



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**"Εξυπνα Δίκτυα σε Αεροδρόμια"**

**"Smart Networks in Airports"**

ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΠΙΛΙΔΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ (15257)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣ ΜΙΧΑΛΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2023

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
ABSTRACT.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	6
1.1 Εισαγωγή.....	6
1.2 Δομή δικτύων .....	7
1.2.1 Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Local Area Networks - LANs).....	7
1.2.2 Δίκτυα Μητροπολιτικής Περιοχής (Metropolitan Area Networks – MANs).....	7
1.2.3 Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks – WANs).....	7
1.2.4 Ασύρματα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Wireless Local Area Networks - WLANs) .....	7
1.3 Τοπολογία δικτύων και διαδίκτυο .....	8
1.4 Μεταγωγή δεδομένων και δικτυακές συσκευές .....	12
1.5 Υπηρεσίες και πρωτόκολλα δικτύου .....	15
1.6 Μοντέλα αναφοράς.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ.....	20
2.1 Εισαγωγή.....	20
2.2 Το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή.....	21
2.3 Εφαρμογές και πρωτόκολλα στο διαδίκτυο .....	21
2.4 Παγκόσμιος ιστός (World Wide Web - WWW) .....	23
2.5 Έξυπνες τεχνολογίες και ίντερνετ των πραγμάτων (Internet of Things - IoT) .	26
2.6 Μεγάλα δεδομένα (Big Data).....	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ.....	30
3.1 Ορισμός έξυπνων δικτύων .....	30
3.2 Βασικά χαρακτηριστικά .....	31
3.3 Δομικά στοιχεία .....	33
3.4 Αρχιτεκτονική.....	34
3.5 Ανάγκη για έξυπνα δίκτυα .....	39
3.6 Οι προκλήσεις.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS - ITS).....	44
4.1 Εισαγωγή.....	44
4.2 Η αρχιτεκτονική των ευφών συστημάτων μεταφορών .....	46
4.3 Κατηγορίες ευφών συστημάτων μεταφορών .....	48

4.4 Βασικές παράμετροι σχεδιασμού .....	52
4.4.1 Τεχνολογία .....	52
4.4.2 Επικοινωνία.....	53
4.4.3 Επεξεργασία δεδομένων .....	53
4.4.4 Αποκωδικοποίηση πληροφορίας .....	55
4.4.5. Διαδίκτυο .....	56
4.4.6 Γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα .....	56
4.4.7 Προσδιορισμός θέσης.....	59
4.4.8 Κατάσταση οδικών δικτύων .....	60
4.4.9 Υπολογιστής μέσα στο όχημα.....	60
4.4.10 Χρόνος ταξιδιού .....	63
4.4.11 Ψηφιακοί οδικοί χάρτες .....	63
4.4.12 Παράμετροι οχήματος.....	63
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΈΞΥΠΝΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ .....</b>	<b>65</b>
5.1 Ψηφιακός μετασχηματισμός αεροδρομίων .....	65
5.1.1 Οφέλη της χρήσης των μεγάλων δεδομένων .....	65
5.1.2 Χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT).....	66
5.2 Εφαρμογές ευφών συστημάτων μεταφορών στην αερομεταφορές.....	67
5.2.1 Διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας .....	67
5.2.2. Συστήματα παρακολούθησης κινήσεων εδάφους σε αεροδρόμια .....	73
5.2.3 Αξιολόγηση των ITS συστημάτων σε αεροδρόμια .....	79
5.3 Εξοικονόμηση κόστους.....	80
5.4 Μελλοντικές προοπτικές .....	81
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>83</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>85</b>

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η πτυχιακή αυτή εργασία μελετά την εφαρμογή των έξυπνων δικτύων στα αεροδρόμια. Αρχικά, περιγράφονται τα χαρακτηριστικά των δικτύων δεδομένων και με το γνωστικό υπόβαθρο από την μελέτη των σύγχρονων τεχνολογιών του διαδικτύου παρουσιάζονται τα έξυπνα δίκτυα και η ανάγκη αξιοποίησής τους.

Η ενσωμάτωση των έξυπνων δικτύων στα ευφυή συστήματα μεταφορών (Intelligent Transportation Systems - ITS) καθώς και η πληθώρα τεχνολογικών παραμέτρων που αυτά προσφέρουν οδηγούν στην εφαρμογή ενός έξυπνου αεροδρομίου με αρκετές μελλοντικές προοπτικές.

## **ABSTRACT**

This thesis studies the application of smart networks in airports. First, the characteristics of data networks are described and with the knowledge background from the study of modern internet technologies, smart networks and the need to utilize them are presented.

The integration of smart networks into intelligent transportation systems (Intelligent Transportation Systems - ITS) as well as the multitude of technological parameters they offer lead to the implementation of a smart airport with several future perspectives.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΔΙΚΤΥΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

## 1.1 Εισαγωγή

Ο 20ος αιώνας χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη τεχνολογιών συνυφασμένων με την συλλογή, επεξεργασία και διανομή της πληροφορίας. Σε αυτά τα πλαίσια είχαμε την εδραίωση τηλεφωνικών δικτύων, την εφεύρεση του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης καθώς και την κατασκευή των πρώτων σύγχρονων υπολογιστικών συστημάτων στις απαρχές του 2ου παγκόσμιου πολέμου.

Τα πρώτα υπολογιστικά συστήματα ήταν ακριβά και απομονωμένα. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας το κόστος μειώθηκε και την δεκαετία του '60 ξεκίνησαν οι πρώτες προσπάθειες διασύνδεσης υπολογιστών από ανεξάρτητους ερευνητές όπως οι Paul Baran, Donald Davies και Joseph Licklider. Στις ΗΠΑ, αναπτύχθηκε το 1969 το ARPANET το οποίο διατηρήθηκε μέχρι και τα μέσα του 1980. Σε αυτή την χρονική περίοδο, ενδιαφέρθηκαν δύο βιομηχανικοί τομείς, αυτός των τηλεπικοινωνιακών συστημάτων και αυτός των υπολογιστικών συστημάτων.

Ο πρώτος τηλεπικοινωνιακός τομέας ανέπτυξε και στήριξε το επονομαζόμενο X25 για την διασύνδεση, ενώ η βιομηχανία υπολογιστικών συστημάτων ακολούθησε διαφορετική προσέγγιση επενδύοντας στην τεχνολογία των δικτύων τοπικής περιοχής (Local Area Networks - LANs). Χαρακτηριστικά παραδείγματα της δεύτερης προσέγγισης αποτελούν οι τεχνολογίες Ethernet και Token Ring που αναπτύχθηκαν το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Παράλληλα, κατασκευαστές υπολογιστικών συστημάτων ανέπτυξαν δικά τους συστήματα διασύνδεσης, όπως η Xerox με το XNS, η DEC με το DECNet, η IBM με το SNA, η Microsoft με το NetBIOS, η Apple με το Appletalk.

Το ARPANET ακολούθησε το TCP/IP που αναπτύχθηκε αρχικά σε περιβάλλον BSD Unix οδηγώντας στην υιοθέτησή του από την πανεπιστημιακή και ερευνητική κοινότητα που ήδη χρησιμοποιούσε συστήματα Unix. Παρότι ο οργανισμός προτύπων ISO, επεχείρησε να δημιουργήσει σουίτα με πρωτόκολλα δικτύων έχοντας και την στήριξη κρατών, τελικά, το TCP/IP επικράτησε καθολικά. Συμπληρωματικά, με την διαθεσιμότητα 'ελαφρών' εκδόσεων της TCP/IP σουίτας, ήδη αξιοποιείται στο διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet of Things) οδηγώντας σε προβλέψεις ότι το 2020 θα υπάρχουν 50 δισεκατομμύρια συνδεδεμένων συσκευών σε πληθυσμό 7,6 δισεκατομμύρια ανθρώπων.

## **1.2 Δομή δικτύων**

Βασικό στοιχείο στην κατανόηση των δικτύων δεδομένων αποτελεί το μοντέλο που χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση. Μια προσέγγιση είναι η κατηγοριοποίηση των δικτύων με βάση την γεωγραφική περιοχή που καλύπτουν, συγκεκριμένα:

### **1.2.1 Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Local Area Networks - LANs)**

Τα δίκτυα αυτά αποτελούνται από συσκευές σε κοντινή απόσταση μεταξύ τους. Σε αυτό το περιβάλλον επιτρέπεται οι συσκευές να μοιράζονται μηχανήματα, λογισμικό και δεδομένα δίνοντας την αίσθηση στον χρήστη ενός διαφανούς συστήματος. Το πρότυπο IEEE 802.3, γνωστό και σαν Ethernet, αποτελεί τον πιο δημοφιλή τύπο ενσύρματου τοπικού δικτύου.

### **1.2.2 Δίκτυα Μητροπολιτικής Περιοχής (Metropolitan Area Networks – MANs)**

Σε αυτή την περίπτωση οι δικτυακές συσκευές βρίσκονται σε απόσταση μερικών 10άδων ή 100άδων χιλιομέτρων. Οι τεχνολογίες διασύνδεσης και διαχείρισης σε αυτή την περίπτωση είναι ποιο σύνθετες.

### **1.2.3 Δίκτυα Ευρείας Περιοχής (Wide Area Networks – WANs)**

Σε αυτή την περίπτωση οι δικτυακές συσκευές μπορεί να βρίσκονται σε οποιαδήποτε απόσταση μεταξύ τους, κάνοντας χρήση εναλλακτικών τηλεπικοινωνιακών συστημάτων για την σύνδεση, καθώς ακόμα και δικτύων τοπικής περιοχής για την τελική πρόσβαση.

### **1.2.4 Ασύρματα Δίκτυα Τοπικής Περιοχής (Wireless Local Area Networks - WLANs)**

Τα δίκτυα αυτά χαρακτηρίζονται από την χρήση ασύρματου μέσου για την διασύνδεση των συσκευών, δίνοντας στον χρήστη την δυνατότητα να κινείται στον χώρο και να είναι συνδεδεμένος στο δίκτυο. Η απαιτούμενη υποδομή είναι απλούστερη και επιτρέπει την δυναμική ανάπτυξη τέτοιων δικτύων ανάλογα με την ζήτηση και την χρήση. Από την άλλη πλευρά τα συστήματα αυτά απαιτούν ιδιαίτερη διαχείριση λόγω των απωλειών και αλλοιώσεων του ασύρματου σήματος. Ευρέως διαδεδομένο πρότυπο ασύρματου τοπικού δικτύου είναι το IEEE 802.11, γνωστό και ως WiFi.

Εναλλακτική προσέγγιση αποτελεί η κατηγοριοποίηση των δικτύων με βάση την σχέση μεταξύ των συνδεδεμένων συσκευών (υπολογιστικών συστημάτων γνωστών και ως τερματικές συσκευές), συγκεκριμένα:

- **Δίκτυα Πελάτη/Εξυπηρετητή (Client/Server)**

Σε αυτή την διάταξη οι πελάτες είναι διάφορες συσκευές που δημιουργούν διεργασίες με την μορφή αιτημάτων προς τους εξυπηρετητές που είναι 'δυνατές μηχανές' και αναλαμβάνουν να επεξεργαστούν το αίτημα, να δημιουργήσουν και να προωθήσουν την κατάλληλη απάντηση. Σχετικά παραδείγματα αποτελούν χρήστες (πελάτες) που ζητούν και λαμβάνουν από εξυπηρετητές αποτελέσματα αναζητήσεων, ηλεκτρονικά μηνύματα, ιστοσελίδες, βίντεο κτλ.

- **Ομότιμα Δίκτυα (Peer-to-Peer)**

Σε αυτή την διάταξη δεν υπάρχει συγκεκριμένη διάκριση μεταξύ των συσκευών και των δυνατοτήτων τους. Για παράδειγμα υπάρχει η δυνατότητα μια συσκευή να ενεργήσει είτε σαν πελάτης είτε σαν εξυπηρετητής ανά πάσα χρονική στιγμή. Πολλές σύγχρονες εφαρμογές στηρίζονται σε αυτό το μοντέλο, όπως διανομή αρχείων (BitTorrent) και τηλεφωνίας μέσω διαδικτύου (Skype).

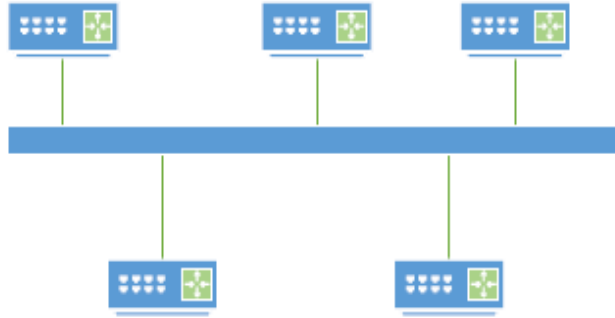
### **1.3 Τοπολογία δικτύων και διαδίκτυο**

Αναφορικά με τις εναλλακτικές συνδέσεις μεταξύ συσκευών στα δίκτυα διακρίνονται οι παρακάτω τοπολογίες.

- **Τοπολογία Διαύλου (Bus Network)**

Σε δίκτυο που χρησιμοποιεί τοπολογία διαύλου, όλες οι δικτυακές συσκευές συνδέονται σε ένα κοινό μέσο μετάδοσης, συνήθως ένα καλώδιο μέσω κοινής διεπαφής, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.1. Όταν μια συσκευή στείλει ηλεκτρικό σήμα μέσω του διαύλου, αυτό λαμβάνεται από όλες τις άλλες συσκευές, απαιτώντας συντονισμό που θα διασφαλίζει την κυκλοφορία σήματος από μια συσκευή κάθε δεδομένη στιγμή.

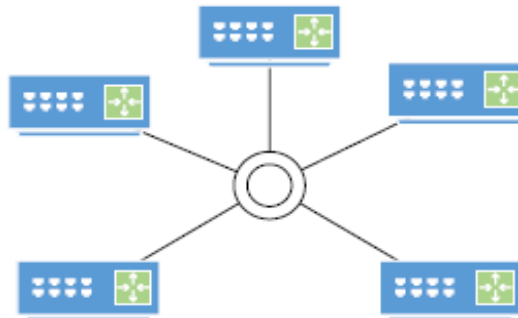




Εικόνα 1.1: Δίκτυο σε τοπολογία διαύλου.

- **Τοπολογία Αστέρα (Star Network)**

Σε δίκτυο τοπολογίας αστέρα όλες οι συσκευές συνδέονται σε ένα κεντρικό σημείο, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.2. Το κεντρικό σημείο αναλαμβάνει να προωθήσει σήματα που λαμβάνει προς άλλη ή άλλες συσκευές. Παρότι το κεντρικό σημείο είναι ιδανικό για τον έλεγχο της κίνησης σε ένα τέτοιο δίκτυο, η κατάρρευσή του οδηγεί αυτόματα και στην κατάρρευση όλου του δικτύου.



Εικόνα 1.2: Δίκτυο σε τοπολογία αστέρα.

- **Τοπολογία Δακτυλίου (Ring Network)**

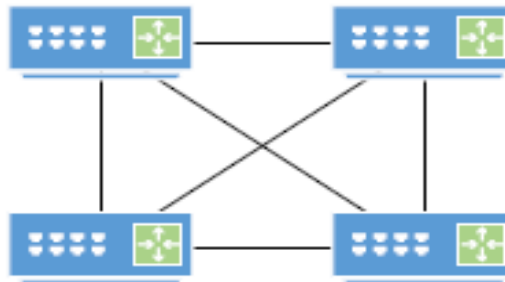
Σε δίκτυο που ακολουθεί την τοπολογία δακτυλίου οι συσκευές συνδέονται η μια μετά την άλλη σε κλειστό βρόχο, σχηματίζοντας ένα δακτυλίδι, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.3. Κάθε σήμα που στέλνεται από μια συσκευή λαμβάνεται από όλες ακολουθώντας την φορά μετάδοσης στο δακτυλίδι. Στην περίπτωση που ένας σύνδεσμος καταρρεύσει πάει και η λειτουργία του δικτύου, για αυτό πολλά δίκτυα χρησιμοποιούν συμπληρωματικά έναν επιπλέον δακτύλιο, ώστε να συνεχίζεται η λειτουργία τους σε περίπτωση αστοχίας.



Εικόνα 1.3: Δίκτυο σε τοπολογία δακτυλίου.

- **Τοπολογία Πλέγματος (Mesh Network)**

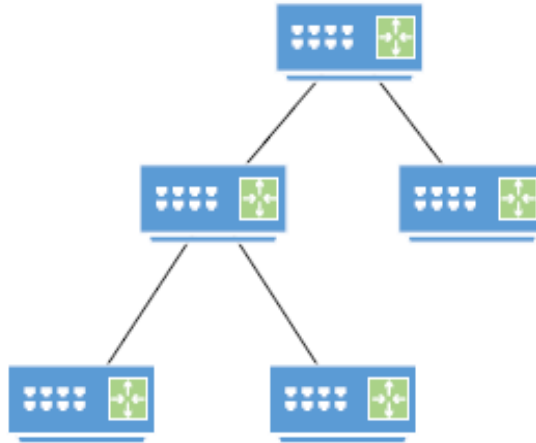
Η τοπολογία πλέγματος επιτρέπει την απευθείας και ανεξάρτητη σύνδεση συσκευών μεταξύ τους, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.4. Μια τοπολογία πλέγματος χρησιμοποιείται ιδιαίτερα σε περιπτώσεις υψηλών απαιτήσεων σε επίδοση και πλεονασμό για μικρό αριθμό συνδεδεμένων συσκευών.



Εικόνα 1.4: Δίκτυο σε τοπολογία πλέγματος.

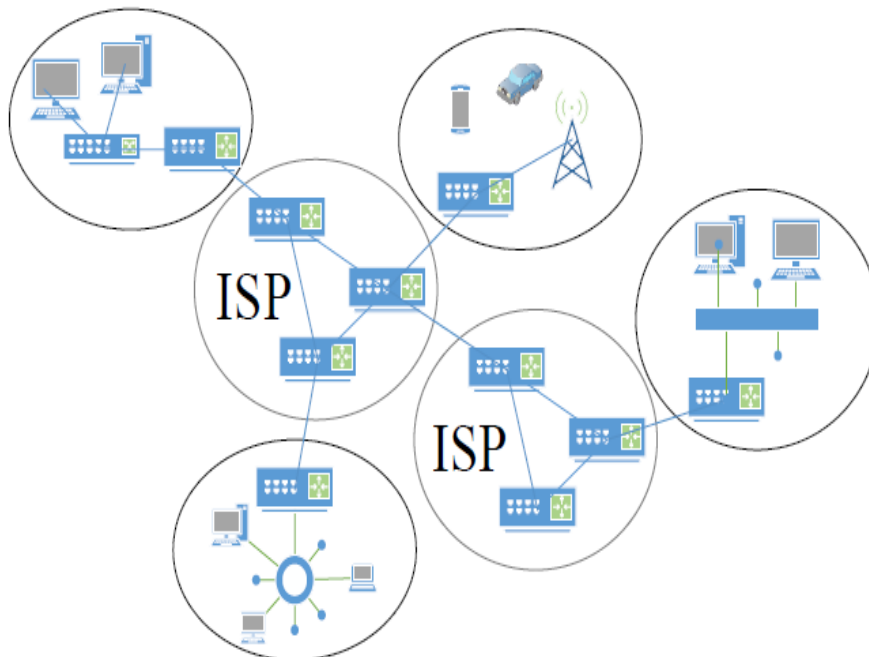
- **Τοπολογία Δένδρου (Tree Network)**

Η τοπολογία δένδρου, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.5, αποτελεί τον πιο οικονομικό τρόπο διασύνδεσης μεγάλου αριθμού συσκευών καθότι περιορίζει τον αριθμό συνδέσμων που χρησιμοποιούνται για την πρόσβαση μεταξύ οποιωνδήποτε συσκευών του δικτύου.



Εικόνα 1.5: Δίκτυο σε τοπολογία δένδρου.

Η Εικόνα 1.6 απεικονίζει ένα διαδίκτυο, ένα περιβάλλον που συνδέει διαφορετικά δίκτυα (το καθένα ακολουθώντας οποιαδήποτε από τις παραπάνω τοπολογίες) μεταξύ τους αξιοποιώντας κατάλληλες συσκευές διασύνδεσης. Στο κέντρο του διαδικτύου αναπτύσσονται δίκτυα από παρόχους γνωστούς σαν ISP (Internet Service Provider), που αναλαμβάνουν να διασυνδέσουν διαφορετικά δίκτυα που χρησιμοποιούνται από επιμέρους χρήστες για την πρόσβαση στο διαδίκτυο, γνωστά και σαν δίκτυα πρόσβασης (access networks). Στην συνέχεια, θα αναλύσουμε συσκευές, μηχανισμούς και πρότυπα που αξιοποιούνται σε παρόμοιο περιβάλλον για την προώθηση δεδομένων.



Εικόνα 1.6: Τυπικό διαδίκτυο.

## **1.4 Μεταγωγή δεδομένων και δικτυακές συσκευές**

Βασικό στοιχείο στην κατανόηση των δικτύων δεδομένων αποτελεί ο τρόπος προώθησης των δεδομένων και οι συσκευές που χρησιμοποιούνται σε αυτή την κατεύθυνση. Συγκεκριμένα, τα σύγχρονα δίκτυα δεδομένων χρησιμοποιούν δύο είδη μεταγωγής.

### **1. Μεταγωγή Κυκλωμάτων (circuit switching)**

Κατά την διαδικασία σύνδεσης δύο δικτυωμένων συσκευών προκειμένου να ανταλλάγουν δεδομένα δεσμεύονται όλοι οι απαιτούμενοι πόροι στην πλήρη φυσική διαδρομή για όλο το διάστημα της επικοινωνίας. Συνήθως απαιτείται ένα διάστημα εγκαθίδρυσης σύνδεσης πριν ξεκινήσει η μετάδοση δεδομένων, κατά το οποίο συμφωνούνται και δεσμεύονται οι σχετικοί πόροι από άκρο σε άκρο για όλο το διάστημα. Θετικό στοιχείο αποτελεί η αδιάλειπτη και εγγυημένη σύνδεση μετά το αρχικό στάδιο, ενώ αρνητικό στοιχείο αποτελεί η δέσμευση πόρων ανεξάρτητα χρήσης για όλο το διάστημα της σύνδεσης. Το κλασικό τηλεφωνικό δίκτυο αποτελεί παράδειγμα μεταγωγής κυκλώματος.

### **2. Μεταγωγή Πακέτων (packet switching)**

Εναλλακτική επιλογή αποτελεί η μεταγωγή πακέτων, όπου τα δεδομένα χωρισμένα σε πακέτα προωθούνται κατά μήκος του δικτύου μόλις γίνουν διαθέσιμα. Χωρίς να απαιτείται προηγουμένως εγκαθίδρυση σύνδεσης, δεν δεσμεύονται δικτυακοί πόροι κατά μήκος της διαδρομής και κάθε πακέτο είναι δυνατόν να ακολουθήσει διαφορετική διαδρομή, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν στο δίκτυο.

Προκειμένου να υλοποιηθεί η προώθηση δεδομένων ένα σύνολο δικτυακών συσκευών αξιοποιούνται. Συγκεκριμένα:

- **Μόντεμ (Modem)**

Το μόντεμ είναι συσκευή που μετατρέπει το ψηφιακό σήμα που προκύπτει από έναν υπολογιστή (ή αντίστοιχη συσκευή) σε αναλογικό σήμα προκειμένου να μεταδοθεί πάνω από μια τηλεφωνική γραμμή. Εκτελώντας την αντίστροφη διαδικασία, το μόντεμ μετατρέπει αναλογικά σήματα που λαμβάνει μέσω τηλεφωνικής γραμμής σε ψηφιακά, ώστε να τα διαβάσει το υπολογιστικό σύστημα που χρησιμοποιεί το μόντεμ.

Παλαιότερα Dial-up modems λειτουργούσαν με ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων στα 60 kilobits per second. Σήμερα χρησιμοποιούνται ευρυζωνικά μόντεμ που αξιοποιούν την τεχνολογία της ψηφιακής συνδρομητικής γραμμής (Digital Subscriber Line). Καλωδιακά μόντεμ (Cable modems) χρησιμοποιούνται από παρόχους καλωδιακής τηλεόρασης ώστε να προσφέρουν ταυτόχρονα και πρόσβαση στο διαδίκτυο ταυτόχρονα με το τηλεοπτικό σήμα.



Εικόνα 1.7: Τυπικό μόντεμ.

- **Συγκεντρωτής (hub)**

Ο συγκεντρωτής αποτελεί συσκευή που αναλαμβάνει να συνδέσει μέσω των θυρών που διαθέτει να συνδέσει μεταξύ τους έναν αριθμό δικτυακών συσκευών. Συγκεκριμένα δεδομένα που λαμβάνει ο συγκεντρωτής σε μια θύρα προωθούνται προς όλες τις άλλες θύρες.



Εικόνα 1.8: Τυπικό hub.

- **Μεταγωγέας (Switch)**

Ο μεταγωγέας, παρόμοια με την πλήμνη προωθεί δεδομένα από μια πόρτα εισόδου σε μια ή περισσότερες πόρτες εξόδου. Η μετάδοση σε αυτή την περίπτωση γίνεται με πιο αποδοτικό τρόπο. Συγκεκριμένα ο μεταγωγέας μαθαίνει ποιες συσκευές συνδέονται στις διάφορες θύρες του κάνοντας χρήση της μοναδικής διεύθυνσης υλικού της συσκευής, γνωστής και σαν διεύθυνσης media access control (MAC). Τα πακέτα δεδομένων που φτάνουν στον μεταγωγέα διαθέτουν την διεύθυνση υλικού του προορισμού τους, οπότε προωθούνται μόνο προς την έξοδο που βρίσκεται η συγκεκριμένη συσκευή. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η δικτυακή κίνηση να πηγαίνει μόνο όπου απαιτείται, οδηγώντας σε αποδοτικότερη συμπεριφορά, ιδιαίτερα σε συνθήκες φόρτισης του δικτύου.



Εικόνα 1.9: Τυπικός μεταγωγέας.

- **Γέφυρα (Bridge)**

Οι γέφυρες αναλαμβάνουν να συνδέσουν μεταξύ τους διαφορετικά τοπικά δίκτυα δημιουργώντας ένα εκτεταμένο ενιαίο δίκτυο.



Εικόνα 1.10: Τυπική γέφυρα.

- **Δρομολογητής (Router)**

Οι δρομολογητές αποτελούν κομβικές συσκευές διασύνδεσης και δρομολόγησης δεδομένων στο σύγχρονο διαδίκτυο. Οι δρομολογητές λειτουργούν σαν δομικά στοιχεία και που συνδέονται μεταξύ τους, αναλαμβάνοντας την διαδικασία δρομολόγησης δεδομένων από το δίκτυο του αποστολέα προς το δίκτυο του παραλήπτη. Αναλαμβάνουν να εξετάσουν τα πακέτα δεδομένων που αποστέλλονται από τις δικτυακές συσκευές και με βάση την διεύθυνση δικτύου (internet protocol – IP – address) του προορισμού, τα προωθούν κατάλληλα στον επόμενο δρομολογητή επαναλαμβάνοντας την διαδικασία μέχρι τα δεδομένα να φτάσουν στον τελικό παραλήπτη.



Εικόνα 1.11: Τυπικός δρομολογητής.

- **Εξυπηρετητής Μεσολάβησης (Proxy Server)**

Αποτελεί ειδικό τύπο εξυπηρετητή που μεσολαβεί κυρίως μεταξύ του διαδικτύου και ενός τοπικού δικτύου. Ο εξυπηρετητής χρησιμοποιείται ενδιάμεσα ώστε να προωθεί αιτήματα εξυπηρέτησης από και προς τις δύο πλευρές. Φροντίζει παράλληλα να αποθηκεύει περιεχόμενο (πχ. μιας ιστοσελίδας) ώστε όταν ζητηθεί ξανά από οποιαδήποτε συσκευή στο τοπικό δίκτυο να την παρέχει άμεσα, επιταχύνοντας την όλη διαδικασία.

## 1.5 Υπηρεσίες και πρωτόκολλα δικτύου

Από την μέχρι τώρα ανάπτυξη προκύπτει ότι το δίκτυο και το διαδίκτυο γενικότερα αποτελεί ένα πολυσύνθετο σύστημα όπου αναπτύσσονται και ενσωματώνονται διαρκώς εφαρμογές, τεχνολογίες και συσκευές. Ενώ αρχικά τα πρώτα δίκτυα δομήθηκαν ως προς το υλικό, στην συνέχεια αξιοποιήθηκε και δομημένο λογισμικό προκειμένου να μειωθεί η σχεδιαστική τους πολυπλοκότητα, οργανώνοντας τα δίκτυα

σαν μια στοίβα επιπέδων (layers). Προς αυτή την κατεύθυνση αναπτύχθηκαν πρωτόκολλα (protocols) - το υλικό και το λογισμικό αναλαμβάνουν την υλοποίησή τους - για κάθε επίπεδο, ώστε συνολικά το κάθε επίπεδο να προσφέρει υπηρεσίες εκτελώντας προσδιορισμένες διαδικασίες εντός του και αξιοποιώντας τις υπηρεσίες του επιπέδου που βρίσκεται ακριβώς από κάτω του.

Κατά τον σχεδιασμό των επιπέδων λαμβάνεται υπόψη ένα σύνολο ζητημάτων αναφορικά με τις προβλεπόμενες υπηρεσίες. Συγκεκριμένα:

- **Αξιοπιστία**

Στα πλαίσια της αξιοπιστίας απαιτούνται μηχανισμοί όπως ανίχνευσης λαθών στα μεταδιδόμενα πακέτα - μπορεί να επαναμεταδοθούν ή όχι - διόρθωσης λαθών στον παραλήπτη με την χρήση πλεονάζουσας πληροφορίας και δρομολόγησης μέσω ενεργού διαδρομής.

