



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

«Πληροφορικά και Επικοινωνιακά Συστήματα»

**Μελέτη των Τεχνολογιών του Διαδικτύου των
Αντικειμένων Μάχης και του Πλαισίου Εφαρμογής τους**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΩΝ

Απόστολου Πεσλή (ΑΜ: 3252021018)

Άγγελου Γκιτζινάκη (ΑΜ: 3252021002)

Επιβλέπων: Δημήτριος Σκούτας Επ. Καθηγητής

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: 1. Χρήστος Γκουμόπουλος Αν. Καθηγητής
2. Κυριάκος Κρητικός Αν. Καθηγητής

Σάμος, Μάιος 2023

Πρόλογος και ευχαριστίες

Η διπλωματική εργασία με τίτλο «Μελέτη των Τεχνολογιών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης και του Πλαισίου Εφαρμογής τους» συντάχθηκε από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές Απόστολο Πεσλή και Άγγελο Γκιτζινάκη του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου, στο πλαίσιο εκπόνησης διπλωματικής εργασίας για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Πληροφοριακά και Επικοινωνιακά Συστήματα», κατά το ακαδημαϊκό έτος 2022-2023.

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η μελέτη των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης καθώς και η ανάλυση των μεθόδων ανάπτυξης τους στο πεδίο. Έμφαση θα δοθεί σε τεχνολογίες διασύνδεσης που υποστηρίζουν την ασφαλή και σε πραγματικό χρόνο αξιοποίηση των πληροφοριών του πεδίου μάχης.

Η εργασία θα αναλυθεί σε δύο μέρη. Αρχικά θα πραγματοποιηθεί μελέτη και κατηγοριοποίηση των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Ενώ, στο δεύτερο μέρος, η διπλωματική θα ασχοληθεί με τους τρόπους εφαρμογής του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης και το πως τα Δικτυακά Αντικείμενα Μάχης παραμένουν συνεχώς διασυνδεδεμένα προκειμένου να επιτευχθούν όλες οι ενέργειες που είναι απαραίτητες για την άντληση των πληροφοριών που χρειάζεται ο μαχητής.

Σε αυτό το σημείο, κρίνουμε σκόπιμο να ευχαριστήσουμε προσωπικά τον καθηγητή μας κ. Δημήτριο Σκούτα, ο οποίος μας υποστήριξε, με κάθε δυνατό τρόπο κατά την διαδικασία συγγραφής της παρούσας εργασίας, καθώς επίσης και με τις γνώσεις που μας μεταλαμπάδευσε στο πλαίσιο φοίτησής μας στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών.

Είμαστε οι συγγραφείς αυτής της Μεταπτυχιακής Διπλωματικής Εργασίας και κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχουμε αναφέρει τις όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων ή ιδεών, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμάς προσωπικά, ειδικά για τη συγκεκριμένη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

© 2023

των

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Περιεχόμενα

1	Εισαγωγή	1
1.1	Μελέτη του Διαδικτύου των Πραγμάτων σε Στρατιωτικές Εφαρμογές	1
1.2	Αντικείμενο διπλωματικής	3
1.3	Δομή της διπλωματικής.....	3
2	Ποιος είναι ο ρόλος του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης	5
2.1	Σύντομο Ιστορικό	5
2.2	Σκοπός και αναμενόμενη ανάπτυξη της τεχνολογίας	10
2.3	Τομείς που χρειάζονται εκσυγχρονισμό, στα πλαίσια της μάχης	12
2.4	Γιατί είναι σημαντική η ανάπτυξη της καινοτομίας	16
2.4.1	Ποια αποτελέσματα επιφέρει	18
2.4.2	Κάνοντας χρήσιμες τις πληροφορίες του διαδικτύου των αντικειμένων μάχης	21
2.4.3	Ποιες προκλήσεις δημιουργεί.....	24
2.4.4	Διαχείριση και προσαρμογή της τεχνολογίας του διαδικτύου των αντικειμένων μάχης	27
2.4.5	Η συσχέτιση με τον εχθρό	30
3	Τρόποι εφαρμογής.....	33
3.1	Κατηγορίες κατανομής των συσκευών του Διαδικτύου Μάχης σύμφωνα με την λειτουργία τους	33
3.2	Ο ανθρώπινος παράγοντας	34
3.3	Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροχημάτων	36
3.3.1	Τύποι drones.....	37
3.3.2	Χαρακτηρισμός drones.....	42
3.3.3	Δυνατότητες εκμετάλλευσης drones	43
3.3.4	Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη Ελληνικών Ενόπλων Δυνάμεων.....	48
3.4	Σμήνος των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών	50

3.5	Η δομή ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης	56
3.5.1	Σημείο πρόσβασης (<i>Access Point</i>)	56
3.5.2	Συσκευή (<i>Device</i>)	57
3.5.3	Φάρος Αναμετάδοσης (<i>Transmission Beacon</i>)	57
3.5.4	Πύλη (<i>Gateway</i>)	58
3.5.5	Σημείο Ελέγχου (<i>Hub</i>)	58
3.5.6	Αισθητήρας (<i>Sensor</i>)	58
3.5.7	Ατομικός εξοπλισμός υψηλής τεχνολογίας ενός μαχητή	60
3.6	Συλλογή δεδομένων μάχης	64
3.7	Επίβλεψη υγείας μαχητή	65
3.8	Αναγνώριση εχθρού	67
3.9	Διαχείριση εξοπλισμού και οχημάτων	69
3.10	Διαδικασίες εξοικείωσης του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης από τον άνθρωπο	71
3.11	Έξυπνες βάσεις	74
3.12	Διαχείριση δεδομένων και ανάλυση	76
4	Συνδεσιμότητα δικτυακών αντικειμένων μάχης	79
4.1	Τύποι σύνδεσης	79
4.2	Διασφάλιση συνδεσιμότητας	89
4.2.1	Μοντέλα επικοινωνίας	97
4.2.2	Ασφάλεια και κυβερνοεπιθέσεις	98
4.2.3	Η σύνδεση μεταξύ αντικειμένων μάχης με την ψηφιακή πραγματικότητα	102
4.2.4	Διάγραμμα διαδικτύου αντικειμένων μάχης	104
4.3	Διαδίκτυο αντικειμένων μάχης και εναλλακτικές τεχνολογίες	105
4.4	Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης σήμερα	107
5	Επίλογος	110
	Βιβλιογραφία	116

Ακρωνύμια

AI	Artificial Intelligence
ARL	(United States) Army Research Laboratory
BLE	Bluetooth Low Energy
C4I	Command, Control, Coordination, Communication & Intelligence
DMHF	Decision Making Human Factor
DOD	Department of Defence
FBCB2	Force XXI Battle Command Brigade and Below
GPS	Global Positioning System
IMU	Inertial Measurement Unit
IOBT	Internet Of Battle Things
ISR	Intelligence, Surveillance & Reconnaissance
IVAS	Integrated Visual Augmentation System
LAN	Local Area Network
MDT	Mutual Data Transportation
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NB-IoBT	Narrowband- IoBT
OODA Loop	Observe – Orient – Decide – Act Loop
PEO-S	Program Executive Office-Soldier
RFID	Radio Frequency Identification
UAS	Unmanned Aerial Systems

UAV	Unnamed Aerial Vehicles
WAN	Wide Area Network
WSN	Wireless Sensor Network
ΔΑΜ	Δικτυακά Αντικείμενα Μάχης

Περίληψη

Η διπλωματική εργασία, επικεντρώνεται στην μελέτη των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης καθώς και στο πλαίσιο που αυτά εφαρμόζονται. Συγκεκριμένα θα αναλυθούν οι τύποι και οι δυνατότητες των Δικτυακών Αντικειμένων Μάχης. Επιπρόσθετα, θα παρουσιαστούν οι τρόποι σχετικά με τεχνολογίες διασύνδεσης για την υποστήριξη και αξιοποίηση των πληροφοριών του πεδίου μάχης.

Στο πρώτο κομμάτι της εργασίας αναλύεται ο ρόλος των Δικτυακών Αντικειμένων Μάχης καθώς και οι λόγοι που είναι σημαντική η ανάπτυξη της τεχνολογίας αυτής. Επιπλέον παρουσιάζονται προκλήσεις που δημιουργούνται από την καινοτόμα τεχνολογία. Στην συνέχεια αναφέρονται οι τεχνολογίες που προκύπτουν από το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης καθώς και η κατηγοριοποίηση αυτών.

Το δεύτερο μέρος της εργασίας αναλύεται ενδελεχώς η δομή ενός Δικτυακού Αντικειμένου Μάχης καθώς και τρόποι εφαρμογής αυτών. Κλείνοντας πριν την απαρίθμηση των συμπερασμάτων που προκύπτουν από το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης, επεξηγούνται οι τρόποι διασύνδεσης των Αντικειμένων Μάχης καθώς και το πως επιτυγχάνεται η διασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ αυτών.

Λέξεις Κλειδιά: Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης, Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Στρατιωτικές Εφαρμογές

Abstract

The thesis focuses on the study of Internet of Things (IoT) technologies and the context in which they are applied. Specifically, the types and capabilities of Network Battle Items will be analyzed. In addition, ways of connecting technologies to support and leverage battlefield intelligence will be presented.

In the first part of the work, the role of Networked Battle Objects is analyzed as well as the reasons why the development of this technology is important. In addition, challenges created by innovative technology are presented. The following are the technologies resulting from the Internet of Battle Objects as well as their categorization.

The second part of the work thoroughly analyzes the structure of a Network Battle Object as well as ways of applying them. Closing before the enumeration of the conclusions arising from the Internet of Battle Objects, the ways of interconnecting the Battle Objects are explained as well as how the assurance of communication between them is achieved.

Keywords: *Internet of Battle Things, Internet of Things, Military Applications*

1

Εισαγωγή

1.1 Μελέτη του Διαδικτύου των Πραγμάτων σε Στρατιωτικές Εφαρμογές

Η χρήση του διαδικτύου αντικειμένων μάχης σε πραγματικές συνθήκες είναι μία απαιτητική και ταυτόχρονα άκρως νευραλγική διαδικασία. Οι δύο σημαντικότεροι πυλώνες, που συνιστούν και διαμορφώνουν την διαδικασία αυτοί είναι η μηχανική μάθηση ή μηχανική νοημοσύνη σε συνδυασμό με τις διασυνδεδεμένες επικοινωνίες (network communications). Πάνω σε αυτούς τους πυλώνες οριοθετείται και ταυτόχρονα δομείται όλη η χρήση του διαδικτύου αντικειμένου μάχης και σε συνδυασμό με παράγοντες, όπως η σωστή και ασφαλής συνδεσιμότητα, η ταχύτητα και η ευελιξία και η απρόσκοπτη αμφίδρομη διάδοση πληροφοριών (Mutual Data Transportation) πραγματοποιείται και διαμορφώνεται ένα ρεαλιστικό πλαίσιο, μέσα στο οποίο η τεχνολογία αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πραγματικές συνθήκες και στο πεδίο μάχης [1].

Τα αντικείμενα μάχης, είτε πρόκειται για αμυντικά συστήματα, είτε για μηχανισμούς ρίψης πυρομαχικών ή ακόμα για απλά μέσα αποθήκευσης, κωδικοποίησης και μετάδοσης συγκεκριμένων πληροφοριών παράγουν καλύτερα αποτελέσματα, όταν λειτουργούν με μεγαλύτερες ταχύτητες και όταν επικοινωνούν σωστά μεταξύ τους κάτω από τις κατάλληλες συνθήκες συνδεσιμότητας [2].

Ο πιο βασικός σκοπός, που εξυπηρετεί η εγκατάσταση και η υλοποίηση της δράσης των αντικειμένων μάχης μέσω του διαδικτύου είναι να υπάρχει η δυνατότητα, ώστε να δίνονται όσο το δυνατόν γρηγορότερα και ακριβέστερα οδηγίες και πληροφορίες στον μαχητή αλλά και στα άμεσα ενδιαφερόμενα στελέχη, που συντονίζουν και άγονται μίας πολεμικής επιχείρησης. Σύμφωνα με έρευνες έχει υπολογιστεί πως μέσα στα επόμενα είκοσι (20) χρόνια η χρήση του διαδικτύου αντικειμένου μάχης σε πραγματικές πολεμικές συνθήκες θα είναι μία διαδεδομένη πραγματικότητα για την πλειονότητα των πολεμικών δυνάμεων τόσο της Ευρώπης όσο και της Ασίας και της Αμερικής [3].

Πρωταγωνιστικό ρόλο στην χρήση αυτού του είδους διαδικτύου κατέχουν τα αντικείμενα (things), τα οποία μπορούν να αποτελούν απλές συσκευές μετάδοσης μηνυμάτων, ραντάρ αναγνώρισης, μη επανδρωμένα αεροχήματα (UAV: unnamed aerial vehicles) και οποιαδήποτε άλλη συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά με σκοπό την επικοινωνία, την δράση, τον εντοπισμό, την αναγνώριση και την άμεση συνεργασία με μαχητές. Τα αντικείμενα αυτά, που αναφέρονται αλλιώς και με τον όρο «entities» μπορούν να σχετίζονται με οπλικά συστήματα, πολεμικά εφόδια, οχήματα ή ακόμη και συσκευές, που τοποθετούνται στους μαχητές [4].

Αυτό, που είναι σημαντικό να αναφερθεί, πριν πραγματοποιηθεί η ανάλυση της εφαρμογής των συγκεκριμένων τεχνολογιών στο πεδίο μάχης είναι πως τα αντικείμενα αυτά πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι υποστηρικτικά και πως τουλάχιστον τη δεδομένη χρονική στιγμή δεν είναι δυνατόν να αντικαταστήσουν τον παράγοντα της ανθρώπινης κρίσης και ιδιαίτερα τον παράγοντα της στρατιωτικής χρήσης, ειδικά εφόσον πρόκειται για ευαίσθητα αμυντικά ζητήματα ή για ζητήματα εθνικής κυριαρχίας και εξασφάλισης συγκεκριμένων συμφερόντων, που υπόκεινται σε διπλωματικές και διακρατικές σχέσεις.

Η χρήση των αντικειμένων μάχης μέσω του διαδικτύου σε πραγματικές πολεμικές συνθήκες και έξω από τα πειραματικά και εργαστηριακά πλαίσια δεν είναι μία απλή υπόθεση, δεδομένου ότι πρόκειται για μία νέου τύπου τεχνολογία, η χρήση της οποίας θα πρέπει να πραγματοποιηθεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και κάτω από συγκεκριμένα πρότυπα έγκρισης και εφαρμογής.

Στη συνέχεια λοιπόν, θα ακολουθήσει μία εμπειριστατωμένη ανάλυση, η οποία έχει ως βασικό σκοπό να αναλύσει όλες εκείνες τις μεθόδους, με τις οποίες η συγκεκριμένη τεχνολογία μπορεί να αναπτυχθεί στη μάχη κάτω από πραγματικές συνθήκες. Επίσης θα δοθεί έμφαση στον τρόπο με τον οποίο τα δικτυακά αντικείμενα μάχης παραμένουν συνεχώς συνδεδεμένα, προκειμένου να παρέχουν ζωντανή και άμεση πληροφόρηση και να καθιστούν τον μαχητή και τα διοικητικά στελέχη επαρκώς ενημερωμένα για την κατάσταση.

1.2 Αντικείμενο διπλωματικής

Είναι αναγκαία η ανάλυση και η μελέτη των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί και στην επεξήγηση των μεθόδων ανάπτυξης των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης στο επιχειρησιακό περιβάλλον.

Πριν αναφερθεί η σημαντικότητα του τρόπου διασύνδεσης των συσκευών που υλοποιούν αυτό το δίκτυο, καθώς και η υποστήριξη της ασφαλούς και σε πραγματικό χρόνο αξιοποίησης των πληροφοριών του πεδίου μάχης, θα πρέπει να γίνει λόγος για την αναγκαιότητα και τα πολλαπλά οφέλη που μπορεί να παρέχει στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης η χρήση των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροχημάτων.

