των εντολών ο χρήστη είναι προτιμότερο να χρησιμοποιεί την παράμετρο «AT». Επιπλέον, το σύστημα ενημερώνει τον χρήστη με μήνυμα αναφοράς επιβεβαιώνοντας την λήψη κάθε μηνύματος.

Πίνακας 5. Μεταβλητές παραμέτρου AT		
Μεταβλητές	Τιμές	Περιγραφή
DATE	TODAY	Ημερομηνία λήψης εντολής
	DD/MM/YY	DD = Ημέρα του μήνα (01-31) MM = μήνας (01-12) YY = έτος (00-99) (πχ 10 για 2010)
TIME	HH:MM:SS	HH = ώρα (00 – 23) MM = λεπτά (00 – 59) SS = δευτερόλεπτα (00-59)

8.1.2 Παράμετρος Περιόδου

Ο παράμετρος περιόδου ακολουθεί πάντα τον παράμετρο χρόνου εκτέλεσης. Δεν μπορεί να οριστεί χωρίς αυτόν καθώς δεν θα μπορεί να υπολογιστεί αλλιώς ο χρόνος της περιόδου. Το σύστημα χρειάζεται να ξέρει από ποιο χρονικό σημείο ξεκινάει η περιοδική εκτέλεση της εντολής. Οι τιμές που μπορεί να πάρει περιγράφονται στον πίνακα,

Πίνακας 6. Τιμές παραμέτρου περιόδου	
Τιμές	Χρόνος περιόδου
(δεν ορίζεται)	Δεν υπάρχει περιοδικότητα
REPEAT <TIME>	Καθορισμένος χρόνος (<TIME>)

Αν μια εντολή δεν υπάρχει λόγος να είναι περιοδική ο χρήστης απλά δεν χρειάζεται να ορίσει αυτή την παράμετρο. Η εντολή αυτή απλά θα εκτελεστεί σύμφωνα με την παράμετρο χρόνου εκτέλεσης της.

Πίνακας 7. Μεταβλητές παραμέτρου REPEAT

Μεταβλητές	Τιμές	Περιγραφή
TIME	DD:HH:MM:SS	DD = ημέρες (00-99) HH = ώρες (00 – 99) MM = λεπτά (00 – 99) SS = δευτερόλεπτα (00-99)

8.1.3 Προσάρτηση χρονικών παραμέτρων στις εντολές

Οι χρονικοί παράμετροι όταν χρησιμοποιούνται σε μια εντολή προσαρτώνται στο τέλος της με την μορφή,

<ΕΝΤΟΛΗ> <ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ>

<u>Παραδείγματα:</u>

1) SET HEATER 1 AT TODAY,12:20:00;

   Η εντολή θα εκτελεστεί σήμερα στις 12:20

2) SET OUTPUT 0 NOW REPEAT 00:00:05:00;

   Η εντολή θα εκτελεστεί αμέσως και θα επαναλαμβάνεται κάθε 5 λεπτά

3) SET OUTPUT 1 AT 25/12/10,17:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   Η εντολή θα εκτελεστεί στις 25 Δεκεμβρίου του 2010 στις 5μμ και θα εκτελείται από τότε κάθε μέρα την ίδια ώρα

8.2 Εντολές

8.2.1 SET

Η εντολή «SET» δίνει τιμές σε εικονικές εισόδους. Η εντολή αυτή δέχεται χρονικές παραμέτρους για τον καθορισμό του χρόνου εκτέλεσης της αλλά και ορισμό περιοδικότητας

<u>Σύνταξη:</u>

- SET <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ> <ΤΙΜΗ>
- SET <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ> <ΤΙΜΗ> <ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ>

Παραδείγματα:

1) SET HEATER 1;

   Δίνει στην εικονική είσοδο με όνομα «HEATER» την τιμή 1

2) SET HEATER 1 AT TODAY,20:00:00;

   Δίνει στην εικονική είσοδο με όνομα «HEATER» την τιμή 1 στις 8μμ την ίδια ημέρα

3) SET HEATER 1 AT TODAY,20:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   SET HEATER 0 AT TODAY,21:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   Δίνει στην εικονική είσοδο με όνομα «HEATER» την τιμή 1 στις 8μμ κάθε μέρα αρχίζοντας από σήμερα και την τιμή 0 στις 9μμ κάθε μέρα αρχίζοντας από σήμερα. Ουσιαστικά δίνει στην εικονική είσοδο την τιμή 1 κάθε μέρα για μία ώρα από τις 8μμ μέχρι τις 9μμ.