- **Εξέλιξη**

Στα πλαίσια της ανάπτυξης των δικτύων και της προσθήκης νέων τεχνολογιών με τα χρόνια αξιοποιείται η τεχνική των ανεξάρτητων επιπέδων των πρωτοκόλλων, η αναγνώριση των χρηστών με χρήση ονοματοδοσίας ή διευθυνσιοδότησης, η τεχνική της διαδικτύωσης κατά την προσπέλαση των δεδομένων από διαφορετικές τεχνολογίες και επομένως με διαφορετικά χαρακτηριστικά και τέλος η δυνατότητα κλιμάκωσης με την αύξηση χρηστών και συσκευών.

- **Διαθέσιμοι Πόροι**

Στα πλαίσια της ύπαρξης διαθέσιμων πόρων ανάλογα με τις απαιτήσεις των υπηρεσιών αξιοποιείται η στατιστική πολυπλεξία όπου οι πόροι διατίθενται ανάλογα με την ζήτηση και μπορεί να απελευθερωθούν στην συνέχεια, ο έλεγχος ροής δεδομένων σύμφωνα με τις δυνατότητες παραλήπτη και αποστολέα, ο έλεγχος συμφόρησης ώστε να αντιμετωπίζονται θέματα υπερβολικής αύξησης της κίνησης και ο μηχανισμός παροχής ποιότητας υπηρεσίας όπου λαμβάνονται υπόψη απαιτήσεις με συνδυασμό πόρων όπως χρόνοι εξυπηρέτησης και διαθέσιμο εύρος ζώνης.

- **Ασφάλεια**

Βασικό δομικό στοιχείο αποτελεί η προστασία του δικτύου από επιθέσεις οποιασδήποτε μορφής, αξιοποιώντας εργαλεία όπως η εμπιστευτικότητα, η αυθεντικοποίηση, ακεραιότητα και ο καταλογισμός.



## 1.6 Μοντέλα αναφοράς

Για να γίνει δυνατή η περιγραφή πρωτοκόλλων και υπηρεσιών στο σύνθετο σύγχρονο δικτυακό περιβάλλον αναπτύχθηκαν διάφορα μοντέλα αναφοράς που βασίζονται στην έννοια των ανεξάρτητων επιπέδων. Στην Εικόνα 1.12 παρουσιάζονται τα επικρατέστερα, που θα αναλυθούν και στην συνέχεια.



Εικόνα 1.12: Το μοντέλο αναφοράς διαδικτύου ή TCP/IP (αριστερά) και OSI (δεξιά).

### 1. Μοντέλο Αναφοράς OSI

Το μοντέλο OSI αναπτύχθηκε από τον Διεθνή Οργανισμό Προτύπων (International Standards Organization - ISO) σε μια προσπάθεια τυποποίησης των επιπέδων και των σχετιζόμενων πρωτοκόλλων. Το μοντέλο που προέκυψε έγινε γνωστό σαν μοντέλο Διασύνδεσης Ανοικτών Συστημάτων (Open System Interconnection - OSI) και αποτελείται από τα ακόλουθα επτά επίπεδα:

- **Το Φυσικό Επίπεδο (physical layer)**

Δύο συσκευές επικοινωνούν χρησιμοποιώντας κοινό φυσικό μέσο. Το φυσικό μέσο αξιοποιείται για να μεταφέρει ηλεκτρικό ή οπτικό σήμα μεταξύ των δύο συσκευών. Ενδεικτικά φυσικά μέσα που χρησιμοποιούνται είναι τα ηλεκτρικά καλώδια, όπως το συνεστραμμένο καλώδιο που χρησιμοποιείται και στην τηλεφωνία και το ομοαξονικό καλώδιο που χρησιμοποιείται και για μετάδοση τηλεοπτικού σήματος, οι οπτικές ίνες,

που αξιοποιούνται σε μεγαλύτερες αποστάσεις και παρέχουν μεγάλες ταχύτητες και καλύτερη αξιοπιστία στην μετάδοση, τα ασύρματα κανάλια, όπου αναπτύσσονται, μεταξύ άλλων, τεχνικές διαμόρφωσης της πληροφορίας και διαχείρισης σήματος. Το κύριο ζήτημα σε αυτό το επίπεδο αφορά την μετάδοση δυαδικών ψηφίων μέσω αναξιόπιστων φυσικών μέσων μετάδοσης.

- **Το Επίπεδο Ζεύξης Δεδομένων (data link layer)**

Το επίπεδο ζεύξης δεδομένων χτίζοντας στο παρακάτω επίπεδο επιτρέπει σε δύο κόμβους (hosts) που συνδέονται απευθείας μέσω του φυσικού επιπέδου να ανταλλάξουν πληροφορία με την μορφή πλαισίου (frame). Το πλαίσιο αποτελείται από ένα πεπερασμένο αριθμό δυαδικών ψηφίων (bits). Σε αυτό το επίπεδο υπάρχει η δυνατότητα αποστολής πλαισίου επιβεβαίωσης από τον παραλήπτη επιτρέποντας αξιόπιστη επικοινωνία. Συμπληρωματικά, σε αυτό το επίπεδο εξετάζεται ο ρυθμός μετάδοσης δεδομένων ενώ επιπλέον ελέγχεται η πρόσβαση στο κοινό κανάλι από τους κόμβους που έχουν ταυτόχρονα πλαίσια προς μετάδοση. Την πρόσβαση στο κοινό μέσο αναλαμβάνει το υποεπίπεδο ελέγχου πρόσβασης μέσων (media access control).

- **Το Επίπεδο Δικτύου (network layer)**

Το επίπεδο δικτύου κάθεται πάνω από το επίπεδο ζεύξης δεδομένων και αναλαμβάνει την δρομολόγηση πακέτων (packets) από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Το πακέτο αποτελείται από πεπερασμένο αριθμό δυαδικών ψηφίων που μεταφέρονται μέσα από ένα ή περισσότερα πλαίσια από το επίπεδο ζεύξης δεδομένων. Τα πακέτα περιέχουν πληροφορία αναφορικά με τον αποστολέα και τον προορισμό τους και περνάνε μέσα από αρκετές ενδιάμεσες δικτυακές συσκευές (γνωστές σαν δρομολογητές). Το επίπεδο αναλαμβάνει να καθορίσει το δρομολόγιο χρησιμοποιώντας στατικούς πίνακες δρομολόγησης ή δυναμικούς αλγόριθμους δρομολόγησης που δημιουργούν μεταβαλλόμενους πίνακες δρομολόγησης ανάλογα με στην κατάσταση των ενδιάμεσων δικτύων.

- **Το Επίπεδο Μεταφοράς (transport layer)**

Αφενός, τα περισσότερα επίπεδα δεν παρέχουν αξιόπιστη υπηρεσία μεταφοράς δεδομένων, αφετέρου οι εφαρμογές χρειάζονται ένα αξιόπιστο εργαλείο για να μεταφερθεί η πληροφορία που παράγουν από τον αποστολέα στον παραλήπτη. Η

βασική λειτουργία του επιπέδου μεταφοράς είναι η παραλαβή δεδομένων από τα παραπάνω επίπεδα, η δημιουργία τμημάτων (segments) – η βασική μονάδα στο επίπεδο αυτό – και η παραλαβή από τον παραλήπτη. Το επίπεδο αυτό αναλαμβάνει να μεταφέρει τα δεδομένα μεταξύ των δύο άκρων, ανεξάρτητα από τις τεχνολογίες που παρεμβάλλονται μεταξύ τους, δίνοντας δυνατότητα διασφαλισμένης μεταφοράς δεδομένων και ‘από άκρη σε άκρη’ υπηρεσίας.

- **Το Επίπεδο Συνόδου (session layer)**

Το επίπεδο συνόδου ασχολείται με την προσφορά υπηρεσιών όπως ο έλεγχος διαλόγου, η διαχείριση κουπονιού και ο συγχρονισμός ώστε να ορίζεται η σειρά με την οποία μεταδίδουν δεδομένα και εκτελούν εντολές τα δύο άκρα της επικοινωνίας, καθώς και τα χρονικά σημεία ανάκαμψης από ενδεχόμενες διακοπές.

- **Το Επίπεδο Παρουσίασης (presentation layer)**

Το επίπεδο αυτό ασχολείται με την ερμηνεία δεδομένων που ανταλλάσσονται καθώς και την εσωτερική μορφοποίηση των δεδομένων, την πιθανή κρυπτογράφηση ή συμπίεσή τους σε διαφορετικά περιβάλλοντα.

- **Το Επίπεδο Εφαρμογής (application layer)**

Το επίπεδο εφαρμογής περιλαμβάνει πλήθος πρωτοκόλλων που χρησιμοποιούνται από τους χρήστες του διαδικτύου. Για παράδειγμα, το πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (HyperText Transfer Protocol – HTTP), που αποτελεί το βασικό στοιχείο του παγκόσμιου ιστού, τα πρωτόκολλα για μεταφορά ηλεκτρονικών μηνυμάτων (πχ. Simple Mail Transfer Protocol – SMTP) και πρωτόκολλα μεταφοράς αρχείων (πχ. File Transfer Protocol – FTP).

## **2. Το Μοντέλο Αναφοράς Διαδικτύου (TCP/IP)**

Σε αντίθεση με την ανάπτυξη του μοντέλου OSI, το μοντέλο TCP/IP αναπτύχθηκε από την κοινότητα και στην συνέχεια καταγράφηκε σαν πρότυπο χρησιμοποιώντας πέντε επίπεδα, συγκεκριμένα το φυσικό επίπεδο, το επίπεδο ζεύξης, το επίπεδο διαδικτύου (αντίστοιχο του επιπέδου δικτύου του OSI), το επίπεδο μεταφοράς και εφαρμογής, ενώ τα υπόλοιπα επίπεδα του OSI δεν υπάρχουν. Σε αυτή την ενότητα θα αναφερθούμε ιδιαίτερα σε τρία επίπεδα: το επίπεδο ζεύξης δεδομένων, το επίπεδο διαδικτύου και το επίπεδο μεταφοράς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ

### 2.1 Εισαγωγή

Με την ανάπτυξη της οικογένειας πρωτοκόλλων TCP/IP, η αξιοποίηση του δικτύου επεκτάθηκε από τα Πανεπιστήμια και τους δημόσιους οργανισμούς στον ιδιωτικό τομέα. Πολλές επιχειρήσεις επένδυσαν σε δικτυακές τεχνολογίες, προσφέροντας με αυτόν τον τρόπο νέες και βελτιωμένες υπηρεσίες στους πελάτες τους. Συνέπεια της σχετικής συζήτησης αποτέλεσαν οι επενδύσεις από παρόχους υλικού, λογισμικού και υποδομών με στόχο να ανταποκριθούν στον ανταγωνισμό της νέας αυτής αγοράς. Το δίκτυο αναπτύχθηκε εκθετικά, αυξάνοντας τη διαμετακομιστική ικανότητα πληροφορίας και οδηγώντας στη γενιά του διαδικτύου και του παγκόσμιου ιστού (World Wide Web – WWW).

Μόλις το 1989 ο Tim Berners-Lee από το CERN (Conseil Européenne pour la Recherche Nucléaire) ανέπτυξε τεχνολογία για τον διαμοιρασμό πληροφορίας μέσω κειμένου, που μπορούσε να βρεθεί σε συγκεκριμένο απομακρυσμένο δικτυακό τόπο. Η γλώσσα που ανέπτυξε είναι γνωστή ως HyperText Markup Language (HTML), ενώ το πρωτόκολλο, το οποίο χρησιμοποιείται για την επικοινωνία μεταξύ χρηστών και παρόχων πληροφορίας, είναι γνωστό ως Hypertext Transfer Protocol (HTTP). Με τη γέννηση του διαδικτύου (γνωστό ως Web ή WWW) αναπτύχθηκαν πλήθος εφαρμογών πρόσβασης στην πληροφορία, εφαρμογές ευρύτερα γνωστές ως προγράμματα περιήγησης (internet browsers), καθώς και πλήθος συμπληρωματικών πρωτοκόλλων και εφαρμογών (πχ. μεταφορά αρχείων, ηλεκτρονικό ταχυδρομείο).

Η εκτενής εξάπλωση της χρήσης υπολογιστικών συστημάτων και της διαδικτύωσης, σε συνδυασμό με τις όλο αυξανόμενες ανάγκες για αγορά, συντήρηση και αναβάθμιση συστημάτων και εφαρμογών οδήγησε στην αναζήτηση νέων προσεγγίσεων, με στόχο πιο αποδοτική χρήση και επαναχρησιμοποίηση υλικού και λογισμικού. Ο συνδυασμός των αναγκών, αλλά και η ωρίμανση τεχνολογιών δικτύωσης, αναζήτησης και διαχείρισης της πληροφορίας ανέδειξαν την ‘κοινωφελή υπολογιστική’ σαν ενδεχόμενη προσέγγιση. Η ‘κοινωφελής υπολογιστική’ υλοποιήθηκε στη συνέχεια μέσα από την ‘υπολογιστική νέφους’, μια έννοια που εισήγαγε το 1961 ο John McCarthy, ενώ την αξιοποίηση της δικτύωσης προς αυτή την κατεύθυνση είχε διαβλέψει το 1969 ο Leonard Kleinrock, διευθυντής τότε του ARPANET. Πρώτες εφαρμογές κοινωφελούς υπηρεσίας αποτέλεσαν οι μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου, ενώ αρκετές εταιρείες επέκτειναν τις υπηρεσίες που

παρείχαν στο επίπεδο υπολογιστικών και δικτυακών υποδομών (πχ. απομακρυσμένη αποθήκευση και επεξεργασία δεδομένων).

## 2.2 Το μοντέλο πελάτη – εξυπηρετητή

Το μοντέλο πελάτη–εξυπηρετητή είναι κυρίαρχο στο σημερινό διαδίκτυο και αξιοποιείται στην ανάπτυξη και λειτουργία διαδικτυακών εφαρμογών. Τυπικό παράδειγμα αποτελούν οι μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου, όπου το τμήμα που ζητάει πληροφορία αποτελεί τον πελάτη (client), ενώ το τμήμα που προσφέρει την πληροφορία/υπηρεσία αποτελεί τον εξυπηρετητή (server).

Στον εξυπηρετητή, η κάθε εφαρμογή/υπηρεσία προσφέρεται από μια διαφορετική μονάδα εξυπηρέτησης, η οποία διακρίνεται από άλλες μονάδες με τη βοήθεια των αριθμών θυρών (port numbers). Υπάρχει, δηλαδή, ένας διαφορετικός αριθμός θύρας για κάθε εφαρμογή (π.χ. η θύρα με αριθμό 80 σε έναν εξυπηρετητή προσφέρει υπηρεσίες HTTP).

Σε ένα τυπικό παράδειγμα, ο πελάτης στέλνει μία αίτηση (request) στον εξυπηρετητή και ο εξυπηρετητής μία απάντηση (response) στον πελάτη. Ο πελάτης μπορεί να στείλει περισσότερες από μία αιτήσεις ή ο εξυπηρετητής να στείλει μια σειρά απαντήσεων –χωρίς απαραίτητα να έχει προηγηθεί κάποια αίτηση. Άλλοι τύποι μηνυμάτων, που μπορεί να σταλούν, είναι οι αιτήσεις ύπαρξης του εξυπηρετητή, οι επιβεβαιώσεις και οι απαντήσεις μη ορθής αίτησης.

## 2.3 Εφαρμογές και πρωτόκολλα στο διαδίκτυο

Οι κυρίαρχες εφαρμογές και πρωτόκολλα του διαδικτύου είναι τα εξής:

- **Telnet / SSH**

Το Telnet (Telecommunications Network), όπως έχει προσδιοριστεί στο RFC 854, επιτρέπει στον χρήστη να συνδεθεί σε έναν απομακρυσμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή (Remote Login) και να τον χρησιμοποιήσει σαν να ήταν ο τοπικός του υπολογιστής, χωρίς όμως να παρέχει ικανοποιητικό επίπεδο ασφάλειας. Καθώς ο παράγοντας ασφάλειας απέκτησε ιδιαίτερη σημασία, τη θέση του Telnet πήρε το πρωτόκολλο SSH (Secure Shell), όπως έχει προσδιοριστεί στο RFC 4253, παρέχοντας ίδιες υπηρεσίες, εφαρμόζοντας ταυτόχρονα μηχανισμούς κρυπτογράφησης δεδομένων και αυθεντικοποίησης χρηστών.

- **FTP**

Το FTP (File Transfer Protocol), όπως έχει προσδιοριστεί στο RFC 959, επιτρέπει στον πελάτη να αντιγράψει και να μεταφέρει αρχεία από τον έναν υπολογιστή στον άλλο, διαμέσου του Διαδικτύου. Το FTP δημιουργεί δύο τύπων συνδέσεις, μεταξύ του πελάτη και του εξυπηρετητή: η πρώτη χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του αρχείου (θύρα 20), ενώ η δεύτερη για τον έλεγχο της επικοινωνίας (εντολές και αποκρίσεις) μεταξύ των δύο υπολογιστών (θύρα 21).

Οι δύο υπολογιστές που επικοινωνούν μπορεί να έχουν διαφορετικά συστήματα και διαφορετικό τρόπο αναπαράστασης αρχείων. Το FTP αναλαμβάνει τις απαραίτητες μετατροπές των αρχείων για πιο αποτελεσματική μεταφορά.

- **Ηλεκτρονικό ταχυδρομείο**

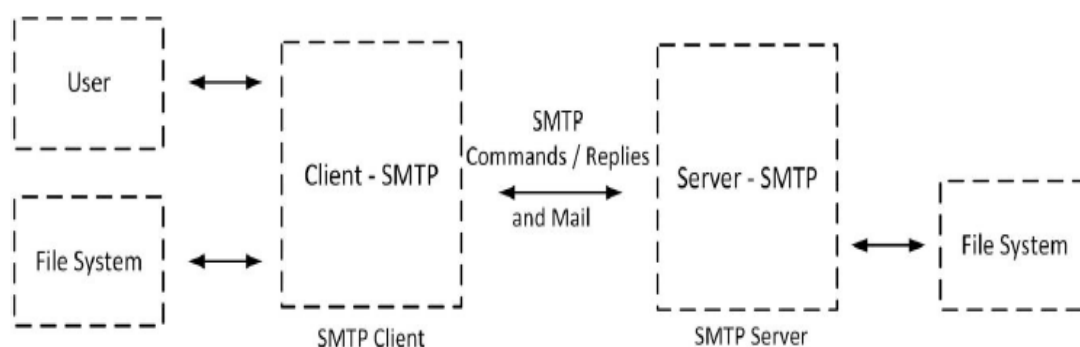
Το ηλεκτρονικό ταχυδρομείο (e-mail) σχεδιάστηκε για να υλοποιήσει την επικοινωνία μεταξύ ενός αποστολέα μηνυμάτων και ενός ή περισσότερων αποδεκτών. Για να σταλεί σε έναν χρήστη ηλεκτρονικό μήνυμα πρέπει να υπάρχει στον δέκτη του μηνύματος μια ηλεκτρονική ταχυδρομική θυρίδα (mailbox), για να παραλαμβάνει τα μηνύματα. Ο εξουσιοδοτημένος χρήστης μπορεί να δει και να διαχειριστεί τα μηνύματα που έχουν σταλεί σε αυτή. Η μοναδική ηλεκτρονική θυρίδα συνδέεται άμεσα με μια μοναδική ηλεκτρονική διεύθυνση (email address). Η ηλεκτρονική διεύθυνση εμφανίζεται συνήθως με τη μορφή 'γραμματοκιβώτιο@υπολογιστή', που το τμήμα γραμματοκιβώτιο υποδηλώνει τον χρήστη, ενώ το τμήμα υπολογιστής υποδηλώνει τον υπολογιστή/εξυπηρετητή που βρίσκεται το συγκεκριμένο γραμματοκιβώτιο.

Το μήνυμα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου αποτελείται από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος περιέχει πληροφορίες αποστολέα και παραλήπτη του μηνύματος καθώς και στοιχεία ημερομηνίας αποστολής και μορφής περιεχομένου, ενώ το δεύτερο μέρος του μηνύματος αποτελεί το περιεχόμενο του μηνύματος σε διάφορες μορφές (πχ. κείμενο, εικόνα, βίντεο ή/και συνδυασμό τους).

Το αρχικό πρωτόκολλο ηλεκτρονικού ταχυδρομείου επέτρεπε την αποστολή μόνο κειμένου σε μορφή χαρακτήρων ASCII. Για να σταλούν αρχεία σε δυαδική μορφή, όπως είναι π.χ. αρχεία βίντεο, απαιτείται η κατάλληλη κωδικοποίησή τους. Για να υπάρχει συμβατότητα μεταξύ των διαφόρων κωδικοποιήσεων η IETF δημιούργησε το πρωτόκολλο MIME (Multipurpose Internet Mail Extensions), όπως έχει προσδιοριστεί στο RFC 2046, προσθέτοντας πληροφορία που επιτρέπει την

αναγνώριση του τύπου των δεδομένων, καθώς και την κωδικοποίηση και τον διαμοιρασμό του σε τμήματα για την ταυτόχρονη αποστολή κειμένου και εικόνας.

Κατά την αποστολή, αλλά και την παραλαβή, μηνυμάτων ταχυδρομείου ενεργοποιούνται τυπικά πρωτόκολλα, που αναλαμβάνουν την παροχή της σχετικής υπηρεσίας. Κατά τη διαδικασία της αποστολής το πρωτόκολλο SMTP (Simple Mail Transfer Program), όπως έχει προσδιοριστεί στο RFC 2821, διαχειρίζεται όλες τις λεπτομέρειες της επικοινωνίας και προσφέρει αξιόπιστη μεταφορά μηνυμάτων. Το συγκεκριμένο πρωτόκολλο αναλαμβάνει να προωθήσει το μήνυμα σε έναν ή περισσότερους παραλήπτες, εξετάζοντας την ύπαρξη του παραλήπτη και διατηρώντας αντίγραφο του μηνύματος για να το έχει σε περίπτωση που χαθεί. Η αρχιτεκτονική του πρωτοκόλλου αποτυπώνεται στην Εικόνα 2.1



Εικόνα 2.1: Η αρχιτεκτονική του SMTP.

Από την πλευρά του ο παραλήπτης μπορεί να χρησιμοποιεί το POP (Post Office Protocol), όπως περιγράφεται στο RFC 1939, το οποίο επιτρέπει τη συλλογή των μηνυμάτων από τον εξυπηρετητή στον υπολογιστή κάθε χρήστη, ενώ ρυθμίζει την αποθήκευση ή και διαγραφή των ηλεκτρονικών μηνυμάτων στον κεντρικό εξυπηρετητή. Το πρωτόκολλο IMAP (Internet Message Access Protocol), όπως προσδιορίζεται στο RFC 3501, αποτελεί εξέλιξη του POP και επιτρέπει την ανάγνωση των μηνυμάτων κατευθείαν από τον εξυπηρετητή, ενώ επιτρέπει και την αποθήκευση των μηνυμάτων του χρήστη στον εξυπηρετητή.

## 2.4 Παγκόσμιος ιστός (World Wide Web - WWW)

Ο παγκόσμιος ιστός βασίζεται στην ύπαρξη της πληροφορίας σε πολλές και ποικίλες μορφές, πληροφορία συχνά κατανεμημένη σε διαφορετικούς τόπους και διασυνδεδεμένη. Αποτέλεσμα αυτής της προσέγγισης είναι η εισαγωγή της έννοιας του υπερκειμένου (Hypertext) και του υπερμέσου (Hypemedia) με τη χρήση

λογισμικού πλοήγησης στο διαδίκτυο (web browser). Ενώ το υπερκείμενο περιορίζεται σε βασικές πληροφορίες που αποθηκεύονται σε ένα ή και περισσότερα έγγραφα, το υπερμέσο περιέχει πιο σύνθετη πληροφορία και περιεχόμενο, όπως συνδέσμους προς άλλα μέσα ή πολυμεσικό περιεχόμενο.

- **Γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου (Hypertext Markup Language – HTML)**

Το περιεχόμενο στον παγκόσμιο ιστό βρίσκεται με τη μορφή σελίδων που περιέχουν υπερκείμενο ή και υπερμέσο, όπου συνήθως η βασική σελίδα ενός χρήστη είναι γνωστή ως αρχική σελίδα (homepage). Σε αυτή την αναπαράσταση πληροφορίας χρησιμοποιείται η γλώσσα σήμανσης υπερκειμένου (HTML), όπως προσδιορίζεται στο RFC 1866, που περιλαμβάνει γενικές οδηγίες της εμφάνισης και του περιεχομένου της κάθε σελίδας. Ένα έγγραφο, το οποίο αξιοποιεί την HTML, γράφεται υπό μορφή στοιχείων HTML που περιέχουν ετικέτες (tags), οι οποίες βρίσκονται ανάμεσα στα σύμβολα < και > (π.χ. <ετικέτα>). Οι ετικέτες HTML εμφανίζονται σε ζευγάρια, με την πρώτη να ονομάζεται ετικέτα έναρξης και τη δεύτερη ετικέτα λήξης, επιτρέποντας ανάμεσα την εισαγωγή οποιουδήποτε τύπου πληροφορίας, όπως κείμενο ή πολυμεσικό περιεχόμενο.

```
<html>
  <head>
    <title> τίτλος εγγράφου </title>
  </head>
  <body>
    <p> κυρίως σώμα εγγράφου </p>
  </body>
</html>
```

Εικόνα 2.2: Γενική μορφή εγγράφου HTML.

Ο σκοπός ενός προγράμματος περιήγησης (web browser) είναι να διαβάσει τα έγγραφα HTML και τα συνθέτει σε σελίδες, τις οποίες μπορεί κανείς να διαβάσει ή να ακούσει. Το πρόγραμμα περιήγησης δεν εμφανίζει τις ετικέτες HTML, αλλά τις χρησιμοποιεί για να ερμηνεύσει το περιεχόμενο της σελίδας.

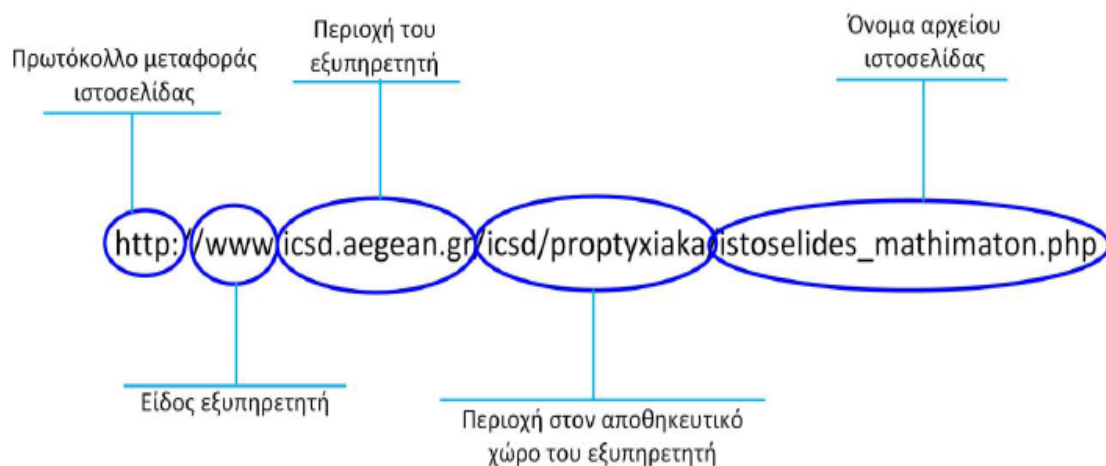
Τα στοιχεία της HTML χρησιμοποιούνται για να κτίσουν όλους του ιστότοπους. Η HTML επιτρέπει την ενσωμάτωση εικόνων και άλλων αντικειμένων μέσα στη



σελίδα, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εμφανίσει διαδραστικές φόρμες. Παρέχει τις μεθόδους δημιουργίας δομημένων εγγράφων (δηλαδή εγγράφων που αποτελούνται από το περιεχόμενο που μεταφέρουν και από τον κώδικα μορφοποίησης του περιεχομένου), καθορίζοντας δομικά σημαντικά στοιχεία για το κείμενο, όπως κεφαλίδες, παραγράφους, λίστες, συνδέσμους, παραθέσεις κ.ά. Μπορούν, επίσης, να ενσωματώνονται σενάρια εντολών σε γλώσσες, όπως η JavaScript, τα οποία επηρεάζουν τη συμπεριφορά των ιστοσελίδων HTML.

- **Ενιαίος εντοπιστής πόρων (Uniform Resource Locator – URL)**

Κατά τη διαδικασία εντοπισμού της πληροφορίας ο χρήστης δίνει τον τόπο όπου βρίσκεται η πληροφορία, δηλαδή τη σελίδα στον παγκόσμιο ιστό. Γι' αυτό τον λόγο έχει εδραιωθεί δομημένος τρόπος συγγραφής του τόπου αυτού με σειρές χαρακτήρων, που ορίζουν είτε μέσω του ονόματος, είτε μέσω διεύθυνσης, είτε μέσω άλλων χαρακτήρων, την τοποθεσία του συγκεκριμένου πόρου. Η μορφή σύνταξης καλείται ενιαίος εντοπιστής πόρων ή URL (Uniform Resource Locator), όπως προσδιορίζεται στο RFC 1738, όπου το παράδειγμα στην Εικόνα 2.3 προσδιορίζει ενδεικτικές πληροφορίες στη διεύθυνση URL.



Εικόνα 2.3: Μορφή διεύθυνσης URL.