1.3 Δομή της διπλωματικής

Τα μέρη τα οποία θα παρουσιαστούν παρακάτω είναι τα ακόλουθα. Το πρώτο μέρος αφορά την κατηγοριοποίηση και την μελέτη των τεχνολογιών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Στην συνέχεια, θα αναλυθούν οι τρόποι εφαρμογής του Internet of Battle Things και το πως τα Δικτυακά Αντικείμενα Μάχης (Δ.Α.Μ.) παραμένουν συνεχώς διασυνδεδεμένα προκειμένου να επιτευχθούν όλες οι ενέργειες που είναι απαραίτητες για την άντληση των πληροφοριών που χρειάζεται ο μαχητής. Τέλος, θα επισημανθεί η

αναγκαιότητα της ύπαρξης μηχανισμών για την υποστήριξη της ασφαλούς διασύνδεσης των Δ.Α.Μ.

2

Ποιος είναι ο ρόλος του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης

2.1 Σύντομο Ιστορικό

Η αφομοίωση της έννοιας του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης (Internet of Battle Things), είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την επεξήγηση της αντίστοιχης έννοιας, του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things). Η ειδοποιός διαφορά είναι ότι η χρήση των έξυπνων συσκευών γίνεται προς όφελος των στρατιωτικών μονάδων και στην σχεδίαση των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Είναι αδύνατον οι νέες τεχνολογίες να μην γίνονται αντικείμενα εκμετάλλευσης από στρατιωτικούς οργανισμούς. Μέσα από την χρήση των τεχνολογιών της τεχνητής νοημοσύνης και των διαδικτυακών επικοινωνιών, πραγματοποιείται η εμφάνιση του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Αναμφίβολα η χρήση έξυπνων αντικειμένων δίνει την δυνατότητα για αποτελεσματικότερη μετάδοση πληροφοριών μεταξύ αυτών. Η ίδια συνθήκη ισχύει και για τις έξυπνες συσκευές, οι οποίες χρησιμοποιούνται στο περιβάλλον των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Ειδικότερα, αυτή η επικοινωνία μεταξύ των αντικειμένων μπορεί να εξυπηρετήσει καλύτερα τους ανθρώπους που εμπλέκονται στον πόλεμο.

Είναι κοινός αποδεκτό ότι το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης αποτελεί μια πραγματικότητα, ενώ συνάμα είναι πιθανό να κυριαρχήσει σε στρατιωτικές επιχειρήσεις στο άμεσο μέλλον. Επιπροσθέτως, το πεδίο μάχης του μέλλοντος, θα αποτελείται από πολλά αντικείμενα, είτε έξυπνα είτε με περιορισμένες δυνατότητες [5].

Με το πέρασμα των χρόνων, παρατηρούμε μια ανοδική εξέλιξη της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, η οποία όπως είναι φυσικό προήλθε έως ένα βαθμό από τη στρατιωτική προσπάθεια. Αρχικά, ένα ιστορικό παράδειγμα χρονολογείται κατά την διάρκεια της δεκαετίας του 1960, στην περίοδο του Ψυχρού Πολέμου, το οποίο είχε ως σκοπό την εξέλιξη των δικτυακών αισθητήρων και μικροϋπολογιστών συστημάτων χαμηλής ισχύος σε αμυντικές εφαρμογές. Συγκεκριμένα, η παραπάνω καινοτομία επιτεύχθηκε από τον αμερικανικό στρατό, καθώς με την χρήση ασύρματων δικτυακών αισθητήρων υλοποιήθηκε τόσο ο εντοπισμός, όσο και η παρακολούθηση σοβιετικών υποβρυχίων. Ένα παράδειγμα αποτέλεσε το Σύστημα Ηχητικής Επιτήρησης, με λίγα λόγια ένα δίκτυο υποβρυχίων ακουστικών αισθητήρων, όπου τέθηκαν σε όλο τον Ατλαντικό και τον Ειρηνικό Ωκεανό, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν ως υποβρύχιοι σταθμοί ακρόασης και με δυνατότητα μεταφοράς της πληροφορίας σε επίγειες εγκαταστάσεις. Σε αυτό το σημείο, είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, μεγάλο μέρος από τις τεχνολογίες αισθητήρων και δικτύωσης που ανέπτυξε το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, κατά τη διάρκεια αυτής της χρονικής περιόδου, λειτουργήσαν ως θεμέλιο για σύγχρονα συστήματα του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Επιπλέον, στα τέλη της δεκαετίας του 1960, το συγκεκριμένο Υπουργείο συνέβαλε στην δημιουργία, του πρώτου στον κόσμο δικτύου μεταγωγής πακέτων ονομαζόμενο ARPANET, το οποίο αποτελεί ένα πρώιμο στάδιο του Διαδικτύου. Με αυτό παρέχονταν η δυνατότητα σε γεωγραφικά διασκορπισμένους στρατιωτικούς επιστήμονες, να ανταλλάσσουν πληροφορίες ώστε να τεθούν οι βάσεις για μελλοντική έρευνα του Διαδικτύου των Πραγμάτων.

Κατά την περίοδο του 1980 έως το 1990, η Υπηρεσία Προηγμένων Αμυντικών Έργων των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής σύναψε επίσημα συνεργασία με ακαδημαϊκούς ερευνητές στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) και στο Πανεπιστήμιο Carnegie Mellon για την περαιτέρω ανάπτυξη κατανεμημένων, ασύρματων δικτυακών αισθητήρων. Αυτό το γεγονός αποτέλεσε το έναυσμα ώστε η έρευνα για την ανάπτυξη στις ασύρματες τεχνολογίες αισθητήρων να εξαπλωθεί σε όλη την ερευνητική κοινότητα χωρίς να έχει αποκλειστική χρήση σε στρατιωτικές εφαρμογές.

Η ανάπτυξη της εν λόγω τεχνολογίας χρησιμοποιήθηκε στον βιομηχανικό τομέα ως αυτοματισμοί για την διανομή ισχύος και την επεξεργασία λυμάτων των εργοστασίων. Επιπρόσθετα στην ίδια χρονική περίοδο, το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών

Αμερικής, επένδυσε σε μεγάλο βαθμό στη μείωση του όγκου ολοκληρωμένων κυκλωμάτων, με στόχο την επίτευξη πολλαπλών προτερημάτων με μικροσκοπικά τσιπ υπολογιστών. Ως αποτέλεσμα αυτής της χρηματοδότησης, η εμπορική βιομηχανία μικροηλεκτρονικής, είχε την δυνατότητα να ανακάμψει, καθώς αντιμετώπιζε ύφεση εκείνη την εποχή.

Μέχρι το τέλος της δεκαετίας του 1990, το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής είχε ανακοινώσει σχέδια για δικτυοκεντρικό πόλεμο που εξέταζε τομείς όπως την φύση, την πληροφορική και τους γνωστικούς για να ενισχύσει την ανταλλαγή πληροφοριών και τη συνεργασία. Με την έννοια του δικτυοκεντρικού πολέμου εννοείται το σύνολο των επιχειρήσεων απόκτησης υπεροχής σε επίπεδο πληροφοριών, το οποίο είναι αποτέλεσμα της αυξημένης ισχύος στο πεδίο της μάχης, με την χρήση της δικτύωσης οπλικών συστημάτων, αισθητήρων, δορυφόρων και κέντρων λήψης αποφάσεων. Σκοπός ήταν να υπάρξει κοινή κατανόηση της υπάρχουσας τακτικής κατάστασης, ταχύτητα στην λήψη αποφάσεων, συγχρονισμός και αυξημένη βιωσιμότητα των συμμαχικών δυνάμεων και αποτελεσματική χρήση των οπλικών συστημάτων [6]. Αρχικές εφαρμογές που αναπτύχθηκαν και ξεκίνησαν να προσαρμόζονται στα στρατιωτικά πλαίσια ήταν η τεχνολογία Nett Warrior, η οποία στο πρώτο στάδιο αναφερόταν ως Σύστημα Στρατιωτών Εδάφους και το Force XXI Battle Command Brigade and Below Communication platform.

Αρχικά, το Nett Warrior αποτελεί ένα σύστημα επίγνωσης κατάστασης σε διάρκεια πολεμικών δραστηριοτήτων, ώστε να μεταδίδει τις πληροφορίες του, στους κατά περιοχές επικεφαλής των στρατιωτικών τμημάτων. Επιπλέον η εν λόγω τεχνολογία επιφέρει μεγάλο όγκο πληροφοριών στην επίγνωση της κατάστασης, επιτρέποντας έτσι ταχύτερες και ακριβέστερες επιλογές στην διάρκεια της πολεμικής επιχείρησης. Επιπρόσθετα, με τις προηγμένες δυνατότητες πλοήγησης, των συστημάτων επίγνωσης κατάστασης και της ανταλλαγής πληροφοριών, οι ηγέτες έχουν την δυνατότητα αποφυγής των φίλιων πυρών και είναι αποτελεσματικότεροι στην εκτέλεση της αποστολής τους.

Επίσης, το εν λόγω πρόγραμμα έδωσε βαρύτητα στην ανάπτυξη του συστήματος επίγνωσης κατάστασης, το οποίο με την σειρά του, έχει τη δυνατότητα γραφικής εμφάνισης της θέσης σε έναν ψηφιακό χάρτη με γεωγραφική αναφορά, καθώς και επιπλέον θέσεις υπόλοιπων στρατιωτών. Η διασύνδεση της τεχνολογίας επιτυγχάνεται μέσω ενός

ασφαλούς δικτύου ασυρμάτων, που μεταδίδονται πληροφορίες, συνδέοντας έτσι και τον επικεφαλής στο δίκτυο. Αυτοί οι ασύρματοι, παρέχουν ακόμη δεδομένα και πληροφορίες ώστε ο ηγέτης να λάβει την καλύτερη δυνατή απόφαση καθώς θα είναι σε θέση να έχει πλήρη εικόνα της τακτικής κατάστασης.

Μία έκδοση του Nett Warrior, χρησιμοποιούσε ένα έξυπνο τηλέφωνο το οποίο τοποθετούνταν στην εξάρτηση των στρατιωτών και σε αυτό λειτουργούσε μία στρατιωτική έκδοση λειτουργικού συστήματος, το οποίο ταυτόχρονα παρείχε υψηλές δυνατότητες με μείωση στο μαχητικό φορτίο και το υλικοτεχνικό αποτύπωμα του στρατιώτη.

Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος Executive Office-Soldier (PEO-S) ως κομμάτι της επικέντρωσης του στρατού στον τακτικό εκσυγχρονισμό του δικτύου, η εφαρμογή μίας συσκευής χρήστη που τοποθετείται στο στήθος και έχει σχεδιαστεί για να λειτουργήσει και να προσφέρει καλύτερο σχεδιασμό, παρακολούθηση, επικοινωνία και γνώση της κατάσταση του στρατιώτη κατά τις πολεμικές επιχειρήσεις. Λειτουργώντας ως βασικό στοιχείο της τεχνολογίας, η έξυπνη συσκευή παρέχει στο στρατιωτικό προσωπικό γνώση της τοποθεσίας του υπόλοιπου τμήματος, καθώς επίσης και δυνατότητα αναμετάδοσης μηνυμάτων κειμένου και άλλων πληροφοριών, τόσο σε κατώτερα κλιμάκια όσο και σε διοικητές μέσω κρυπτογραφημένων τακτικών ασυρμάτων.

Κατά την διεξαγωγή δοκιμών για το εν λόγω πρόγραμμα, αγοράστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν έξυπνα τηλέφωνα που κατασκευάστηκαν στο ελεύθερο εμπόριο και στα οποία εγκαταστάθηκε το λογισμικό του Nett Warrior το οποίο αναπτύχθηκε σε ασφαλές δίκτυο εσωτερικά του στρατού. Σκοπός των δημιουργών της καινοτόμου τεχνολογίας ήταν να υποστηρίξουν την εμπορική βιομηχανία και να είναι σε θέση να προσαρμόζονται συνεχώς στα νέα δεδομένα που προκύπτουν.

Όπως είναι γνωστό, τα έξυπνα τηλέφωνα συνδέονται μέσω σειριακής θύρας με τον ασύρματο ενός στρατιώτη και δίνεται η δυνατότητα μεταφοράς δεδομένων μεταξύ των συσκευών. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος των δυνατοτήτων που παρέχονται από το κινητό τηλέφωνο, όπως για παράδειγμα οι κεραίες κινητής τηλεφωνίας, το Wi-Fi και το Bluetooth απενεργοποιούνται από τους τεχνίτες του στρατού, προτού να εγκατασταθεί σε

αυτό ένα σύστημα Nett Warrior. Τέλος, μέσα από την έκδοση του λειτουργικού συστήματος Android, η οποία είχε εγκριθεί από την εθνική υπηρεσία ασφαλείας, στόχευε στην μελλοντική ενσωμάτωση της εφαρμογής στις συσκευές με μετάφραση ξένων γλωσσών [7].

Η δεύτερη τεχνολογία που θα αναλυθεί είναι αυτή του Force XXI Battle Command Brigade and Below (FBCB2). Συγκεκριμένα αποτελεί, μια πλατφόρμα επικοινωνίας που βασίζεται σε λειτουργικό σύστημα Linux. Η δημιουργία της εν λόγω πλατφόρμας αποσκοπεί στην χρήση της από διοικητές τμημάτων και έχει ως πρωταρχικό στόχο την παρακολούθηση τόσο των φίλιων όσο και των εχθρικών δυνάμεων κατά την διεξαγωγή επιχειρήσεων στο πεδίο της μάχης. Επιπροσθέτως, αυξάνει την κατανόηση της κατάστασης από τους επικεφαλής των οχημάτων για το πεδίο της μάχης, μέσω της συλλογής πληροφοριών σχεδόν σε πραγματικό χρόνο με βάση τις τοποθεσίες των οχημάτων που αυτά καταλαμβάνουν στο πεδίο της μάχης. Στη συνέχεια οι πληροφορίες αυτές αναφέρονται γραφικά και ανταλλάσσονται με μορφές μηνυμάτων κειμένου.

Η ανάπτυξη της εφαρμογής ξεκίνησε το 1997. Κατά το έτος 1998 η μεραρχία που χρησιμοποιούσε την εν λόγω τεχνολογία πραγματοποίησε μια δοκιμή περιορισμένων χρηστών, τοποθετώντας το σύστημα στον εξοπλισμό και έτσι εγκρίθηκε για παραγωγή. Αμέσως μετά δοκιμάστηκε και εφαρμόστηκε στο πλαίσιο της ιδέας Force XXI που προέκυψε από την Επιχείρηση Desert Storm/Shield. Για πρώτη φορά το παρόν σύστημα χρησιμοποιήθηκε σε πραγματικές στρατιωτικές επιχειρήσεις το 1998 στη χώρα της Γιουγκοσλαβίας.

Το έτος 2003, η εφαρμογή διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στις επιχειρήσεις στο Ιράκ και το Αφγανιστάν. Αξιοσημείωτο στοιχείο αποτέλεσε ότι μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα, σχεδόν 160.000 συστήματα παρακολούθησης είχαν ξεκινήσει εργασίες με κύριο στόχο την υλοποίηση αυτής. Κατά την διάρκεια μιας συμφωνίας που πραγματοποιήθηκε από τον Στρατό των Ηνωμένων Πολιτειών και το Σώμα των Πεζοναυτών των Ηνωμένων Πολιτειών, τυποποιήθηκε μια καινούργια παραλλαγή του συστήματος η οποία ονομάζεται Κοινή Πλατφόρμα Διοίκησης Μάχης. Ειδικότερα το σύστημα FBCB2 και το σύστημα BFT, που αποτελεί την παραλλαγή του πρώτου, είχαν αποσπασθεί πληθώρα βραβείων όπως και διακρίσεων, με σημαντικότερη μεταξύ αυτών την αναγνώριση το 2001 ως ένα από τα

πέντε καλύτερα διαχειριζόμενα προγράμματα λογισμικού σε ολόκληρη την κυβέρνηση των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής [8].