8.2.2 RESET

Η εντολή «RESET» ακυρώνει όλες τις εντολές που ισχύουν για μια εικονική είσοδο. Συγκεκριμένα ακυρώνει όλες τις περιοδικές εντολές διαγράφοντας αυτές από τον προγραμματιστή, αφού οι μη περιοδικές έχουν ήδη εκτελεστεί. Επιπλέον προσδίδει μια τιμή επαναφοράς. Η εντολή αυτή είναι χρήσιμη για τον επαναπροσδιορισμό της λειτουργίας μιας εικονικής εισόδου, αφού ακυρώνει όλες τις προηγούμενες ρυθμίσεις και αποτρέπει την σύγχυση τους με τις νέες ρυθμίσεις.

Σύνταξη:

- RESET <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ> <ΤΙΜΗ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ>
- RESET <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ> <ΤΙΜΗ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ> <ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ>

Παραδείγματα:

1) RESET HEATER 0;

   Ακυρώνει όλες τις εντολές που αφορούν την εικονική είσοδο με όνομα «HEATER» και της προσδίδει την τιμή «0»

2) RESET HEATER 1 AT TODAY, 23:30:00;

   Ακυρώνει όλες τις εντολές που αφορούν την εικονική είσοδο με όνομα «HEATER» και της προσδίδει την τιμή «1» σήμερα στις 11:30μμ

3) SET HEATER 1 AT TODAY,20:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   SET HEATER 0 AT TODAY,21:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   RESET HEATER AT 10/08/10,12:00:00;

   SET HEATER 1 AT 10/08/10,22:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   SET HEATER 0 AT 10/08/10,23:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   Δίνει στην εικονική είσοδο με όνομα «HEATER», από σήμερα, την τιμή 1 κάθε μέρα για μία ώρα από τις 8μμ μέχρι τις 9μμ. Στην συνέχεια ακυρώνει το πρόγραμμα αυτό στις 10 Αυγούστου 2010 και αρχίζει να δίνει την τιμή 1 πάλι για μια ώρα κάθε μέρα αλλά από τις 10μμ μέχρι τις 11μμ

8.2.3 MODE

Η εντολή «MODE» αλλάζει τον αλγόριθμο που χρησιμοποιεί μια έξοδος για να προσδιορίσει την τιμή της. Όπως αναφέρθηκε στην εργασία, το σύστημα επιτρέπει την ύπαρξη πολλών αλγορίθμων προσδιορισμού της κάθε εξόδου. Με την εντολή αυτή μπορεί να γίνεται εναλλαγή μεταξύ αυτών των αλγορίθμων.

Σύνταξη:

- MODE <ΟΝΟΜΑ ΕΞΟΔΟΥ> <ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ>
- MODE <ΟΝΟΜΑ ΕΞΟΔΟΥ> <ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΛΓΟΡΙΘΜΟΥ> <ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ>

Παραδείγματα:

1) MODE AIR_CONDITION 2;

   Αλλάζει τον αλγόριθμο καθορισμού της τιμής της εξόδου με όνομα «AIR_CONDITION» σε αυτόν με τον αριθμό 2

2) MODE AIR_CONDITION 2 AT TODAY,20:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

   MODE AIR_CONDITION 1 AT TODAY,23:00:00 REPEAT 01:00:00:00;

Ξεκινώντας από σήμερα, κάθε μέρα από τις 8μμ μέχρι τις 11μμ, η έξοδος με όνομα «AIR_CONDITION» θα χρησιμοποιεί τον αλγόριθμο 2. Τις υπόλοιπες ώρες τον αλγόριθμο 1.