- **Πρωτόκολλο μεταφοράς υπερκειμένου (Hypertext Transfer Protocol – HTTP)**

Ο χρήστης, προκειμένου να προσπελάσει το διαδίκτυο, χρησιμοποιεί ένα πρόγραμμα περιήγησης, το οποίο εντοπίζει και εμφανίζει πληροφορία που βρίσκεται σε εξυπηρετητές στο διαδίκτυο. Η επικοινωνία μεταξύ του προγράμματος περιήγησης και του εξυπηρετητή γίνεται με τη χρήση πρωτοκόλλου μεταφοράς υπερκειμένου

(HTTP), όπως αρχικά προσδιορίζεται στο RFC 2616, ζητώντας κάποιο συγκεκριμένο στοιχείο που επιστρέφει ο εξυπηρετητής.

Τα βασικά αιτήματα που στέλνονται είναι:

- GET αίτηση για λήψη δεδομένων σύμφωνα με την επιθυμία του χρήστη.
- HEAD αίτηση για λήψη δεδομένων επιθυμητού περιεχομένου, όπως και η GET, με τη διαφορά ότι με την HEAD δεν λαμβάνουμε το σώμα του μηνύματος.
- POST αποστολή δεδομένων προς επεξεργασία στον επιθυμητό εξυπηρετητή.
- OPTIONS αναζητεί τις υποστηριζόμενες μεθόδους μεταφοράς υπερκειμένου του εξυπηρετητή.

Ο εξυπηρετητής απαντά στα αιτήματα, ξεκινώντας με έναν κωδικό κατάστασης (πληροφορεί τον χρήστη, αν διεκπεραιώθηκε το αίτημα) και στη συνέχεια περιέχει πληροφορίες για το ζητούμενο στοιχείο, όπως μήκος, χρόνος τροποποίησης ή τύπος περιεχομένου.

## **2.5 Έξυπνες τεχνολογίες και ίντερνετ των πραγμάτων (Internet of Things - IoT)**

Είναι κατανοητό ότι ως έξυπνη τεχνολογία σε όλες τις συσκευές εννοούμε ότι μετά τη λήψη και την εξωτερική επεξεργασία μέσω των αισθητήρων τους, θα πραγματοποιήσουν έναν συγκεκριμένο σκοπό. Κάθε μία από τις συσκευές αποτελείται από έναν μικροεπεξεργαστή ο οποίος μετά την ανάλυση των ληφθέντων δεδομένων θα ανταποκρίνεται όπως έχει προγραμματιστεί. Η ομάδα αυτή των τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται σε συγκεκριμένο χώρο επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων που μας περιβάλλουν αλλά και των χρηστών. Είναι ένας φυσικός κόσμος που αποτελείται από αισθητήρες και ενεργοποιητές ενσωματωμένους σε αντικείμενα καθημερινής ζωής που όλα συνδέονται μεταξύ τους.

Σήμερα, οι πρώτες ηλεκτρικές συσκευές που χρησιμοποίησαν αυτήν την τεχνολογία, για παράδειγμα, είναι οι τηλεοράσεις, τα ψυγεία κ.α. Σε αυτές τις δύο περιπτώσεις, η τηλεόραση θα μπορούσε να εντοπίσει εάν υπάρχει ή δεν υπάρχει κάποιος που να την παρακολουθεί και να απενεργοποιείται. Αυτή η ενέργεια προϋποθέτει εξοικονόμηση ενέργειας, ενώ το ψυγείο θα μπορούσε να εντοπίσει εάν υπάρχει κάποιο φαγητό που πρόκειται να λήξει και θα μπορούσε να ενημερώσει τον χρήστη.



Εικόνα 2.4: Τα χαρακτηριστικά του έξυπνου αεροδρομίου.

Τι θα μπορούσε να συμβεί αν, επιπλέον, συνδέαμε αυτά τα αντικείμενα στο διαδίκτυο; Αυτή η ιδέα είναι γνωστή ως διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Πρόκειται για μια ομάδα υπηρεσιών, δικτύων και συσκευών που συλλέγουν, μεταδίδουν, αποθηκεύουν, αναλύουν και παρουσιάζουν τα συλλεγόμενα δεδομένα με διαφορετικούς τρόπους (φωνή, εικόνες και δεδομένα) βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής των χρηστών σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον. Συνθέτουν ένα σύστημα που συνδέει διαφορετικές υπηρεσίες στον ίδιο χώρο αποφεύγοντας κάθε είδους εμπόδια.

Το IoT θα φτάσει τη στιγμή κατά την οποία κάθε αντικείμενο γύρω μας θα είναι συνδεδεμένο στο διαδίκτυο και θα μπορεί να μας παρέχει πληροφορίες ανάλογα με τη λειτουργία του καθενός από αυτά και να ελέγχεται από απόσταση από τις προσωπικές μας συσκευές.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων, ωστόσο, δεν έχει μόνο εσωτερικές εφαρμογές. Στην περίπτωση που μελετάται, έχει χρήσιμες εφαρμογές. Τα τερματικά κτίρια των αεροδρομίων χάρη στην εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών είναι σε θέση να διαχειριστούν τον εαυτό τους. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να επιτευχθεί μείωση της χρησιμοποιούμενης ενέργειας και αύξηση της άνεσης και της ασφάλειας.

## 2.6 Μεγάλα δεδομένα (Big Data)

Από τις παραστάσεις και τεχνολογικές δράσεις που διακρίνει κάθε άνθρωπος γύρω του καθημερινά, είναι προφανές ότι σήμερα βιώνουμε μια περίοδο που η έννοια και οι εφαρμογές των μεγάλων δεδομένων βρίσκονται σε πλήρη ισχύ και εφαρμογή. Πιο

συγκεκριμένα, μέσω της χρήσης κατάλληλων οργάνων (instrumentation) είμαστε σε θέση σήμερα να “επικοινωνήσουμε” με περισσότερα πράγματα και σε μεγαλύτερο εύρος, με αποτέλεσμα να υπάρχει και η δυνατότητα για αποθήκευση μεγαλύτερου εύρους δεδομένων όπως αυτή ανακύπτει από την δυνατότητα για επεξεργασία μεγαλύτερου όγκου πρώτης ύλης.

Επιπρόσθετα, μέσω της αυξημένης δυνατότητας για επικοινωνία μέσω της ανάπτυξης των αντίστοιχων τεχνολογιών, οι άνθρωποι και οι πληροφορίες σήμερα είναι δυνατό να βρίσκονται σε πλήρη και συνεχή διασύνδεση (interconnection) και διάδραση (interaction). Υπό αυτό το πρίσμα, έχουμε πλέον φτάσει σε μια δυνατότητα για διασυνδεσιμότητα τύπου Machine to Machine, με τη διασύνδεση να παρουσιάζει χαρακτηριστικά όμοια με αυτά δύο τυποποιημένων μηχανών, δηλαδή, συνέχεια, αυξημένη διακίνηση πληροφορίας και αυξημένη δυνατότητα για ανάδραση. Αυτή η δυνατότητα άλλωστε είναι υπεύθυνη για τα γεωμετρικώς αυξανόμενα ποσοστά αποθήκευσης που παρατηρούνται κάθε χρόνο όσον αφορά στα δεδομένα και κυρίως στα ψηφιακά δεδομένα.

Προχωρώντας ένα βήμα πιο πέρα, με την αλματώδη ανάπτυξη της τεχνολογίας που έχει επιτελεστεί, πλέον υπάρχει δυνατότητα για αγορά σημαντικών προγραμμάτων που σχετίζονται άμεσα με εφαρμογές διακίνησης και ανταλλαγής πληροφοριών σε πολύ χαμηλές τιμές. Αυτή η παράμετρος δίνει τη δυνατότητα να προστεθεί η έννοια της ευφυΐας σχεδόν σε κάθε εφαρμογή και δράση, με επακόλουθο να βελτιστοποιείται ακόμη περισσότερο η διαδικασία της ανταλλαγής και αποθήκευσης πληροφοριών και δεδομένων.

Με βάση την παραπάνω παρατήρηση, καταλήγουμε στη βασική διαπίστωση η οποία καθορίζει σήμερα την έννοια των μεγάλων δεδομένων στις παγκόσμιες εφαρμογές και δράσεις. Σύμφωνα με αυτή, στο σημερινό παγκόσμιο γίνεσθαι, παρατηρούμε συνεχείς ενέργειες και αλληλεπιδράσεις στους διάφορους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας, όπου η ταχύτητα ανταλλαγής πληροφοριών και δεδομένων, ο όγκος αυτών των ποσοτήτων, καθώς και η ποικιλία που τις χαρακτηρίζει, καθορίζουν σήμερα το βαθμό συνθετότητας και τις παραμέτρους της έννοιας των μεγάλων δεδομένων.

Εν γένει, τρία είναι τα βασικά γνωρίσματα που χαρακτηρίζουν τα μεγάλα δεδομένα και τις ιδιαίτερες πτυχές και προεκτάσεις αυτών σε μια εφαρμογή. Αυτά τα γνωρίσματα είναι:

- Ο όγκος

- Η ποικιλία
- Η ταχύτητα

Η συγκεκριμένη ομάδα χαρακτηριστικών αποτελεί σήμερα το κύριο κριτήριο για την επιλογή και τον χαρακτηρισμό δράσεων που σχετίζονται με μεγάλα δεδομένα στα διάφορα τεχνολογικά και οικονομικά πεδία, ενώ η ορθή επιλογή των εν λόγω χαρακτηριστικών, καθορίζει σε μεγάλο βαθμό και τα αποτελέσματα καθώς και το βαθμό επιτυχίας των αντίστοιχων εγχειρημάτων. Από τα παραπάνω, εύκολα αντιλαμβάνεται κανείς τον σημαίνοντα ρόλο των εννοιών του όγκου, της ποικιλίας και της ταχύτητας των δεδομένων στο σημερινό ψηφιακό γίγνεσθαι.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΕΞΥΠΝΑ ΔΙΚΤΥΑ

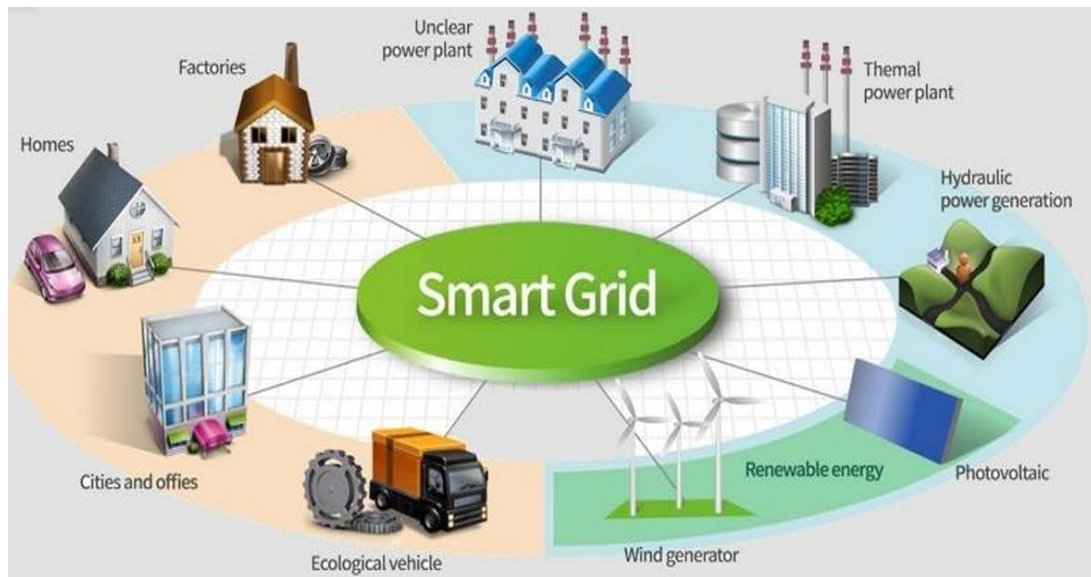
### 3.1 Ορισμός έξυπνων δικτύων

Ο όρος «Έξυπνο Δίκτυο» δεν είναι σαφώς και κοινώς αποδεκτός, παρά ως μια ευρύτερη έννοια που αφορά την επόμενη μορφή του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Η χώρα, η περιοχή, τα κίνητρα και τα επιθυμητά οφέλη των διάφορων φορέων που εμπλέκονται, επαναδιατυπώνουν την έννοια αυτή.

Ακολουθούν ορισμένοι ορισμοί αρμόδιων φορέων:

- Το Electric Power Research Institute (ERPI), αναφέρεται στο Έξυπνο Δίκτυο ως «μία ευφυής υποδομή παροχής ηλεκτρικής ενέργειας η οποία υποστηρίζεται από τις τελευταίες τεχνολογίες στον τομέα της επικοινωνίας, του υπολογισμού και της ηλεκτρονικής, προκειμένου να ανταποκριθεί στις μελλοντικές απαιτήσεις της κοινωνίας σε ηλεκτρική ενέργεια».
- Το Γραφείο Μεταφοράς και Διανομής Ενέργειας των ΗΠΑ (DoE) ορίζει: Ένα Έξυπνο Δίκτυο ως τη λύση που «θα εξασφαλίσει την αξιοπιστία, την ασφάλεια και την αποδοτικότητα του ηλεκτρικού συστήματος μέσω ανταλλαγής πληροφοριών, κατανεμημένης παραγωγής και αποθήκευσης της ενέργειας».
- Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, παρουσιάζει: Ένα Έξυπνο Δίκτυο ως «ένα εξελιγμένο ηλεκτρικό δίκτυο, του οποίου αναπόσπαστο κομμάτι είναι η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ παραγωγού και καταναλωτή και τα ευφυή συστήματα μέτρησης και παρακολούθησης της λειτουργίας του».
- Ενώ το European Commission Task Force for Smart Grid ορίζει: Ένα Έξυπνο Δίκτυο ως «ένα ηλεκτρικό δίκτυο το οποίο με αποδοτικό τρόπο μπορεί να ενσωματώσει τη συμπεριφορά και τις δράσεις όλων των παραγόντων που βρίσκονται συνδεδεμένοι σε αυτό - παραγωγοί, καταναλωτές ή και καταναλωτές που παράγουν ενέργεια - ώστε να διασφαλίσει ένα οικονομικά αποδοτικό, βιώσιμο σύστημα ενέργειας με χαμηλές απώλειες και υψηλής ποιότητας υπηρεσία, σε ένα ασφαλές και αξιόπιστο δίκτυο».

Με σχετική ασφάλεια μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα πως τα έξυπνα δίκτυα ενσωματώνουν τεχνολογίες προς βελτιστοποίηση διαχείρισης πόρων, όπως η ενέργεια, αλλά και των στοιχείων που συνδέονται και λειτουργούν σε αυτό. Εναλλακτικά, αποτελεί την αναβάθμιση του σημερινού ηλεκτρικού δικτύου σε ένα δίκτυο μέσω των τεχνολογιών της πληροφορικής και της πληροφορίας.



Εικόνα 3.1: Υποδομή Έξυπνου Δικτύου.

### 3.2 Βασικά χαρακτηριστικά

Τα έξυπνα δίκτυα υπόσχονται μια πληθώρα πλεονεκτημάτων και βελτιώσεων, οι οποίες αφορούν πολλαπλούς τομείς, όπως για παράδειγμα την αξιοπιστία και την ασφάλεια του δικτύου, την οικονομία, την περιβαλλοντική επίδραση και την αναβάθμιση του ρόλου του καταναλωτή. Παρακάτω παρουσιάζονται κάποιες από τις ιδιότητες ενός έξυπνου δικτύου και πώς αυτές αναμένονται από τους υποστηρικτές του να βελτιώσουν το υπάρχον δίκτυο.

- **Αξιοπιστία**

Το δίκτυο, ως ζωντανός οργανισμός, θα μπορεί να εντοπίζει προβλήματα και να ανακατευθύνει τη ροή της ενέργειας ή να απομονώνει μια περιοχή που λειτουργεί εκτός προδιαγραφών ώστε να ελαχιστοποιεί τις απώλειες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, συνολικά μεγαλύτερη ανθεκτικότητα του δικτύου, σε οποιαδήποτε εξωτερική παρέμβαση. Αυτή η ιδιότητα λέγεται και self-healing.

- **Αποδοτικότητα**

Το δίκτυο διαχειρίζεται τους πόρους που έχει ώστε να αντιμετωπίσει αυξημένη ζήτηση ενέργειας, χωρίς να απαιτούνται πρόσθετες υποδομές. Ένα άλλο παράδειγμα είναι ο αυτοέλεγχος των τεχνικών μέσων (εξοπλισμού) προς έγκαιρη αντικατάστασή τους ελαχιστοποιώντας έτσι κόστη που σχετίζονται με την αγορά εξοπλισμού.

- **Ευελιξία**

Το έξυπνο δίκτυο θα διευκολύνει τη σύνδεση τόσο των κεντρικών σταθμών παραγωγής, όσο και των πηγών ενέργειας όλων των μεγεθών και τεχνολογιών, πηγών αποθήκευσης ενέργειας, μικρής κλίμακας συστημάτων συμπαραγωγής και άλλων καταναμημένων πηγών παραγωγής.

- **Απελευθέρωση της αγοράς**

Μέσω νέων ευκαιριών, αγορών και υπηρεσιών οι καταναλωτές επιλέγουν την πιο συμφέρουσα για αυτούς παροχή, ενώ μικρότερες επιχειρήσεις δύνανται να ανταγωνιστούν μέσω καινοτόμων προσεγγίσεων.

- **Ποιότητα ενέργειας**

Παρέχεται η απαραίτητη ποιότητα ενέργειας για την εξυπηρέτηση πελατών διαφορετικών αναγκών. Η εγγύηση της ποιότητας θα επιφέρει ανάλογο κόστος, ενώ θα πραγματοποιηθεί με τη χρήση μεθόδων και εξελιγμένου εξοπλισμού παρακολούθησης του δικτύου, ο οποίος θα μπορεί έγκαιρα να διαγνώσει και να διορθώσει αιτίες αλλοίωσης της ποιότητας του ηλεκτρισμού.

- **Ενδυνάμωση του καταναλωτή**

Βασικό στοιχείο του έξυπνου δικτύου είναι η ανάδραση και οι δυνατότητες εξοικονόμησης που προσφέρει στον καταναλωτή. Οι καταναλωτές αποκτώντας ενημέρωση σχετικά με την χρήση ενέργειας θα καλούνται να προσαρμόσουν τη κατανάλωση με βάση οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη, βοηθώντας στο ισοζύγιο προσφοράς και ζήτησης ενέργειας. Παραδείγματος χάρη με τη θέσπιση ωραρίων αυξημένης ζήτησης και την επιβράβευση αποχής από ενεργοβόρες για το σύστημα δραστηριότητες. Απαραίτητη κρίνεται η ενσωμάτωση έξυπνων μετρητών, έξυπνων συσκευών και άλλων τεχνολογιών στο δίκτυο οι οποίες θα επιτρέπουν τις παραπάνω δυνατότητες, αλλά και την κοινωνική ευαισθητοποίηση και την παροχή κινήτρων από την πολιτεία.

- **Φιλικό προς το περιβάλλον**

Αποτελεσματικά, η ευρεία ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κάνει το έξυπνο δίκτυο κατά κύριο λόγο "πράσινο", συμβάλλοντας στην προστασία του περιβάλλοντος. Συνοψίζοντας, οι απαιτήσεις για την επόμενη γενιά δικτύων είναι υψηλές καθώς αυτά αναμένεται να είναι περισσότερο ευφυή, αλλά και ανθεκτικά



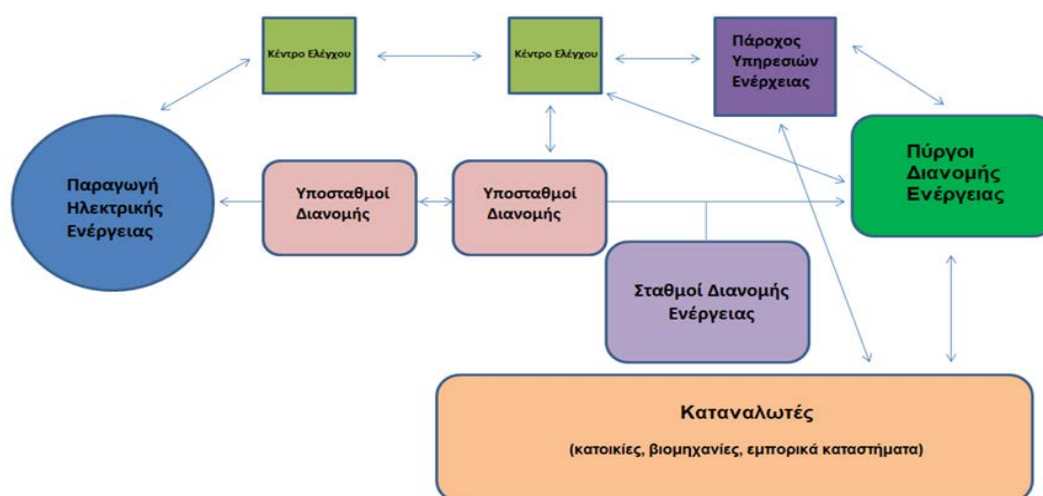
έναντι σε κακόβουλες επιθέσεις, και σε φυσικά φαινόμενα, καθώς και να αυτορυθμίζονται ώστε να ικανοποιούν τις προσωπικές ανάγκες κάθε καταναλωτή.

### 3.3 Δομικά στοιχεία

Κάθε δίκτυο αποτελεί μια διασύνδεση μονάδων, έτσι και ένα έξυπνο δίκτυο θα είναι ένα σύμπλεγμα λειτουργικών μονάδων μεταξύ των οποίων κύρια στοιχεία είναι γεννήτριες ηλεκτρικής ενέργειας, υποσταθμοί παραγωγής ενέργειας, γραμμές μεταφοράς και διανομής, ελεγκτές, έξυπνοι μετρητές, κόμβοι συλλεκτών και κέντρα ελέγχου διανομής και μετάδοσης.

Μελετώντας ένα ευφυές δίκτυο, τα παραπάνω συνθέτουν τα εξής σαφώς διακριτά συστήματα:

- **Έξυπνο σύστημα υποδομής:** Είναι υπεύθυνο για την ενέργεια, την πληροφόρηση και την επικοινωνία στην οποία βασίζεται το έξυπνο δίκτυο, και υλοποιεί:
  - 1) την έξυπνη παραγωγή, μεταφορά και κατανάλωση ενέργειας,
  - 2) την έξυπνη μέτρηση, παρακολούθηση και διαχείριση ενέργειας και
  - 3) τις ανεπτυγμένες τεχνολογίες επικοινωνίας.
- **Έξυπνο σύστημα διαχείρισης:** Είναι υπεύθυνο για τη διαχείριση και τον έλεγχο της ενέργειας, προς μεγιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης, βελτίωση των χαρακτηριστικών, μείωση του κόστους και έλεγχο των εκπεμπόμενων ρύπων.
- **Έξυπνο σύστημα προστασίας:** Είναι υπεύθυνο για την ασφάλεια και ομαλή λειτουργία του δικτύου. Παρακάτω στο Σχήμα 3.1 παρουσιάζεται η διασύνδεση των δομικών στοιχείων ενός ευφυούς δικτύου.



Σχήμα 3.1: Διασύνδεση στοιχείων έξυπνου δικτύου.

### **3.4 Αρχιτεκτονική**

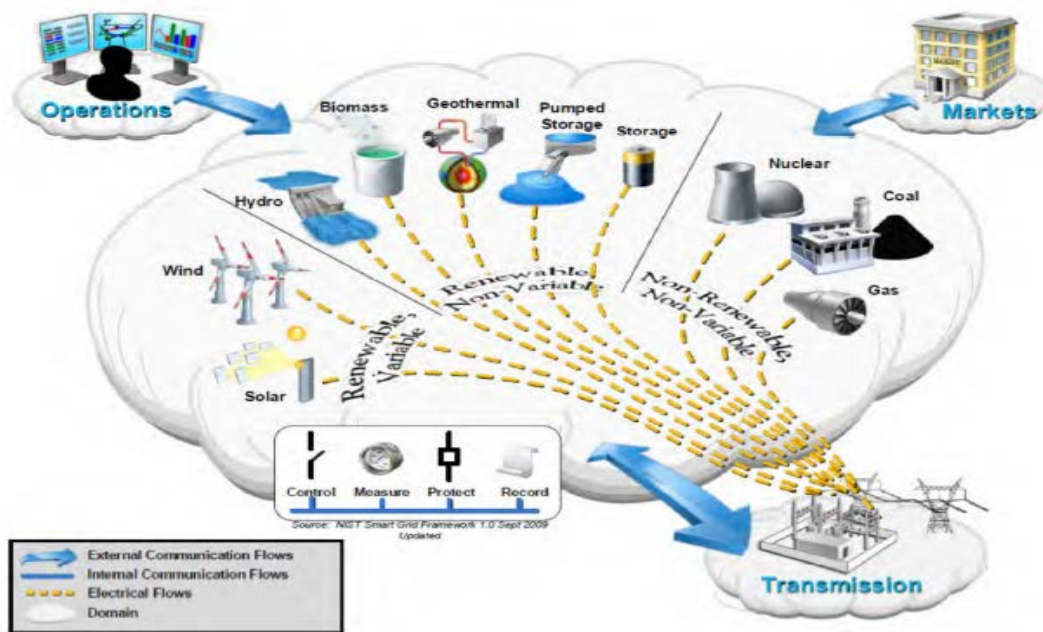
Σε σύγκριση με το συμβατικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, το έξυπνο δίκτυο είναι η επόμενη γενιά του συστήματος παροχής ισχύος, το οποίο περιλαμβάνει χιλιάδες δημιουργικά χαρακτηριστικά και νέες τεχνολογίες. Το NIST (Εθνικό Ινστιτούτο Προτύπων και Τεχνολογίας, Υπουργείο Εμπορίου των Η.Π.Α.) χώρισε το έξυπνο δίκτυο σε επτά τομείς, με σκέψεις σχετικά με τον προγραμματισμό, την εξέλιξη των απαιτήσεων, την τεκμηρίωση και την οργάνωση της ποικίλης και διευρυμένης συλλογής διασυνδεδεμένων τα δίκτυα και τον εξοπλισμό που θα συνθέτουν το έξυπνο δίκτυο. Οι συγκεκριμένοι τομείς είναι (Fang et al, 2012):

1. Τομέας μαζικής παραγωγής
2. Τομέας δικτύου διανομής
3. Τομέας πελατών
4. Τομέας κέντρου ενεργειών
5. Τομέας αγοράς
6. Τομέας παροχής υπηρεσιών
7. Τομέας μεταφοράς

#### **1. Τομέας μαζικής παραγωγής**

Στον τομέα μαζικής παραγωγής, λαμβάνει χώρα η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες ποσότητες. Η παραγωγή επιτυγχάνεται μέσω της χρήσης τόσο μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως είναι ο άνθρακας, η πυρηνική ενέργεια και το φυσικό αέριο καθώς και από ανανεώσιμες πηγές.

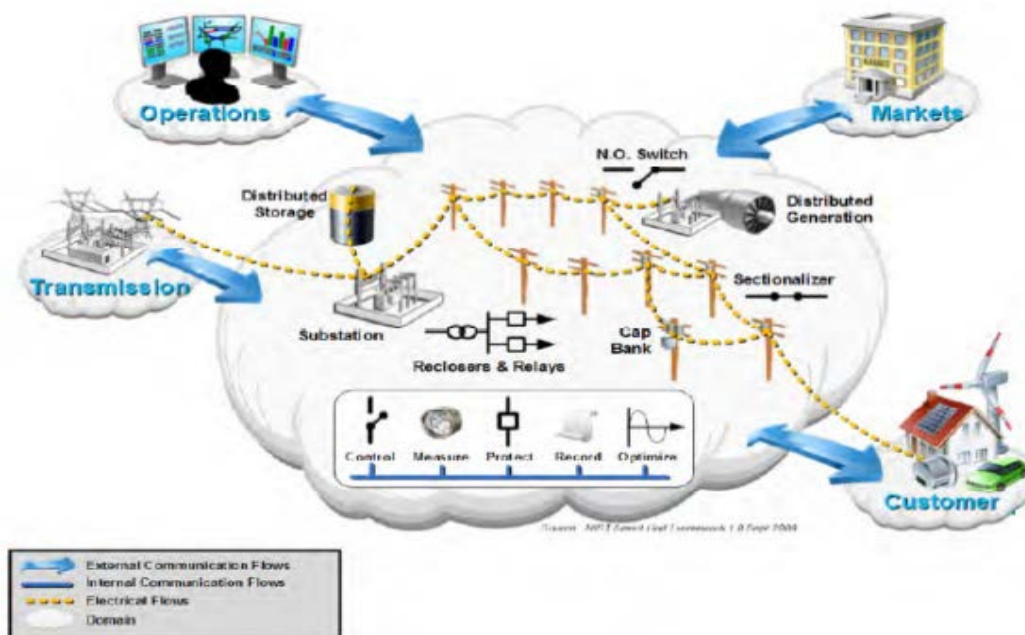
Στη δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνονται είτε μεταβλητές μορφές ενέργειας, όπως είναι η αιολική και η ηλιακή, είτε σταθερές, όπως η υδροηλεκτρική, η βιομάζα, η γεωθερμική και η αποθηκευτική αντλία. Ο συγκεκριμένος τομέας βρίσκεται σε συνεχή επικοινωνία με τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής, αποσκοπώντας μέσω αυτής της σύνδεσης στη μεταφορά της προς κατανάλωση ενέργειας σε κατάλληλα σημεία. Παράλληλα, μέσω της ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ των τομέων επιτυγχάνεται η επίλυση πιθανών προβλημάτων δικτύου.