Παρόλα αυτά, το ενδιαφέρον για την έρευνα του Διαδικτύου των Πραγμάτων στο στρατό άρχισε να μειώνεται, διότι η εμπορική βιομηχανία εξέλιξε την νέα τεχνολογία με διαφορετικούς τρόπους. Σε αντίθεση με αυτό το γεγονός, το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής συνέχισε να εκμεταλλεύεται εξελιγμένους αισθητήρες, έξυπνα συστήματα επεξεργασίας πληροφοριών και δίκτυα επικοινωνιών στην αμυντική βιομηχανία του στρατεύματος. Λόγω της μεγάλης ανησυχίας για την ασφάλεια και την ακεραιότητα στην μεταβίβαση πληροφοριών μεταξύ των έξυπνων συσκευών, λίγα στρατιωτικά συστήματα έχουν εκμεταλλευτεί πλήρως από την τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων, όπως οι δικτυακοί αισθητήρες και η τεχνολογία αυτοματοποιημένης απόκρισης. Τέλος από το 2019, η έρευνα στη σύγχρονη τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων στα πλαίσια του στρατού άρχισε να ανακτά σημαντική υποστήριξη από τον Στρατό, το Ναυτικό και την Πολεμική Αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής [9].

2.2 Σκοπός και αναμενόμενη ανάπτυξη της τεχνολογίας

Το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης είναι μια κατηγορία Διαδικτύου των Πραγμάτων για στρατιωτικές μονάδες, ώστε να χρησιμοποιηθεί σε πόλεμο και πολεμικές επιχειρήσεις. Αποτελεί ένα πολύπλοκο δίκτυο διασυνδεδεμένων οντοτήτων ή πραγμάτων στον στρατιωτικό τομέα, που επικοινωνούν συνεχώς μεταξύ τους για να συντονίσουν, να ανταλλάσσουν πληροφορίες και να αλληλοεπιδρούν με το φυσικό περιβάλλον με σκοπό να ολοκληρώσουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων με πιο αποτελεσματικό και αξιόπιστο τρόπο. Η έννοια του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης είναι συνδεδεμένη σε σημαντικό βαθμό, με την πεποίθηση ότι το πεδίο μάχης στο εγγύς μέλλον θα είναι διαφορετικό. Προβλέπεται ότι οι στρατιωτικές μάχες θα κυριαρχούνται από τεχνητή νοημοσύνη και από κυβερνοπόλεμο, αφήνοντας πίσω την επικράτηση με την αποδοτικότερη χρήση τακτικών κινήσεων και την επικρατέστερη ισχύ πυρός, ενώ παράλληλα ο αναμενόμενος χώρος αντιπαράθεσης στρατιωτικών επιχειρήσεων θα λαμβάνει χώρα σε αστικό περιβάλλον. Η δημιουργία ενός μικροσκοπικού οικοσυστήματος έξυπνης τεχνολογίας, ικανού να αντλεί

και να διαχειρίζεται αισθητηριακές πληροφορίες και συνάμα να εκτελεί αυτόνομα πολλαπλές εργασίες. Οι συσκευές του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης σχεδιάστηκαν για να απαλλάξουν μεγάλο μέρος του σωματικού και ψυχικού φορτίου που αντιμετωπίζουν οι μαχητές σε ένα περιβάλλον μάχης.

Κατά την εξέλιξη της τεχνολογίας, έχουν χρησιμοποιηθεί αρκετοί διαφορετικοί όροι για να περιγράψουν τη χρήση της. Μερικοί από αυτούς αφορούν την προσαρμογή με την τεχνολογία του Διαδικτύου των Πραγμάτων και την περαιτέρω χρήση των συσκευών για αναγνώριση, για επιτήρηση περιβάλλοντος, για μη επανδρωμένο πόλεμο και για άλλους σκοπούς μάχης. Πιο συγκεκριμένα οι όροι αυτοί παρουσιάζονται ως Στρατιωτικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων, Διαδίκτυο των πραγμάτων μάχης και Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης.

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων αναφέρεται σε φυσικά αντικείμενα ή σε ομάδες τέτοιων αντικειμένων, που είναι ενσωματωμένα με αισθητήρες, με δυνατότητες επεξεργασίας, με λογισμικό και άλλες τεχνολογίες που συνδέονται και ανταλλάσσουν πληροφορίες με άλλες συσκευές και συστήματα μέσω του διαδικτύου ή άλλων δικτύων επικοινωνιών [9].

Κατά το έτος 2050, οι εξελίξεις των τεχνολογιών της πληροφορικής και των επικοινωνιών, αναμένεται να αναδιοργανώσουν το πεδίο της μάχης από το όπως παρουσιάζεται μέχρι σήμερα. Συγκεκριμένα, αναμένεται συστήματα να λαμβάνουν, να αποθηκεύουν, να οργανώνουν, να συγχωνεύουν και να ανταλλάσσουν δεδομένα που θα υποστηρίζουν ένα ευρύ φάσμα διαδικασιών εντολών και ελέγχου, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης, της εξαγωγής συμπερασμάτων, του σχεδιασμού, της λήψης αποφάσεων και της συνεργασίας μεταξύ στρατιωτικών μονάδων και προσωπικού και με συσκευών. Επιπρόσθετα, τα πληροφορικά συστήματα και τα αντίστοιχα του κυβερνοπολέμου θα βελτιώσουν την ικανότητα των στρατιωτικών μονάδων να παραπλανούν, να διαταράσσουν, να υποβαθμίσουν και να εμποδίζουν τις δυνατότητες των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών των αντιπάλων [3].

2.3 Τομείς που χρειάζονται εκσυγχρονισμό, στα πλαίσια της μάχης

Ο αντίκτυπος στην βιομηχανία αμυντικών έργων κάθε στρατού, οφείλει να λαμβάνει υπόψη τον σημαντικό ρόλο που έχει ο εκσυγχρονισμός των στρατιωτών. Σε αυτό επηρεάζει το μεγάλο φάσμα των διαφορετικών τεχνολογιών και δυνατοτήτων οι οποίες αναπτύσσονται σε σκοπούς ενίσχυσης των στρατιωτικών συστημάτων. Η όλο και περισσότερο τάση για ψηφιοποίηση του θεάτρου επιχειρήσεων, σε διάφορους τομείς έχει προσθέσει πολλά στρατηγικά οφέλη για το σύγχρονο πεζικό, καθώς έχει ως αποτέλεσμα μια συνολική αναθεώρηση εξοπλισμού για το στρατιωτικό προσωπικό σε όλο τον κόσμο.

Τα βασικά θέματα για τα οποία απαιτείται ο εκσυγχρονισμός των στρατιωτικών μονάδων είναι η θνησιμότητα, η επιβίωση, η ευελιξία, η επίγνωση της κατάστασης και η βιωσιμότητα.

Αρχικά, η κατηγορία της θνησιμότητας αφορά την ανάγκη για υποστήριξη κάθε στρατιώτη ώστε να αυξηθούν τα θανατηφόρα αποτελέσματα που έχουν οι ενέργειές του. Η θνησιμότητα αποτελεί προτεραιότητα στα περισσότερα προγράμματα εκσυγχρονισμού και ο λόγος είναι η αυξανόμενη απειλή της σύγκρουσης μεταξύ των αντιπάλων.

Από την άλλη πλευρά, η επιβίωση στο σύγχρονο πεδίο μάχης, καθώς τα πυροβόλα όπλα και τα άλλα συστήματα όπλων έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση στη θνησιμότητα και την πολυπλοκότητα. Οι αντίπαλοι οφείλουν να είναι σε θέση να αναπτύξουν προηγμένες οπλισμένες και μη επανδρωμένες πλατφόρμες με πυρομαχικά, καθώς και χημικές, βιολογικές, ραδιενεργές ή πυρηνικές δυνάμεις.

Η τρίτη κατηγορία που απαιτείται εκσυγχρονισμός είναι αυτή της επίγνωσης της κατάστασης. Παρά το γεγονός ότι, η ενίσχυση της ευαισθητοποίησης της κατάστασης είναι ο σημαντικότερος παράγοντας για τις πρωτοβουλίες εκσυγχρονισμού των στρατιωτών, η συνεχιζόμενη ψηφιοποίηση στο πεδίο μάχης κατά την δεδομένη χρονική περίοδο και η διεξαγωγή του πολέμου, έχει ενισχύσει σε μεγάλο βαθμό τη σημασία όλης της τεχνολογίας.

Αυτό μπορεί να ενισχύσει την ευαισθητοποίηση της κατάστασης και να προσφέρει μία κοινή εικόνα σε όλα τα τμήματα της διοίκησης.

Με τον όρο ευκινησία, ως προς τον εκσυγχρονισμό των στρατιωτικών μονάδων, υποδηλώνεται η ικανότητα του στρατιώτη να αλλάζει, τη θέση, την επανατοποθέτηση ή τον ελιγμό σε οποιοδήποτε περιβάλλον, με αποτέλεσμα την απόκτηση πληροφοριών, επιτήρησης και αναγνώρισης της παρουσίας εχθρικών δυνάμεων και αποφυγής δυνητικά θανατηφόρων απειλών. Πρόκληση αποτελεί η ικανότητα ενός στρατιωτικού τμήματος να διατηρεί τη βέλτιστη ευελιξία, περιορίζοντας άμεσα το βάρος και τους εργονομικούς παράγοντες του εξοπλισμού που φέρει. Ακόμα, οι μελέτες σε περιπτώσεις από τις πρόσφατες συγκρούσεις είχαν ως αποτέλεσμα ότι το στρατιωτικό προσωπικό με συμβατικό εξοπλισμό κινδυνεύει να υποστεί μυοσκελετικούς τραυματισμούς, περιορίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ευελιξία του τμήματος και την αποτελεσματικότητά του στη μάχη.

Εφόσον οι στρατιωτικές μονάδες σε όλο τον κόσμο συνεχίζουν να επιδιώκουν των εκσυγχρονισμό των τμημάτων τους με αντίστοιχα προγράμματα, ένα επαναλαμβανόμενο ζήτημα αφορά τις βελτιώσεις των συστημάτων, για το εάν δύναται να είναι οικονομικά και βιώσιμα. Είναι γεγονός ότι, οι πρόσφατες συγκρούσεις και οι στρατιωτικές επιχειρήσεις αποδεικνύουν ότι παρά την παροχή στρατευμάτων με προηγμένες επιχειρησιακές δυνατότητες, η ενέργεια που αυτά τα συστήματα απαιτούν για την τροφοδοσία τους έχει ως αποτέλεσμα ένα νέο φορτίο υλικοτεχνικής υποστήριξης για τους διοικητές.

Από τις προηγούμενες κατηγορίες προκύπτουν τα αποτελέσματα που πρέπει να έχουν οι ενέργειες εκσυγχρονισμού των στρατιωτικών δυνάμεων. Στην συνέχεια θα αναλυθούν οι τάσεις της .τεχνολογίας που επηρεάζουν αυτό το θέμα.

Για να επιτευχθεί το θετικό αποτέλεσμα στην έκβαση της μάχης και λόγω των εκτεταμένων μειώσεων από μόνιμο προσωπικό ενόπλων δυνάμεων, αναμένεται η άμεση και επιταχυνόμενη ψηφιοποίηση του σύγχρονου πεδίου μάχης. Οι στρατιωτικές δυνάμεις στοχεύουν στον εξοπλισμό των στρατιωτικών τμημάτων τους με νέες δυνατότητες, καθώς

και προστατευτικό εξοπλισμό επενδύοντας στις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις. Μερικές από αυτές τις τάσεις έχουν ως ακολούθως.

Η προσαρμοστικότητα αποτελεί μία από τις βασικές αρχές σχεδιασμού, καθώς με την αυξημένη πολυπλοκότητα λειτουργιών και με τον γρήγορο ρυθμό των τεχνολογικών εξελίξεων, εξασφαλίζεται ότι μόνο τα στρατιωτικά τμήματα που μπορούν να προσαρμόσουν τον εξοπλισμό τους σε οποιοσδήποτε συνθήκες και ανάγκες απαιτηθούν ή να δύναται να ενσωματώσουν άμεσα τις αναδυόμενες τεχνολογίες που θα παρουσιαστούν, θα επιτύχουν σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο πεδίο μάχης.

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) αποτελεί μία από τις σημαντικότερες αναδυόμενες τεχνολογικές τάσεις και στον στρατιωτικό τομέα. Θα έχει πάρα πολλές ευεργετικές εφαρμογές για άμυνα, ειδικότερα στο πλαίσιο του εκσυγχρονισμού των στρατιωτών.

Είναι γεγονός ότι, η ψηφιοποίηση του σύγχρονου πεδίου μάχης, έχει ως αποτέλεσμα την παρουσίαση μεγάλου όγκου πληροφοριών. Επομένως, η λήψη αποφάσεων από μεμονωμένο στρατιωτικό προσωπικό, εμποδίζεται από τον τεράστιο αριθμό δεδομένων που απαιτούνται να επεξεργαστούν και να ερμηνευτούν. Για αυτόν τον λόγο, η ενσωμάτωση των δυνατοτήτων AI σε στρατιωτικά συστήματα θα δώσει την δυνατότητα για την ταχεία επεξεργασία τακτικών και στρατηγικών δεδομένων, παρέχοντας με αυτόν τον τρόπο στους διοικητές και τα τμήματα μία αξιόπιστη ροή πληροφοριών για την ενίσχυση των χρόνων αντίδρασης και τη διευκόλυνση του συντονισμού της δύναμης σε μεγάλες επιχειρήσεις. Η παρουσίαση του AI επιπροσθέτως προσφέρει μείζονες επιπτώσεις στη βιωσιμότητα των μη επανδρωμένων συστημάτων. Συγκεκριμένα, δίνει την δυνατότητα στους διοικητές να αυξήσουν τη θνησιμότητα που προκαλούν τα συστήματα και με αυτόν τον τρόπο θα επιτευχθεί η επιβίωση του στρατιωτικού προσωπικού τους.

Οι κυριότερες τεχνολογίες και οι κατηγορίες προϊόντων στον κλάδο του εκσυγχρονισμού στρατιωτικών μονάδων είναι ο εξοπλισμός ένδυσης του προσωπικού, η προστασία αυτών, τα νέα είδη οπλικών συστημάτων που μπορούν να προκύψουν, τα συστήματα Διοίκησης, Ελέγχου, Επικοινωνίας, Συντονισμού και Ενοποίησης - Command, Control, Coordination, Communication & Intelligence (C4I), συστήματα Νοημοσύνης,

Επιτήρησης και Αναγνώρισης – Intelligence, Surveillance & Reconnaissance (ISR), συστήματα μη επανδρωμένων συστημάτων και τέλος συστήματα ανατροφοδότησης και ενεργειακής διαχείρισης στην υποστήριξη των επιχειρούμενων τμημάτων.

Μία από τις πιο σημαντικές προσπάθειες του εκμοντερνισμού στον στρατιωτικό τομέα είναι η ολοένα και περισσότερο κατεύθυνση στην διάθεση ενδυμάτων και ατομικού προστατευτικού εξοπλισμού που έχει δημιουργηθεί για να συμβάλει στην επιβίωση και στην ευελιξία του προσωπικού των Ενόπλων Δυνάμεων. Τον τελευταίο καιρό, μερικά προϊόντα και τεχνολογίες συντείνουν στην ευαισθητοποίηση καθώς και τη βιωσιμότητα της παρούσας κατάστασης. Η επιβίωση των στρατιωτών βρίσκεται σε εξάρτηση σε μεγάλο βαθμό από τη διαχείριση της προστασίας από σωματικές βλάβες και την προστασία σε κινδύνους που προκύπτουν από περιβαλλοντικούς παράγοντες σε όλη τη διάρκεια στρατιωτικών επιχειρήσεων.