8.2.4 REPORT

Η εντολή «REPORT» στέλνει στον χρήστη μέσω μηνύματος SMS αναφορά των τιμών κάποιας εισόδου ή εξόδου ή μιας ομάδας εισόδων ή εξόδων. Ο χρήστης δίνει μια τιμή σε μια μεταβλητή και ανάλογα καθορίζονται τα περιεχόμενα της αναφοράς

Σύνταξη:

- REPORT <ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ>
- REPORT <ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ> <ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ>

Πίνακας 8. Μεταβλητές εντολής REPORT

Μεταβλητές	Τιμές	Περιεχόμενα αναφοράς
<ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ>	DIGITAL_IN	Όλες οι ψηφιακές είσοδοι
	DIGITAL_OUT	Όλες οι ψηφιακές έξοδοι
	ANALOG_IN	Όλες οι αναλογικές είσοδοι
	ANALOG_OUT	Όλες οι αναλογικές έξοδοι
	USER_IN	Όλες οι εικονικές είσοδοι
	USER_OUT	Όλες οι εικονικές έξοδοι
	ALL_IN	Όλες οι είσοδοι του συστήματος
	ALL_OUT	Όλες οι έξοδοι του συστήματος
	ALL	Όλες οι είσοδοι και έξοδοι του συστήματος
	«ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ»	Συγκεκριμένη είσοδο/έξοδο

Παραδείγματα:

1) REPORT HEATER;

   Απάντηση SMS:

   ```
   HEATER=1
   ```

2) REPORT DIGITAL_OUT;

   Απάντηση SMS:

   ```
   AIR_CONDITION=1
   HEATER=0
   HEATING=0
   GARDEN=1
   ```

8.2.5 SAMPLE

Η εντολή «SAMPLE» ξεκινάει την δειγματοληψία κάποιας εισόδου ή εξόδου. Ο χρήστης είναι αυτός που ορίζει τον αριθμό και την περίοδο των δειγμάτων. Με το πέρας της δειγματοληψίας το σύστημα αποστέλλει στον χρήστη μηνύματος SMS τα αποτελέσματα.

Σύνταξη:

- SAMPLE <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ> <ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ> <ΧΡΟΝΙΚΟΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ>

Στην περίπτωση της εντολής «SAMPLE» η παράμετρος χρόνου εκτέλεσης της εντολής ορίζει τον χρόνο έναρξης της δειγματοληψίας ενώ η παράμετρος περιόδου την περίοδο της δειγματοληψίας.

Παράδειγμα:

1) SAMPLE TEMPERATURE 60 AT TODAY,10:00:00 REPEAT 00:00:10:00;

   Η εντολή αυτή εκτελεί δειγματοληψία της εισόδου με όνομα «TEMPERATURE»με περίοδο 10 λεπτών με ώρα έναρξης σήμερα στις 10πμ και θα πάρει 60 δείγματα. Με άλλα λόγια θα παίρνει ένα δείγμα κάθε 10 λεπτά από τις 10 πμ μέχρι τις 8μμ.

   Απάντηση SMS:

```
SAMPLE TEMPERATURE:
1720,1730,1750,…
2100,2150,…
1850,1810
```

8.2.6 HISTORY

Η εντολή «HISTORY» ορίζει τον αριθμό των καταχωρήσεων στο ιστορικό μιας εισόδου ή εξόδου. Στο ιστορικό μιας εισόδου/εξόδου καταγράφονται οι αλλαγές στην τιμή της μαζί με την χρονική στιγμή αυτής της αλλαγής, δηλαδή η νέα τιμή και ο χρόνος αλλαγής. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης μπορεί να έχει πλήρη εικόνα της δραστηριότητας μιας εισόδου/εξόδου. Όταν οι καταχωρήσεις φτάσουν στο όριο που έχει ορίσει ο χρήστης τότε με κάθε νέα αλλαγή η πιο παλιά καταχώρηση διαγράφεται. Έτσι στην μνήμη διατηρούνται πάντα οι τελευταίες αλλαγές.

Σύνταξη:

- HISTORY <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ> <ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΕΩΝ>

Ο αριθμός καταχωρήσεων μπορεί να πάρει τιμές από 0 (δεν διατηρείται ιστορικό) μέχρι 100.

Παράδειγμα:

1) HISTORY TEMPERATURE 30;

   Ζητείται από το σύστημα να διατηρεί για την είσοδο με όνομα «TEMPERATURE» ιστορικό με τις 30 τελευταίες αλλαγές.