Εικόνα 3.2: Απεικόνιση τομέα μαζικής παραγωγής.

## 2. Τομέας δικτύου διανομής

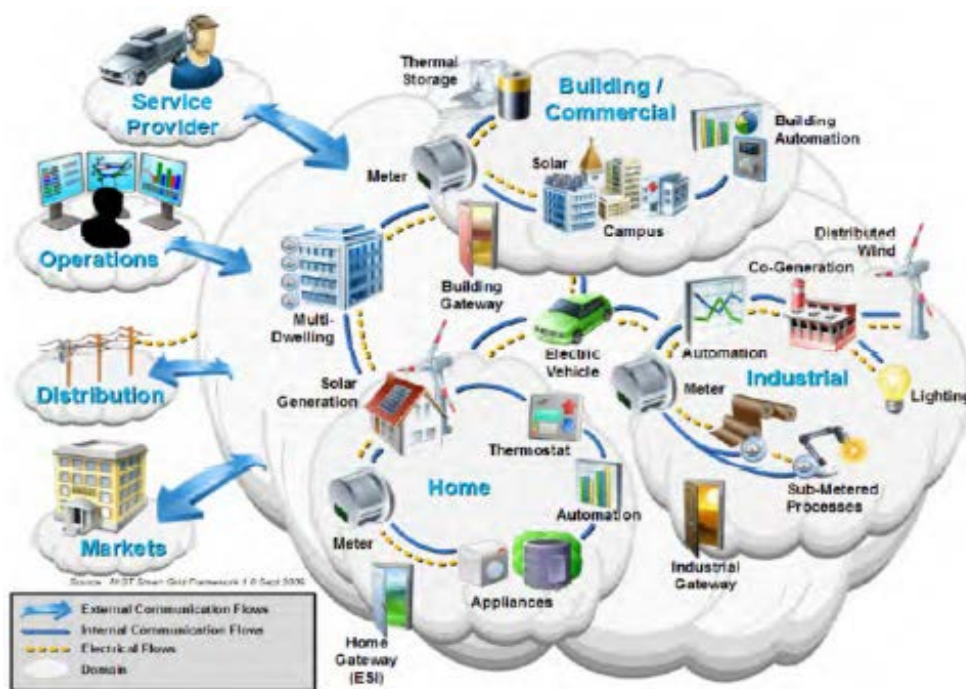
Στον συγκεκριμένο τομέα, πραγματοποιείται η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας από και προς τους πελάτες μέσω του έξυπνου δικτύου. Μέσω του δικτύου διανομής συνδέονται μεταξύ τους όλες οι έξυπνες συσκευές, όπως είναι για παράδειγμα οι έξυπνοι μετρητές και η διαχείρισή τους συντελείται μέσω ενός αμφίδρομου δικτύου επικοινωνίας. Επιπλέον, στο παρόν δίκτυο παρέχεται η δυνατότητα σύνδεσης τόσο εγκαταστάσεων αποθήκευσης ενέργειας, όσο και απομακρυσμένων πηγών ενέργειας.



Εικόνα 3.3: Απεικόνιση τομέα δικτύου διανομής.

### 3. Τομέας πελατών

Ο τομέας πελατών αποτελεί έναν τους βασικότερους τομείς, εφόσον η ανάπτυξη του δικτύου πραγματοποιείται προς όφελος και διευκόλυνση των καταναλωτών. Πρωταρχικό έργο του παρόντος τομέα, όπως απεικονίζεται παρακάτω, αποτελεί η σύνδεση των τελικών καταναλωτών της ηλεκτρικής ενέργειας, με το υπόλοιπο δίκτυο, μέσω της χρήσης των έξυπνων μετρητών. Στην κατηγορία των καταναλωτών συγκαταλέγονται τόσο οι οικιακοί και εμπορικοί πελάτες, όσο και οι βιομηχανικοί. Σκοπός των έξυπνων μετρητών είναι η ορθή διαχείριση και ο έλεγχος της ηλεκτρικής ροής, από και προς τους καταναλωτές, στους οποίους παρέχουν και πληροφορίες χρήσης. Τέλος, στον τομέα πελατών είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί παραγωγή, αποθήκευση και διαχείριση ενέργειας.

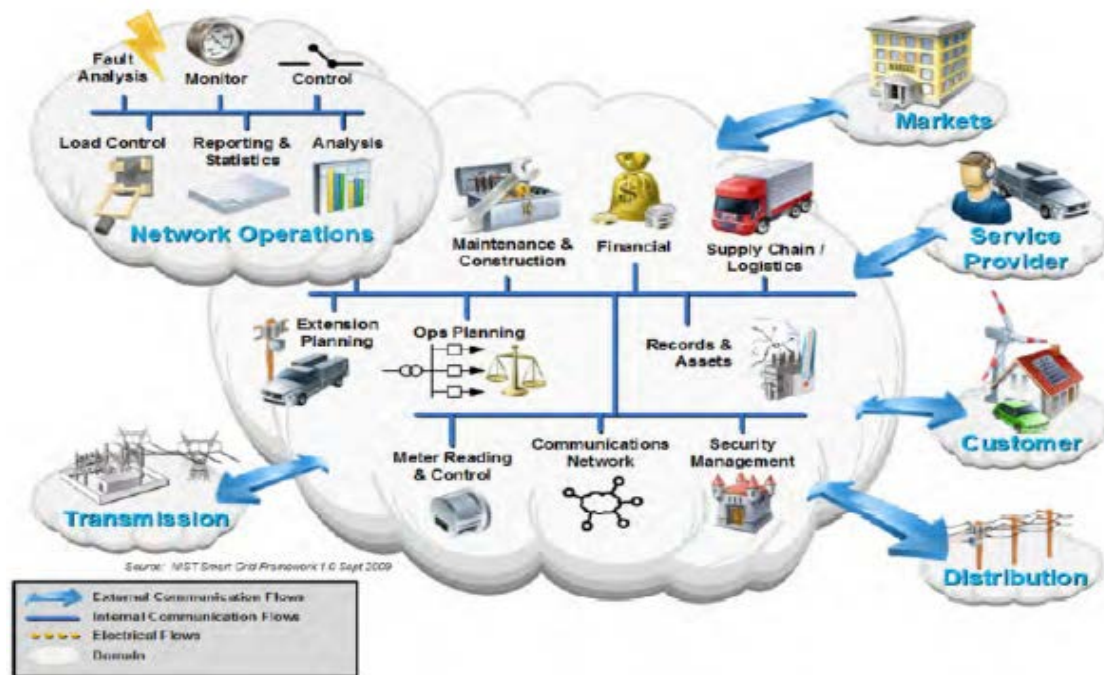


Εικόνα 3.4: Απεικόνιση τομέα πελατών.

### 4. Τομέας κέντρου ενεργειών

Πρόκειται για τον τομέα διαχείρισης και ελέγχου της ροή ηλεκτρικής ενέργειας σε όλους τους υπόλοιπους τομείς του έξυπνου δικτύου. Μέσω της χρήσης ενός αμφίδρομου δικτύου επικοινωνίας, συνδέεται σε υποσταθμούς, σε εγκαταστάσεις πελατών καθώς και σε άλλες έξυπνες συσκευές. Παράλληλα, παρέχει παρακολούθηση (monitoring), αναφορές κατάστασης (reporting), έλεγχο (controlling)

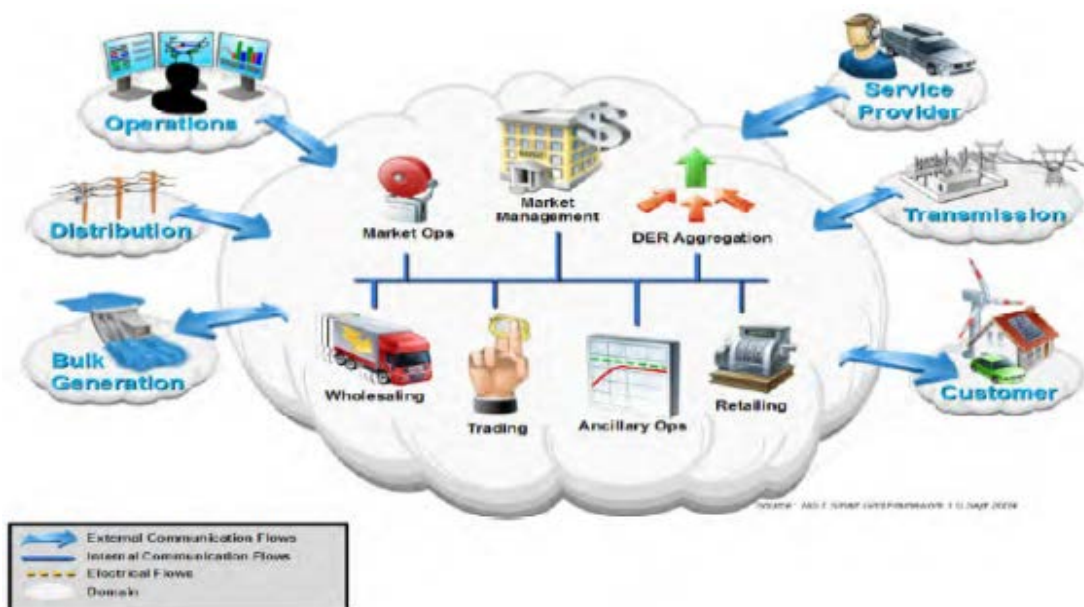
και εποπτεία (supervision), και συλλέγει πληροφορίες προς ανάλυση, αποσκοπώντας στη λήψη ορθών αποφάσεων για τη βιωσιμότητα του δικτύου.



Εικόνα 3.5: Απεικόνιση τομέα κέντρου ενεργειών.

## 5. Τομέας αγοράς

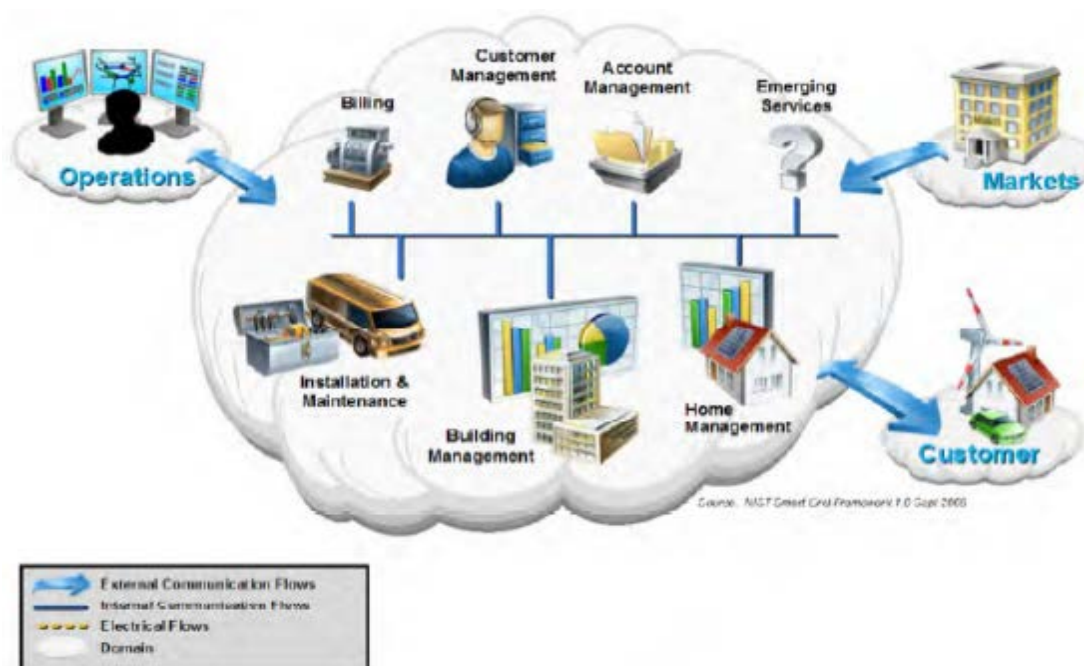
Ο τομέας αγοράς έχει την ευθύνη της λειτουργίας του έξυπνου δικτύου και του συντονισμού όλων των συμμετεχόντων σε αυτό. Μέσω αυτού, παρέχεται η διαχείριση της αγοράς, χονδρικού και λιανικού εμπορίου, καθώς επίσης και η προώθηση υπηρεσιών ενέργειας. Όπως απεικονίζεται παραπάνω, ο συγκεκριμένος τομέας επικοινωνεί με όλους τους υπόλοιπους τομείς, εξασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό ότι λειτουργούν σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον. Επιπλέον, διαχειρίζεται πράξεις συμψηφισμού πληροφοριών και παρέχει πληροφορίες στους φορείς παροχής υπηρεσιών.



Εικόνα 3.6: Απεικόνιση τομέα αγοράς.

## 6. Τομέας παροχής υπηρεσιών

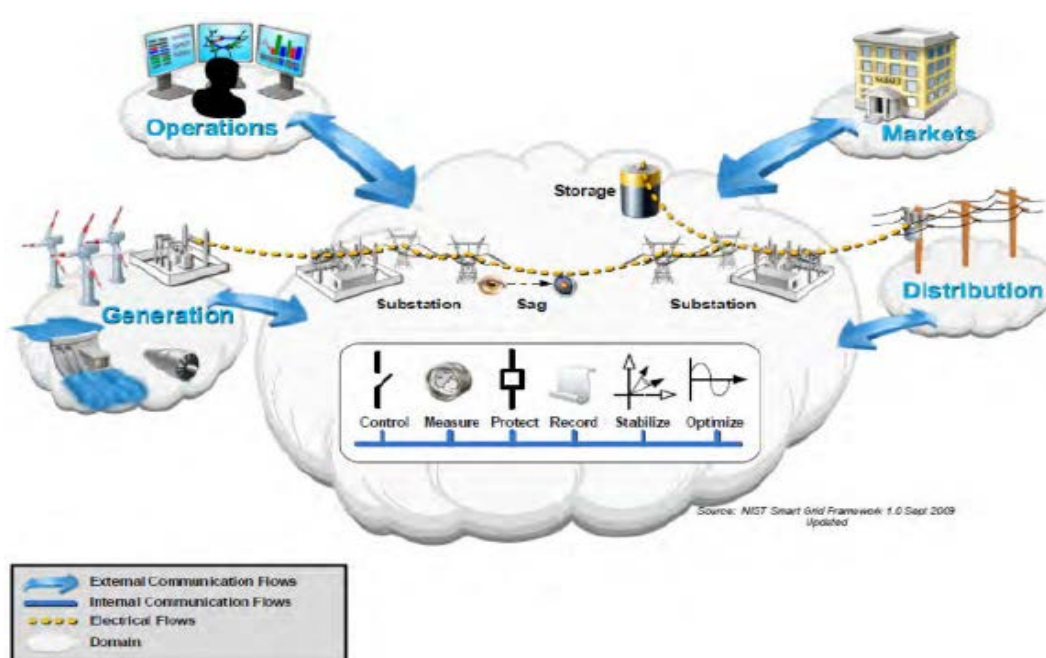
Πρωταρχικός σκοπός του συγκεκριμένου τομέα είναι η κατάλληλη διαχείριση όλων των εξωτερικών λειτουργιών των τομέων. Ο τομέας παροχής υπηρεσιών συμβάλει στην ενίσχυση του καταναλωτή και του παρέχει αποτελεσματικότερη αλληλεπίδραση με το έξυπνο δίκτυο. Παραδείγματα υπηρεσιών είναι η εγκατάσταση εξοπλισμού που επικοινωνεί με το δίκτυο, η αποδοτική χρήση ενέργειας από οικιακά και εμπορικά κτίρια, και η διαχείριση τιμολογίων και λογαριασμών των πελατών.



Εικόνα 3.7: Απεικόνιση τομέα παροχής υπηρεσιών.

## 7. Τομέας μεταφοράς

Το δίκτυο μεταφοράς στα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας είναι εξίσου σημαντικό με τους υπολοίπους τομείς. Από τα κέντρα παραγωγής γίνεται μεταφορά ισχύος προς τους σταθμούς διανομής, μέσω υποσταθμών ζεύξεως ή μετασχηματισμού. Το σύστημα μεταφοράς μπορεί να εξυπηρετεί άμεσα τις ανάγκες των καταναλωτών ανταλλάσσοντας ενέργεια με άλλα συστήματα που βρίσκονται γύρω του, χρησιμοποιώντας διασυνδεδεμένες γραμμές. Περιέχει διαφορά συστήματα εφαρμογών που βοηθάνε στην σωστή λειτουργία του δικτύου, όπως η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, συστήματα μετρήσεων και ελέγχου αλλά και παρακολούθηση για την ασφάλεια του δικτύου μεταφοράς.



Εικόνα 3.8: Απεικόνιση τομέα μεταφοράς.

### 3.5 Ανάγκη για έξυπνα δίκτυα

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητάς μας και δομικό στοιχείο της δόμησης της δραστηριότητάς μας, με τον τρόπο που μας είναι γνωστός. Ένα ηλεκτρικό δίκτυο δομείται από τρία κύρια υποσυστήματα: τις πηγές παραγωγής (εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας), ένα σύστημα διανομής (δίκτυο μεταφοράς και διανομής) και τους τελικούς καταναλωτές (σπίτια, καταστήματα, βιομηχανικές εγκαταστάσεις και άλλα). Σε ένα ηλεκτρικό δίκτυο η ηλεκτρική προσφορά και ζήτηση πρέπει πάντα να βρίσκονται σε ισορροπία, δεδομένου ότι η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας αυτής της κλίμακας δεν είναι δυνατή. Στο

παρελθόν, η ισορροπία αυτή διατηρούνταν από κάθετα ενσωματωμένες αρχές διαχείρισης ενέργειας οι οποίες είχαν σκοπό τον έλεγχο της παραγωγής και της μεταφοράς της ενέργειας.

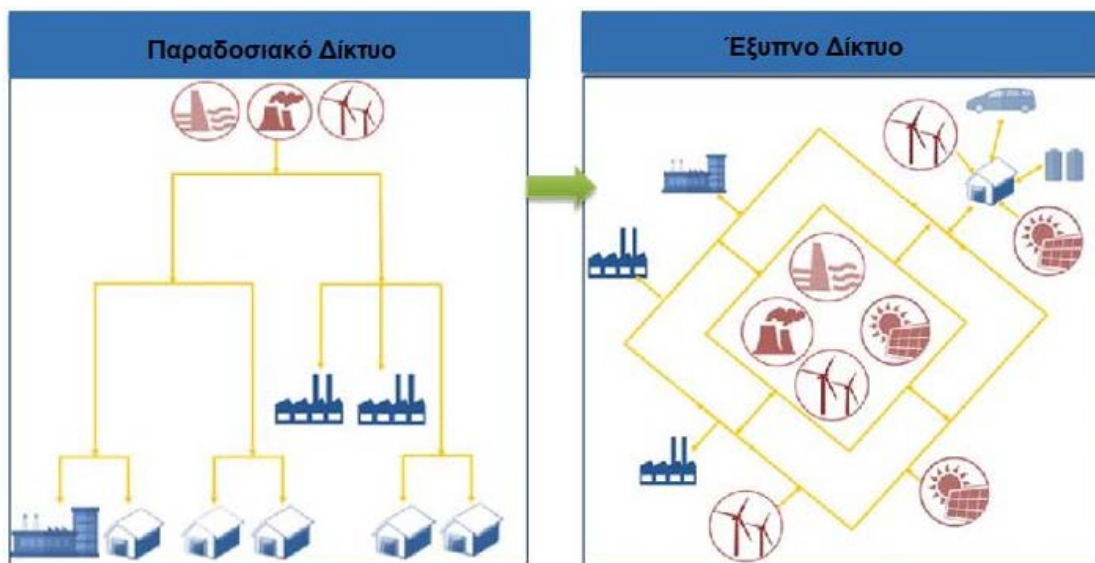
Οι νέες ανάγκες που προκύπτουν από τη σημερινή βιομηχανική δραστηριότητα, καθιστούν τα δίκτυα ενέργειας ακατάλληλα να ανταπεξέλθουν καθώς η δραστηριότητα διαφέρει σημαντικά από τις προδιαγραφές για τις οποίες φτιάχτηκαν, δεκάδες χρόνια πριν. Πιο συγκεκριμένα, λόγω της απελευθέρωσης της αγοράς ενέργειας παρουσιάζονται σενάρια και αβεβαιότητες ροής ενέργειας που το σύστημα δεν σχεδιάστηκε να διαχειρίζεται. Η όλο και αυξανόμενη παραγωγή «πράσινης» ενέργειας αποκεντρώνει τη παραγωγή ενέργειας, οδηγώντας σε αβεβαιότητα στη τροφοδοσία. Ακόμη, ο σύγχρονος τρόπος ζωής εξαρτάται και απαιτεί παροχή ηλεκτρικού ρεύματος υψηλής ποιότητας και υψηλής διαθεσιμότητας, ενώ η αναγκαιότητα παραγωγής και διαχείρισης της ενέργειας με τρόπο μη καταστρεπτικό για το περιβάλλον είναι μεγαλύτερη από ποτέ και είναι δυνατή μέσω των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και με βελτιστοποίηση της ενεργειακής αποδοτικότητας, με παράλληλη τη μείωση της ζήτησης.

Η αυξανόμενη αποδοχή της βιομηχανίας, είναι ότι η τεχνολογία έξυπνων δικτύων είναι η απάντηση στις παραπάνω προκλήσεις. Απόδειξη αυτού αποτελούν οι επενδύσεις ύψους δισεκατομμυρίων των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, της Ευρωπαϊκής Ένωσης αλλά και της Κίνας στην έρευνα και ανάπτυξη τεχνολογιών έξυπνων δικτύων. Ο στόχος της μετάβασης σε ένα έξυπνο δίκτυο είναι να παραχθεί αξιόπιστη, υψηλής ποιότητας ηλεκτρική ενέργεια στις ψηφιακές κοινωνίες με έναν φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο. Για την επίτευξη αυτού του στόχου απαιτείται να συνδυαστούν οι υπάρχουσες γνώσεις και ταυτόχρονα να εφαρμοστούν νέες τεχνολογίες για την ενεργειακή αποδοτικότητα, την ενσωμάτωση πηγών ενέργειας, την ανταπόκριση στη ζήτηση.

Η ευφυΐα του έξυπνου δικτύου βρίσκεται στο επίπεδο αυτόματης λήψης αποφάσεων. έννοια του έξυπνου δικτύου περιλαμβάνει διασυνδεδεμένα συστήματα Η ηλεκτρικής ενέργειας, τη συγκεντρωμένη μαζική παραγωγή και τη διανεμημένη παραγωγή, από τα υψηλής τάσεως συστήματα μεταφοράς στα χαμηλής τάσης συστήματα διανομής, από τα κέντρα ελέγχου των αρχών διαχείρισης ενέργειας, στο μικροδίκτυο χαμηλής τάσης του τελικού καταναλωτή, από τις μαζικές αγορές ενέργειας στους τοπικούς του χθες παρόχους και από τους ενεργειακούς πόρους στη διανεμημένη και ανανεώσιμη παραγωγή και αποθήκευση του τώρα και του αύριο.



Η μετάβαση από το παρόν δίκτυο σε ένα έξυπνο και οι βασικές διαφορές μεταξύ των δύο απεικονίζεται παρακάτω, στην Εικόνα 3.9 και τον Πίνακα 3.1, με τη μετάβαση από κεντρικούς σε διανεμημένους πόρους, από τις μονοσήμαντες κατευθύνσεις ροής ενέργειας στις απρόβλεπτες-μη γραμμικές, από ένα παθητικό σε ένα ενεργό δίκτυο. Το δίκτυο θα είναι δυναμικότερο στη διαμόρφωσή του και στις συνθήκες λειτουργίας του, γεγονός το οποίο θα παρουσιάσει πολλές δυνατότητες για βελτιστοποίηση αλλά και νέες προβληματικές.



Εικόνα 3.9: Πέρασμα από το παρόν δίκτυο σε ένα έξυπνο δίκτυο.

Παραδοσιακό Δίκτυο	Έξυπνο Δίκτυο
Συγκεντρωτική μορφή Παραγωγής	Αποκεντρωμένη Παραγωγή
Κάθετη και μονοσήμαντη ροή Ενέργειας	Διαδραστικές σχέσεις για τη ροή της Ενέργειας
Συνδέσεις Ελέγχος Παρόχου	Συμμετοχή- Έλεγχος από κάθε κόμβο-συμμέτοχοντα
Συμπεριφορά, ελεγχόμενη	Συμπεριφορά, απρόβλεπτη- χασοτική

Πίνακας 3.1: Διαφορές μεταξύ smart grid και υπάρχοντος δικτύου.

### 3.6 Οι προκλήσεις

Η αναβάθμιση του υπάρχοντος ηλεκτρικού δικτύου μέσω αυτοματισμών, συσκευών ελέγχου και γενικότερα εφαρμογών του συνόλου που θα ονομάζαμε προηγμένη τεχνολογία επικοινωνιών με ταυτόχρονη αξιοποίηση της τεχνολογίας της πληροφορίας, καλείται να ξεπεράσει ένα μεγάλο αριθμό προβληματικών. Αυτές αφορούν περιορισμούς σε τεχνικά ζητήματα, είτε αυτά είναι οι υποδομές ή το

πεπερασμένο των υπάρχουσών τεχνολογιών, και φυσικά τις καταναλωτικές ανάγκες αλλά και την όσο το δυνατόν περισσότερο φιλική για τον πλανήτη παραγωγή.

- **Προκλήσεις υποδομής**

Ως σήμερα οι υποδομές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υπόκειντο σε εκτενή φθορά λόγω των στοιχείων που τις απαρτίζουν. Ταυτόχρονα οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις φορτίου δυσχεραίνουν την κατάσταση. Τα αναπτυσσόμενα εργαλεία της πληροφορικής (data analysis) και της τεχνητής νοημοσύνης (πχ machine learning), με δυνατότητες σύγχρονης παρακολούθησης μετρήσεων, ο έλεγχος και η άμεση ανάδραση για γρήγορη και ακριβή προστασία είναι απαραίτητα στοιχεία για την σταθερότητα των δικτύων. Όλα αυτά τα τεχνολογικά μέσα, όπως αναπτύσσεται και παρακάτω, είναι άγνωστο αν θα αυξήσουν την ανθεκτικότητα και αξιοπιστία των συστημάτων, καθώς η πολυπλοκότητά τους ενδέχεται να τα κάνει πιο τρωτά σε κακόβουλες ενέργειες ή και ακόμα να οδηγούν σε συχνή αποσταθεροποίηση αν ο έλεγχος γίνει πολύ αυστηρός ώστε να εντοπίζει λανθασμένα σήματα.

- **Καινοτόμες τεχνολογίες**

Οι ανάγκες που δημιουργούνται λειτουργούν τόσο ανταγωνιστικά με την έρευνα για την υλική και τεχνολογική υλοποίηση των έξυπνων δικτύων, ώστε οι πρώτες να κινούνται γρηγορότερα των δεύτερων. Τόσο τα προηγμένα υλικά, αλλά και τα ηλεκτρονικά και οι τεχνολογίες επικοινωνιών, δεν είναι διαθέσιμα για την επόμενη γενιά δικτύων, ενώ σαφώς το υπάρχον δίκτυο δε δύναται να ανταποκριθεί στις τεχνολογίες αιχμής. Συμπερασματικά, με την ανάπτυξη αυτών των τεχνολογιών και τη διαχείριση της πληροφορίας που αυτά λαμβάνουν, εγείρονται ζητήματα ιδιωτικότητας, καθώς η αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ κέντρου ελέγχου, συσκευών και καταναλωτών συνεπάγονται καταγραφή της καθημερινότητας, η οποία είναι άγνωστο με ποιόν τρόπο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για εμπορικούς σκοπούς.

- **Περιβαλλοντικές προκλήσεις**

Η ανθρώπινη δραστηριότητα, ιδιαίτερα μετά τη βιομηχανική επανάσταση είναι υπαίτια για την κλιματική αλλαγή, με την υπερεκπομπή διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>). Παράλληλα, τα αποθέματα ορυκτών καυσίμων δεν επαρκούν, οδηγώντας τη παρελθοντική και σημερινή παραγωγή ενέργειας σε αδιέξοδο. Έπειτα, φυσικά φαινόμενα όπως σεισμοί, μπορούν να προκαλέσουν τεράστιες φθορές στο δίκτυο

μεταφοράς, ενώ η πραγματοποίηση των διατάξεων ανά των πόλεων μας αποτελεί μια ακόμα πρόκληση, τη χωροταξική.

- **Καταναλωτικές ανάγκες**

Η παροχή υψηλής ποιότητας ως ζητούμενο απαιτεί την μέγιστη δυνατή αλληλεπίδραση καταναλωτών και δικτύου, ώστε να εξατομικεύονται οι ανάγκες σχεδόν κάθε μονάδας, βιομηχανικής μονάδας, εμπορικού καταστήματος κα. Σαφώς η διαφάνεια στην αγορά είναι ζητούμενο προς όφελος των καταναλωτών και χρήζει θεσμοθέτηση νέων πολιτικών. Ανησυχία δημιουργείται λόγω κόστους με τις νέες αυτές παρεχόμενες υπηρεσίες, μιας και τόσο η ανάπτυξη των τεχνολογιών αλλά και η υλοποίηση του δικτύου σε τεχνικό επίπεδο θα απαιτήσουν κάθετη αντικατάσταση στις εγκαταστάσεις, από τις μονάδες παραγωγής, έως το οικιακό περιβάλλον. Πιθανά υψηλά κόστη, χωρίς κοινωνικά μέτρα προς οικονομικά αδύναμες ομάδες, αλλά και νομοθετικό πλαίσιο προς αρνητές, θα κάνουν την πραγματοποίηση του έξυπνου δικτύου να καθυστερήσει ή και να μην είναι εφικτή για το σύνολο του πληθυσμού.