Επιπροσθέτως, μία άλλη κύρια τεχνολογία στο πλαίσιο του εκσυγχρονισμού των στρατιωτών είναι η κατασκευή, η προσφορά και η συντήρηση των πυροβόλων όπλων και όπλων που έχουν δημιουργηθεί για να αυξήσουν το θανατηφόρο ποσοστό των τμημάτων πεζικού. Οι καινούργιες στρατιωτικές δυνάμεις μεταχειρίζονται μια σειρά διαφορετικών πυροβόλων όπλων για να ταιριάζουν στις συνεχείς απειλές που παρατηρούνται στο πεδίο της μάχης. Ορισμένα ατομικά όπλα, όπως παραδείγματος χάρη τουφέκια, караμπίνες, πιστόλια, κυνηγετικά όπλα, ελαφριά πολυβόλα και χειροβομβίδες, ως επί τω πλείστων δίνονται σε στρατιώτες σε ατομική βάση. Παράλληλα τα πληρώματα πιο σύνθετου οπλισμού εξυπηρετούνται με πυροβόλα όπλα όπως αυτόματα οπλοπολυβόλα και αυτόματους εκτοξευτές χειροβομβίδων.

Είναι αξιοσημείωτο επισήμανσης ότι κατά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες η τεχνολογία συστημάτων C4I εμφανίζει μια τεράστια ανάπτυξη καθώς χρησιμοποιούνται συνεχώς στη δικτύωση μάχης και στο υπολογιστικό νέφος. Αυτές οι καινούργιες τεχνολογίες έχουν πληθώρα εφαρμογών για Διοίκηση και Έλεγχο, επικοινωνίες, συστήματα υπολογιστών, ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, συλλογή πληροφοριών, και διαχείριση δεδομένων. Τα συστήματα C4I έχουν δημιουργηθεί για να συνεπικουρήσουν στην ανάλυση και στη διάδοση τακτικών ή στρατηγικών πληροφοριών στο πεδίο μάχης, βοηθώντας τα

στρατιωτικά τμήματα να έχουν καλύτερη επίγνωση της κατάστασης, βελτιστοποιημένες δυνατότητες επιβίωσης και αποτελεσματική θνησιμότητα.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο το οποίο επηρεάζει στον εκσυγχρονισμό των στρατιωτικών συστημάτων, είναι τα συστήματα ISR. Αυτά περιέχουν όλα τα συστήματα και τις τεχνολογίες που δίνουν την δυνατότητα στους στρατιώτες ξεχωριστά να διεξάγουν βασικές δραστηριότητες κατανόησης της κατάστασης, επιτήρησης και αναγνώρισης, οι οποίες είναι αναγκαίες για την υλοποίηση της μέγιστης επιβίωσης, της θνησιμότητας και της ευαισθητοποίησης. Τα προϊόντα και οι λύσεις περιέχουν συνήθως συσκευές ηλεκτροπτικής παρακολούθησης, όπως γυαλιά νυχτερινής όρασης, θερμικές κάμερες, διόφθαλμη συστήματα, ακουστικούς αισθητήρες και λογισμικό επαυξημένης πραγματικότητας.

Μολονότι τα μη επανδρωμένα συστήματα θα δύναται να είχαν αντιμετωπισθεί ως μέρος των συστημάτων ISR, οι εξελίξεις στο πεδίο της τεχνολογίας των φορητών συσκευών μη επανδρωμένων αεροχημάτων, οδεύουν στην επέκταση του ρόλου τους πέρα από τις απλές εφαρμογές ISR για να εμπεριέχουν τη θνησιμότητα, την επιβίωση και τις εφαρμογές C4I.

Τέλος στο πεδίο της τεχνολογικής εξέλιξης των στρατιωτών είναι η χορήγηση συστημάτων ενεργειακής προμήθειας και διαχείρισης ενέργειας. Εξαιτίας πληθώρας μελλοντικών στρατιωτικών προγραμμάτων που προδιαγράφονται για το μέλλον, οι στρατιώτες αναμένεται να είναι εξοπλισμένοι με χιλιάδες ηλεκτρονικές συσκευές και συστήματα. Για αυτό υπάρχει ανάγκη να προμηθεύσουν τους στρατιώτες με αποτελεσματικά και φορητά τροφοδοτικά και συστήματα διαχείρισης της τροφοδοσίας [10].

2.4 Γιατί είναι σημαντική η ανάπτυξη της καινοτομίας

Οι στρατιωτικές καινοτομίες έχουν την τάση να αφομοιώνονται σε σημαντικό βαθμό και εκτός της στρατιωτικής εφαρμογής για την οποία δημιουργούνται. Ενδεικτικά μερικά τέτοια παραδείγματα μπορεί να αφορούν από κάτι απλό και συγκεκριμένο, όπως τα ραντάρ

και τα μη επανδρωμένα αεροχήματα, έως σε κάτι σύνθετο όπως το διαδίκτυο. Σε αυτή την κατηγορία μπορεί να ενταχθεί και το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης, το οποίο αφορά μια τεχνολογία που αναπτύχθηκε για μη στρατιωτικές εφαρμογές και υπάρχει η δυνατότητα με τη σειρά του να στρατιωτικοποιηθεί. Η τεχνολογία προς το παρόν βρίσκεται σε αρχικό στάδιο ανάπτυξης, παρόλα αυτά η προσδοκία να επιταχύνει και να αυξήσει την αποτελεσματικότητα των ενεργειών της παρατήρησης, του προσανατολισμού, της λήψης απόφασης και της εκτέλεσης διαταγών, μπορεί να συμβάλλει ένα ανεκτίμητο εργαλείο στα χέρια προηγμένων επαγγελματικών στρατών.

Πλέον, η στρατιωτική ηγεσία ενός τμήματος που είναι υπεύθυνη για την λήψη αποφάσεων, θα έχει την δυνατότητα να βρίσκεται χιλιάδες μέτρα μακριά, γεγονός που παράγει και το αποτέλεσμα για την καλύτερη εικόνα της τακτικής κατάστασης των τμημάτων της πρώτης γραμμής. Καθώς ο πόλεμος σήμερα στηρίζεται στην άμεση και αμφίδρομη διαβίβαση πληροφοριών, είναι ανάγκη να υπάρχει μια συνεχής ροή ενημερωμένων και έγκυρων πληροφοριών, για να παρέχονται γρήγορα τα δεδομένα για τις καλύτερες δυνατές αποφάσεις.

Σε μία πολεμική επιχείρηση, οι πληροφορίες ήταν και θα είναι πάντα το θεμέλιο για την έκβαση ενός αποτελέσματος. Η στρατιωτική μονάδα οι οποία γνωρίζει πληροφορίες για τα εχθρικά αλλά και τα φίλια τμήματα και δεδομένου ότι έχει την δυνατότητα να διαμοιράζεται και να μεταδίδει αυτές της πληροφορίες, την καθιστά ικανή να διατηρήσει και να αυξήσει το ανταγωνιστικό της πλεονέκτημα. Το στρατιωτικό προσωπικό πρέπει να εκμεταλλεύεται και να κατανόει τον τεράστιο όγκο και συνεχόμενες ροές πληροφοριών που λαμβάνει. Η γνώση που μπορεί να προκύψει από την ορθή χρήση του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης προσφέρει το πλεονέκτημα να χρησιμοποιηθούν ως πολλαπλασιαστής ισχύος των συλλεγόμενων πληροφοριών και τα αλλάξει την έκβαση του αγώνα.

Προς το παρόν, έχουν εκτελεστεί μελέτες για ανάπτυξη σε συστήματα διοίκησης, ελέγχου, επικοινωνιών, υπολογιστών, πληροφοριών, επιτήρησης και αναγνώρισης και σε υποδομές για τη συλλογή, ανάλυση και διάδοση δεδομένων. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης. Τα επιμέρους στοιχεία των προαναφερθέντων ενεργειών θα μπορούν επιπλέον να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για την επίγνωση

της τακτικής κατάστασης, την δυνατότητα επικοινωνίας και σχεδιασμού, ενώ παράλληλα με την χρήση συσκευών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, παρέχεται η συγκέντρωση όλων αυτών των πληροφοριών σε ένα ενιαίο οικοσύστημα. Παράδειγμα, με την χρήση πολλαπλών αισθητήρων που αναπτύσσονται σε διάφορους τομείς, επιτυγχάνεται η απόκτηση πλήρους επίγνωσης της κατάστασης και ελέγχου σε διάφορες ζώνες συγκρούσεων και περιοχές μάχης.

Η αντιμετώπιση των προκλήσεων και των εμποδίων που θα επιφέρει η εφαρμογή του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης θα συμβάλει στην ευρεία υιοθέτηση των έξυπνων αντικειμένων. Για την επιτυχημένη χρήση της τεχνολογίας, απαιτείται η απρόσκοπτη διαβίβαση πληροφοριών, ώστε να καθίσταται αποτελεσματική η λήψη των αποφάσεων που θα πραγματοποιείται και να είναι εμφανείς οι απειλές κυβερνοασφάλειας που θα εμφανίζονται. Το γεγονός αυτό αποτελεί τροχοπέδη ανεξάρτητα του προϋπολογισμού που μπορεί να διαθέσει στην αμυντική βιομηχανία της χώρας οποιαδήποτε προηγμένη ή όχι στρατιωτική δύναμη [11].

2.4.1 Ποια αποτελέσματα επιφέρει

Για το Υπουργείο Άμυνας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων αποτελεί συνιστώσα έξυπνων συσκευών, όπως στολές πεδίου μάχης, θερμοστάτες κτηρίων και οπλικά συστήματα και η δυνατότητα όλων αυτών να είναι δικτυωμένα μεταξύ τους, παρέχοντας τεράστιο όγκο δεδομένων για επίγνωση της τακτικής κατάστασης, ενώ παράλληλα παρέχεται η αποτροπή στις προκλήσεις για την ασφάλεια στον κυβερνοχώρο και την αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων.

Ο Αμερικάνικος στρατός, την παρούσα χρονική περίοδο χρησιμοποιεί κράνη με ενσωματωμένους αισθητήρες, ο οποίοι ελέγχουν και κάνουν διάγνωση εγκεφαλικών τραυματισμών. Η Κυβερνητικός Οργανισμός Προηγμένων Ερευνητικών Προγραμμάτων Άμυνας της ίδιας χώρας, χρηματοδοτεί κεφάλαια σε έρευνα ρομποτικών μελών για όσους τραυματίζονται στο πεδίο της μάχης. Επιπρόσθετα, ο κάθε στρατιώτης έχει στο φόρτο μάχης του τηλεκατευθυνόμενα μη επανδρωμένα συστήματα, για αποστολές εδάφους,

θαλάσσης ή και αέρους. Είναι αναμενόμενη στο άμεσο μέλλον η ενσωμάτωση φορητών τεχνολογιών υπολογιστών σε στολές μάχης για την παροχή περισσότερων πληροφοριών.

Η Υπηρεσία Αμυντικών Πληροφοριακών Συστημάτων συμπεριλαμβάνει το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, επομένως και την παραλλαγή του για τα Αντικείμενα Μάχης, στη λίστα με τις τεχνολογίες που πρέπει να δοθεί έμφαση. Για την πενταετία από το 2014 έως το 2019 το στρατηγικό σχέδιο του οργανισμού προέβλεπε ότι ο ραγδαίος ρυθμός εξέλιξης τεχνολογιών και προϊόντων θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση των δυνατοτήτων στα κρυπτογραφημένα ή αδιαβάθμητα τοπικά δίκτυα δεδομένων στρατού των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Μερικά παραδείγματα οποιασδήποτε κλίμακας που θα επηρεάσει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης αφορούν από την βελτιωμένη παρακολούθηση της ανεφοδιαστικής αλυσίδας των μονάδων, τη αποδοτικότερη ασφάλεια και έλεγχο κτιρίων και περιβαλλόντων χώρων ενός στρατοπέδου, μέχρι την παρακολούθηση της θέσης, των εφοδίων αλλά και της υγείας μεμονωμένων στρατιωτών.

Σύμφωνα με το διοικητικό επιτελείο του Οργανισμού Αμυντικών Πληροφοριακών Συστημάτων των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής, γίνονται αναφορές για τα οφέλη που δύναται να προσφέρει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης αλλά παράλληλα και προκλήσεις που παρουσιάζονται. Συγκεκριμένα οι επιπτώσεις για την υποστήριξη της τεχνολογίας είναι τεράστιες και είναι ανάγκη το Υπουργείο Άμυνας να διαχειριστεί και να εξαλείψει τα προβλήματα που δημιουργούνται. Ένα από αυτά, αποτελεί το γεγονός ότι, όλα είναι συνδεδεμένα στο διαδίκτυο, πράγμα που απαιτεί την μεγιστοποίηση της ασφάλειας τόσο καθώς ευαίσθητες πληροφορίες, σχετικά με τις θέσεις και την κατάσταση των τμημάτων μπορεί να γίνει αντικείμενο εκμετάλλευσης από τον εχθρό, όσο και για την αδιάλειπτη επικοινωνία των συσκευών, αφού η μη τήρηση αυτού μπορεί να προκαλέσει σύγχυση στην έκβαση των στρατιωτικών επιχειρήσεων.

Από την άλλη πλευρά, όσο περισσότερες πληροφορίες εξασφαλίζονται, τόσο πιο αποτελεσματική είναι η επίγνωση της κατάστασης μάχης από τα κέντρα λήψεων αποφάσεων. Παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι όσο αυξάνεται η πρόσβαση σε κατηγοριοποιημένα δεδομένα τόσο μεγαλύτερα είναι τα οφέλη που αποκομίζονται. Δύναται να μειωθεί ο αριθμός των θυμάτων πολέμων αν οι γιατροί και οι τραυματιοφορείς έχουν

άμεση ενημέρωση για τραυματίες καθώς και για την θέση στο πεδίο της μάχης που αυτοί βρίσκονται.

Με την χρήση της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης όλες οι συσκευές συμπεριφέρονται ως αισθητήρες παραγωγής πληροφοριών και ανταλλαγής αυτών. Αυτές οι συσκευές δεν περιορίζονται μόνο σε έξυπνα τηλέφωνα αλλά οτιδήποτε μπορεί να ενσωματωθεί κάποιο μικροκύκλωμα και να εκτελεί μια διαδικασία δημιουργίας πληροφορίας. Ο τρόπος επικοινωνίας των συσκευών πρέπει να επιτυγχάνεται τόσο ομαλά όπως τα κινητά χρησιμοποιούν κεραίες κινητής τηλεφωνίας για την συνεχόμενη εξασφάλιση του σήματος και των δεδομένων κινητής, καθώς ο χρήστης της συσκευής κινείται από μία περιοχή σε μία άλλη [12].

Οι συσκευές αυτές περιλαμβάνουν αισθητήρες, όπλα, πυρομαχικά, οχήματα, ρομπότ και συσκευές που φοριούνται από τον άνθρωπο. Οι δυνατότητές τους αφορούν στην συλλογή πληροφοριών, την επιλεκτική επεξεργασία αυτών, τη δημιουργία συμπερασμάτων μέσω των τρόπων που έχουν προγραμματιστεί για την υποστήριξη και τη δημιουργία νοημάτων, την ανάληψη και ενημέρωση συντονισμένων αμυντικών διενεργειών με σκοπό την εκτέλεση οργανωμένων πράξεων με επιπτώσεις στον εχθρό. Τα προαναφερθέντα θα εκτελεστούν συλλογικά, καθώς οι διαρκώς διασυνδεδεμένες συσκευές θα επικοινωνούν απρόσκοπτα και θα συντονίζουν, θα διαχειρίζονται, θα σχεδιάζουν και θα εκτελούν από κοινού τις ενέργειές τους.