8.2.7 HISTORY_REPORT

Η εντολή «HISTORY_REPORT» αιτεί στο σύστημα να αποστείλει στον χρήστη μέσω μηνύματος SMS το ιστορικό μιας εισόδου/εξόδου.

Σύνταξη:

- HISTORY_REPORT <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ/ΕΞΟΔΟΥ>

Παράδειγμα:

1) HISTORY_REPORT TEMPERATURE;

   Αιτείται από το σύστημα να στείλει στον χρήστη το ιστορικό της εισόδου με όνομα «TEMPERATURE»

Απάντηση SMS:

```
TEMPERATURE HISTORY:
1700 AT 20/12/10,12:00:12
1750 AT 20/12/10,12:20:34
1800 AT 20/12/10,12:35:41
1790 AT 20/12/10,12:50:03
1830 AT 20/12/10,13:02:56
….
```

8.2.8 ALERT

Η εντολή «ALERT» ενεργοποιεί και απενεργοποιεί την υπηρεσία άμεσης ενημέρωσης αλλαγών για μια είσοδο/έξοδο. Η υπηρεσία αυτή όταν είναι ενεργοποιημένη για μια είσοδο/έξοδο αποστέλλει στον χρήστη μήνυμα SMS κάθε φορά που συμβαίνει μια αλλαγή στην συγκεκριμένη είσοδο/έξοδο.

Σύνταξη:

- ALERT <ΟΝΟΜΑ ΜΕΤΑΒΛΗΤΗΣ> <ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ>

Οι καταστάσεις που μπορεί να έχει η υπηρεσία άμεσης ενημέρωσης ορίζονται σε «ON» για ενεργοποιημένη και «OFF» για απενεργοποιημένη.

Παραδείγματα:

1) ALERT HEATING OFF;

   Απενεργοποίηση της υπηρεσίας άμεσης ενημέρωσης για την έξοδο με όνομα «HEATING»

2) ALERT AIR_CONDITION ON;

   Ενεργοποίηση της υπηρεσίας άμεσης ενημέρωσης για την έξοδο με όνομα «AIR_CONDITION»

   Απάντηση SMS σε περίπτωση αλλαγής στην τιμή της:

```
AIR_CONDITION CHANGED TO 1 AT 03/08/10,13:01:32
```

8.2.9 ENABLE

Η εντολή «ENABLE» ενεργοποιεί και απενεργοποιεί μια είσοδο. Όταν μια είσοδος απενεργοποιείται τότε όλες οι αλλαγές που συμβαίνουν στην τιμή της αγνοούνται ενώ ταυτόχρονα η τιμή της ορίζεται από τον χρήστη.

Σύνταξη:

- ENABLE <ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ> <ΤΙΜΗ ΕΙΣΟΔΟΥ>

Πίνακας 9. Μεταβλητές εντολής ENABLE

Μεταβλητές	Τιμές	Περιεχόμενα αναφοράς
<ΤΙΜΗ ΕΙΣΟΔΟΥ>	-1	Η είσοδος ενεργοποιείτε
	0 - 232	Οι είσοδος απενεργοποιείται και παίρνει την τιμή της μεταβλητής

Παραδείγματα:

1) ENABLE TEMPERATURE 25;

   Η είσοδος με όνομα «TEMPERATURE» απενεργοποιείται και ορίζεται ως τιμή το 25

2) ENABLE TEMPERATURE -1;

   Η είσοδος με όνομα «TEMPERATURE» ενεργοποιείται και παίρνει τιμές κανονικά.

8.2.10 RENEW

Η εντολή «RENEW» ανανεώνει τον χρόνο ομιλίας της σύνδεσης στο δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.

Σύνταξη:

- RENEW «16ΨΗΦΙΟΣ ΚΩΔΙΚΟΣ ΚΑΡΤΑΣ ΑΝΑΝΕΩΣΗΣ»

Παράδειγμα:

1) RENEW 1234567890123456;

   Ανανέωση του χρόνου ομιλίας της κάρτας σύνδεσης του συστήματος με το αριθμό κάρτας ανανέωσης χρόνου ομιλίας «1234567890123456»