Εικόνα 3.10: Συγκέντρωση έξυπνων δικτύων στην Ευρώπη.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΕΥΦΥΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ (INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEMS - ITS)**

### **4.1 Εισαγωγή**

Τα Ευφυή Συστήματα Μεταφορών (Intelligent Transport Systems - ITS) είναι ένας συνδυασμός τεχνολογιών πληροφόρησης και επικοινωνιών εφαρμοσμένων στον τομέα των μεταφορών με στόχο την αποδοτικότερη, ασφαλέστερη και οικονομικότερη κυκλοφορία των ατόμων ή των εμπορευμάτων κάνοντας χρήση των νέων τεχνολογιών, επιτρέποντας την παροχή πληροφορίας σε πραγματικό χρόνο σε όλους τους εμπλεκόμενους στη μεταφορική διαδικασία.

Τα ITS έχουν εφαρμογή σε οδικά, σιδηροδρομικά, θαλάσσια και εναέρια συστήματα μεταφορών με σκοπό να βελτιώσουν την ασφάλεια, την ποιότητα του περιβάλλοντος, να μειώσουν το κόστος και τον χρόνο της μεταφοράς.

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλη προσήλωση στα συστήματα μεταφορών, στην αυξανόμενη σημασία τους και φυσικά στον αλληλοσχετιζόμενο ρόλο που έχουν και την συμπληρωματικότητα τους. Με δεδομένη την διαθεσιμότητα των συντελεστών της παραγωγής (δηλαδή το περιορισμένο εργατικό δυναμικό, κεφάλαιο, πρώτες ύλες και καύσιμα), ο ρόλος των συστημάτων αυτών έχει καταστεί κρίσιμος για να επιτευχθεί ποιοτική και αποδοτική μετακίνηση και μεταφορά (είτε βιομηχανική μεταφορά, είτε ιδιωτική, είτε μετακίνηση κοινού με μέσα μαζικής μεταφοράς).

Τα συστήματα ITS χρησιμοποιούνται από καθημερινούς ανθρώπους και χρησιμοποιούν μία σειρά από τεχνολογικά επιτεύγματα όπως ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και το GPS. Οι βιομηχανικοί χρήστες των ITS, όπως ειδικά οι αερομεταφορείς, προσδοκούν οφέλη, μιας και υπάρχουν περιορισμοί στη χρήση αεροδιαδρόμων και αεροδρομίων, το κόστος των καυσίμων είναι υψηλό και οι απαιτήσεις εξυπηρέτησης του καταναλωτικού/επιβατικού κοινού αυξάνονται ταυτόχρονα με την αύξηση του όγκου των πραγματοποιούμενων αερομεταφορών.

Στα ITS μπορεί να δοθεί επίσης και ο ακόλουθος ορισμός: «τα ITS είναι ένα ανερχόμενο παγκόσμιο φαινόμενο που περιλαμβάνει μια μακρά σειρά από διαφορετικές τεχνολογίες εφαρμοσμένες έτσι ώστε οι μετακινήσεις να σώζουν ζωές, χρήματα και χρόνο».

Είναι προφανές πως ο πρωταρχικός στόχος των ITS είναι η εξοικονόμηση πόρων αλλά η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και των αγαθών και η ανάγκη για

μέτρηση της αποτελεσματικότητας των εναλλακτικών μεταφορικών μέσων είναι επίσης σημαντικά στο ρόλο και την χρήση αυτών των συστημάτων.

Συστήματα ITS μπορεί να εφαρμοστούν σε κάθε μέσο μεταφοράς και σε εφαρμογές λειτουργίας και διαχείρισης δημόσιων και ιδιωτικών τρόπων ή μέσων μεταφοράς και συγκοινωνίας (πχ. Μέσα τιμολόγησης και συστημάτων πληροφόρησης επιβατών, τιμολόγηση ανάλογα με την χρήση του δρόμου, καθοδήγηση διαδρομών και μέτρα εφαρμογής).

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν τον τρόπο μετακίνησης των επιβατών αλλά και των καναλιών διανομής των αγαθών που οι επιχειρήσεις παραγάγουν. Γιατί για παράδειγμα να ακολουθηθεί μία μετακίνηση με το πλοίο και όχι με το αεροπλάνο για τον ίδιο τόπο αναχώρησης και τελικού προορισμού; Τα βασικά στοιχεία και μεταβλητές που επηρεάζουν τον τρόπο μετακίνησης είναι οι εξής: χρονικό διάστημα τέλεσης της διαδρομής, κόστος συνολικής μετακίνησης, άνεση επιβατών κατά την διαδρομή και η γεωγραφική εγγύτητα από τον τόπο αναχώρησης και προορισμού του επιβάτη.

Σε ότι αφορά τη μεταφορά αγαθών (ως εμπορευμάτων) υπάρχουν πολλές εναλλακτικές λύσεις αλλά και περιορισμοί (όγκος, βάρος, κόστος) για την επιλογή ενός μεταφορικού μέσου αντί ενός άλλου (με την εξαίρεση βέβαια αναγκών συνδυασμένης μεταφοράς).

Σήμερα οι εφαρμογές στις μεταφορές που κάνουν χρήση τέτοιων έξυπνων συστημάτων είναι περισσότερο ευρείες και πολύ πιο σύνθετες, περιλαμβάνοντας συστήματα διοίκησης της κίνησης, ελέγχου των διαδρομών, ενσωματώνοντας πρόληψη ατυχημάτων και πληροφορίες επιβάτη ή χειριστή που βοηθούν στην βέλτιστη ροή πάνω σε μία ευρεία περιοχή, επιτρέποντας την εκτροπή σε εναλλακτικές διαδρομές με διαθεσιμότητα χώρου (πχ. σε περιπτώσεις δυστυχημάτων).

Κάποιος θα μπορούσε να αναγνωρίσει ύπαρξη ευφώνων συστημάτων μεταφορών ακόμα και σε περιόδους με πενιχρά τεχνολογικά μέσα. Τέτοιο παράδειγμα πρώιμων συστημάτων μπορούν να θεωρηθούν οι πρώτοι φωτεινοί σηματοδότες, τα συστήματα αεροναυτιλίας κατά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο καθώς και η επέκταση της χρήσης τους μετέπειτα στην μετακίνηση πολιτών. Τότε, όπως ακριβώς και τώρα, κυρίαρχος στόχος των έξυπνων αυτών συστημάτων ήταν η ασφαλής, άνετη και ικανή σε όγκο επιβατών μετακίνηση με έναν συστηματικό τρόπο στα πλαίσια μιας επιστημονικής αντιμετώπισης των καταστάσεων μετακίνησης.

Τα συστήματα ευφυούς μετακίνησης είναι μία έννοια φυσικά που στην σύνθεση της έχει πολλά επιμέρους στοιχεία και μεταβλητές αλλά και τρόπους εφαρμογής. Ένα παράδειγμα συστημάτων μετακίνησης (που συνδέεται στενά με τα ITS) είναι τα αυτοματοποιημένα συστήματα υποβοηθούμενης οδήγησης σε εναλλασσόμενα περιβάλλοντα μεταφορών.

Σε έναν άλλο τομέα εφαρμογής ITS, τα οδικά συστήματα αυτοματοποιημένου ελέγχου, υπάρχει συνήθως υψηλή αυτονομία καθώς αναπτύσσονται και κατασκευάζονται για τις ανάγκες μία συγκεκριμένης εφαρμογής και για αυτό είναι συνήθως μοναδικά. Εξαιτίας όμως αυτής της μοναδικότητας ένα συγκεκριμένο πρόβλημα είναι η ευρεία ποικιλία των απαιτήσεων συντήρησης των μεταφορικών μονάδων. Απαιτείται προτυποποίηση ώστε να επιτευχθεί επιπλέον αυτοματοποίηση τέτοιων συστημάτων. Επιπρόσθετα, με την προτυποποίηση μειώνεται η πολυπλοκότητα και διασφαλίζεται η συμβατότητα μεταξύ των διαφόρων εφαρμογών.

Κάθε νέο σύστημα στην εφαρμογή του απαιτεί προσεκτικούς χειρισμούς, ιδιαίτερη εξοικείωση αλλά και μία προσεκτική θεώρηση ώστε να διασφαλιστεί ότι ανταποκρίνεται στις πραγματικές συνθήκες και ανάγκες μεταφοράς και όχι μόνο στην ηλεκτρονική προσομοίωση της όλης λύσης.

Σε ότι αφορά την χρήση των ITS σε συνάρτηση με την οικονομική κατάσταση της χώρας και το μορφωτικό επίπεδο του πληθυσμού, παρουσιάζονται ιδιαίτερα χαρακτηριστικά σε πολλές μεταβατικές οικονομίες. Για παράδειγμα σε χώρες όπως η Ινδία, η Κίνα και η Ν. Κορέα, στις οποίες δεν υπάρχουν ανεξάντλητοι υλικοτεχνικοί πόροι αλλά υπάρχουν οικονομίες έντασης εργατικού δυναμικού, τα συστήματα ITS είναι ζωτικής σημασίας λόγω των ανεξάντλητων και συνεχώς αυξανόμενων αναγκών για μετακίνηση εργατικού δυναμικού στους τόπους παραγωγής αλλά επίσης και της ανάγκης μεταφοράς των τελικά παραγόμενων αγαθών σε χώρες που έχουν αγορές με ζήτηση.

## **4.2 Η αρχιτεκτονική των ευφύων συστημάτων μεταφορών**

Η αρχιτεκτονική ITS παρέχει ένα γενικό πλαίσιο για τον σχεδιασμό και τον προγραμματισμό ενός ολοκληρωμένου συστήματος σε μια δεδομένη περίοδο και γεωγραφική περιοχή. Μια αρχιτεκτονική ITS είναι σημαντική για πολλούς λόγους:

1. Εξασφαλίζει μια ανοικτή αγορά υπηρεσιών και εξοπλισμού, διότι πραγματοποιούνται «τυποποιημένες» διασυνδέσεις μεταξύ των συνιστωσών.

2. Μια ανοικτή αγορά επιτρέπει αύξηση στην παραγωγή και διανομή, μειώνοντας έτσι την τιμή των προϊόντων και υπηρεσιών.
3. Εξασφαλίζει τη συνοχή των πληροφοριών που παρέχονται στους τελικούς χρήστες.
4. Ενθαρρύνει τις επενδύσεις σε Ευφυή Συστήματα Μεταφοράς, δεδομένου ότι εξασφαλίζεται η συνοχή και η συμβατότητα.
5. Εξασφαλίζει τη διαλειτουργικότητα μεταξύ των κατασκευαστικών στοιχείων, ακόμη και όταν παράγονται από διαφορετικούς κατασκευαστές, γεγονός που είναι επίσης καλό για τις ΜΜΕ (Μικρές και Μεσαίες Επιχειρήσεις).
6. Επιτρέπει ένα κατάλληλο επίπεδο τεχνολογικής ανεξαρτησίας, καθώς και την εύκολη ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών.
7. Παρέχει τη βάση για μια κοινή κατανόηση του σκοπού και των λειτουργιών των Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς.

Με βάση το περιεχόμενο και την υποχρεωτική χρήση, ορίζονται τρεις κύριοι τύποι αρχιτεκτονικής ITS:

- Αρχιτεκτονική Πλαισίου Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς.
- Αρχιτεκτονική Εντολών Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς.
- Αρχιτεκτονική Εξυπηρέτησης Ευφυών Συστημάτων Μεταφοράς

Η Αρχιτεκτονική Πλαισίου, που αποτελεί το πιο κατάλληλο είδος αρχιτεκτονικής σε εθνικό επίπεδο, επικεντρώνεται στις ανάγκες των χρηστών και στη λειτουργική πλευρά των συστημάτων. Αυτός ο τύπος αρχιτεκτονικής μπορεί επίσης να θεωρηθεί ως σημείο εκκίνησης για την ανάπτυξη των άλλων δύο τύπων. Η Αρχιτεκτονική Εντολής αποτελείται από φυσικές, λογικές και επικοινωνιακές αντιλήψεις, αλλά περιλαμβάνει και επιπρόσθετες ενέργειες δράσης(ανάλυση κόστους-οφέλους, ανάλυση κινδύνου κλπ.). Η Αρχιτεκτονική Εξυπηρέτησης είναι παρόμοια με την Αρχιτεκτονική Εντολών αλλά περιλαμβάνει την παροχή υπηρεσιών. Επιπροσθέτως, έχουν αναπτυχθεί η φυσική και η λογική (λειτουργική) αρχιτεκτονική. Ενώ η λογική αρχιτεκτονική αποτελείται από διεργασίες και διασυνδέσεις ροών δεδομένων, η φυσική αρχιτεκτονική περιλαμβάνει φυσικά συστατικά (μέρη εξοπλισμού) και σχετικές ροές δεδομένων.

Η αρχιτεκτονική ITS μπορεί να ανταποκριθεί στις δυνατότητές της μόνο όταν η λογική αρχιτεκτονική βασίζεται στις ανάγκες των χρηστών, στο όραμα και στις

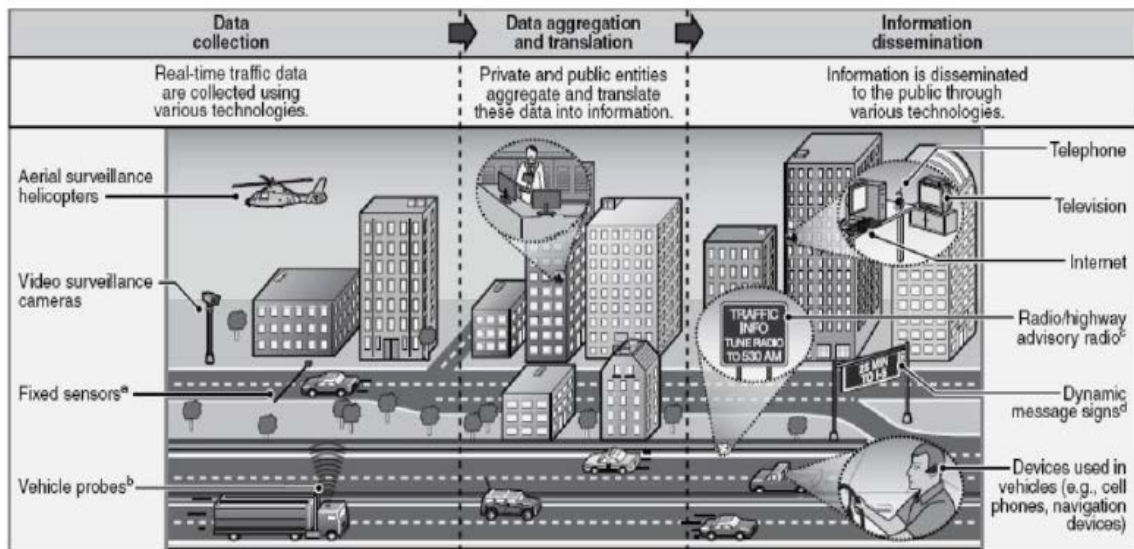
επιχειρησιακές αντιλήψεις. Ο καθορισμός της φυσικής αρχιτεκτονικής συνδέεται στενά με το σχεδιασμό και την υλοποίηση στρατηγικών.

### **4.3 Κατηγορίες ευφών συστημάτων μεταφορών**

Συγκεκριμένα, οι εφαρμογές των ITS (Intelligent Transport Systems) μπορούν να ομαδοποιηθούν σε πέντε κατηγορίες:

1. Προηγμένα συστήματα αναλυτικών πληροφοριών ταξιδιωτών, που παρέχουν στους οδηγούς πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, όπως τις οδούς διαμετακόμισης, χρονοδιαγράμματα, οδηγίες πλοήγησης, πληροφορίες σχετικά με καθυστερήσεις που οφείλονται σε συμφόρηση, ατυχήματα, τις καιρικές συνθήκες ή ακόμη και εργασίες επισκευής του οδικού δικτύου.
2. Προηγμένα συστήματα διαχείρισης μεταφορών που περιλαμβάνουν συσκευές ελέγχου της κυκλοφορίας, όπως σήματα κυκλοφορίας, ράμπες, πινακίδες μεταβλητών μηνυμάτων και τα κέντρα λειτουργίας.
3. Προηγμένα συστήματα τιμολόγησης με τηλε-διόδια, τιμολόγηση της συμφόρησης, λωρίδες με αμοιβή (EXPRESS) και τιμολόγηση βάση της απόστασης που διανύθηκε μέσω συστημάτων τελών.
4. Αναλυτικά δημόσια συστήματα μεταφορών, για παράδειγμα, να επιτρέπεται σε τρένα και λεωφορεία να αναφέρουν τη θέση τους ώστε οι επιβάτες να μπορούν να ενημερώνονται για το καθεστώς σε πραγματικό χρόνο (από την άφιξη και την αναχώρηση).
5. Πλήρης ενσωμάτωση ευφών συστημάτων για την επικοινωνία (οχημάτων με τις υποδομές ή μεταξύ των οχημάτων), σχετικά με περιουσιακά στοιχεία με τη χρήση αισθητήρων στα οχήματα, στις άκρες των δρόμων, στα φανάρια και σε άλλα οχήματα.





Εικόνα 4.1: Παράδειγμα παροχής πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο.

Σχετικά με την πρώτη κατηγορία, αξίζει να σημειωθεί και η δυνατότητα που έχουν οι ταξιδιώτες να ενημερώνονται για τις πραγματικές συνθήκες πριν την έναρξη του ταξιδιού τους. Δηλαδή, από δεδομένα που συλλέγονται από τα κινητά και τους υπολογιστές, μπορούν να ενημερωθούν για την κίνηση των δρόμων, εναλλακτικές διαδρομές και άλλα. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν και οι απλές εφαρμογές για την ενημέρωση των οδηγών εν κινήσει, τη διαθεσιμότητα δεδομένων κα.

Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα για τον έλεγχο της κίνησης και αντιμετώπισης περιστατικών, παράλληλα με τη ρύθμιση της ζήτησης από τη μεριά των αρμόδιων φορέων. Τα προηγμένα συστήματα τιμολόγησης αφορούν την προστασία του περιβάλλοντος και εφαρμόζονται σε πόλεις που έχουν ήδη σημειώσει πρόοδο στην ενσωμάτωση των ευφυών συστημάτων σε άλλους τομείς και διαθέτουν εμπειρία. Φυσικά, περιλαμβάνονται και τα δημόσια μέσα μεταφοράς, από τα οποία και για τα οποία συλλέγονται πληροφορίες που διευκολύνουν το κοινό, εφαρμογές οι οποίες αφορούν την τέταρτη κατηγορία των ITS.

Στην τελευταία περίπτωση, αυτή της πλήρους ενσωμάτωσης, χρειάζονται δεδομένα ώστε να υπάρχει ελαστικότητα στην κίνηση των οχημάτων καθώς και για τον καλύτερο σχεδιασμό από τις αρχές. Έτσι, θα υπάρχει καλύτερη λειτουργικότητα και θα βοηθούν όλοι οι πολίτες στη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους.



Εικόνα 4.2: Απεικόνιση εφαρμογής ενημέρωσης οχημάτων εν κινήσει με τη χρήση GPS.

Για όλα αυτά απαιτείται η κατάρτιση μιας ενιαίας στρατηγικής που να ενσωματώνει όλα τα διαθέσιμα δεδομένα ώστε να βελτιστοποιείται η χρήση των υφιστάμενων μέσων μεταφοράς, προσαρμόζοντας τις διαδρομές, αυξάνοντας τις συχνότητες, μειώνοντας τα ατυχήματα και προσφέροντας περισσότερες εναλλακτικές στους χρήστες. Είναι σημαντικό να σημειωθεί πως υπάρχει πληθώρα παραγόντων που επηρεάζει την ατομική επιλογή του μέσου μετακίνησης, από το κόστος, τις καιρικές συνθήκες, τα διαθέσιμα μέσα ως και το χρόνο που απαιτείται για το ταξίδι. Οι πρακτικές είναι κυρίως πελατο-κεντρικές με ολοκληρωμένες στρατηγικές και ολοκληρωμένη παροχή υπηρεσιών.

Οι ευφυείς μεταφορές είναι κάτι περισσότερο από την εφαρμογή διακριτών τεχνολογιών. Αυτές οι τεχνολογίες χρησιμοποιούνται από τις πόλεις για να εξελιχθούν τα συστήματα μεταφοράς τους και να βελτιωθούν οι υπηρεσίες τους, με την παροχή βελτιωμένης πρότασης αξίας για τους πελάτες. Συγκεκριμένα, οι κατηγορίες παροχών είναι πέντε:

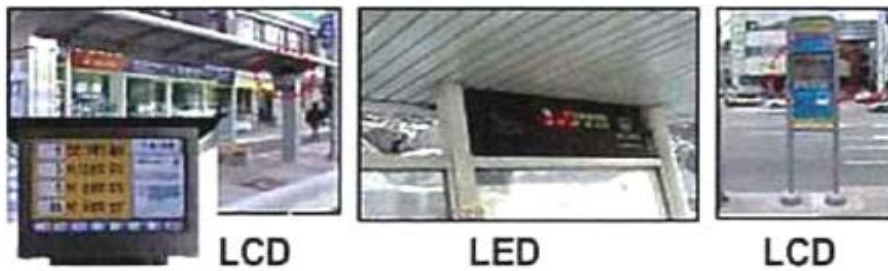
1. Αύξηση της ασφάλειας.
2. Βελτίωση της λειτουργικής αποδοτικότητας, ιδίως με τη μείωση της κυκλοφοριακής συμφόρησης.
3. Ενίσχυση της κινητικότητας και η ευκολία.
4. Παροχή περιβαλλοντικών οφελών.
5. Αύξηση της παραγωγικότητας και διεύρυνση της οικονομικής ανάπτυξης και της απασχόλησης.

Τα ITS συμβάλλουν σημαντικά στην επαναξιολόγηση της ασφάλειας των οχημάτων, αν λάβει κανείς υπόψη πως τα τελευταία 50 χρόνια τα συστήματα που έχουν σχεδιαστεί αφορούσαν μόνο την προστασία των επιβατών σε περίπτωση σύγκρουσης. Τώρα πλέον υπάρχει η δυνατότητα πρόληψης σύγκρουσης οχημάτων από αμέλεια οδηγών. Επιπλέον, μεγιστοποιείται η χωρητικότητα των υποδομών, μειώνοντας την ανάγκη για δημιουργία πρόσθετης παραγωγικής ικανότητας στους αυτοκινητοδρόμους. Αν, για παράδειγμα, εφαρμοστεί η χρήση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο, τότε οι φωτεινοί σηματοδότες θα μπορούν να βελτιώσουν τη ροή της κυκλοφορίας, μειώνοντας τις τάσεις των λεωφορείων σε περιοχές που δεν υπάρχουν χρήστες να αναμένουν, μειώνοντας το χρόνο ταξιδιού των χρηστών, μειώνοντας την κατανάλωση καυσίμων των ΙΧ οχημάτων και κατά συνέπεια μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι, αυτομάτως βελτιώνεται και η οικονομική κατάσταση μιας ολόκληρης χώρας.

Πόλεις σε όλο τον κόσμο αντιμετωπίζουν κοινές προκλήσεις στις μεταφορές από την αύξηση της κυκλοφοριακής συμφόρησης, ανησυχίες για την ασφάλεια και τη γήρανση των υποδομών, την έλλειψη χρηματοδότησης και την αύξηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για αυτό το λόγο ξεκίνησαν να εφαρμόζουν τις έξυπνες λύσεις που παρέχουν βελτιωμένη κινητικότητα και πιο αποδοτικό δίκτυο μεταφορών. Με τη βελτίωση της επιχειρησιακής απόδοσης του δικτύου μεταφοράς, η ενίσχυση της κινητικότητας του οδηγού και η ευκολία των μετακινήσεων, αυξάνουν την παραγωγικότητα και την οικονομική ανάπτυξη.

Δεν πρέπει να ξεχνάει κάποιος πως όλα αυτά τα συστήματα απαιτούν προσπάθεια προσαρμογής από τους πολίτες και θα πρέπει να εφαρμοστούν αρχικά σε τοπικό επίπεδο και έπειτα σε μεγαλύτερη κλίμακα, εφόσον έχουν αποδειχθεί αποδοτικά. Οι περισσότερες πρακτικές στις μεταφορές έχουν καλύτερα αποτελέσματα όταν λειτουργούν σε ευρεία κλίμακα, συχνά σε εθνικό επίπεδο, και πρέπει να περιλαμβάνουν την έγκριση από το σύνολο των χρηστών και τους μεμονωμένους χρήστες, ξεπερνώντας τις προκλήσεις του συντονισμού του συστήματος. Για παράδειγμα, τα συστήματα IntelliDrive (ευφυούς οδήγησης) πρέπει να λειτουργούν σε εθνική βάση για να είναι αποτελεσματικά. Δε θα υπάρξει βελτίωση αν ένας μόνο οδηγός αγοράσει εξοπλισμένο όχημα. Ομοίως, αν συγκεντρώνουν ορισμένα οχήματα πληροφορίες και ενημερώνονται για την κυκλοφορία σε πραγματικό χρόνο δε θα σημειωθεί αλλαγή.

## Bus Stop Terminal



LCD

LED

LCD

## Bus Terminal



Wireless Modem

Passenger's Terminal

Εικόνα 4.3: Σύστημα ενημέρωσης στα μέσα μαζικής μεταφοράς.

Πολλές πόλεις, θεωρούν πως είναι ευκολότερο να αναπτύξουν και να εφαρμόσουν μια ολιστική στρατηγική σε όλες τις μορφές μεταφορών, όπως για παράδειγμα, το Λονδίνο, στο οποίο ο δήμαρχος έχει την ευθύνη για όλα τα μέσα μαζικής μεταφοράς της μητροπολιτικής περιοχής. Έτσι, έχει αναπτυχθεί ένα εικοσαετές στρατηγικό σχέδιο, λεπτομερές ως προς τις πρωτοβουλίες που θα ληφθούν και είναι συμβατό με τους εθνικούς στόχους. Όλοι οι οργανισμοί και εταίροι πρέπει να συνεργαστούν αποτελεσματικά για τη στήριξη της πολιτικής και την εφαρμογή των σχεδίων των ITS.

## 4.4 Βασικές παράμετροι σχεδιασμού

### 4.4.1 Τεχνολογία

Συνήθως, για την επικοινωνία οδηγών και κέντρων ελέγχου εφοδιασμού χρησιμοποιούνται κινητά τηλέφωνα ή ραδιοτηλέφωνα (αναλογικά ή ψηφιακά). Για την επικοινωνία με πελάτες, χρησιμοποιούνται κατά κανόνα τα κινητά τηλέφωνα. Παρόλα αυτά υπάρχει μία ευρύτερη ποικιλία προχωρημένων πληροφοριακών τεχνολογιών που είναι σήμερα διαθέσιμες και μπορούν να αυτοματοποιήσουν την συλλογή δεδομένων και πληροφοριών (πχ. χρήση διαδικτύου μέσω smartphones).

Υπάρχουν επίσης διάφορες τεχνολογίες για την αυτόματη συλλογή δεδομένων στα οχήματα. Εξειδικευμένες συσκευές μέτρησης μπορούν να μετρήσουν ένα εύρος χαρακτηριστικών των οχημάτων, περιλαμβάνοντας μήκος, βάρος και ταχύτητα. Αυτά τα ευρήματα μπορεί να παρασχεθούν στο κέντρο διαχείρισης και να χρησιμοποιηθούν για σχεδιασμό, εφαρμογή και διαδικασίες διοίκησης του στόλου.

#### **4.4.2 Επικοινωνία**

Οι ανάγκες των χρηστών, συχνά υπαγορεύουν αμφίδρομη επικοινωνία. Με δεδομένες τις πρόσφατες τεχνολογικές ανακαλύψεις, υπάρχει ένα πλήθος μεθόδων διαθέσιμων για την μετάδοση πληροφορίας σε χειριστές εμπορικών οχημάτων, όπως ραδιοεπικοινωνία, κινητά τηλέφωνα ή διαδίκτυο.

Οι δυνατότητες ασύρματης επικοινωνίας, περιλαμβάνουν δέκτες οχημάτων, FM ραδιόφωνο και κινητό τηλέφωνο, με δυνατότητα μετάδοσης αμφίδρομης πληροφορίας ανάμεσα σε στόλους οχημάτων, κέντρα ελέγχου και σε σημεία εναπόθεσης. Για ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα σε φορείς, όπως αρχές αυτοκινητοδρόμων ή πελάτες, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ποικιλία εγκαταστάσεων, όπως το συνηθισμένο τηλέφωνο, μισθωμένα κυκλώματα ή το διαδίκτυο. Η ικανότητα των ληπτών αποφάσεων να λαμβάνουν και να καταλαβαίνουν την πληροφορία συχνά θα περιορίζεται και θα διαφέρει ανάλογα με το είδος του χρήστη και την τοποθεσία.