Ωστόσο, για να πραγματοποιηθεί αυτή η ελκυστική ιδέα, θα πρέπει να αντιμετωπιστούν αρκετές σημαντικές προκλήσεις. Αρχικά, είναι σημαντικό να επιτευχθεί η αδιάλειπτη επικοινωνία μεταξύ των έξυπνων αντικειμένων. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να είναι εύκολα προσαρμοστική και ευέλικτη σε άμεσες και συνεχόμενες μεταβαλλόμενες καταστάσεις κατά τη διάρκεια στρατιωτικών αποστολών. Σε αυτό περιλαμβάνεται η οργάνωση και η διαχείριση ενός μεγάλου όγκου πληροφοριών, ώστε να επιτευχθεί η ανταλλαγή αυτών μεταξύ των συσκευών, σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η προσαρμογή, η διαχείριση και η αναδιοργάνωση του δικτύου που θα υλοποιείται, πρέπει να πραγματοποιείται αυτόνομα, δηλαδή χωρίς επέμβαση από υπηρεσίες υποστήριξης και συντήρησης του δικτύου, για να αποφευχθεί η ανάγκη ύπαρξης στρατιωτικών τεχνιτών τηλεπικοινωνίας. Επιπλέον, οι στρατιώτες στο πεδίο της μάχης και με την πίεση που αυτό

επιβάλλει, αναμένεται να αμφισβητούν έντονα της πληροφορίες που τους παρέχει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης καθώς και να δυσκολεύονται να το εφαρμόζουν λόγω της πιθανής πολυπλοκότητας χρήσης του. Για την αντιμετώπιση αυτού, η τεχνολογία πρέπει να τους είναι προσιτή ώστε να αναγνωρίσουν άμεσα την χρησιμότητα της μέσα από τον τεράστιο, περίπλοκο και μπερδεμένο όγκο πληροφοριών της, λαμβάνοντας υπόψη τη διαρκώς μεταβαλλόμενη αποστολή που τους έχει ανατεθεί καθώς και τις κοινωνικές, γνωστικές και φυσικές ανάγκες των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν.

Τέλος, όπως είναι αναμενόμενο, δεν μπορεί να παραληφθεί το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό του πεδίου της μάχης, το οποίο είναι ο αντίπαλος. Εκτός από την φυσική απειλή που αποτελεί για τον άνθρωπο, είναι αδιαμφισβήτητο ότι ο εχθρός θα προσπαθήσει να απειλήσει τα κανάλια επικοινωνίας των δικτύων που δημιουργεί το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης, τόσο για την υποκλοπή πληροφοριών όσο και για την παρεμπόδιση της επικοινωνίας. Πλέον δημιουργείται ένα ακόμα πεδίο μάχης μεταξύ των διαχειριστών και τις φίλιες δυνάμεις εναντίων του εχθρού. Είναι αναμενόμενο να πραγματοποιηθούν προσπάθειες εισβολής στο δίκτυο επικοινωνίας που οι φιλίες δυνάμεις θα δημιουργούν. Το ερώτημα το οποίο πρέπει να επιλυθεί ώστε η τεχνολογία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης να έχει πλήρης εφαρμογή στις στρατιωτικές επιχειρήσεις είναι το, πώς θα διαχειριστεί η νέα αυτή τεχνολογία τον κίνδυνο και την αβεβαιότητα σε αυτό το εξαιρετικά ανταγωνιστικό περιβάλλον, το οποίο δημιουργείται στο πεδίο της μάχης [5].

2.4.2 Κάνοντας χρήσιμες τις πληροφορίες του διαδικτύου των αντικειμένων μάχης

Για την πιο αποτελεσματική λειτουργία των δυνατοτήτων του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, είναι αναγκαίο να γίνει άρση του σημαντικότερου περιορισμού των ικανοτήτων της ανθρώπινης γνώσης. Αναλυτικότερα, οι στρατιώτες που θα κληθούν να χρησιμοποιήσουν την παραπάνω τεχνολογία, δεν θα είναι σε θέση και δεν πρέπει να έρθουν αντιμέτωποι με τον τεράστιο όγκο πληροφοριών που αυτή παράγει. Αντιθέτως, θα αναζητήσουν πληροφορίες όπως αποτελεσματικές ενδείξεις και προειδοποιήσεις που σχετίζονται με την τρέχουσα κατάσταση και την αποστολή τους, οι οποίες είναι πολύ σχετικές με τις γνωστικές τους ανάγκες. Η κατανόηση σε κάθε κομμάτι δεδομένων και σε κάθε πράγμα που απαιτεί προσοχή, δεν είναι εφικτή επιλογή στο πλαίσιο της τεχνολογίας.

Βασικό κίνδυνο της χρήσης του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης αποτελεί η παροχή πληροφοριών, τόσο σε στρατιώτες όσο και σε έξυπνα συστήματα, που θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε μια ενέργεια με πιο αρνητικό αποτέλεσμα από ό,τι αν δεν είχαν αυτές ληφθεί. Επομένως, για να είναι χρήσιμες οι πληροφορίες του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, πρέπει να διαχειρίζονται έναν πραγματικά πρωτοφανή όγκο σύνθετων πληροφοριών.

Για να γίνουν ευκολότερα κατανοητές οι πληροφορίες που αντλούνται πρέπει πρώτα να αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο οι άνθρωποι επεξεργάζονται δεδομένα.



Εικόνα 1 Πυραμίδα επεξεργασίας Δεδομένων [13]

Ένα εύκολο παράδειγμα για την κατανόηση των δεδομένων αποτελεί η παραπάνω εικόνα όπου παρουσιάζεται μία πυραμίδα. Από κάτω προς τα πάνω, τα στρώματα της πυραμίδας περιλαμβάνουν, δεδομένα, πληροφορίες, γνώση και σοφία. Όπως είναι φυσικό τα δεδομένα μπορούν να χαρακτηριστούν ως η πρώτη ύλη και είναι αυτά που σε συνδυασμό μετατρέπεται σε πληροφορίες. Τα μεμονωμένα δεδομένα δεν είναι χρήσιμα, αλλά μια ποικιλία από αυτά μπορούν να εντοπίσουν τάσεις και μοτίβα χρησιμοποιώντας τεχνικές εξόρυξης δεδομένων. Αυτή και άλλες πηγές πληροφοριών ενώνονται για να σχηματίσουν γνώση. Με την απλούστερη έννοια, η γνώση είναι μια πληροφορία για την οποία κάποιος γνωρίζει. Τέλος, η σοφία παράγεται από τη γνώση και την εμπειρία, δηλαδή δεδομένα και τάσεις του παρελθόντος. Ενώ η γνώση αλλάζει με την πάροδο του χρόνου, η σοφία είναι διαχρονική. Όλα ξεκινούν με την απόκτηση δεδομένων.

Αυτή είναι και η βασική ιδέα της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων. Δηλαδή η ύπαρξη αντικειμένων με ενσωματωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα, λογισμικό, αισθητήρες και συνδεσιμότητα παντού γύρω μας, όπως παράδειγμα ετικέτες αναγνώρισης ραδιοσυχνοτήτων, αισθητήρες, ενεργοποιητές, έξυπνα τηλέφωνα, τα οποία εκτελώντας προκαθορισμένες ενέργειες και είναι σε θέση να συνεργάζονται και να αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους για την επίτευξη ενός κοινού στόχου [13].

Επιπλέον, είναι γεγονός ότι μπορεί να προκύψουν μη αναμενόμενες καταστάσεις κατά τη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ανόμοιων μεγάλων δικτύων. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να είναι ο τρόπος με τον οποίο η επίγνωση της κατάστασης τροποποιείται από τις πληροφορίες που ανταλλάσσονται μεταξύ των συσκευών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης και των κοινωνικών δικτύων των στρατιωτικών μονάδων. Ανυπερθέτως, ο τεράστιος όγκος πληροφοριών της τεχνολογίας πρέπει να μειωθεί σε εκμεταλλεύσιμα και διαχειρίσιμα επίπεδα και σε εύλογο και ουσιαστικό περιεχόμενο, πριν ξεκινήσει να εφαρμόζεται πλήρως σε ανθρώπους και έξυπνα αντικείμενα. Για να μπορέσει να μειωθεί και κατηγοριοποιηθεί ο όγκος των δεδομένων και των παραγόμενων πληροφοριών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, πρέπει να υλοποιηθεί μια αναλυτική ιεραρχία μείζονων ελεγκτών που θα συγκεντρώνει, θα συγχωνεύει, θα ερμηνεύει και θα παρέχει τις κατάλληλες πληροφορίες. Η διαδικασία κατηγοριοποίησης και μείωσης των πληροφοριών θα πρέπει να ξεκινήσει στο χαμηλότερο δυνατό στάδιο. Ένα παράδειγμα, όποτε είναι δυνατόν να εφαρμοστεί, είναι ότι όλες οι συσκευές που παράγουν πληροφορίες οφείλουν να είναι εξοπλισμένες με κριτήρια για την τοπική και άμεση εκτέλεση ενός βαθμού φιλτραρίσματος, ερμηνείας και συγχώνευσης, το οποίο θα προηγείται από την αποστολή δεδομένων στο υπόλοιπο δίκτυο. Μολονότι που τα στάδια διαμεσολαβητών μπορεί να περιπλέξουν ή να περιορίσουν την ανακάλυψη των υποκείμενων δεδομένων, μπορεί να είναι ένα απαραίτητο τμήμα για να φθάσουμε σε διαχειρίσιμες και ουσιαστικές πληροφορίες. Ωστόσο, για να είναι αποτελεσματικοί οι ελεγκτές των πληροφοριών, πρέπει να αναγνωρίζουν τα κριτήρια που αντιπροσωπεύουν τις χρήσιμες πληροφορίες. Μια πηγή που θα μπορούσε να παρέχει αυτούς τους κανόνες στους ελεγκτές είναι ο σχεδιασμός και ο έλεγχος αποστολής. Συγκεκριμένα, θα μπορούσε να βοηθήσει στον προσδιορισμό των πληροφοριών που απαιτούνται από τους ελεγκτές, οι οποίοι εκτελούν την αποστολή είτε αυτό αφορά φυσικούς, δηλαδή ανθρώπους που ελέγχουν το δίκτυο, είτε τεχνητούς και ποιες είναι πιθανό να είναι αυτές οι πληροφορίες που θα χρειάζεται να λαμβάνουν υπόψιν.

Για να γίνει αντιληπτή η γνώση που προκύπτει, θα χρειαστεί μια μηχανική ερμηνεύσιμη, επίσημη, ευρέως εφαρμόσιμη και σχετική με τους στρατιωτικού όρους για να εκφράσει τις ανάγκες πληροφοριών στο ετερογενές περιβάλλον του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, ώστε να ερμηνευτούν ποιες πληροφορίες χρειάζονται για μια συγκεκριμένη εκτέλεση αποστολής από τους στρατιώτες, που θα λάβουν αυτή την πληροφορία. Τέτοιες προσεγγίσεις πιθανότατα θα απαιτούν συνδυασμό μηχανικής μάθησης και σημασιολογικών τεχνικών που βασίζονται στη γνώση.

Γενικότερα, απαιτούνται εκτελέσιμα μοντέλα του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης για να καταστεί δυνατή η επικύρωση, η ερμηνεία, η συγχώνευση και η αξιοπιστία των πληροφοριών. Με την εφαρμογή μιας προσομοίωσης μεγάλου εύρους, μπορεί να συνεπικουρήσει στην ανίχνευση και την ερμηνεία των πληροφοριών με αντικειμενικό και σκόπιμο τρόπο. Η μελέτη για τη διαμόρφωση και την αυτόματη δημιουργία καθώς και τη δυναμική διατήρηση μοντέλων μεγάλης κλίμακας βρίσκεται σε αρχικά στάδια. Οι αποτελεσματικές λύσεις σε αυτήν την πρόκληση θα περιλαμβάνουν πιθανώς κατανεμημένη μοντελοποίηση, αυτόματης βαθμονόμησης και επικύρωσης των πληροφοριών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης [5].

2.4.3 Ποιες προκλήσεις δημιουργεί

Η πλήρης εφαρμογή του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης δύναται να παρομοιάζεται αρκετά με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων του μη στρατιωτικού κόσμου, το οποίο στηρίζεται στην διαρκή ανάπτυξη της τεχνολογίας για να αυξήσει τις δυνατότητές του. Επομένως αρκετά εμπόδια που ενδέχεται να παρουσιαστούν στο πρώτο, δύναται να αφορούν ίδιες απειλές με το δεύτερο.

Το πλήθος των συσκευών όπως φορητές συσκευές, αισθητήρες, ραντάρ, πυρομαχικά, οχήματα και ρομπότ και η διασύνδεση όλων αυτών μεταξύ τους μπορεί να προκαλέσει αρκετά ζητήματα ασφάλειας στον κυβερνοχώρο. Παρά το γεγονός ότι, όλα αυτά αυξάνουν την ταχύτητα και την ποιότητα των δεδομένων στο προσωπικό που ενεργεί στο πεδίο της μάχης, δημιουργώντας δυνατότητες ταχείας απόκρισης της τακτικής κατάστασης, αποτελεί παράλληλα έναν κίνδυνο ασφάλειας όπως και όλες οι συσκευές του

Διαδικτύου των Πραγμάτων. Οι ανάγκες της εποχής και η συνεχόμενη απαίτηση για την εφαρμογή των εν λόγω δυνατοτήτων στις πολεμικές καταστάσεις θα δημιουργήσει την εξασφάλιση στο να αντιμετωπιστούν και να εξαλειφθούν οι οποιεσδήποτε προκλήσεις προκύψουν [11].

Για την εύρυθμη λειτουργία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, κρίνεται αναγκαία η αντιμετώπιση των παρακάτω προκλήσεων. Η επισκόπηση της μελέτης θα είναι αναλυτικότερη στο επόμενο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας, αλλά σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν εν συντομία μερικές από αυτές τις προκλήσεις.

Αρχικά η συνδεσιμότητα των συσκευών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης αποτελεί μία πρόκληση που πρέπει να εξαλειφθεί. Το ενιαίο αυτό δίκτυο που θα υλοποιηθεί για να αποτελέσει το μέσω επικοινωνίας των έξυπνων αντικειμένων θα αποτελείται από πολλές κινητές συσκευές, συμπεριλαμβανομένων μη επανδρωμένων αεροχημάτων, αεροσκαφών, τεθωρακισμένων οχημάτων και υποβρυχίων. Η εξασφάλιση της συνδεσιμότητας μεταξύ τους κρίνεται αναγκαία καθώς οι στρατιωτικές μονάδες θα χρειαστούν λειτουργικές και ευέλικτες υποδομές πληροφορικής και επικοινωνιών σε όλο το εύρος της περιοχής που αυτές θα επιχειρούν.

Επιπρόσθετα, η ασφάλεια του δικτύου καθώς και η ασφάλεια στον κυβερνοχώρο, αποτελεί εξίσου σημαντική πρόκληση. Συγκεκριμένα, το παραπάνω γεγονός αποτελεί εμπόδιο για την εκμετάλλευση του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Είτε στον στρατιωτικό, είτε στον πολιτικό τομέα, το σύνολο των συνδεδεμένων συσκευών είναι ευάλωτο σε κυβερνοεπιθέσεις. Η ανάπτυξη αυτού του τύπου της τεχνολογίας συνεπάγεται με το ότι οι στρατιωτικές δυνάμεις θα είναι ταυτόχρονα πιο συνδεδεμένες, επομένως και πιο ευάλωτες σε σχέση με το προηγούμενο τρόπο λειτουργίας.

Εμπόδιο στην καλή λειτουργία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης αποτελεί η διαλειτουργικότητα, δηλαδή η ικανότητα των πληροφοριακών συστημάτων που πιθανώς να έχουν διαφορετικά λειτουργικά συστήματα και υλικό κατασκευής, να συνδέονται και να ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους. Αυτό θα αποτελεί τον συνδετικό κρίκο για την επιτυχημένη ενσωμάτωση του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης στον σύγχρονο

πόλεμο. Το γεγονός αυτό δεν αφορά μόνο τις στρατιωτικές δυνάμεις που ανήκουν σε ένα έθνος, αλλά και για συμμαχικές, οι οποίες θα χρησιμοποιήσουν συνεπικουρικά το δίκτυο για να εκμεταλλευτούν και συμβάλλουν στην ανταλλαγή πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων εκτός των γεωγραφικών τους συνόρων.

Ένας ακόμα παράγοντας προκλήσεων που δημιουργεί η εφαρμογή του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης έχει να κάνει με τον όρο της ευκινησίας. Οι καινοτομίες της στρατιωτικής βιομηχανίας προσπαθούν να συμβάλουν στην ικανότητα του στρατιώτη να μετακινείται, να καταλαμβάνει μία θέση αλλά και να είναι εύκολο να κινηθεί σε μία διαφορετική, καθώς και να ελίσσεται με τον πιο εύκολο τρόπο σε οποιοδήποτε περιβάλλον, μεγιστοποιώντας παράλληλα τις δυνατότητες των οπλικών συστημάτων που αυτός χρησιμοποιεί. Είναι γεγονός ότι πρέπει να υπάρχουν όρια στον εξοπλισμό που μπορεί να μεταφέρει ένας στρατιώτης.

Η ανθρώπινη ύπαρξη στηρίζεται στην ηθική, ακόμα και όταν γίνεται κάποια μελέτη για τεχνολογίες που θα χρησιμοποιηθούν σε πολεμικές περιόδους. Η πλήρης ενσωμάτωση του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, επιτρέπει την πλήρη προστασία των ανθρώπων που χρησιμοποιούν την τεχνολογία αυτή από το μοντέλο Observe – Orient – Decide – Act Loop (OODA Loop). Το μοντέλο OODA Loop είναι η επανάληψη της ακολουθίας παρατηρώ – προσανατολίζω – αποφασίζω – ενεργώ, που αναπτύχθηκε από τον σμήναρχο της Πολεμικής Αεροπορίας των Ηνωμένων Πολιτειών Τζον Μπόιντ. Συγκεκριμένα ανέλυσε και ενσωμάτωσε τις παραπάνω έννοιες στις διαδικασίες των πολεμικών επιχειρήσεων κατά τη διάρκεια στρατιωτικών συρράξεων. Παράλληλα η ίδια επαναλαμβανόμενη διαδικασία εφαρμόζεται και στην ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης κατά τις διαδικασίες μάθησης των έξυπνων συσκευών [14]. Είναι ιδιαίτερα κρίσιμο πως όταν η εκτέλεση θανάσιμης ενέργειας ανατίθεται σε ένα αυτόνομο οπλικό σύστημα, δεν είναι σαφές ποιος ή τι είναι υπεύθυνος για αυτή την πράξη. Αυτή η ασάφεια μπορεί να δημιουργήσει παραβιάσεις στους κανόνες του διεθνούς ανθρωπιστικού δικαίου και να έχει ως αποτέλεσμα να απαλλάξει τους υπαίτιους από αδικήματα.

Τέλος η έλλειψη κατάλληλου, εξειδικευμένου και έμπειρου προσωπικού αποτελεί εμπόδιο και μία πρόκληση που απαιτεί λύση στην ορθή λειτουργία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Η απουσία κατάλληλα καταρτισμένου και έμπειρου προσωπικού το

οποίο εφαρμόζει αυτή την τεχνολογία μπορεί να ελαττώσει τις δυνατότητες που παρέχουν οι πληροφορίες των έξυπνων συσκευών. Οι στρατιωτικές μονάδες που θα κληθούν να κάνουν χρήση του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, χρειάζεται να αναπτύξουν δεξιότητες ώστε να αναλύσουν τα διαθέσιμα δεδομένα και πληροφορίες με αποτέλεσμα να λάβουν ενημερωμένες και έγκαιρες αποφάσεις [15].

2.4.4 Διαχείριση και προσαρμογή της τεχνολογίας του διαδικτύου των αντικειμένων μάχης

Λόγω της τεράστιας κλίμακας του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, θα συγκροτηθούν νέα αποτελέσματα, μοντέλα, έννοιες και τεχνικές προσεγγίσεις για αυτήν την τεχνολογία. Είναι γεγονός ότι, ο αριθμός των κόμβων του συγκεκριμένου δικτύου σε μια μελλοντική στρατιωτική μονάδα μεγάλου πλήθους, δύναται να είναι αρκετές φορές μεγαλύτερος από οτιδήποτε έχει σχεδιαστεί σε μια παρούσα μελέτη και τακτική. Αυτό επαυξάνεται ιδιαίτερα σε ένα περιβάλλον όπου μια τέτοια στρατιωτική μονάδα θα είχε πολλαπλά οφέλη και πλεονεκτήματα να χρησιμοποιήσει διασυνδεδεμένες δικτυακές συσκευές. Σε σύγκριση με την ραγδαία χρήση έξυπνων αντικειμένων σε μία μεγαλούπολη, επωφελεία του Διαδικτύου των Πραγμάτων, δεν είναι απίθανη η χρήση εκατομμυρίων παρόμοιων συσκευών, ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο σε μία στρατιωτική επιχείρηση για την εκμετάλλευση από την τεχνολογία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Ένας τέτοιος τεράστιος όγκος έξυπνων συσκευών του εν λόγω δικτύου μπορεί να είναι σημαντικός τόσο για πρακτικούς όσο και για θεωρητικούς λόγους. Παραδείγματος χάρη, η διαθεσιμότητα πολύ μεγάλων και πυκνά τοποθετημένων συσκευών, όπως οι αισθητήρες, δύναται να συμβάλλει στην απαλοιφή μελανών σημείων σχετικά με τη λειτουργία των συσκευών σε μια δεδομένη στιγμή. Για το σκοπό αυτό, απαιτούνται θεωρητικά αποτελέσματα για την κατανόηση του βαθμού ασύστολης χρήσης που προκύπτει από ένα πολύ μεγάλο σύνολο πραγμάτων και δεδομένων. Πέρα από τη τεράστια εκμετάλλευση, η ακραία ετερογένεια του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης θα απαιτήσει νέες έρευνες και προσεγγίσεις. Μία απλή μορφή του Διαδικτύου των Πραγμάτων, θα αποτελείται από ένα μεγάλο πλήθος εμπορικών συσκευών καθώς και τοπικών δικτύων, ενώ συνάμα ο εξοπλισμός που μπορεί να χρησιμοποιούν οι στρατιώτες μαζί τους στη μάχη δύναται να αποτελείται τόσο σε εμπορικές όσο και σε συμβατές έξυπνες συσκευές. Πρέπει να μελετηθεί και το γεγονός ότι

στο μέλλον, αντίστοιχες συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων, δύναται να έχει ως αποτέλεσμα στην έλλειψη προτύπων. Αυτό το γεγονός μπορεί να παρατηρηθεί λόγω της επιθυμίας των μεμονωμένων κατασκευαστών να ελέγχουν το μερίδιο που τους αντιστοιχεί την αγορά των έξυπνων συσκευών. Οι στρατοί κάθε χώρας θα πρέπει να έχουν άμεση προσαρμογή σε αυτή την πραγματικότητα, να διαθέτουν κατάλληλες τεχνολογίες και τεχνικές, ώστε να είναι σε θέση να κάνουν χρήση μίας μεγάλης ποικιλίας πραγμάτων, πρωτοκόλλων και τεχνολογιών επικοινωνίας από πολλούς κατασκευαστές.

Σε ένα συνεχώς μεταβαλλόμενο, εξαιρετικά δυναμικό και σε μη προβλέψιμο περιβάλλον, είναι αναγκαίο να εφαρμοστούν καινοτόμες προσεγγίσεις για τη αποτελεσματική εκμετάλλευση της ανακάλυψης, του χαρακτηρισμού και της παρακολούθησης των διατιθέμενων έξυπνων αντικειμένων. Αναλυτικότερα, μια στρατιωτική μονάδα που εφαρμόζει και λειτουργεί με υπάρχουσες συσκευές του Διαδικτύου των Πραγμάτων, οφείλει να εξάγει ορθά συμπεράσματα σχετικά με τα αποτελέσματα τα οποία λαμβάνει. Επιπλέον, δεν πρέπει να αναιρείται το γεγονός ότι ο τελικός αποδέκτης αυτών των πληροφοριών, ο οποίος είναι ο άνθρωπος, αποτελεί κρίσιμο παράγοντα και στοιχείο μεγάλης επιρροής του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Επομένως, η συμπεριφορά των στρατιωτικών μονάδων, των αντιπάλων και των υπόλοιπων οντοτήτων που θα δρουν στο ίδιο περιβάλλον, θα πρέπει να ανιχνευθούν δυναμικά, να εντοπιστούν, να χαρακτηριστούν και να προβλεφθούν για την επιτυχή λειτουργία της τεχνολογίας αυτής.

Επιπρόσθετα, για την ορθή προσαρμογή του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, πρέπει να αποκατασταθεί η πολυπλοκότητα της επικοινωνίας μεταξύ των έξυπνων αντικειμένων. Η εύρεση, η κοινή χρήση και η διαχείριση καναλιών επικοινωνίας μεταξύ μεγάλου αριθμού ανταγωνιστικών, ετερογενών και συχνά απρόβλεπτων πραγμάτων θα δημιουργήσει νέα πρότυπα. Είναι αναγκαία η ύπαρξη ενός εξαιρετικά ευφυή αυτοματισμού για τη διαρκή κατανομή και επαναδιαμόρφωση των πόρων του δικτύου επικοινωνίας. Τα πρωτόκολλα επικοινωνίας και ανταλλαγής πληροφοριών, δηλαδή οι απαντήσεις στα ερωτήματα, ποιος μιλά σε ποιον, πότε, για τι και για πόσο χρονικό διάστημα, οφείλονται να σχεδιάζονται άμεσα και αυτοματοποιημένα καθώς και να προσαρμοστούν, ώστε αυτές οι λειτουργίες να εκτελούνται δυναμικά. Θα απαιτηθούν αρχιτεκτονικές και πρωτόκολλα μεγάλης κλιμάκωσης, σε συνδυασμό με αυστηρές διαδικασίες για τον προσδιορισμό και

την επικύρωση των ιδιοτήτων τους. Σε μερικές δύσκολες περιπτώσεις, όπου το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης θα κληθεί να αντιμετωπίσει εχθρικές καταστροφικές ενέργειες ή να παραβιαστεί η διαθεσιμότητα, η αξιοπιστία και η αυτόνομη διαχείριση του δικτύου, θα απαιτηθεί να παρέχεται μια δυνατότητα επανεκκίνησης, η οποία θα προσφέρει τη συνέχιση της εκμετάλλευσής του, για την πρόοδο των επιχειρήσεων, έστω και σε αυτή την περίπτωση να προσφέρει έναν περιορισμένο βαθμό λειτουργίας. Επιπλέον, η πολυπλοκότητα μπορεί να προκύψει από τους χρονικούς περιορισμούς των επικοινωνιών. Ορισμένοι τύποι επικοινωνίας μπορούν να αναμένουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα, ενώ άλλοι, όπως η αντίδραση και η εκτέλεση άμεσης ενέργειας, έχουν απαιτήσεις διεκπεραίωσης σε πραγματικό χρόνο.

Ένας ακόμα παράγοντας αφορά τα κανάλια επικοινωνίας. Στο άμεσο μέλλον αναμένεται ότι, οι καταναλωτές θα χρησιμοποιούν κατά κόρων ασύρματα κανάλια για την επίτευξη της επικοινωνίας όλων των συσκευών μεταξύ τους. Επομένως, θα είναι αρκετά περιορισμένα σε δυνατότητες υποστήριξης όλων των επικοινωνιακών αναγκών. Ταυτόχρονα με αυτό, οι στρατιωτικές μονάδες θα χρειαστεί να απαιτούν την εξασφάλιση αρκετά μεγάλου τομέα του φάσματος ασύρματης επικοινωνίας.

Συμπερασματικά, η επίγνωση της κατάστασης του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης στο σύνολό τους, θα διαμορφώνεται και παράλληλα θα ενημερώνεται γρήγορα και αυτόματα. Αυτό συνεπάγεται στο ότι απαιτείται να καθοριστούν νέες προσεγγίσεις για τη αξιολόγηση σχετικά λίγων μεταβλητών, ενός πολύπλοκου συστήματος, ενώ ταυτόχρονα θα συλλέγονται επαρκείς πληροφορίες σχετικά με το σύστημα. Οι υπεράριθμες χρήσεις και αντικειμενικοί σκοποί της τεχνολογίας αυτής, οφείλουν να ληφθούν υπόψη για τη διαχείρισή του. Μερικά από αυτά θα είναι εύκολα κατανοητά, όπως για παράδειγμα η τακτική στρατιωτική εφαρμογή του ή τα κατηγοριοποιημένα και οριοθετημένα πληροφορικά συστήματα που θα χρησιμοποιεί. Ασφαλώς και θα υπάρχουν όλο και περισσότερες νέες προκλήσεις, που θα προκύπτουν για τη διαθεσιμότητά του, όπως η χρήση για ανάγκες εντοπισμού θέσης, πλοήγησης και χρονισμού του δικτύου στο οποίο θα εκτελείται η τεχνολογία [5].

2.4.5 Η συσχέτιση με τον εχθρό

Ο μόνος παράγοντας που ξεχωρίζει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης με το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, έχει να κάνει με την χρήση των ίδιων έξυπνων συσκευών για την χρήση τους σε μια πολεμική επιχείρηση. Η απειλή που δημιουργεί τις περισσότερες προκλήσεις του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης είναι η επιβίωση του δικτύου με έναν αποφασισμένο αντίπαλο. Ο εχθρός απειλεί τη φυσική επιβίωση της εύρυθμης λειτουργίας της τεχνολογίας μέσα από μία σειρά ενεργειών. Η θέση του και η συνεχόμενη αλλαγή αυτής, οι κατευθυνόμενες ενεργειακές και ηλεκτρονικές επιθέσεις εναντίον των έξυπνων αντικειμένων, παρεμποδίζοντας τα κανάλια ραδιοσυχνοτήτων, καταστρέφοντας κανάλια οπτικών ινών και στερώντας από το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης τις πηγές ενέργειας του αποτελούν ορισμένες από τις απειλές που θα πραγματοποιήσουν οι εχθρικές δυνάμεις.

Επιπλέον, η ύπαρξη της εχθρικής απειλής επηρεάζει την εμπιστευτικότητα, την ακεραιότητα και τη διαθεσιμότητα των πληροφοριών που παράγει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης, μέσω της ηλεκτρονικής υποκλοπής και του κακόβουλου λογισμικού. Τελευταίο, αλλά ίσης κρισιμότητας, είναι το γεγονός ότι, ο εχθρός επηρεάζει τις δυνατότητες των στρατιωτικών μονάδων σε ατομικό επίπεδο. Ο ανθρώπινος παράγοντας αποτελεί ένα στοιχείο του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, που είναι επιρρεπή στην εξαπάτηση, ιδιαίτερα όταν αυτή αφορά σε γνωστικές και πολιτισμικές προκαταλήψεις. Η χρήση της εν λόγω τεχνολογίας από τον άνθρωπο θα είναι μειονέκτημα όταν αυτοί ανησυχούν, ακόμα και αν δεν ισχύει το ότι οι πληροφορίες που δέχεται είναι αναξιόπιστες ή ότι ορισμένα στοιχεία μπορεί να ελέγχονται από τον εχθρό.

Μία από τις σημαντικότερες προτεραιότητες θα είναι η ελαχιστοποίηση των πιθανοτήτων του εχθρού να αποκτήσει πληροφορίες από τις στρατιωτικές μονάδες που χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης. Παρά του γεγονότος ότι το πλήθος των μέτρων που θα εφαρμόζονται για την προστασία της τεχνολογίας, είναι παρόμοια με αυτά που χρησιμοποιούνται για τα συμβατικά στρατιωτικά δίκτυα, η εξαιρετική κλίμακα, η ετερογένεια και ο όγκος των συσκευών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, προσφέρουν επιπλέον ευκαιρίες για φίλια προστασία πληροφοριών. Ένα άμεσο παράδειγμα για την αντιμετώπιση των εχθρικών υποκλοπών, αφορά ότι οι φίλιες δυνάμεις

μπορούν να επωφεληθούν από την άφθονη διαθεσιμότητα πραγμάτων και να εισάγουν παραπλανητικές πληροφορίες. Το πλήθος, η πολυπλοκότητα και η ποικιλομορφία της αποστολής των μηνυμάτων, εντός του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, θα εμποδίσει τον εχθρό να εκτελέσει τα πρωτόκολλα ανάλυσης των απεσταλμένων πακέτων πληροφορίας και να δύναται να ανακαλύψει τις θέσεις του κέντρου διοίκησης και ελέγχου.