1. χρήστες
  - i. αποστολείς
  - ii. οδηγοί
  - iii. διαχειριστές
2. τοποθεσία
  - i. κέντρο ελέγχου
  - ii. πινακίδες δρόμων
  - iii. μέσα στο όχημα

#### **4.4.3 Επεξεργασία δεδομένων**

Η επεξεργασία δεδομένων είναι ένα βασικό στοιχείο των ITS. Τα δεδομένα πρέπει να μετατραπούν σε πληροφορία. Η πληροφορία γίνεται πληροφορία μόνο όταν επικοινωνείτε σε μορφές και σε χρόνους κατάλληλους για χρήση σε μια συγκεκριμένη απόφαση. Έτσι, η πληροφορία χρειάζεται να παρέχεται στους λήπτες

αποφάσεων στον κατάλληλο χρόνο και σε αντιληπτή μορφή. Η πληροφορία πρέπει να μετασχηματίζεται σε δεδομένα που είναι:

1. επεξεργασμένα
2. δομημένα
3. προσβάσιμα
4. κατανοητά
5. συγκρίσιμα
6. χρήσιμα
7. σχετικά

Η επεξεργασία των δεδομένων γενικά περιλαμβάνει μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες διαδικασίες:

1. επιβεβαίωση
2. περίληψη
3. ενσωμάτωση
4. πρόβλεψη

Συχνά χρειάζεται να αναπτυχθούν εξειδικευμένες διαδικασίες για να εκτελέσουν τέτοια καθήκοντα. Η φύση τους θα εξαρτάται από τις δράσεις του συστήματος.

Ο έλεγχος των δεδομένων για οποιοδήποτε προφανές λάθος (συμπεριλαμβανομένων ελλিপών ή άκυρων δεδομένων) είναι ένα απαραίτητο στοιχείο επιβεβαίωσης της εγκυρότητας τους πριν χρησιμοποιηθούν. Χρειάζεται επίσης να αναπτυχθούν διαδικασίες εισαγωγής και να προσδιοριστούν αποδεκτοί ρυθμοί λαθών και επίπεδα ακρίβειας δεδομένων.

Η περίληψη αφορά την συνάθροιση δεδομένων, συνήθως μέσα σε ένα χρονικό περιθώριο ή μία διάσταση χρόνου. Η ενσωμάτωση περιλαμβάνει τον συνδυασμό δεδομένων από μία ποικιλία πηγών. Στη συνέχεια χρειάζεται να προσδιοριστούν οι δομές των σχέσεων. Η πρόβλεψη απαιτεί την ανάπτυξη μαθηματικών μοντέλων. Οι διαδικασίες επεξεργασίας δεδομένων που είναι απαραίτητες για ένα ITS σε εφοδιαστικές αλυσίδες απαιτούν επίσης την ανάπτυξη ενός συστήματος για την διοίκηση της πληροφορίας.

Τέλος, χρειάζεται να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν βάσεις δεδομένων. Αυτό περιλαμβάνει εξειδικευμένες δομές αρχείων και διαδικασίες αλληλεπίδρασης με ανθρώπους, συμπεριλαμβανομένων των σχεδίων και των φορμών εισαγωγής.

Πρέπει επίσης να σχεδιαστούν διαδικασίες για την εξασφάλιση ότι υπάρχει επαρκής χώρος φυσικής αποθήκευσης για δεδομένα και διαδικασίες για την ασφάλεια αυτών των δεδομένων. Οι δομές σχέσεων επιτρέπουν στις βάσεις δεδομένων να ενσωματωθούν σωστά. Τα μοντέλα που απαιτούνται να αναπτυχθούν για την πρόβλεψη απόδοσης και μελλοντικών συνθηκών είναι:

1. κόστος λειτουργίας
2. επίπεδο υπηρεσιών
3. χρόνος ταξιδιού

Αυτή η πληροφορία τυπικά χρησιμοποιείται στα συστήματα καθοδήγησης πορείας.

#### **4.4.4 Αποκωδικοποίηση πληροφορίας**

Η αποκωδικοποίηση της πληροφορίας για την εξυπηρέτηση αποτελεσματικών μετακινήσεων αγαθών σε αστικές περιοχές είναι σημαντικό στοιχείο των συστημάτων εφοδιαστικής αλυσίδας βασισμένων σε ITS. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει την κατανόηση του περιβάλλοντος λήψης της απόφασης των χρηστών της πληροφορίας.

Η συλλογή των πληροφοριακών αναγκών και απαιτήσεων των μελλοντικών χρηστών θα επηρεάσει την μορφή και τον συγχρονισμό της αποκωδικοποίησης, λαμβάνοντας υπόψη την καταλληλότερη χρήση της υπάρχουσας και διαθέσιμης πληροφορίας. Υπάρχει μία ποικιλία μεθόδων για την αποκωδικοποίηση της πληροφορίας στους λήπτες της απόφασης. Ένας αριθμός ζητημάτων χρειάζεται να διερευνηθεί:

1. Ποιοι είναι οι λήπτες της απόφασης (ή χρήστες της πληροφορίας);
  - i. οδηγοί
  - ii. διάθεση υλικών
  - iii. διαχειριστές στόλων
2. Γιατί απαιτείται αυτή η πληροφορία (και εφαρμογή της);
  - i. διοίκηση στόλου
    - πορεία οχημάτων και σχεδιασμός
    - εντοπισμός οχημάτων
    - επικοινωνία με οδηγό
  - ii. διοίκηση οχημάτων
    - κατεύθυνση πορείας
    - διοίκηση οχήματος

- πληροφορίες ανάγκης
3. Πώς μπορεί αυτή η πληροφορία να παρουσιαστεί (πχ με ποιο μέσο);
    - i. διαδίκτυο
    - ii. τηλέφωνο
    - iii. φαξ
    - iv. στάσεις οχημάτων
    - v. τηλεόραση
    - vi. ραδιόφωνο

#### **4.4.5. Διαδίκτυο**

Το διαδίκτυο προσφέρει το ισχυρότερο μέσο αλληλεπίδρασης και επεξεργασίας πληροφορίας σε συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας σε αστικό περιβάλλον. Επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων ανάμεσα σε μια ποικιλία διαφορετικών τύπων υπολογιστών σε μεγάλες γεωγραφικές περιοχές. Ένας μεγάλος αριθμός συστημάτων βασισμένων στο διαδίκτυο έχει ήδη αναπτυχτεί για την βελτίωση των διαδικασιών διανομής των αγαθών σε αστικές περιοχές.

Το διαδίκτυο έχει καλή δυναμική για να διευκολύνει το εμπόριο ανάμεσα σε βιομηχανίες και την ανταλλαγή πληροφορίας. Ενώ αρχικά η ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων (EDI) ήταν διαθέσιμη μόνο σε έναν περιορισμένο αριθμό εταιριών που είχαν εξειδικευμένη συμβατή τεχνολογία, σήμερα το διαδίκτυο επιτρέπει εύκολη πρόσβαση και επικοινωνία μεταξύ των διάφορων οργανισμών, δίνοντας ένα μοναδικά συγκεκριμένο και προσβάσιμο τρόπο επικοινωνίας για ανταλλαγή πληροφοριών.

Υπάρχουν πολλοί τρόποι ώστε το διαδίκτυο να χρησιμοποιηθεί ως ένα σημαντικό τμήμα ενός ITS, περιλαμβάνοντας:

1. δεδομένα αποθέματος σε πραγματικό χρόνο και παρακολούθηση παραγγελίας κατά μήκος της αλυσίδας παραγωγής
2. αλληλεπίδραση με τους πελάτες και τους εμπορικούς συνεργάτες
3. εντοπισμός φορτίων
4. συστήματα παραγγελιοληψίας και πληρωμής

#### **4.4.6 Γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα**

Τα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα είναι διαδικασίες βασισμένες σε ηλεκτρονικό υπολογιστή για αποθήκευση, επεξεργασία και χωρική τοποθέτηση δεδομένων. Χαρακτηριστικά γεωγραφικών αντικειμένων (πχ δρόμοι) μπορεί να αποθηκευτούν σε μια κοινή βάση δεδομένων.



Παρέχουν ένα πλαίσιο για την ένωση των πληροφοριών οδικών δικτύων και των δεδομένων απόδοσης αυτών και προσφέρουν μία ρεαλιστική αντιπροσώπευση του οδικού δικτύου που θα κατασκευαστεί. Τα υπάρχοντα δρομολόγια των οχημάτων και οι διαδικασίες προγραμματισμού δεν επιτρέπουν την ρεαλιστική αντιπροσώπευση των δικτύων κίνησης που πρόκειται να αναπτυχθούν.

Όλες οι πληροφορίες των οδικών δικτύων (πχ περιορισμοί των στροφών, ανοικτοί δρόμοι, παρκινγκ, όρια ταχύτητας, καθορισμένες διαδρομές, αριθμός λωρίδων και κλίσεις) μπορούν να διαχειριστούν με γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα και να ενσωματωθούν σε μοντέλα.

Τα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα παρέχουν ένα συνδυασμένο σύστημα γεωγραφικής αναφοράς που έχει την δυνατότητα να εκτελεί πολλά από τα καθήκοντα που απαιτούνται για να λειτουργήσει ένα σύστημα υπολογιστικής καθοδήγησης οχήματος και προγραμματισμού (Computerized Vehicle Routing and Scheduling).

Επίσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτελεσματική διαχείριση και αποθήκευση δεδομένων οδικών χαρακτηριστικών (γεωμετρία και χρόνος ταξιδιού), που είναι απαραίτητα για την εκτίμηση του ελάχιστου κόστους διαδρομής ανάμεσα σε πελάτες σε αστικών περιοχών. Ο εντοπισμός στο χάρτη, οι δυνατότητες ανάλυσης και διοίκησης βάσεων δεδομένων του λογισμικού γεωγραφικών πληροφορικών συστημάτων μπορεί να βοηθήσει και άλλα συστήματα. Για παράδειγμα, η συσχέτιση διευθύνσεων επιτρέπει την αυτόματη ταυτοποίηση της τοποθεσίας (του οχήματος, πελάτη κτλ) σε έναν χάρτη στον υπολογιστή, δεδομένης της διεύθυνσης που πρέπει να χρησιμοποιηθεί.

Οι διαδρομές δημιουργούνται με βάση την σύνδεση των δρόμων, την τήρηση της νομιμότητας και την υπόδειξη της χρήσης συγκεκριμένων δρόμων. Υπάρχει ένας αριθμός γενικών κατευθύνσεων που ενσωματώνονται στα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα με πορείες οχημάτων και συστήματα σχεδιασμών.

Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν ως είσοδος αλληλεπίδρασης για την πορεία και τις διαδικασίες προγραμματισμού. Διάφορα δεδομένα μπορεί να εισαχθούν και να εξαχθούν ανάμεσα στις διαδικασίες πορείας και σχεδιασμού, και τα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα. Σε αυτήν την περίπτωση ο προσδιορισμός βέλτιστων μοντέλων εκτελείται εκτός των γεωγραφικών πληροφορικών συστημάτων και αυτά χρησιμοποιούνται μόνο για να χειρίζονται τα δεδομένα των δικτύων και να δείχνουν τα αποτελέσματα. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση πρωτοκόλλων

για την δυναμική ανταλλαγή δεδομένων και την εγκατάσταση επικοινωνίας και διαδικασιών σύνδεσης ανάμεσα στα δύο συστήματα.

Παραδείγματα αυτού του τύπου της ενσωμάτωσης είναι το πρόγραμμα RouteSmart Software με ARC/INFO και εργαλεία πορείας οχήματος OPCOM's με MapInfo. Μοντέλα πορείας και σχεδιασμού μπορούν να ενσωματωθούν μέσα στα γεωγραφικά πληροφοριακά συστήματα. Αυτές μπορεί να είναι είτε ενσωματωμένες διαδικασίες ή κατευθύνσεις προσδιορισμένες από τον χρήστη. Πολλοί υπολογιστές γεωγραφικών πληροφορικών συστημάτων έχουν ένα σύνολο από πορείες και διαδικασίες διαχείρισης εφοδιασμού όπως τα κομμάτια δραστηριοτήτων, την κατάτμηση δικτύων και την πορεία των οχημάτων με χρονικό παράθυρο.

Τα περισσότερα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα (πχ MapInfo και TransCAD) επιτρέπουν στις κατευθύνσεις που είναι ορισμένες από τον χρήστη, να αναπτύξει άλλα προγραμματιστικά περιβάλλοντα για να εκτελεστούν με τον ίδιο τρόπο όπως οι ενσωματωμένες διαδικασίες στα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα. Όταν εφαρμόζονται τα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα για την ανάλυση της διανομής αγαθών των δικτύων κίνησης και της απόδοσης του επίσης πρέπει να αναφερθεί το δίκτυο διανομής.

Είναι απαραίτητο να συμφωνηθεί μια αντιπροσώπευση των φυσικών χαρακτηριστικών των κύριων δρόμων. Άλλες φυσικές γεωμετρικές περιοχές πρέπει επίσης να ενσωματωθούν. Οι χρόνοι ταξιδιού για συνδέσεις μπορεί να περιληφθούν ή να υπολογιστούν από τις αποστάσεις. Η τοποθεσία των αποθηκών και των σημείων μεταφοράς/παραλαβής πρέπει επίσης να προσδιοριστεί.

Οι βιβλιοθήκες γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων μπορεί επίσης να είναι προσβάσιμες από αυτόνομα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που επιτρέπουν στις διαδικασίες εξειδικευμένης βελτιστοποίησης. Συγκεκριμένα προγράμματα μπορεί να αναπτυχτούν για την ενσωμάτωση δικτύων διανομής μέσα στα γεωγραφικά πληροφορικά συστήματα για επίδειξη και τροποποίηση, εναλλάσσοντας την μορφοποίηση του δικτύου σε μία κατάλληλη δομή για τα μοντέλα βελτιστοποίησης και την επιστροφή των βέλτιστων διαδρομών και προγραμμάτων σε ένα γεωγραφικό πληροφοριακό περιβάλλον για την παρουσίαση και ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Ένα πρώτο παράδειγμα αυτού του είδους του συστήματος αναπτύχτηκε για την Μεμβούρνη χρησιμοποιώντας προγραμματισμό DELPHI και εργαλείο MapObject. Λεπτομέρειες της τοποθεσίας, ζήτησης αγαθών και χρονικών παραθύρων των εργοστασίων παραγωγής διοικούνταν με λογισμικό συνδυασμένου

περιβάλλοντος. Οι αρχικές εφαρμογές των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων σε αστικά φορτία έχαν γίνει στον σχεδιασμό επικίνδυνων διαδρομών και διοίκηση στόλου σε πραγματικό χρόνο.

#### 4.4.7 Προσδιορισμός θέσης

Ο εντοπισμός σε πραγματικό χρόνο οχημάτων και τα δεδομένα θέσεως επιτρέπουν την δυναμική ανάθεση εργασιών και δίνουν τη δυνατότητα σε πελάτες να γνωρίζουν την συγκεκριμένη τοποθεσία των αγαθών τους και τον αναμενόμενο χρόνο άφιξης.

Υπάρχουν αρκετές μέθοδοι που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την αυτόματη συλλογή χρόνων ταξιδιών των οχημάτων, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης εξειδικευμένων συσκευών μέσα στα οχήματα, όπως GPS ή ηλεκτρονικές ετικέτες.

Το GPS (Global Positioning System - Παγκόσμιο Σύστημα Θεσιθεσίας) είναι ένα σύστημα εντοπισμού θέσης που βασίζεται σε ένα πλέγμα δορυφόρων της γης, είναι διαθέσιμο παγκοσμίως, όλες τις ώρες και χωρίς κόστος. Αναπτύχθηκε αρχικά από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ και ονομάστηκε “NAVSTAR GPS” (Navigation Signal Timing and Ranging Global Positioning System). Οι δέκτες GPS, παρέχουν πληροφορία για τη θέση, το υψόμετρο, την ταχύτητα και την κατεύθυνση ενός οχήματος. Σε συνδυασμό με ειδικό λογισμικό χαρτογράφησης, οι δέκτες μπορούν να απεικονίσουν γραφικά τις πληροφορίες θέσης.

Χρησιμοποιείται ευρέως σε πολλές περιοχές των μεταφορών, συμπεριλαμβανομένης της ναυσιπλοΐας και της ναυτιλίας. Το GPS επιτρέπει την δυναμική αναγνώριση της θέσης ενός οχήματος να καθώς οι συντεταγμένες της θέσης του παρέχονται σε πραγματικό χρόνο.

Τα GPS μπορεί να επιτύχουν ακρίβεια θέσης κοντύτερα των 10 μέτρων από την πραγματική, που είναι απολύτως επαρκής για σκοπούς μεταφορών. Τα Γεωγραφικά Πληροφορικά Συστήματα (GIS) προσφέρουν χωροταξικό συντονισμό δεδομένων. Τα στοιχεία αυτά μπορούν να αποτυπωθούν σε ψηφιακούς χάρτες.

Μια εναλλακτική μέθοδος της αυτόματης εύρεσης οχημάτων περιλαμβάνει συσκευές δίπλα στους δρόμους, χρήση πύργων φορητών ραδιοφάρων κ.α. Παρόλα αυτά, η ακρίβεια προσδιορισμού της θέσης μέσω αυτών των τεχνικών είναι υποδεέστερη (και ακριβότερη) του GPS. Οι εταιρίες μπορούν να αγοράσουν μηχανήματα που επιτρέπουν στον στόλο τους να παρακολουθείται ανά πάσα στιγμή.

#### **4.4.8 Κατάσταση οδικών δικτύων**

Μια ποικιλία δεδομένων κατάστασης μπορεί να συλλεχθεί για να παρακολουθήσει την απόδοση των αστικών δικτύων κίνησης:

- κυκλοφορική συμφόρηση (πχ μέση ταχύτητα και χρόνος ταξιδιού)
- ατυχήματα / συμβάντα
- συντήρηση δρόμων

Ηλεκτρονικές ετικέτες μπορούν να τοποθετηθούν πάνω στα οχήματα για να εντοπίσουν κύκλους κίνησης ενώ ηλεκτρονικά μηχανήματα σάρωσης καταγράφουν δεδομένα καθώς τα οχήματα περνούν από τους ανιχνευτές. Έτσι, οι χρόνοι ταξιδιού μπορεί να προσδιοριστούν συγκρίνοντας πολλαπλές αναγνώσεις του ίδιου οχήματος σε διαφορετικές περιοχές μέσα στο δίκτυο.

Πολλές πόλεις έχουν κάποια μορφή αυτόματης συλλογής δεδομένων χρόνου ταξιδιού για διαχείριση της κίνησης ή για σκοπούς μέτρησης της απόδοσης του δικτύου. Η Μεμβούρνη προτείνει την συλλογή πληροφοριών χρόνου ταξιδιού στο περιφερειακό οδικό της δίκτυο χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικές ετικέτες οχημάτων και αναγνώστες τοποθετημένους σε διασταυρώσεις.

Αρκετές εκατοντάδες χιλιάδες αυτοκινητιστές έχουν ήδη αγοράσει ηλεκτρονικές ετικέτες (eTags) για χρήση στον ιδιωτικά χρηματοδοτημένο δρόμο με διόδια City Link. Η κεραία που λειτουργεί σε πρότυπο CEN στα 5.8 GHz, προσαρμόζεται σε οδικά σήματα κίνησης σε περίπου 200 διασταυρώσεις. Οι αναγνώστες ετικετών καταγράφουν το σήμα από τους πομπούς και οι πληροφορίες αυτές στέλνονται σε έναν κεντρικό υπολογιστή για διασταύρωση χρησιμοποιώντας το επικοινωνιακό σύστημα μηνυμάτων κίνησης SCATS.

#### **4.4.9 Υπολογιστής μέσα στο όχημα**

Τα συστήματα υπολογιστών μέσα στο όχημα έχουν έναν αριθμό πλεονεκτημάτων για τους οδηγούς εμπορικών οχημάτων και έχουν καλή δυναμική για να είναι ένα αποτελεσματικό εργαλείο για συστήματα εφοδιαστικής αλυσίδας.

Μπορούν να αυτοματοποιήσουν πολλά από τα διαδικαστικά καθήκοντα που εκτελούν οι οδηγοί, οδηγώντας σε αυξημένη αποτελεσματικότητα. Τα συστήματα υπολογιστών μέσα στο όχημα μπορούν να υπολογίσουν κόμιστρα, να παρακολουθήσουν απόδοση και να δημιουργήσουν αναφορές. Παρέχουν επίσης δυνατότητες έκδοσης παραστατικών (τιμολογίων κλπ).

Η επικοινωνία με τα κέντρα ελέγχου μπορεί να προωθήσει αιτήματα πελατών σε πραγματικό χρόνο επιτρέποντας τον επαναπρογραμματισμό των κινήσεων. Η τοποθεσία των οχημάτων, το ποσοστό ολοκλήρωσης των εργασιών και η διαδικασία μπορούν να αποσταλούν στο κέντρο ελέγχου χρησιμοποιώντας επικοινωνία δεδομένων από κινητά τηλέφωνα. Τα συστήματα πλοήγησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προβλεφθούν οι χρόνοι αναχώρησης. Αυτές οι διαδικασίες αυξάνουν τα ποσοστά αξιοποίησης μεγιστοποιώντας τη φόρτωση και μειώνοντας το χρόνο διαδρομών κατά συνέπεια και τον αριθμό των οχημάτων που απαιτούνται.

Υπάρχει επίσης ένας αριθμός πλεονεκτημάτων ασφαλείας που σχετίζεται με τα υπολογιστικά συστήματα μέσα στο όχημα. Ο υπολογιστής μπορεί να λάβει επιχειρησιακές πληροφορίες χωρίς ο οδηγός να πρέπει να χρησιμοποιήσει το τηλέφωνο. Προειδοποιήσεις μπορεί να δοθούν στους οδηγούς για επικίνδυνη οδήγηση, υπερβολική ταχύτητα, ξαφνικό φρενάρισμα ή ταχεία επιτάχυνση. Η παρακολούθηση αυτών των γεγονότων μπορεί επίσης να βοηθήσει στην εκπαίδευση και αξιολόγηση των οδηγών.

Στους υπολογιστές οχημάτων μπορεί κάποιος να φορτώσει αυτόματα πληροφορίες σχετιζόμενες με την απόδοση του οχήματος και του οδηγού, συμπεριλαμβανομένης της παρακολούθησης της αποτελεσματικής κατανάλωσης καυσίμου, ταχύτητας οχημάτων, χρόνου εργασίας των οδηγών, με άμεση τροφοδότηση της σχετικής πληροφορίας σε συστήματα συντήρησης και προγραμματισμού. Τέλος μπορούν να βοηθήσουν την αποτελεσματικότητα του ελέγχου του οχήματος και των εμπορευμάτων παρακολουθώντας τους χρόνους αναμονής στους πελάτες και τους αποστολείς για φόρτωση/εκφόρτωση αγαθών.

Οι μονάδες οχημάτων είναι ικανές να αναγνωρίσουν την θέση των οχημάτων και έχουν την δυνατότητα να διευκολύνουν την τιμολόγηση στο δρόμο. Σχετικές δοκιμές έχουν διεξαχθεί στο Χονγκ-Κονγκ σε μία είσοδο ζώνης και έξοδο δρόμου με συστήματα τιμολόγησης.

Η περιήγηση τώρα, βασίζεται κυρίως, στους χάρτες των δρόμων και στην τοπική γνώση των οδηγών. Η πληροφόρηση για τις συνθήκες κίνησης σε πραγματικό χρόνο μπορεί να αποκτάται από δελτία κίνησης σε ασύρματο δέκτη, ραδιόφωνο ή κινητό τηλέφωνο. Όμως, τα συστήματα πλοήγησης μέσα στο αυτοκίνητο έχουν έναν αυξημένο αριθμό πλεονεκτημάτων, που περιλαμβάνει εξοικονόμηση στο χρόνο και το κόστος, μείωση στο φορτίο εργασίας του οδηγού, πιο αξιόπιστο προγραμματισμό και απλούστερη συνεργασία.

Μια εθνική έρευνα σε 4.000 χειριστές στόλου οχημάτων στην Γερμανία είχε στόχο να εντοπίσει τις απαιτήσεις τους για τα συστήματα κατεύθυνσης οχημάτων. Η πληροφορία σε πραγματικό χρόνο για την κίνηση και τις συνθήκες του καιρού βαθμολογήθηκε από χαμηλή ως πολύ υψηλή. Αξιολογούνται η διείδυση στην αγορά, το κόστος των μονάδων, η αξιοπιστία, η ευαισθησία σε πληροφορίες πραγματικού χρόνου και η ικανότητα των οδηγών να καταλαβαίνουν τις συμβουλές που δίνονται.

Η επικοινωνία ανάμεσα στα οχήματα, τους καταναλωτές και στο κέντρο ελέγχου μπορεί να πάρει πολλές μορφές:

1. από οχήματα
  - i. δεδομένα θέσης
  - ii. κατάσταση οδήγησης (παράγοντας φόρτωσης)
  - iii. κατάσταση του φορτίου
2. προς οχήματα
  - i. διαταγές
  - ii. ανακοινώσεις (πχ έκτακτες καταστάσεις)
  - iii. πληροφορίες κίνησης και καιρού
3. σε πελάτες
  - i. τοποθεσία αγαθών
  - ii. αναμενόμενος χρόνος άφιξης

Η καθοδήγηση πορείας παρέχει κατευθύνσεις οδήγησης χρησιμοποιώντας υπολογιστές μέσα στο όχημα και μπορούν να βασιστούν σε έναν αριθμό κριτηρίων:

1. απόσταση
2. χρόνος ταξιδίου, πραγματικός χρόνος (περιλαμβάνοντας ατυχήματα και συντήρηση δρόμου)
3. περιορισμούς- συνδέσμους και κινήσεις βαρδιών (ύψος, βάρος και χρόνος)
4. διόδια
5. αριθμός βαρδιών

Τα συστήματα καθοδήγησης της πορείας έχουν έναν αριθμό πλεονεκτημάτων που περιλαμβάνει:

1. αυξημένη αποτελεσματικότητα στόλου
2. μειωμένη συμφόρηση
3. αυξημένη αξιοπιστία (ειδικά σε κινήσεις μεταξύ μέσων)

Για παράδειγμα, το λογισμικό FleetOnLine που αναπτύχθηκε για τους χρήστες της Αριζόνα χρησιμοποιεί το σύστημα προβλέψεων TrafficCast, που αναβαθμίζεται για τις αστικές περιοχές κάθε 30 λεπτά.

#### **4.4.10 Χρόνος ταξιδιού**

Τα ITS έχουν ήδη εξελιχθεί ώστε να συλλέγουν αυτόματα χρόνους ταξιδιού οχημάτων. Επίσης έχει ήδη αναπτυχθεί η τεχνολογία που ενσωματώνει την αναγνώριση πινακίδων κυκλοφορίας χρησιμοποιώντας τεχνικές επεξεργασίας εικόνας για να συλλέγουν και να προβλέπει χρόνους ταξιδιού οχημάτων σε πραγματικό χρόνο.

Πολλαπλοί κύκλοι από ηλεκτρομαγνητικούς αισθητήρες εγκατεστημένοι στα πεζοδρόμια των δρόμων μπορεί να χρησιμοποιηθούν για να εντάσσουν αυτόματα τα φορτηγά σε αυτοματοποιημένες κατηγορίες ανάλογα με το μήκος και τον αριθμό των αξόνων.

Στην Ιαπωνία χρησιμοποιούνται οι αισθητήρες των ραντάρ οχημάτων για να διακρίνουν τύπους οχημάτων και κάμερες για να αναγνωρίζουν τις πινακίδες. Τα δεδομένα αυτά συσχετίζονται με επεξεργασία εικόνων σε πραγματικό χρόνο για να υπολογιστεί ο χρόνος ταξιδιού.

Επίσης χρησιμοποιούνται υπέρυθρες ακτίνες εντοπισμού για να εντοπίσουν οχήματα που χρησιμοποιούν επίσης υπέρυθρες ακτίνες φωτός για την πραγματοποίηση αμφίδρομης οπτικής επικοινωνίας.

#### **4.4.11 Ψηφιακοί οδικοί χάρτες**

Ένας ψηφιακός χάρτης της πόλης του Bremen που περιλαμβάνει δίκτυα καθοδήγησης οχημάτων και πληροφορίες φορτηγών (πχ κανονισμούς) μοιράστηκε στις εταιρίες φορτηγών δωρεάν. Αυτό οδήγησε σε έναν αυξημένο αριθμό φορτηγών που χρησιμοποιούν ειδικές διαδρομές φορτηγών οχημάτων, όπως επίσης και σε μια μείωση της κίνησης στη χρήση άλλων (μικρότερων) δρόμων από τα ίδια οχήματα.

#### **4.4.12 Παράμετροι οχήματος**

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, ο προσδιορισμός ταχύτητας και της απόστασης είναι πια διαθέσιμος μέσα στο όχημα, επιτρέποντας την δυναμική παρακολούθηση ενός εύρους επιχειρησιακών παραμέτρων που σχετίζονται με την κατάσταση και πρόοδο της εξέλιξης των εργασιών του συγκεκριμένου οχήματος (πχ ξαφνικά ατυχήματα και πληροφορίες κυκλοφοριακής συμφόρησης).

Αυτό μπορεί να διευκολύνει τον επαναπρογραμματισμό οχημάτων όπως επίσης την βελτιωμένη απόδοση ασφαλείας. Ηλεκτρονικά βιβλία καταγραφής (ημερολόγια) επί των οχημάτων μπορούν αυτόματα να καταγράφουν την απόδοση οχημάτων όπως επίσης να ενσωματώνουν τις τυχόν σημειώσεις του οδηγού.



## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΞΕΥΠΝΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΑ**

### **5.1 Ψηφιακός μετασχηματισμός αεροδρομίων**

Με τον ρυθμό που εξελίσσεται η εποχή μας, υπάρχουν περίπου 2,5 τετράκις εκατομμύρια byte δεδομένων που δημιουργούνται κάθε μέρα. Αυτή η έκρηξη στη δημιουργία δεδομένων έχει προκαλέσει προκλήσεις ειδικά όταν πρόκειται για τη χρήση του στο μέγιστο των δυνατοτήτων της. Ωστόσο, στον πυρήνα τους, τα δεδομένα είναι ο καταλύτης που μπορεί να τροφοδοτήσει τη μηχανή καινοτομίας για τα αεροδρόμια.