Πέρα από την απόκτηση απόρρητων φίλιων πληροφοριών, ο εχθρός θα επιχειρήσει να παραβιάσει την ακεραιότητα των πληροφοριών, τροποποιώντας τις με κακόβουλο λογισμικό, παρεμποδίζοντας και αλλοιώνοντας το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης και παρουσιάζοντας εσφαλμένες πληροφορίες στις συσκευές που τις δέχονται. Για να καταστεί δυνατή η ανίχνευση της παραπληροφόρησης, θα πρέπει να αναπτυχθούν προσεγγίσεις μηχανικής μάθησης για την αντιμετώπιση του μεγάλου όγκου των δεδομένων που διαχειρίζεται, δημιουργεί και αναλύει το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης. Ένα τέτοιο παράδειγμα μιας συνεχόμενης διαδικασίας μάθησης, αρχικά απαιτεί υπολογιστική ισχύς, ενώ παράλληλα υπάρχει η πιθανότητα ο εχθρός να προσαρμοστεί και να διαφοροποιήσει τις ενέργειές του από ότι δύναται αυτή η διαδικασία μάθησης να εκπαιδευτεί.

Για την αποτροπή του εχθρού, από την απόκτηση φυσικών ή λογισμικών τροποποιήσεων των φίλιων έξυπνων αντικειμένων, θα χρειαστούν προσεγγίσεις για την επίτευξη μεγάλου όγκου φυσικών δακτυλικών αποτυπωμάτων, πραγμάτων και συνεχόμενης παρακολούθησης τέτοιων προτύπων σε όλο το φίλιο δίκτυο που θα δημιουργηθεί. Εντούτοις, η εκμάθηση φυσιολογικών προτύπων και η ανίχνευση ανώμαλων αποκλίσεων καθίστανται δυσλειτουργική ενάντια σε μια καλά οργανωμένη και σχεδιασμένη δολιοφθορά. Είναι γεγονός ότι, η μάθηση τεχνητής νοημοσύνης σε ένα υπολογιστικό σύστημα, έχει εμφανώς προτερήματα αλλά παράλληλα μπορεί να κρύβει και ανεπιθύμητες εκπλήξεις. Οποιοδήποτε μέτρο κανονικότητας μπορεί να εξαπατηθεί με αποτελεσματικές και οργανωμένες ενέργειες.

Εν κατακλείδι, απαιτείται συστηματική έρευνα για προσεγγίσεις ως προς την αντιμετώπιση, την ανακάλυψη ή την απόρριψη της εξαπάτησης στο μοναδικά πολύπλοκο περιβάλλον του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης. Εφόσον, αυτό θα συνδέεται αναγκαστικά με το τοπικό συμβατικό Διαδίκτυο των Πραγμάτων, πάνω στο οποίο στηρίζεται και το αντίστοιχο του εχθρού, απαιτούνται προσεγγίσεις για την εκτέλεση

επιθετικών επιχειρήσεων που εκτελούνται εντός του διαπλεκόμενου χώρου φιλικών και εχθρικών δικτύων [5].

3

Τρόποι εφαρμογής

3.1 Κατηγορίες κατανομής των συσκευών του Διαδικτύου

Μάχης σύμφωνα με την λειτουργία τους

Αξίζει να σημειωθεί ότι στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης περιέχεται ένα μεγάλο φάσμα συσκευών, όπου και αυτά με την σειρά τους δίνουν την δυνατότητα για φυσική ανίχνευση, μάθηση και ενεργοποίηση όπως λόγου χάριν μέσα από εικονικές ή διαδικτυακές διεπαφές που περιλαμβάνονται στα συστήματα. Τα αντικείμενα που περιέχονται στις συγκεκριμένες κατηγορίες συσκευών είναι οι αισθητήρες, τα οχήματα, τα ρομπότ, τα συστήματα μη επανδρωμένων αεροχημάτων, αλλά ταυτόχρονα και συσκευές που φοριούνται από τον άνθρωπο, τα πυρομαχικά και τα όπλα. Γενικότερα, οι συσκευές του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης μπορούν να κατανεμηθούν σε μία από τις ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες.

Αρχικά η πρώτη και σημαντικότερη κατηγορία αφορά σε συσκευές μεταφοράς δεδομένων, δηλαδή αντικείμενα που συνδέονται σε ένα φυσικό πράγμα και είναι σε θέση να μεταφέρουν τις πληροφορίες που αντλούν στο ευρύτερο δίκτυο επικοινωνίας. Η δεύτερη κατηγορία αναφέρεται σε συσκευές καταγραφής δεδομένων, συγκεκριμένα σε αυτές που έχουν τις δυνατότητες αναγνώρισης δεδομένων όταν αλληλοεπιδρούν με φυσικά πράγματα. Στην τρίτη κατηγορία παρουσιάζονται συσκευές ανίχνευσης και ενεργοποίησης, που μπορούν να εντοπίσουν πληροφορίες που σχετίζονται με το περιβάλλον και θέτουν σε λειτουργία μία ενέργεια. Τέλος, υπάρχουν και οι γενικές συσκευές οι οποίες έχουν ενσωματωμένες δυνατότητες για την επεξεργασία διαδικασιών και επικοινωνίας ώστε να επιτευχθεί η ανταλλαγή πληροφοριών στο υπόλοιπο δίκτυο.

Εκτός από τη σύνδεση πολλών και διαφόρων ηλεκτρονικών συσκευών σε ένα δίκτυο επικοινωνίας, οι ερευνητές πρότειναν επίσης τη δυνατότητα ενσωμάτωσης της τεχνολογίας σε άψυχα αντικείμενα όπως, λόγου χάριν τα φυτά και το έδαφος, παρέχοντας τα με αισθητήρες που θα μπορούν να τροποποιηθούν σε χώρους συγκέντρωσης πληροφοριών. Οι προσπάθειες αυτές συμπορεύονται με έργα που συνδέονται με την ανάπτυξη ηλεκτρονικών φυτών και μεταλλευμάτων.

Σχετικά παραδείγματα εφαρμογών του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης περιέχουν τακτική αναγνώριση, έξυπνη διαχείριση πόρων, υποστήριξη εφοδιαστικής (π.χ. παρακολούθηση εξοπλισμού και εφοδιασμού), επίβλεψη έξυπνων πόλεων και πόλεμο δεδομένων. Πολλά κράτη, όπως ακόμη και αξιωματούχοι του ΝΑΤΟ, έχουν εκφράσει προτίμηση για τα πιθανά στρατιωτικά οφέλη της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων [9].

3.2 Ο ανθρώπινος παράγοντας

Κάτι στο οποίο πρέπει να δοθεί ιδιαίτερα σημασία, κατά την ανάλυση του διαδικτύου αντικειμένων μάχης για μία πολεμική επιχείρηση είναι ο ρόλος που πρέπει να κατέχουν τα αντικείμενα αυτά. Όπως προαναφέρθηκε και παραπάνω, ο ανθρώπινος παράγοντας της λήψης αποφάσεων (Decision Making Human Factor) κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης είναι ένα άκρως σημαντικό σημείο προσοχής, που σχετίζεται άμεσα με το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης. Κατά την μελέτη του εν λόγω θέματος, σε μία έρευνα που διεξήχθη στο Πεντάγωνο της Αμερικής, φάνηκε ότι σχεδόν οι τρεις από τους τέσσερεις των ερωτηθέντων θεωρεί πως η μηχανική μάθηση και η τεχνητή νοημοσύνη δεν πρέπει ποτέ να αντικαταστήσει την ανθρώπινη κρίση κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης. Ειδικά σε ότι αφορά αποφάσεις υλοποίησης επιθετικής ή αμυντικής δράσης ή οποιασδήποτε άλλης λειτουργικής ή επιχειρησιακής διαδικασίας, που ενδέχεται να επηρεάσει τον αντίκτυπο της μάχης ή να προσβάλλει στρατιωτικά και διακρατικά συμφέροντα και δεσμούς [16].

Η χρήση των αντικειμένων μάχης, μέσω διαδικτύου σε πραγματικά δεδομένα και σε συνθήκες ρεαλιστικής πολεμικής επιχείρησης, πρέπει πάντοτε να συντονίζεται και να κινητοποιείται είτε από τον εκάστοτε αρμόδιο μαχητή είτε από την εκάστοτε επιχειρησιακή ομάδα μαχητών και επιτελικών στελεχών. Αυτό είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί εάν αναλογιστεί κανείς, πως σε πολλά πειράματα που έγιναν, ιδιαίτερα κατά την πτήση μη επανδρωμένων αεροχημάτων (Drones), ο κυριότερος άξονας της σκοπιμότητας δεν ήταν η δράση αλλά η πληροφόρηση. Εάν λοιπόν πρόκειται για δράση και για ενεργοποίηση κάποιου πρόσθετου μηχανισμού, τότε η τεχνητή νοημοσύνη δεν αρκεί. Το ίδιο συμβαίνει και με την πληροφόρηση. Η ζωντανή μετάδοση οποιασδήποτε πληροφορίας είναι χρήσιμη για μία στρατιωτική πολεμική επιχείρηση και πρέπει επίσης να συντονίζεται από τον ανθρώπινο παράγοντα και να είναι πλαισιωμένη μέσα στα επιθυμητά αποτελέσματα [17]. Αυτό που δεν θα πρέπει να αγνοείται σε καμία περίπτωση είναι πως η χρήση του διαδικτύου αντικειμένων μάχης δεν είναι μία διαδικασία ανεξάρτητη από τον ανθρώπινο παράγοντα και δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να θεωρείται ότι η κρίση ενός αντικειμένου θα είναι σωστή.

Το πεδίο της συγκεκριμένης μελέτης σχετίζεται με τον τρόπο σύμφωνα με τον οποίο τα αντικείμενα μάχης, μπορούν να παρέχουν αποτελεσματικά και ταχύτατα τις κατάλληλες πληροφορίες στον μαχητή, σε σχέση με το πεδίο μάχης, προκειμένου να τις εκμεταλλευτεί και να δράσει κατάλληλα και πάντοτε κάτω από τις οδηγίες των προϊσταμένων του. Παρ' όλα αυτά, ο ανθρώπινος παράγοντας είναι ένα ζήτημα περισσότερο ηθικό, το οποίο αναδύεται κατά την μελέτη του διαδικτύου αντικειμένων μάχης και εφόσον αυτή δεν πραγματοποιείται κάτω από πειραματικό πλαίσιο, αλλά μελετάται και αναλύεται κάτω από πραγματικές συνθήκες και μέσα σε ένα ρεαλιστικό πεδίο μάχης. Θα πρέπει επομένως, να επισημανθεί, πως ο ρόλος των αντικειμένων μάχης σε μία στρατιωτική επιχείρηση είναι επικουρικός και πως οι πληροφορίες, που δίνονται και παρέχονται στον μαχητή δεν γίνονται για περαιτέρω ανάλυση αλλά για την άμεση εκτέλεση ενεργειών ή για τον επανακαθορισμό ή τον επανασχεδιασμό του πλάνου δράσης, που έχει ήδη συσταθεί από τους ανώτερους. Η τεχνολογία είναι ένα πολύ σημαντικό εφόδιο για τις στρατιωτικές επιχειρήσεις, αλλά σε γενικά πλαίσια και πόσο μάλλον στον τομέα του διαδικτύου αντικειμένων μάχης, που βρίσκεται ακόμα σε ένα πρωτογενές και ευμετάβλητο στάδιο, ο ρόλος της θα πρέπει να είναι περισσότερο βοηθητικός και υποστηρικτικός προς την ανθρώπινη κρίση και την λήψη των κρίσιμων αποφάσεων από τον ίδιο άνθρωπο.

3.3 Συστήματα μη Επανδρωμένων Αεροχημάτων

Αναμφίβολα τα drones δεν είναι καινούργια τεχνολογία. Εντούτοις, για τους καταναλωτές του σήμερα αποτελούν κάτι πρωτόγνωρο. Στο παρελθόν η χρήση αυτών ήταν ειδικότερα για τις επιχειρήσεις του στρατού ένα γεγονός το οποίο χρονολογείται χιλιάδες χρόνια πίσω. Αδιαμφισβήτητα, στις μέρες μας έχουν ρόλο μεγάλης σημασίας στις στρατιωτικές επιχειρήσεις, ενώ συνάμα είναι προσιτά και στην καθημερινότητα ενός μέσου καταναλωτή.

Πλέον είναι ευρέως διαδεδομένα, διότι είναι προσιτά στον άνθρωπο ενώ ταυτόχρονα είναι και αρκετά οικονομικά. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ένας καταναλωτής δύναται να αγοράσει ένα drone με ελάχιστα χρήματα. Αναμφίβολα, το κόστος έχει πέσει σε πολύ χαμηλό επίπεδο. Ωστόσο, με αυτές τις τιμές που έχουν διαμορφωθεί οι δυνατότητες τους θα είναι περιορισμένες πάραυτα θα συνεχίσει την λειτουργία του ως drone. Από την άλλη πλευρά σε περίπτωση που κάποιος διαθέσει ένα μεγαλύτερο ποσό για ένα καταναλωτικό drone, σίγουρα θα διαθέτει περισσότερες κάμερες, δυνατότητες καταμερισμού του βάρους κατά την διάρκεια μιας πτήσης, συστήματα εντοπισμού θέσης ακόμα και ένα εξειδικευμένο χειριστήριο.

Αξιοσημείωτο θα ήταν σε πρώτη φάση να απαντηθεί η βασική ερώτηση, δηλαδή τι είναι drone. Υπάρχουν διάφορα ονόματα με τα οποία επισημαίνονται τα drones όπως, Μη επανδρωμένα Εναέρια Συστήματα – Unmanned Aerial Systems (UAS), Μη επανδρωμένα Εναέρια Οχήματα – Unmanned Aerial Vehicles, Τηλεκατευθυνόμενα Πιλοτικά Αεροσκάφη – Remotely Piloted Aircraft και τετρακόπτερα - quadcopters . Με όποια ονομασία και αν τα συναντήσουμε η κύρια ιδέα δεν αλλάζει. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με την Ομοσπονδιακή Υπηρεσία Αεροπορίας (FAA), ως drone ορίζεται ένα όχημα που δεν χειρίζεται την πτήση του άνθρωπος ο οποίος βρίσκεται μέσα στο ίδιο όχημα. Αυτό θα μπορούσε σε πρώτο στάδιο να αποτελέσει ένα πρόχειρο ορισμό, ωστόσο αυτό αναιρεί το γεγονός ότι ορισμένα drones τα οποία διαθέτουν κάποια εξειδίκευση χρησιμοποιούν, λόγω της σχεδίασης τους μια ενσύρματη πρόσδεση. Όλα αυτά βέβαια θα επισημανθούν και στη συνέχεια.

Με όποιον όνομα και αν τα αποκαλέσει κανείς, διαθέτουν όλα ένα χαρακτηριστικό το οποίο είναι ίδιο, δηλαδή ότι σε όλα η ύπαρξη του πιλότου στο όχημα είναι ανύπαρκτη και είτε η πτήση είτε ο ελιγμός του οχήματος είναι τηλεχειριζόμενος και πραγματοποιείται είτε από τον ίδιο τον χειριστή απευθείας, είτε από λογισμικό το οποίο είναι προγραμματισμένο. Ωστόσο υπάρχουν και drones τα οποία έχουν δημιουργηθεί με άλλες προδιαγραφές, όπως λόγου χάριν να πηγαίνουν κάτω από το νερό, κάτι που φυσικά αποτελεί εξαίρεση. Επιπλέον, υπάρχει και η δυνατότητα της χρήσης καλωδίου με σκοπό τον έλεγχο αλλά και της επικοινωνίας. Αποτελεί μείζονος σημασίας για ένα καταναλωτικό υποβρύχιο drone, διότι δεν δύναται μέσα από το νερό να πραγματοποιήσει την λήψη και αποστολή ενός ασύρματου σήματος. Ενδεχομένως στο εγγύς μέλλον να είναι εφικτό.