Ζούμε στην εποχή του «συνδεδεμένου ταξιδιώτη». Περισσότεροι άνθρωποι βασίζονται στα κινητά τους τηλέφωνα από ποτέ, ειδικά ως μέρος της ταξιδιωτικής τους εμπειρίας. Η ικανότητα αξιοποίησης δεδομένων με τον σωστό τρόπο είναι το κλειδί για τη μακροπρόθεσμη επιτυχία ενός αεροδρομίου τόσο από επιχειρησιακή άποψη όσο και διαφοροποίηση στην εξυπηρέτηση πελατών.

#### **5.1.1 Οφέλη της χρήσης των μεγάλων δεδομένων**

Τα πιθανά οφέλη που μπορεί να προσφέρει η χρήση - ανάλυση των μεγάλων δεδομένων επεκτείνεται σε ολόκληρο το οικοσύστημα του αεροδρομίου. Ωστόσο, η ανάλυση των δεδομένων από μόνη της αντιπροσωπεύει μόνο ένα μέρος της λύσης. Είναι η ανάλυση των δεδομένων σε συνδυασμό με την προγνωστική ικανότητα τεχνικών μηχανικής μάθησης που επιτρέπει στα αεροδρόμια να επωφεληθούν με διάφορους τρόπους.

Ας εξετάσουμε για παράδειγμα τη ροή των επιβατών. Οι μακριές ‘ουρές’ αναφέρονται συχνά ως μια από τις κορυφαίες απογοητεύσεις των ταξιδιωτών. Ωστόσο, με την επεξεργασία δεδομένων αυτών των ταξιδιωτών που έρχονται μέσω της εγκατάστασης, οι προηγμένες αναλύσεις μπορούν να βοηθήσουν τους χειριστές του αεροδρομίου να απεικονίσουν εύκολα τις πιο πολυσύχναστες ώρες - μέρες αιχμής για τις πύλες και τα σημεία ελέγχου ασφαλείας.

Με την πάροδο του χρόνου, η μηχανική μάθηση - που τροφοδοτείται από τεχνητή νοημοσύνη - μπορεί να δημιουργήσει μοντέλα πρόβλεψης που μπορούν να επιτρέψουν στο αεροδρόμιο να σχεδιάσει καλύτερα και να διαθέσει πόρους όπου χρειάζονται περισσότερο. Αυτό είναι αναγκαίο να γίνει πριν υπάρξει επείγουσα ανάγκη. Θα μπορούσε να δημιουργήσει μια καλύτερη εμπειρία πελατών βοηθώντας τους επιβάτες να κινούνται πιο γρήγορα στις ουρές. Εάν οι ταξιδιώτες μπορούν να

περάσουν την ασφάλεια γρηγορότερα, είναι λογικό να έχουν περισσότερο χρόνο παραμονής σε ένα τερματικό σταθμό στον οποίο θα ψωνίσουν, θα φάνε κτλ.. Και από αυτή την άποψη, η ανάλυση των δεδομένων μπορεί να παίζει καθοριστικό ρόλο στη διαμόρφωση της εμπειρίας των πελατών. Για παράδειγμα, οι πρόσφατες εξελίξεις στην συλλογή και ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, καθιστούν δυνατή την κατανόηση του κατά πόσον οι επιβάτες μπορούν ή είναι πρόθυμοι να πληρώσουν για πρόσθετες βοηθητικές υπηρεσίες που σχετίζονται με αεροπορικά ταξίδια.

Μέσω της ευφυΐας που αποκτήθηκε από προηγμένες αναλύσεις, τα αεροδρόμια μπορούν να βελτιώσουν περαιτέρω τις υπηρεσίες τους με βάση τις προτιμήσεις των επιβατών - προσφέροντας εκπτώσεις στα είδη τροφίμων ή λιανικής που γνωρίζουν ότι προτιμά ο επιβάτης - κάτι που τελικά οδηγεί στην αφοσίωση και τη διατήρηση των πελατών, εκτός από τη δημιουργία νέων ευκαιριών για να δημιουργηθούν έσοδα. Επομένως τα αεροδρόμια πρέπει να αντιμετωπίζουν τη γνώση της συμπεριφοράς των πελατών ως πρωταρχικό πόρο για την απόκτηση διαφορικού πλεονεκτήματος στην αγορά.

### **5.1.2 Χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT)**

Με την κατανόηση των πλεονεκτημάτων των προηγμένων αναλυτικών στοιχείων, η ερώτηση στρέφεται στον τρόπο συλλογής των δεδομένων. Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) θα βοηθήσει στον τομέα αυτό. Στον πυρήνα του, το οικοσύστημα του IoT βασίζεται σε τρία κύρια στοιχεία: τη συσκευή, τους αισθητήρες και την πρόσβαση στο Διαδίκτυο για να επιτρέψει τη συνδεσιμότητα και τα αναλυτικά στοιχεία που προκύπτουν από τη δημιουργία των δεδομένων. Καθώς ο πελάτης χρησιμοποιεί το έξυπνο τηλέφωνό του (smartphone) ή την προσωπική του συσκευή (tablet, laptop κ.α.), η πρόσβαση στο Διαδίκτυο του επιτρέπει να κοινοποιεί πληροφορίες σε βασικούς ενδιαφερόμενους, σε αυτήν την περίπτωση, στο αεροδρόμιο.

Ωστόσο, η πρόσβαση στα δεδομένα δεν λειτουργεί χωρίς τη δυνατότητα πρώτον να τα ενεργοποιήσει και δεύτερον να αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο αλληλεπιδρούν με τους πελάτες τους. Επιπλέον, με τη συλλογή δεδομένων από τους ταξιδιώτες και τη σύνδεση με τους απευθείας μέσω των smartphone ή των προσωπικών τους συσκευών, τα αεροδρόμια έχουν έναν επιπλέον διάλογο με τον οποίο μπορούν να αλληλοεπιδράσουν περισσότερο με τους πελάτες, είτε μέσω

ειδοποιήσεων 'push' είτε μέσω εφαρμογών για κινητά. Με αυτόν τον τρόπο, είναι εξοπλισμένα για να παρέχουν υπηρεσίες πληροφοριών "ημέρας ταξιδιού" σε πραγματικό χρόνο και ενημερώσεις απευθείας στους επιβάτες, ώστε να μπορούν να προγραμματίζουν επαρκώς το ταξίδι τους χωρίς διακοπή.

## **5.2 Εφαρμογές ευφυών συστημάτων μεταφορών στην αερομεταφορές**

### **5.2.1 Διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας**

Η ασφαλής και έγκυρη πραγματοποίηση κάθε πτήσης είναι αποτέλεσμα συνδυασμού και συγχρονισμού τεχνολογικών συστημάτων με τις ανθρώπινες δεξιότητες. Η διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας (Air Traffic Management - ATM) αφορά τις απαιτούμενες εργασίες, διαδικασίες και μέσα που συμβάλουν στην διασφάλιση της καθοδήγησης αεροσκαφών στον αέρα και στο έδαφος.

Η διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας, πραγματοποιείται από ένα συμπληρωματικό σύνολο συστημάτων:

1. Διαχείριση Εναέριου Χώρου
2. Διαχείριση Εναέριας Χωρητικότητας και Ροής Κυκλοφορίας (ATFCM)
3. Έλεγχος Εναέριας Κυκλοφορίας (ATC)

Ο ρόλος των παραπάνω συστημάτων είναι πρωταρχικά η ασφάλεια και η χρονική ακρίβεια στην εκτέλεση πτήσεων. Στη Ευρώπη, η διαχείριση της εναέριας κυκλοφορίας έχει ανατεθεί από κοινού στα κράτη μέλη, τους αερομεταφορείς και τα αεροδρόμια, στο EUROCONTROL και σε άλλα Ευρωπαϊκά ιδρύματα.

#### **1. Διαχείριση Εναέριου Χώρου**

Τα αεροσκάφη κατά τη διάρκεια της πτήσης ακολουθούν προκαθορισμένες διαδρομές που προσομοιάζουν στους αυτοκινητόδρομους για τα οχήματα στο έδαφος. Με δεδομένο το διπλασιασμό της εναέριας κυκλοφορίας κατά την τελευταία δεκαετία και τις προβλέψεις για περαιτέρω αύξηση, ο σχεδιασμός και οι πρακτικές της διαχείρισης του εναέριου χώρου, μια δραστηριότητα που αφορά τη μοντελοποίηση και τον σχεδιασμό αεροδιαδρόμων, πρέπει να επανεξετάζεται συνεχώς.

#### **2. Διαχείριση Εναέριας Χωρητικότητας και Ροής Κυκλοφορίας (ATFCM)**

Σαν συνέχεια του σχεδιασμού των αεροδιαδρόμων, ακολουθεί η διαδικασία ανάθεσης πτήσεων στη διαθέσιμη εναέρια χωρητικότητα. Η διαδικασία αυτή είναι κρίσιμη,

καθώς υπάρχουν πρακτικοί περιορισμοί στον αριθμό των πτήσεων τις οποίες μπορεί να διαχειρίζεται ταυτόχρονα κάθε ελεγκτής και κέντρο ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας.

Κάθε αεροσκάφος, υποχρεούται να καταθέσει σχέδιο πτήσης στο αρμόδιο γραφείο ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας (ATC). Όλες οι πτήσεις προς / από και εντός της Ευρώπης, αναλύονται, επεξεργάζονται και επιβεβαιώνεται η ύπαρξη της αναγκαίας χωρητικότητας ώστε να γίνεται η βέλτιστη χρήση των διαθέσιμων χρονοθυρίδων (slots). Η διαδικασία ανάλυσης και επεξεργασίας γίνεται σε διάφορα χρονικά στάδια, αρχικά σε επίπεδο σχεδιασμού, σε δεύτερη φάση την προηγούμενη μέρα από την προγραμματισμένη αναχώρηση και τέλος σε πραγματικό χρόνο αμέσως πριν την αναχώρηση και κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της πτήσης.

Η ευθύνη διαχείρισης της εναέριας χωρητικότητας στον ευρωπαϊκό χώρο ανήκει κεντρικά στο CFMU (Central Flow Management Unit) και τοπικά στα εθνικά κέντρα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας. Οι τρεις φάσεις του ATFCM αναλυτικότερα είναι:

Φάση I - Στρατηγικός Σχεδιασμός: Αντιστοίχιση της μακροχρόνιας ζήτησης στη χωρητικότητα του ATC.

Φάση II - Προ-επιχειρησιακός Σχεδιασμός: Προγραμματισμός της ζήτησης για το επόμενο 24ωρο.

Φάση III - Επιχειρησιακός Σχεδιασμός: Διαχείριση πτήσεων σε εξέλιξη με βάση την υπάρχουσα χωρητικότητα και τον φόρτο του αρμόδιου ATC. Ανάλυση επανορθωτικών ενεργειών και αντιμετώπιση εκτάκτων καταστάσεων.

### **3. Έλεγχος Εναέριας Κυκλοφορίας (ATC)**

Υπάρχει αυτονόητη ανάγκη χωρικού και χρονικού διαχωρισμού των αεροσκαφών τόσο κατά τη διάρκεια της πτήσης, όσο και στα αεροδρόμια κατά την απογείωση, προσγείωση, τροχοδρόμηση και στάθμευση. Η ευθύνη αυτή ανήκει στα κέντρα ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας κάθε χώρας (ACC) που έχουν το ρόλο να καθοδηγούν τα αεροσκάφη από και προς τα αεροδρόμια αναχώρησης και προορισμού.

#### **• Μελλοντική Εξέλιξη στην Διαχείριση Εναέριας Κυκλοφορίας στην Ευρώπη**

Το σημερινό σύστημα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας είναι κατατεταγμένο, έχοντας σαν συνέπεια τη μειωμένη επάρκεια και το αυξημένο κόστος για τις πτήσεις. Η πρόβλεψη είναι για έναν ημερήσιο όγκο 50.000 πτήσεων ημερησίως το 2030

(Eurocontrol, 2020), θέτοντας ένα κρίσιμο ζήτημα επάρκειας του σημερινού τρόπου διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας. Για το λόγο αυτό, δημιουργούνται Λειτουργικά Τμήματα Εναέριου Χώρου (FAB – Functional Airspace Blocks) στην πορεία προς την υλοποίηση του «Ενιαίου Ουρανού» (Single Sky) στον Ευρωπαϊκό χώρο.

Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και οι υπόλοιπες υπεύθυνες αρχές των κρατών μελών της Ε.Ε. συνειδητοποιώντας την ανάγκη αλλαγής του υφιστάμενου συστήματος, με σκοπό την αποτελεσματική αντιμετώπιση της μελλοντικής ζήτησης, δημιούργησαν σε συνεργασία ιδιωτικού και δημόσιου τομέα το πρόγραμμα SESAR για τον ορισμό και την ανάπτυξη του μελλοντικού συστήματος διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας.

- **Ενιαίος Ευρωπαϊκός Ουρανός**

Εξαιτίας της δραματικής αύξησης στον όγκο των αεροπορικών ταξιδιών τελευταίες δύο δεκαετίες, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δημιούργησε ένα νομοθετικό πλαίσιο για την αεροναυτιλία αποκαλούμενο «Single Sky» (Ενιαίος Ευρωπαϊκός Ουρανός - SES).

Ο καθημερινός όγκος που χειρίζεται το ευρωπαϊκό σύστημα διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας είναι 30.000 πτήσεις, με πρόβλεψη για διπλασιασμό τους το 2030. Σε σύγκριση με αντίστοιχα συστήματα σε άλλες περιοχές του κόσμου, το σημερινό Ευρωπαϊκό σύστημα διαχείρισης κοστίζει 2-3 εκατομμύρια € (Ευρώ) επιπλέον κάθε χρόνο. Σε απάντηση αυτής της ανεπάρκειας, η πρωτοβουλία SES στοχεύει στην οργάνωση του εναέριου χώρου σε λειτουργικά τμήματα (FAB – Functional Airspace Blocks) με βάση τις κυκλοφοριακές ροές, σε αντικατάσταση των εθνικών εναέριων χώρων με βάση τους οποίους γίνεται σήμερα η διαχείριση. Προφανώς, ένα τέτοιο έργο, απαιτεί κοινούς κανόνες και διαδικασίες σε Ευρωπαϊκό επίπεδο.

Στο επίπεδο της τεχνολογίας και των διαδικασιών, η πρωτοβουλία SES υποστηρίζεται από το πρόγραμμα SESAR (Single European Sky ATM Research Programme), με στόχο τον εκσυγχρονισμό και τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας στο μέλλον.

- **Λειτουργικά Τμήματα Εναέριου Χώρου (FAB)**

Ένα πρωταρχικό στοιχείο των κανονισμών της πρωτοβουλίας SES, είναι η μείωση του αριθμού των υπάρχοντων τμημάτων εναερίου χώρου (σήμερα 67 με βάση τον κάθε Εθνικό Εναέριο Χώρο), σε 9 υπερ-Εθνικά τμήματα έως το 2025.

Με το σημερινό σύστημα, ο Ευρωπαϊκός ουρανός είναι κατατεμημένος και σημειώνεται έλλειψη συντονισμού ανάμεσα στους παρόχους αεροναυτιλιακής υπηρεσίας, των συστημάτων που αυτοί χρησιμοποιούν και των χρηστών (πολιτικές και στρατιωτικές πτήσεις) του κάθε εναέριου χώρου. Κάθε φορά που ένα αεροσκάφος εισέρχεται στον εναέριο χώρο κάθε κράτους, αλλάζει ο πάροχος αεροναυτιλιακής υπηρεσίας όπως και οι κανόνες και επιχειρησιακές απαιτήσεις. Η κατάτμηση αυτή επηρεάζει αρνητικά την ασφάλεια, περιορίζει την χωρητικότητα και προσθέτει κόστος.

Περίπου 1000 ώρες καθυστερήσεων ημερησίως στην Ευρώπη οφείλονται στον έλεγχο εναέριας κυκλοφορίας και από αυτές ένα σημαντικό τμήμα οφείλεται στην κατάτμηση του εναέριου χώρου. Με την ενοποίηση μέσω της εφαρμογής των FAB, η διαχείριση της ροής της κυκλοφορίας και η παροχή αεροναυτιλιακών υπηρεσιών γίνεται ολοκληρωμένα και καθορίζεται από τις πραγματικές επιχειρησιακές ανάγκες αντί τα εθνικά σύνορα. Ως αποτέλεσμα, θα υπάρξει σημαντική αύξηση της χωρητικότητας και αποτελεσματικότερη χρήση του εναέριου χώρου της Ευρώπης.

Για τη φάση II του SES με ορίζοντα υλοποίησης το 2025, έχουν προβλεφθεί οι τρόποι συνεργασίας και ομαδοποίησης των υπαρχόντων παρόχων και η οργάνωσή τους σε ομάδες. Η μεγαλύτερη ομάδα είναι αυτή της κεντρικής Ευρώπης (FABEC – FAB Europe Central Block), ενώ έχουν δηλωθεί στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή οι 9 ακόμη υπερ-εθνικές ομάδες πρωτοβουλίας, όπως αυτές συνοψίζονται στον πίνακα που ακολουθεί.

FAB (Functional Airspace Block)	Περιλαμβάνει τον Εθνικό Εναέριο Χώρο (ή τμήμα αυτού)
NEFAB (North European FAB)	Δανία, Εσθονία, Φινλανδία, Ισλανδία, Νορβηγία, Σουηδία, Λιθουανία
NUAC (Nordic Upper Airspace Centre)	Ανώτερος Νορβηγικός Εναέριος Χώρος, Δανία, Σουηδία
BALTIC FAB	Πολωνία, Λιθουανία
FABEC (FAB Europe Central)	Γαλλία, Γερμανία, Βέλγιο, Ολλανδία, Λουξεμβούργο και Ελβετία
FABCE (FAB Central Europe)	Τσεχία, Σλοβακία, Αυστρία, Ουγγαρία, Κροατία, Σλοβενία, Βοσνία-Ερζεγοβίνη
DANUBE	Βουλγαρία, Ρουμανία
BLUE MED	Ιταλία, Μάλτα, Ελλάδα, Κύπρος (Αίγυπτος, Τυνησία, Αλβανία, Ιορδανία)
UK-IRELAND	Ηνωμένο Βασίλειο και Ιρλανδία
SW FAB	Ισπανία, Πορτογαλία

Πίνακας 4.1: Κατανομή Εθνικών Εναέριων Χώρων σε FAB.

- **SESAR, Ευρωπαϊκό Ερευνητικό Πρόγραμμα για την υλοποίηση του Ενιαίου Ευρωπαϊκού Ουρανού στη Διαχείριση Εναέριας Κυκλοφορίας**

Το πρόγραμμα SESAR (Single European Sky ATM Research Programme) φιλοδοξεί να αποτελέσει την απάντηση της Ευρώπης στις σύγχρονες προκλήσεις διαχείρισης εναέριας κυκλοφορίας. Η προσπάθεια της κοινής πρωτοβουλίας SESAR JU, στοχεύει στον εκσυγχρονισμό των συστημάτων ATM (Air Traffic Management) και τον συντονισμό και συγκέντρωση των ερευνητικών δραστηριοτήτων στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οδηγώντας σε μια εναρμονισμένη υλοποίηση. Οι βασικοί στόχοι αναφοράς απόδοσης (KPIs) για το SESAR έως το 2025 είναι:

- τριπλασιασμός της χωρητικότητας
- βελτίωση της ασφάλειας με παράγοντα 10
- μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης ανά πτήση κατά 10%
- μείωση του κόστους ATM κατά 10%

Τα προσδοκώμενα οφέλη αφορούν συνολικά όλους τους εμπλεκόμενους στις αερομεταφορές και ειδικότερα, αεροπορικές εταιρίες, επιβάτες, εθνικούς υπόλογους προμηθευτές υπηρεσιών αεροναυτιλίας, ελεγκτές εναέριας κυκλοφορίας, πληρώματα θαλάμου διακυβέρνησης αεροσκαφών και τέλος το περιβάλλον.

Για την προώθηση αυτών των στόχων, δημιουργήθηκε η πρωτοβουλία SESAR JU με τη συμμετοχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης και του Eurocontrol ως ιδρυτές. Εκτός

από τον ρόλο της SESAR JU στο συντονισμό των δραστηριοτήτων στον Ευρωπαϊκό χώρο, η συνεργασία με αντίστοιχα έργα ανά τον κόσμο είναι στις αρμοδιότητες της.

Αρχικά συμμετείχαν, πλην των ιδρυτικών μελών, 15 ακόμα μέλη (εταιρίες διαχείρισης αεροδρομίων, ιδιωτικές και κρατικές ερευνητικές εταιρίες και βιομηχανίες). Ο ορίζοντας σχεδιασμού επεκτείνεται στην κάλυψη των αναγκών για τα επόμενα 30 χρόνια. Έχουν οριστεί οι ακόλουθοι 7 βραχυχρόνιοι στόχοι, προκειμένου η πρωτοβουλία να αποδείξει την ικανότητά της να πραγματοποιήσει τα προσδοκώμενα οφέλη:

1. Αρχική επικύρωση τροχιάς 4D (4 διαστάσεων) σε επιχειρησιακό περιβάλλον υποστηριζόμενο από δορυφορικές τηλεπικοινωνίες.
2. 10.000 πτήσεις με χρήση SESAR, συμπεριλαμβάνοντας 500 στρατιωτικές.
3. Δοκιμή του 80% των αποτελεσμάτων έργων που υλοποιούνται στα πλαίσια της πρωτοβουλίας σε πραγματικό επιχειρησιακό περιβάλλον.
4. Ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τουλάχιστον 5 περιοχών με τους πρώτους κυβερνήτες SWIM να έχουν αναλάβει καθήκοντα.
5. Επιχειρησιακή ετοιμότητα του πρώτου απομακρυσμένου πύργου ελέγχου.
6. Σύνδεση 8 ευρωπαϊκών αεροδρομίων σε ζεύγη για την επαλήθευση των ωφελειών από την υλοποίηση του προγράμματος.
7. Αποδοχή των χρηστών του εναέριου χώρου σε λειτουργία βασισμένη σε χρόνο (αντί σκέλος πτήσης).

Συνοπτικά τα οφέλη για τους εμπλεκόμενους με τις αερομεταφορές προβλέπεται να είναι τα ακόλουθα:

- i. Αεροπορικές εταιρίες
  - ανταπόκριση στη ζήτηση, καλύτερη ποιότητα εξυπηρέτησης επιβατών, αποδοτικότερες πτήσεις και χαμηλότερη κατανάλωση καυσίμων.
- ii. Φορείς Παροχής Υπηρεσιών Αεροναυτιλίας (ANSPs)
  - βελτίωση της ποιότητας στην παρεχόμενη υπηρεσία σε χαμηλότερο κόστος για τους χρήστες του εναέριου χώρου.
- iii. Αεροδρόμια
  - δυνατότητα παροχής υπηρεσίας ακόμα και με χειρότερες καιρικές συνθήκες, αύξηση χωρητικότητας και βελτίωση της επιχειρησιακής λειτουργίας.
- iv. Επιβάτες



- καλύτερη υπηρεσία με χαμηλότερο κόστος και αυξημένη προβλεψιμότητα χρόνων άφιξης και αναχώρησης.

v. Κοινό

- σύστημα διαχείρισης φιλικότερο στο περιβάλλον (μειωμένη συνεισφορά στο φαινόμενο υπερθέρμανσης), λιγότερος θόρυβος και οικονομικά οφέλη λόγω χαμηλότερου κόστους στις αερομεταφορές.

vi. Προμηθευτές και κατασκευαστές

- τεχνολογική πρωτοπορία, καινοτομία, αυξημένη ανταγωνιστικότητα για την ευρωπαϊκή βιομηχανία στον τομέα της αεροναυπηγικής και διαστήματος. Η σημερινή έρευνα, καθορίζει τα πρότυπα του αύριο, αυξάνοντας την παγκόσμια δυναμική πελατειακή βάση.

### 5.2.2. Συστήματα παρακολούθησης κινήσεων εδάφους σε αεροδρόμια

Εκτός από τα ζητήματα και τις δράσεις στον τομέα της διαχείρισης της εναέριας κυκλοφορίας, υπάρχουν ζητήματα χωρητικότητας και ασφάλειας στα αεροδρόμια, τα οποία οι εφαρμογές ITS καλούνται να επιλύσουν. Ο αυξημένος όγκος κίνησης στα αεροδρόμια σαν συνέπεια της γενικότερης αύξησης της αεροπορικής κίνησης καθώς και οι φυσικοί περιορισμοί της χωρητικότητας ενός αεροδρομίου, προκαλούν καθυστερήσεις και κινδύνους στην ασφάλεια των πτήσεων.

Σε ότι αφορά τις καθυστερήσεις, ο Διεθνής Οργανισμός Πολιτικής Αεροπορίας (ICAO) προβλέπει μία μέση ετήσια αύξηση της τάξης του 5% στις κινήσεις (από/προσγειώσεις) αεροδρομίων.

Η αυξημένη κίνηση, αυξάνει πολλαπλασιαστικά τους κινδύνους στο έδαφος κατά τη διάρκεια τροχοδρόμησης, προσγείωσης και απογείωσης αεροσκαφών, δεδομένης της πεπερασμένης χωρητικότητας των αεροδρομίων και των συνθηκών κορεσμού που λειτουργούν αρκετά από αυτά κυρίως σε περιόδους αιχμής αλλά και εκτός αυτών.

Στην προσπάθεια αύξησης της χωρητικότητας και των επιπέδων ασφάλειας των αεροδρομίων, έχουν αναπτυχθεί συστήματα παρακολούθησης των κινήσεων αεροσκαφών και οχημάτων εξυπηρέτησης στο έδαφος. Τα συστήματα αυτά, καλούνται Airport Surface Detection Equipment στις ΗΠΑ ή Advanced Surface Movement Guidance Control Systems A-SMGCS στην Ευρώπη. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ήδη καταλάβει την σημασία των A-SMGCS σε διάφορα έργα όπως το AIRPORT-G, ATHOS, DAFUSA, MANTEA, VISION, EMMA, INTERVUSE, ISMAEL, DEFAMM και BETA.

Τα συστήματα αυτά, απαιτούν την χωρίς αμφιβολία αναγνώριση όλως ανεξαιρέτως των αεροσκαφών και των οχημάτων εξυπηρέτησης (βυτιοφόρα καυσίμων, ανυψωτικά, ελκυστήρες, λεωφορεία επιβατών κλπ) που κινούνται σε ελεγχόμενες περιοχές του αεροδρομίου.

Επιτρέπουν στους ελεγκτές (και δυνητικά σε πληρώματα θαλάμου διακυβέρνησης -ΠΘΔ αεροσκαφών) να έχουν αποτύπωση σε οθόνη της ακριβούς θέσης και της εικόνας της κίνησης στην περιοχή ευθύνης τους, επιτρέποντας τον διαχωρισμό και την καθοδήγησή τους, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και χωρίς να προκαλείται λειτουργική καθυστέρηση ή μειωμένα επίπεδα ασφάλειας.

Συνοπτικά, ένα ευφύες σύστημα παρακολούθησης κινήσεων επιφανείας σε περιοχή αεροδρομίου πρέπει να ενσωματώνει την ακόλουθη λειτουργικότητα:

- Παρακολούθηση: Αναγνώριση και ακριβή στοιχεία θέσης αεροσκαφών, οχημάτων και αντικειμένων (εμποδίων), συνεργαζομένων και μη συνεργαζομένων στόχων εντός της ελεγχόμενης περιοχής του αερολιμένα. Η πληροφορία πρέπει να είναι διαθέσιμη σε πραγματικό χρόνο ώστε να επιτρέπονται λειτουργίες ελέγχου και καθοδήγησης. Τέλος, η δυνατότητα ανίχνευσης θα πρέπει να είναι διαθέσιμη ανεξαρτήτως δυσμενών καιρικών συνθηκών ή τοπολογίας του αερολιμένα.
- Δρομολόγηση: Διαχείριση διαδρομών και δυνατότητα επιλογής βέλτιστης διαδρομής κατά την τροχοδρόμηση (από τα σημεία από/προσγείωσης έως τα σημεία τελικής στάθμευσης).
- Έλεγχος: Καταγραφή κινήσεων, Ανίχνευση και Αποτροπή συνθηκών σύγκρουσης.
- Καθοδήγηση: Οδηγίες σε ΠΘΔ αεροσκαφών με βάση τα αποτελέσματα της δρομολόγησης.

Οι στόχοι ενδιαφέροντος ενός συστήματος παρακολούθησης είναι πρωταρχικά τα αεροσκάφη αλλά στο βαθμό που οχήματα και σταθερά και προσωρινά εμπόδια που βρίσκονται στην ίδια περιοχή με το αεροσκάφος μπορεί να θέσουν σε κίνδυνο την ασφάλεια του αεροσκάφους και των επιβαινόντων αποτελούν και αυτά στόχους του συστήματος. Η χωρίς αμφιβολία αναγνώριση του αεροσκάφους είναι κρίσιμη, καθώς στους ρόλους του συστήματος είναι η παροχή οδηγιών προς το (σωστό) αεροσκάφος.

Εκτός από το ραντάρ, τα συστήματα A-SMGCS χρησιμοποιούν μια σειρά αισθητήρων για την καταγραφή δεδομένων. Βασικό χαρακτηριστικό των αισθητήρων

είναι αν είναι συνεργαζόμενοι ή όχι. Οι συνεργαζόμενοι αισθητήρες βασίζονται στην ύπαρξη εξοπλισμού επί του στόχου για την αναγνώριση και την ανάκτηση πληροφορίας. Οι μη συνεργαζόμενοι, δεν απαιτούν συνεργασία του στόχου. Σε ότι αφορά τα είδη των αισθητήρων, οι πιο συνηθισμένοι είναι:

1. Ραντάρ επιφανείας (SMR-Surface Movement Radar).
2. Differential GPS (dGPS) με χρήση ψηφιακού κυκλώματος επικοινωνίας δεδομένων.
3. Κλειστό κύκλωμα τηλεόρασης (CCTV).
4. Συστήματα Multilateration (MS), συστήματα εντοπισμού στόχου με βάση τον ακριβή υπολογισμό της διαφοράς χρόνου άφιξης (TODA) ενός σήματος μεταξύ τριών ή περισσότερων δεκτών.

Οι αισθητήρες CCTV προϋποθέτουν καιρικές συνθήκες επαρκούς ορατότητας (όχι πυκνή ομίχλη, σφοδρή χιονόπτωση κλπ).

ΑΙΣΘΗΤΗΡΑΣ	ΣΥΝΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΣ	ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ	ΟΧΗΜΑΤΑ	ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
SMR	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΛΑ	ΟΛΕΣ
dGPS	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΕΝΑ	ΟΛΕΣ
CCTV	ΟΧΙ	ΟΧΙ	ΟΛΑ	ΟΧΙ ΟΛΕΣ*
MS	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΕΝΑ	ΟΛΕΣ

Πίνακας 4.2: Χαρακτηριστικά αισθητήρων.

### 1. Ραντάρ επιφάνειας

Η οθόνη του ραντάρ επιφάνειας είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος και το βασικότερο εργαλείο παροχής πληροφορίας θέσης της κίνησης οχημάτων εξυπηρέτησης και αεροσκαφών σε όλη την περιοχή του αεροδρομίου. Χρησιμοποιούνται διάφορες συχνότητες και τεχνικές, με συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Στα ραντάρ επιφανείας των A-SMGCS χρησιμοποιούνται συνήθως οι μάντες Ku και X. Υποστηρίζεται ικανότητα αναγνώρισης και εντοπισμού συνεργαζόμενων και μη συνεργαζόμενων στόχων. Συνήθη προβλήματα και περιορισμοί στη χρήση ραντάρ επιφανείας είναι οι αντανάκλασεις, τα πολλαπλά μονοπάτια και οι σκιές εξαιτίας των κτιρίων, μηχανημάτων και άλλων αντικειμένων/εμποδίων που κάνουν

αντανάκλαση στην επιφάνεια του αεροδρομίου. Σε αυτές τις περιπτώσεις, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ένας άλλου τύπου αισθητήρας για να καλύψει τα κενά.

Ο Brown (2002) παρουσιάζει όλη τη λογική σχεδιασμού των A-SMGCS και μελετά τα προβλήματα που σχετίζονται με την χρήση του ραντάρ για την επίβλεψη της επιφάνειας του αεροδρομίου. Σύμφωνα με αυτήν την μελέτη, παρόλο που το ραντάρ είναι ο βασικός αισθητήρας για παρακολούθηση της επιφάνειας του αεροδρομίου, για συνολική αντίληψη που επιτρέπει τον πλήρη έλεγχο της κίνησης επί του εδάφους απαιτούνται δεδομένα αισθητήρων πολλαπλών τύπων.

Οι Gallati et al. (1999) προτείνουν ένα δίκτυο μικρού εύρους (1.500-3.000 μέτρων) ραντάρ (μίνι-ραντάρ) που λειτουργούν στην μπάντα των 94-95 GHz (W-band). Η διαδικασία συγκέντρωσης και επεξεργασίας δεδομένων πολλαπλών αισθητήρων παρέχει ακριβέστερη αναφορά της θέσης των στόχων και αναλυτικότερη πληροφορία για τον στόχο. Ειδικότερα, η παρουσία περισσότερων του ενός αισθητήρα, αυξάνει την αξιοπιστία του εντοπισμού καθώς ο εντοπισμός χρειάζεται να είναι διαρκής και χωρίς κενά στην περιγραφή της κίνησης στόχου. Πρακτικά, ένας δευτερεύων αισθητήρας είναι συνήθως φθηνότερος από τον κύριο αισθητήρα του οποίου τα κενά πρέπει να συμπληρωθούν.

Μια εναλλακτική λύση για την επιτήρηση της επιφάνειας αερολιμένα, αφορά την χρήση ψηφιακών καμερών βίντεο, που όχι μόνο μπορούν να λύσουν αυτά τα ζητήματα κάλυψης κενών (νεκρών) περιοχών, αλλά αποτελούν επίσης μια οικονομική λύση.

## **2. Χρήση βιντεοκάμερας και επεξεργασίας εικόνας**

Η χρήση καμερών στην διοίκηση της αεροπορικής κίνησης δεν είναι μια καινούρια ιδέα. Έχουν προταθεί από τους Besada et al (2005) και τους Molina et al (2002) σχετικές υλοποιήσεις για επίβλεψη και ταυτοποίηση αεροσκαφών στο έδαφος. Ο προτεινόμενος αλγόριθμος επίβλεψης είναι βασισμένος σε πολλαπλές κάμερες και χρήση τεχνικών επεξεργασίας βίντεο (προβολή έμπροσθεν και όπισθεν, τμηματοποίηση κινούμενων αντικειμένων και εντοπισμός πολλαπλών στόχων). Συμπληρωματικά προτείνεται ένας αλγόριθμος ταυτοποίησης αεροσκάφους, βασισμένος στην αναγνώριση του αριθμού της ουράς του αεροπλάνου. Ο αλγόριθμος πραγματοποιεί εντοπισμό και επανα-προγραμματισμό των εικόνων και εντοπίζει τον αριθμό της ουράς χρησιμοποιώντας μεθοδολογία σχεδιασμού

αναγνώρισης χαρακτήρων στο νούμερο της ουράς, εφόσον υπάρχουν όπως ορίζεται από διεθνείς και εθνικούς κανονισμούς.

Το σύστημα τοποθετήθηκε πειραματικά και αξιολογήθηκε στο αεροδρόμιο της Μαδρίτης Barajas. Κατά την έρευνα, χρησιμοποιήθηκε ένα σύστημα εντοπισμού με χρήση βίντεο, για να παράσχει την ακριβή θέση του στόχου (αεροσκάφος ή όχημα) στο A-SMGCS που λειτουργούσε. Το σύστημα, είναι μέρος ενός συστήματος που αρχικά είχε αναπτυχτεί για έργα Integrated Radar, Flight Plan και Digital Video Data Fusion για SMGCS (INTERVUSE) και χρησιμοποιεί τεχνικές επεξεργασίας εικόνας και αναγνώρισης χαρακτήρων και σχεδίων που αρχικά είχαν δοκιμαστεί σε εφαρμογές παρακολούθησης της αστικής κίνησης.

Έχοντας σκοπό την μείωση ή ακόμα και την εξάλειψη των νεκρών σημείων του A-SMGCS, η χρήση της νέας τεχνολογίας ανίχνευσης θέσης χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στην διαχείριση εναέριας κυκλοφορίας. Ο αλγόριθμος σύμπτυξης δεδομένων που χρησιμοποιήθηκε ήταν καινοτόμος και η λειτουργία του συστήματος ως συμπληρωματικό του A-SMGCS, αξιολογήθηκε θετικά καθώς συνεισφέρει στην βελτίωση της δυνατότητας εξυπηρέτησης φόρτου κυκλοφορίας στα αεροδρόμια και στην διατήρηση της ασφάλειας στο έδαφος, χωρίς ιδιαίτερα υψηλό κόστος.

Αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό για τη συγκέντρωση και επεξεργασία των δεδομένων από τις κάμερες καθώς και το μορφοποίηση των παρατηρήσεων και την μετάδοση των δεδομένων στο ASTERIX (All Purpose Structured Eurocontrol Surveillance Information Exchange) κατηγορίας 10 (ένα πρότυπο αρχικά σχεδιασμένο από το Eurocontrol για την ανταλλαγή δεδομένων ραντάρ που μετέπειτα επεκτάθηκε σε κάθε είδους δεδομένα επιτήρησης). Επίσης για την αξιολόγηση του συστήματος, αναπτύχθηκε ειδικό λογισμικό για να παράγει τη στατιστική ανάλυση της απόδοσης του συστήματος.

### **3. Εντοπισμός και αναγνώριση μέσω βίντεο**

Η δομή εντοπισμού μέσω βίντεο αποτελείται από αισθητήρες και σύστημα επικοινωνιών με αλληλεπίδραση μεταξύ των διαφόρων μονάδων και δυνατότητα επικοινωνίας μέσω τοπικού δικτύου με τον Video Sensor Data Fusion (VSDF) server. Οι A-SMGCS αισθητήρες, είναι σε αυτή την περίπτωση έγχρωμες ψηφιακές κάμερες με ενσωματωμένο μηχανικό επεξεργαστή εικόνας και δυνατότητα που κάνουν ψηφιακά έγχρωμη στόχευση και μεγέθυνση (Autoscope).

Οι αισθητήρες είναι συνδεδεμένοι με τον κεντρικό εξυπηρετητή ελέγχου της εφαρμογής έχουν τη δυνατότητα να στέλνουν και να λαμβάνουν δεδομένα και εντολές ελέγχου από / προς τον κεντρικό εξυπηρετητή της εφαρμογής (Video Sensor Data Fusion Server), όπου τα δεδομένα που παρέχονται από το σύνολο των αισθητήρων συνδυάζονται για να παράγουν ένα πλήρες μοντέλο της κατάστασης του εδάφους του αερολιμένα σε πραγματικό χρόνο.

Όλοι οι αισθητήρες έχουν IP διεύθυνση και είναι συνδεδεμένοι χρησιμοποιώντας επικοινωνία RS-485. Κάθε αισθητήρας μπορεί να προσδιορίζει αυτόνομα και να επιχειρεί οπτικό εντοπισμό (Visual Detectors), χρησιμοποιώντας το ειδικό λογισμικό που φιλοξενείται στον κεντρικό εξυπηρετητή. Τα Visual Detectors, αφορούν παράθυρα που τοποθετούνται μέσα στην προοπτική της εικόνας της κάμερας, για να εντοπίσουν κάθε κίνηση (στοιχείου) pixel, χρησιμοποιώντας αναγνώριση αντίθεσης σε συνδυασμό με τεχνικές μάθησης. Μέχρι 32 VD μπορούν να ανατεθούν ανά κάμερα.

Οι κάμερες που χρησιμοποιούνται είναι έγχρωμες, υψηλής ανάλυσης, με σκοπό να επιτυγχάνουν τον καλύτερο δυνατό εντοπισμό αντίθεσης για σκοτεινά αντικείμενα. Με δεδομένο ότι η λειτουργία των αεροδρομίων είναι συχνά 24ωρη και σε κάθε περίπτωση λειτουργούν σε ώρες που δεν υπάρχει φυσικό φως, οι αισθητήρες διαθέτουν βελτιωμένη ανάλυση και βελτιωμένα χαρακτηριστικά όρασης νυκτός.

Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας, το λογισμικό αναγνώρισης του σχεδίου μαθαίνει το σχέδιο της αντίθεσης κάθε περιοχής και έτσι έχει δυνατότητα να ανταποκρίνεται επαρκώς σε συνθήκες χαμηλής ορατότητας λόγω καιρικών φαινομένων (ομίχλη, χιόνι, βροχή) όπως άλλωστε συμβαίνει και με τα αντίστοιχα συστήματα στις οδικές μεταφορές. Για αυτόν τον λόγο, είναι σημαντικό ότι το υπόβαθρο του οπτικού πεδίου κάθε κάμερας να είναι όσο πιο ομογενοποιημένο και σταθερό γίνεται.

#### **4. Θέματα οπτικών ανιχνευτών**

Είναι απαραίτητη η επικάλυψη των οπτικών πεδίων των αισθητήρων στα άκρα τους ώστε να αποφεύγονται κενά ανάμεσα στα VD των διαφορετικών καμερών. Παρατηρήθηκε επίσης πως η ευαισθησία του καθενός VD είναι ανάλογη του αριθμού των pixel που αλλάζουν από έλεγχο σε έλεγχο (σε κάθε ανάγνωση).

Η εμπειρία έχει δείξει ότι η χρήση των μικρών ανιχνευτών είναι προτιμότερη για τον εντοπισμό οχημάτων (αυτοκίνητα που ακολουθούν, ασθενοφόρα κτλ) από ότι

η χρήση μεγαλύτερων ανιχνευτών, που δεν είναι εύκολο να εντοπίσουν μικρούς στόχους. Όμως, υπάρχει πάντα η πιθανότητα μικρότεροι ανιχνευτές να ενεργοποιηθούν από διαφορετικά τμήματα του ίδιου αεροσκάφους, αντιλαμβανόμενα λανθασμένα πολλαπλούς στόχους.

Αυτό το πρόβλημα μπορεί να αντιμετωπιστεί αντικαθιστώντας τους μεγάλους ανιχνευτές με περισσότερους μικρούς, που συνδέονται σαν θύρα OR. Οποτεδήποτε ένας ή περισσότεροι ανιχνευτές ενεργοποιούνται, η θύρα OR δείχνει την ύπαρξη του στόχου. Το αποτέλεσμα αυτής της αντικατάστασης είναι ότι ο τελικός ανιχνευτής (θύρα OR) καλύπτει την ίδια περιοχή ως ένας μεγάλος αλλά είναι αρκετά ευαίσθητος για να εντοπίσει μικρούς στόχους. Ένας καλός συμβιβασμός για το μήκος των Visual Detectors είναι τα 15 μέτρα, επιτρέποντας την διάκριση ανάμεσα στους στόχους που είναι μακριά 15 μέτρα ή περισσότερο και παρέχουν μια θεωρητική ακρίβεια της τάξης των 7,5 μέτρων (με το κέντρο του ανιχνευτή θεωρείται ως η θέση του στόχου).

### **5.2.3 Αξιολόγηση των ITS συστημάτων σε αεροδρόμια**

Τα A-SMGCS είναι πρακτικά Intelligent Transportation Systems στις αερομεταφορές, με κύριο σκοπό να βελτιώσουν την χωρητικότητα, την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα της αεροπορικής κίνησης, προσφέροντας στους ελεγκτές εδάφους μια καθαρή εικόνα της κίνησης του αερολιμένα ακόμα και υπό φτωχές συνθήκες ορατότητας.

Η χρήση τεχνολογίας αισθητήρων με βιντεοκάμερες και επεξεργασία εικόνας, είναι ιδανική για να καλύψει τα νεκρά σημεία υπαρχόντων υλοποιήσεων A-SMGCS, αυξάνοντας την αξιοπιστία και αποτελεσματικότητά τους. Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν υπό κανονικές συνθήκες έδειξαν πως το προτεινόμενο σύστημα μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις για ένα ραντάρ κίνησης της επιφανείας (Surface Movement Radar- ICAO Document 9476-AN/ 927), προσφέροντας μια εναλλακτική λύση στα συστήματα ελέγχου της κίνησης επιφανείας που είναι οικονομική, επιτρέποντας στα μεγαλύτερα αεροδρόμια να λειτουργεί συμπληρωματικά σε εγκατάσταση A-SMGCS, ενώ στα μικρότερα που δεν υπάρχει η λύση, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως το κύριο σύστημα ελέγχου.

Οι αδυναμίες του συστήματος είναι η φτωχή ανίχνευση υπό συνθήκες βαριάς ομίχλης και λανθασμένου εντοπισμού εξαιτίας των εμποδίων ή ξαφνικών αλλαγών των συνθηκών φωτισμού, ενώ από την άλλη τα πλεονεκτήματα είναι τα εξαιρετικά

μειωμένα επίπεδα ακτινοβολίας σε σχέση με τα ραντάρ, το χαμηλότερο κόστος, η δυνατότητα αρχειοθέτησης και προβολής βίντεο και υψηλός βαθμός αναβάθμισης.

Επιπρόσθετα οι παρατηρήσεις που παράγονται από το VSDF μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κάθε υπάρχουσα τεχνολογία A-SMGCS με σκοπό να καλύψουν τα νεκρά σημεία και να αυξήσουν την αξιοπιστία του εντοπισμού. Η αξιοπιστία και η ακρίβεια του αποτελέσματος των VSDF εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την ποιότητα της κάμερας, το μέγεθος των VDs και την σωστή τοποθέτηση της κάμερας, που πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο ψηλά και κοντά στην περιοχή που είναι να επιτηρηθεί με σκοπό να μειωθεί η σκιά και τα αποτελέσματα των εμποδίων.

Η κατασκευή της ανάρτησης της κάμερας πρέπει να είναι ενισχυμένη, ώστε να αποφεύγονται ακούσιες κινήσεις εξαιτίας ισχυρών ανέμων. Επιπρόσθετα η ύπαρξη του ορίζοντα στο πεδίο της κάμερας πρέπει να αποφεύγεται καθώς οι ανιχνευτές είναι ευαίσθητοι στις ξαφνικές αλλαγές των συνθηκών φωτισμού.

Τέλος το πεδίο όρασης της κάμερας πρέπει μερικώς να επικαλύπτεται με γειτονικούς ανιχνευτές με σκοπό να αποφεύγονται τα κενά μεταξύ των VDs των διαφορετικών καμερών που μπορεί να οδηγήσουν σε αδυναμία εντοπισμού.

Μετά την επιτυχή εφαρμογή του έργου INTERVUSE, το προτεινόμενο σύστημα βίντεο εγκαταστάθηκε στο αεροδρόμιο της Πράγας για περαιτέρω έλεγχο υπό πραγματικές συνθήκες. Το σύστημα ενσωματώθηκε για πρώτη φορά στο υπάρχον A-SMGCS για να καλύψει συγκεκριμένες προβληματικές περιοχές. Ένα δίκτυο τριών καμερών χρησιμοποιήθηκε για αυτόν τον σκοπό επιδεικνύοντας την μεγάλη δυναμική αυτής της προτεινόμενης λύσης.

### **5.3 Εξοικονόμηση κόστους**

Προς ορθή εκμετάλλευση των αερολιμένων, απαιτούνται βελτιωμένες διαδικασίες, μειωμένο κόστος και λιγότερες κυρώσεις. Η ιδιωτικοποίηση, ή η προετοιμασία για την ιδιωτικοποίηση συνέβαλε στην προώθηση της υιοθέτησης εμπορικών επιχειρηματικών πρακτικών, εξορθολογισμού του προσωπικού και προγραμμάτων απόδοσης κόστους. Ο ρόλος της ενσωμάτωσης έξυπνων τεχνολογιών είναι θεμελιώδους σημασίας για την επίτευξη της προσέγγισης αυτής, που θα οδηγήσει σε ψηφιοποίηση των πληροφοριών, την αυτοματοποίηση των διαδικασιών και την αύξηση της παραγωγικότητας. Παραδείγματα εξοικονόμησης κόστους περιλαμβάνουν:



- Εδραίωση της υποδομής και μετάβαση σε μια κοινή πλατφόρμα: μείωση του κόστους διαχείρισης, συντήρησης, κατάρτισης και υποστήριξης.
- IP τηλεφωνία: μείωση των χρεώσεων κλήσεων και κόστος κινήσεων, προσθηκών και αλλαγών (MAC).
- Συνήθης εξοπλισμός τερματικού χρήστη (CUTE) / έλεγχος αυτοεξυπηρέτησης: μείωση του αριθμού προσωπικού, αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων και ενίσχυση της ροής επιβατών.
- Πράσινη διαχείριση των έξυπνων τεχνολογιών και των κτιρίων: μείωση της κατανάλωσης ενέργειας και του κόστους διαχείρισης αποβλήτων.
- Χρήση δεδομένων από την παγκόσμια βάση δεδομένων αεροδρομίου (AODB) για την προσθήκη ενός επιπέδου πληροφοριών σε συστήματα πληροφοριών επιβατών. Η σύνδεση των συστημάτων AODB με ψηφιακά μέσα απεικόνισης μπορεί να διασφαλίσει την εμφάνιση πληροφοριών στην κατάλληλη γλώσσα κάθε φορά. Παράλληλα, παρέχονται οι κατάλληλες πληροφορίες και εμφανίζονται στοχευμένες διαφημίσεις.

#### 5.4 Μελλοντικές προοπτικές

Οι αερολιμένες βρίσκονται στο κατώφλι μιας τολμηρής νέας εποχής που προσφέρει πρωτοφανείς ευκαιρίες για μετασχηματισμό και ανάπτυξη. Τα τελευταία χρόνια, το αυξανόμενο κόστος και το πλεόνασμα της παραγωγής έχουν επηρεάσει τόσο τα κέρδη των αερομεταφορών όσο και την εμπειρία των επιβατών.

Ταυτόχρονα, οι νέες εξελίξεις στην τεχνολογία των καταναλωτών γέμισαν τις προσδοκίες των επιβατών για απεριόριστη πρόσβαση σε πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο, όπως και για εξατομικευμένες υπηρεσίες. Συνεπώς, κρίνεται απαραίτητη η επένδυση στην ενσωμάτωση λειτουργιών και στην υποδομή πληροφοριών, με σκοπό την ολοκληρωμένη παροχή υπηρεσιών στους επιβάτες.

Για να ξεκινήσει αυτή η διαδικασία, οι διαχειριστές των αερολιμένων πρέπει να αναπτύξουν νέες στρατηγικές στους ακόλουθους τομείς.

1. Νέες αλυσίδες αξίας: Γίνεται λόγος για την επέκταση αλυσίδων αξίας, εξετάζοντας την εμπειρία των επιβατών σε ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο, που περιλαμβάνει το αεροδρόμιο, τις αεροπορικές εταιρείες, τους ενοικιαστές, τις κυβερνήσεις, τις επιχειρήσεις στην πόλη των αεροδρομίων και άλλους ενδιαφερόμενους.

2. Νέες υπηρεσίες: Κρίνεται απαραίτητος ο καθορισμός και η ανάπτυξη καινοτόμων υπηρεσιών, με βάση τα τμήματα πελατών, τις προτιμήσεις και την εμπειρία. Εδώ περιλαμβάνεται η δοκιμή ενός μοντέλου παροχής υπηρεσιών, αναφορικά με την υποδομή των αεροδρομίων και τις υπηρεσίες εφαρμογής.
3. Αρχιτεκτονική: Απαιτείται η εξερεύνηση των εννοιών και των δυνατοτήτων της αρχιτεκτονικής των αεροδρομίων, με σκοπό την ολοκληρωμένη εμπειρία των επιβατών.
4. Εστίαση στην εμπειρία των επιβατών: Αξιολόγηση της τρέχουσας εμπειρία των επισκεπτών και των επιβατών, προσδιορίζοντας τις κορυφαίες προτεραιότητες, με απώτερο σκοπό τη βελτίωση της.
5. Μοντέλο διακυβέρνησης: Δημιουργία ενός μοντέλου διακυβέρνησης για τη διαχείριση των καινοτόμων διαδικασιών σε ολόκληρο το αεροδρόμιο και την πόλη των αεροδρομίων. Αυτό θα οδηγήσει στην προσφορά σύγχρονων υπηρεσιών σε συνεχή βάση, για όλους τους ενδιαφερόμενους.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα συστήματα των αεροδρομίων παράγουν ένα μεγάλο αριθμό δεδομένων κατά τις καθημερινές τους λειτουργίες. Η αξιοποίηση αυτού του αποθετηρίου δεδομένων και η ανάλυση του περιεχομένου τους είναι πολύ σημαντική για τον καλύτερο προγραμματισμό των πόρων. Μερικές ενδεικτικές καινοτομίες του έξυπνου αεροδρομίου είναι:

- Έξυπνη συντήρηση: Οι αποσκευές δεν θα είναι πλέον βάρος για τους ταξιδιώτες και θα μπορούν να ταξιδεύουν ευκολότερα και χωρίς άγχος. Η αναγνώριση ραδιοσυχνοτήτων βοηθά στην αποφυγή κακής μεταχείρισης των αποσκευών. Τα αναλυτικά εργαλεία πρόβλεψης βοηθούν στη βελτίωση της πρόβλεψης της αξιοπιστίας του στόλου. Η κίνηση του αεροδρομίου αυξάνεται καθημερινά και σαν αποτέλεσμα, μπορεί να αποδειχθεί απειλητική για τη βιομηχανία του αεροδρομίου. Αλλά, με τη βοήθεια αναλυτικών εργαλείων και big data, παράμετροι όπως το εύρος του αεροδιαδρόμου, οι διαδρομές πτήσεων, οι τύποι των αεροσκαφών κλπ. μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον προσδιορισμό των μοτίβων αλλά και για τη μεταξύ τους σύγκριση.
- Μείωση κόστους: Η χρήση εργαλείων πρόβλεψης στη βιομηχανία του αεροδρομίου θα βοηθήσει στη μείωση του κόστους με πολλούς τρόπους. Για παράδειγμα, κάθε χρόνο πολλές αποσκευές χάνονται και οι ιδιοκτήτες τους πρέπει να αποζημιωθούν, έτσι οι αεροπορικές εταιρείες βασίζονται σε δεδομένα πραγματικού χρόνου για την αποφυγή καταστροφής, καθυστέρησης παράδοσης ή μη εύρεσης των αποσκευών. Τα δεδομένα πραγματικού χρόνου που αφορούν στη κατανάλωση καυσίμων συλλέγονται και με την περαιτέρω ανάλυση τους μπορεί να βελτιστοποιηθεί η χρήση τους αλλά και η μείωση επενδύσεων παραπάνω από όσο χρειάζεται.
- Ικανοποίηση πελατών: Η ικανοποίηση των πελατών είναι ένα από τα κυριότερα κίνητρα για κάθε οργανισμό. Τα εργαλεία ανάλυσης και άλλες ανερχόμενες τεχνολογίες έχουν κάνει την εμφάνισή τους για να βοηθήσουν τους οργανισμούς με αυτό. Η βιομηχανία των αεροδρομίων δοκιμάζει όλους τους δυνατούς τρόπους μέσα σε όλη αυτή την ανερχόμενη τεχνολογία. Με τη βοήθεια εργαλείων πρόβλεψης η βιομηχανία παρέχει τους πελάτες της τη δυνατότητα να είναι ενημερωμένοι σε πραγματικό χρόνο, να δέχονται

προσφορές ανάλογα με τις δικές τους επιλογές και εμπειρίες, να εκπληρώνουν ανάγκες τους ανάλογα με τις συνήθειες τους.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Ι. Βενιέρης, Ε. Νικολούζου, Τεχνολογίες Διαδικτύου, 2η έκδοση, Τζιόλα, 2006.
- [2] Ι. Παπαγιαννούλης, Ευφυή συστήματα μεταφορών, Τμήμα ψηφιακών συστημάτων, Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών - Διδακτική της τεχνολογίας και ψηφιακά συστήματα, Πανεπιστήμιο Πειραιά, 2011.
- [3] Α. Πομπόρτσης, Α. Τσουλφάς, Προσομοίωση Δικτύων Υπολογιστών, 1η έκδοση, Τζιόλα, 2001.
- [4] Airports Council International, Airport Digital Transformation BEST PRACTICE, Digital transformation is about business transformation in a digital world, 2019.
- [5] S. Ali, Smart Grids. Opportunities, Developments, and Trends, Springer, 2013.
- [6] W. Barfield and T.A. Dingus, Human Factors in Intelligent Transportation Systems, Routledge, 1998.
- [7] C. Bernabei, Air Traffic Jam: European commission research activities searching for solutions, International Airport Review, 2000.
- [8] H. Bichlien, Smart Grids. Originally published on the IEEE Emerging Technology portal, 2012.
- [9] S. Borlase, Smart Grids: Infrastructure, Technology, and Solutions, CRC Press, 2013.
- [9] Bruce A. Hallberg «Δίκτυα», 5η έκδοση, Εκδόσεις Χ. Γκιούρδα & ΣΙΑ ΕΕ, 2012
- [10] Cisco, Smart Airports: Transforming Passenger Experience To Thrive in the New Economy, San Jose, CA: Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), 2009.
- [11] Devlin, Smart Airports - Creating the Digital Passenger Experience, 2017.
- [12] Dragos, SMART AIRPORT - STRUCTURE AND ELEMENTS, Bucharest, 2016.
- [13] D. Comer, Δίκτυα και Διαδίκτυα Υπολογιστών, 6η έκδοση, Κλειδάριθμος, 2014.
- [14] H. Farhangi, The path of the smart grid, IEEE Power and energy magazine, 2010.
- [15] Fang, Smart Grid - The New and Improved Power Grid: A Survey, In: IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2012
- [16] ITS Hellas, Έκθεση της ITS Hellas σχετικά με τις ελληνικές εθνικές δραστηριότητες και έργα στους τομείς προτεραιότητας της Οδηγίας 2010/40/EU, 2011.
- [17] J. Kurose, K. Ross, Δικτύωση Υπολογιστών: Προσέγγιση από Πάνω προς τα Κάτω, 6η έκδοση, Γκιούρδα, 2013.

- [18] E. Piazza, Increasing airport efficiency: Injecting new technology, IEEE Intelligent Transportation Systems, 2013.
- [19] L. Pekka, L. Jukka, Profitability evaluation of Intelligent transport system investments, Journal of transportation engineering, 2002.
- [20] L. Peterson, B. Davie, Δίκτυα Υπολογιστών: Μια Προσέγγιση από την Σκοπιά των Συστημάτων, 4η έκδοση, Κλειδάριθμος, 2009.
- [21] Shuchi, A Novel Concept for Airport Terminal Design Integrating Flexibility, 2015.
- [22] Sita, Smart technology for smarter airports, Switzerland: SITA, 2015.
- [23] A. Tanenbaum, D. Wetherall, Δίκτυα Υπολογιστών, 5η έκδοση, Κλειδάριθμος, 2011.
- [24] N. Thomopoulos, M. Givoni and P. Rietveld, ICT for Transport, Opportunities and Threats, Edward Elgar Publishing, 2015.