Σε αυτό το σημείο μια άλλη ερώτηση που μπορεί να τεθεί προς απάντηση είναι το τι δεν είναι drone. Για παράδειγμα τα αερόστατα δεν αποτελούν τέτοια συστήματα, αν και παλαιότερα αποτελούσαν τον πρόγονο αυτών. Ακόμη, drones δεν θεωρείται ένας χαρταετός και γενικότερα αυτό το οποίο παρατηρείται είναι ότι κανένα δεν λειτουργεί από απόσταση με ασύρματη τεχνολογία. Ωστόσο, κάποιοι άνθρωποι ενδεχομένως θα ισχυρίζονταν ότι ένας χαρταετός δύναται να χειριστεί από απόσταση, ενώ παράλληλα έχει την δυνατότητα ελέγχου μέσω ενός σχοινιού, η οποία δεν είναι τηλεκατευθυνόμενη ενώ παράλληλα και η ίδια η χορδή δεν διαθέτει σε μεγάλο βαθμό την ικανότητα του ελιγμού.

3.3.1 Τύποι drones

Επιπλέον είναι σημαντικό να αναλυθούν και να μελετηθούν οι τύποι των drones οι οποίοι μπορούν να εντοπιστούν στην ελεύθερη αγορά. Πλέον στο επίκεντρο βρίσκονται τα drones τα οποία έχουν την δυνατότητα να βρίσκονται κάτω από το νερό. Ένας απαγορευτικός παράγοντας για τα συγκεκριμένα συστήματα είναι η απόσταση που έχουν την δυνατότητα να εκτελέσουν σε αυτές τις συνθήκες αλλά και το γεγονός ότι είναι πολύ κοστοβόρα συστήματα. Ένα σχετικό παράδειγμα τέτοιου είδους είναι το QYSEA FIFISH V6 Underwater ROV, του οποίου η τιμή ανέρχεται στα 1300,00 \$. Η ικανότητα του είναι να φτάσει σε βάθος 160 ποδιών. Επιπροσθέτως, ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο που κατέχει είναι ότι δύναται να τραβήξει βίντεο και φωτογραφίες 12MP. Το QYSEA FIFISH V6

Underwater ROV, διαθέτει ταχύτητα 3 κόμβων και έχει την δυνατότητα να βρίσκεται στο βυθό μέχρι και 4,5 ώρες απλά και μόνο με μια φόρτιση.



Εικόνα 2 FIFISH V6 Underwater Drone [41]

Από την άλλη πλευρά είναι σημαντικό να αναφερθεί ο τύπος των χερσαίων drones, τα οποία μετακινούνται επί του εδάφους. Η πρώτη εμφάνισή τους ήταν ως τηλεκατευθυνόμενα αυτοκίνητα. Ο συγκεκριμένος τύπος drone έχει την δυνατότητα ταχύτητας 46 km/h και δύνανται να έχει διάρκεια αυτονομίας περίπου σαράντα λεπτών (40') με μία φόρτιση μπαταρίας είτε ακόμη περισσότερο σε περίπτωση ύπαρξης εκτεταμένης μπαταρίας. Επίσης δύνανται να φορτίζεται με καλώδιο USB, ενώ αντιθέτως άλλα αυτοκίνητα διαθέτουν αποσπώμενες μπαταρίες και με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η χρήση αυτού, ενώ παράλληλα φορτίζεται ένα άλλο σετ από μπαταρίες.

Όπως είθισται ένας άνθρωπος όταν σκέφτεται ένα drone η πρώτη εικόνα που του έρχεται στο μυαλό είναι ένα drone το οποίο βρίσκεται στον αέρα. Αυτός ο τύπος αφορά τα τετρακόπτερα. Το συγκεκριμένο μοντέλο διαθέτει μια κάμερα η οποία είναι τοποθετημένη σε ένα αντιζύγιο. Η μπαταρία δύνανται να υποστηρίξει πτήση περίπου είκοσι λεπτών (20'). Διαθέτει ένα ξεχωριστό ειδικό χειριστήριο για τον απομακρυσμένο έλεγχο και μπορεί να πραγματοποιήσει εναέρια ακροβατικά.

Από την άλλη πλευρά υπάρχουν και τα drone με σταθερά πτερύγια, τα οποία με την σειρά τους συγκαταλέγονται σε μια πιο καινούργια οικογένεια καταναλωτικών drones, τα οποία αυτή την φορά βρίσκονται στον αέρα. Ορισμένα διαθέτουν έλικες έτσι ώστε να μπορέσουν να προσφέρουν βοήθεια στην απογείωση. Ο τρόπος απογείωσης αυτού του τύπου drone απαιτεί ξεχωριστό σύστημα εκτόξευσης.

Όλα όσα επισημάνθηκαν νωρίτερα αναφέρονταν σε καταναλωτικά drones τόσο ο ορισμός όσο και τα αντίστοιχα παραδείγματα. Ωστόσο σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να επισημανθεί το πώς ορίζει ένα drone ο στρατός. Συγκεκριμένα ο στρατός το αντιλαμβάνεται ως ένα χερσαίο, θαλάσσιο ή εναέριο όχημα το οποίο το χρησιμοποιεί εξ' αποστάσεως είτε το ελέγχει αυτόματα. Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν μόνο με τα εναέρια στρατιωτικά drones.

Αναμφίβολα, με σκοπό την ανάγκη για την κάλυψη των απαιτήσεων του στρατού, έχει υπό την κατοχή του, πολλών και διαφορετικών τύπων drones. Ένα σχετικό παράδειγμα είναι το MQ-1B Predator το οποίο λειτουργεί από την Πολεμική αεροπορία των ΗΠΑ. Μερικές από τις δυνατότητές του είναι, αρχικά η μεγάλη εμβέλεια πτήσης αλλά και η τεράστια αντοχής την διάρκεια αυτής. Δύναται να εκτελέσει αποστολές αναγνώρισης, επιτήρησης, εναέριας υποστήριξης, έρευνας και διάσωσης, χτυπημάτων ακριβείας, παρακολούθησης συνοδείας καθώς και αεροπορικής καθοδήγησης τερματικού. Ενδεικτικά, ένα τέτοιο drone κοστολογείται περί των είκοσι εκατομμυρίων δολαρίων (20.000.000 \$) ανάλογα με την έκδοση και τα προ εγκατεστημένα συστήματα που είναι εξοπλισμένο.



Εικόνα 3 MQ-1B Predator [42]

Ένα πιο εξελιγμένο μοντέλο με περισσότερες δυνατότητες είναι το MQ-9 Reaper. Η λειτουργία του υλοποιείται από την Πολεμική Αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής. Η κύρια λειτουργία του είναι ως σύστημα επιθετικών επιχειρήσεων, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί και εργαλείο όπου δύναται να συλλέξει πληροφορίες.

Ένας ανιχνευτής εύρους λέιζερ χρησιμοποιείται από το Reaper, όπως και ένα συνθετικό ραντάρ. Τέσσερις πύραυλοι Hellfire οι οποίοι είναι κατευθυνόμενοι με λέιζερ μεταφέρονται μέσω μιας πλατφόρμας από το UAV. Αυτοί με την σειρά τους έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν σε αποστολές εμπλοκής κατά τεθωρακισμένων οχημάτων και κατά προσωπικού.



Εικόνα 4 MQ-9 Reaper [44]

Επιπλέον, από την Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ λειτουργείται το RQ-4 Global Hawk, που αποτελεί ένα σύστημα το οποίο δύναται να εποπτεύει από υψηλό υψόμετρο αλλά και με μεγάλη διάρκεια πτήσης.

Εδώ και πολλά χρόνια ο στρατός της Αμερικής έχει χρησιμοποιήσει τα drone. Σε πρώτο χρόνο τα χρησιμοποιούσε μόνο για παρατήρηση αλλά επίσης είχαν χρησιμοποιηθεί για να κατασκοπεύουν άλλους στρατούς και για την ρίψη βομβών. Στη σημερινή εποχή λειτουργούν με σκοπό την αναγνώριση αλλά και σαν εξελιγμένες πλατφόρμες πυραύλων [18].



Εικόνα 5 RQ-4 Global Hawk [43]

3.3.2 Χαρακτηρισμός drones

Ανάλογα με την ιδιότητα του χειριστή που χρησιμοποιεί την συγκεκριμένη συσκευή μπορεί να ταξινομηθεί σε στρατιωτικό ή σε πολιτικό drone. Στην περίπτωση που αυτό χρησιμοποιείται ως πολεμικό όπλο, τότε ονομάζεται στρατιωτικό drone. Σε αντίθεση με τα drone που αξιοποιούνται είτε για φωτογράφιση είτε ως δραστηριότητα ενός ανθρώπου, στην περίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως πολιτικό drone. Μολονότι η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί κατά βάση στο στρατιωτικό περιβάλλον, ενδεχομένως θα ήταν δυνατόν να εισαχθεί στο μη στρατιωτικό drone, αλλά διαθέτει διαφορετικά χαρακτηριστικά με ένα ευρύ φάσμα χρήσεων. Η δαπάνη για τα drones είναι υπέρογκη, για να δημιουργηθούν απαιτούνται τεράστια χρηματικά ποσά και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι διαθέτουν εξοπλισμό τελευταίας γενιάς. Επιπροσθέτως, δύναται να συλλέξουν εικόνες σε μέρη που είναι δύσκολη η πρόσβαση τους, ενώ συνάμα λειτουργούν και ως ένα οπλικό σύστημα όπου επιτίθεται στον εχθρό του. Είναι εύκολο κατανοητό ότι ολοένα και περισσότερο τα drones αποκτούν μεγαλύτερη αξία σε σχέση με το παρελθόν. Προτεραιοποίηση όσον

αφορά το κομμάτι της εκπαίδευσης πιλότων drones έχει δοθεί από την Πολεμικά Αεροπορία των ΗΠΑ.

Αμέσως μετά, έρχεται στην σκέψη των ανθρώπων η άποψη ότι μέσα από την χρήση των drone, η ποιότητας της ανθρώπινης ζωής θα γίνει ολοένα και καλύτερη. Μέρος της καθημερινότητας αποτελούν τα πολιτικά μη επανδρωμένα αεροσκάφη, τα οποία με την σειρά τους προσφάτως κυκλοφόρησαν στην αγορά. Η χρήση των drones μπορεί να σχετίζεται είτε με την λήψη θεαματικών σκηνών με σκοπό την ψυχαγωγία των θεατών, είτε να αποτελούν κάμερες για σταθμούς εκπομπής [19].

3.3.3 Δυνατότητες εκμετάλλευσης drones

Εκτός από την εύκολα κατανοητή και αναμενόμενη δυνατότητα χρησιμοποίησης των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροχημάτων ως ιπτάμενα μέσα μεταφοράς ωφέλιμου φορτίου και την εκμετάλλευση των καμερών που φέρουν για την συλλογή πληροφοριών, παρέχεται και η χρήση δύο σημαντικών προτερημάτων. Το πρώτο αφορά στην χρήση τεχνητής νοημοσύνης στα drones στρατιωτικών προδιαγραφών.

Συγκεκριμένα, οι ευφυείς λειτουργίες που συνδέονται με τα drones παρατηρούνται επί των πλείστων στο έδαφος. Το drone μεταδίδει πληροφορίες, κυρίως από την εικόνα που καταγράφει, η οποία δύναται να υποβληθεί σε επεξεργασία από αλγόριθμους και ανθρώπινους χειριστές στο έδαφος. Το επόμενο στάδιο αφορά στην επαλήθευσή, την διασταύρωση και την ανάλυση των πληροφοριών από ανθρώπους οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την λήψη αποφάσεων με σκοπό την δημιουργία ευκαιριών για την κάθε συλλεγόμενη πληροφορία που παρέχεται. Με αυτόν τον τρόπο οι πληροφορίες διαμοιράζονται από το drone στον εκάστοτε διοικητή, ώστε να καθοριστεί μια ενέργεια που πρέπει να γίνει. Το τελικό στάδιο της συγκεκριμένης διαδικασίας ολοκληρώνεται με την επιστροφή του αποτελέσματος σε κάποιον χειριστή και με μεγάλη πιθανότητα και στο ίδιο το drone. Είναι γεγονός πως ο ανθρώπινος παράγοντας είναι αυτός που διατηρεί τον πλήρη έλεγχο των εντολών που θα εκτελέσει το μη επανδρωμένο.

Η ύπαρξη αυτοματοποιημένων drones, θα ήταν εφικτή εάν στην συνέχεια της εξέλιξης της τεχνολογίας, αυτά προγραμματιστούν με εντολές τεχνητής νοημοσύνης ως προς την απόφαση και εκτέλεση ορισμένων διαδικασιών, όπως παράδειγμα η αυτοματοποίηση της πλοήγησής τους ή της αναγνώρισης στόχων. Το επόμενο στάδιο θα ήταν η δυνατότητα του χειριστή να αποστείλει ορισμένες απλές εντολές στο σύστημα και η τεχνητή νοημοσύνη να αυτοματοποιούσε τις εντολές πτήσης με σκοπό την εκτέλεση της εντολής που του έχει δοθεί ως είσοδο από τον χειριστή. Σε αυτό το σημείο κρίνεται σκόπιμο να τονιστεί πως στην παρούσα χρονική περίοδο κανένας χειριστής ενός στρατιωτικού drone, δεν δύναται να πάρει μια απόφαση πυροδότησης του μη επανδρωμένου χωρίς πρώτα να έχει λάβει την σχετική άδεια εκτέλεσης της συγκεκριμένης εντολής από το αντίστοιχο διοικητή του, ο οποίος με την σειρά του είναι υπεύθυνος για την λήψη τέτοιων αποφάσεων. Δηλαδή, ο χειριστής έχει τον ίδιο ρόλο με έναν πιλότο ενός μαχητικού αεροσκάφους με την μόνη διαφορά ότι ο προαναφερθέν βρίσκεται σε απόσταση από το ιπτάμενο όχημα με την διατήρηση του πλήρους ελέγχου των ελιγμών και των κινήσεων αυτού.

Για την παρούσα χρονική περίοδο, αλλά με μεγάλη πιθανότητα αλλαγής αυτής της κατάστασης υπό ορισμένες προϋποθέσεις, δεν καθίσταται εφικτό να διαφοροποιηθεί η έννοια της αυτονομίας των στρατιωτικών μη επανδρωμένων από την σκοπιά της χρήσης τεχνητής νοημοσύνης. Το προσωπικό που ασχολείται με την ανάπτυξη των drones δεν επιδιώκει στο να αφομοιώσει τις δύο τεχνολογίες καθώς θα έχει αντίθετα αποτελέσματα με στην ιεραρχική δομή της λήψης αποφάσεων που χρησιμοποιεί ο στρατός [20].

Μία δεύτερη δυνατότητα εκμετάλλευσης των μη επανδρωμένων αεροσκαφών είναι η χρήση τους ως αναμεταδότες δικτύου, το οποίο θα μπορούσε και να ωφελήσει άμεσα την αναμετάδοση για το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης.

Πιο συγκεκριμένα, η ανάγκη εφαρμογής και εκμετάλλευσης των νέων τεχνολογιών είναι όλο και περισσότερο σημαντική. Όπως σε κάθε εταιρεία έτσι και στο στρατό είναι αναπόφευκτη η μετάβαση σε νέους τρόπους επικοινωνίας των Πληροφοριακών Συστημάτων του. Για ένα πετυχημένο αποτέλεσμα σε μία στρατιωτική επιχείρηση, είναι απαραίτητη η άσκηση της διοίκησης, η οποία είναι αναγκαίο να διαθέτει πλήρη εικόνα για την τακτική κατάσταση του πεδίου μάχης. Ένας αποτελεσματικός και αξιόμαχος στρατός

πρέπει να είναι σε θέση να αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις στο πεδίο της μάχης σε διαφορετικές τοποθεσίες. Το NATO ή αλλιώς η Βορειοατλαντική Συμμαχία το οποίο αποτελεί έναν στρατιωτικό οργανισμό με τη συνεργασία 30 χωρών μεταξύ αυτών και της Ελλάδας, καλείται να αποκαταστήσει τις επικοινωνίες των διαφόρων κέντρων επιχειρήσεων για την επίτευξη του επιθυμητού αποτελέσματος.

Πριν αναλυθούν οι τρόποι με τους οποίους ένα μη επανδρωμένο αερόχημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αναμεταδότης ενός δικτύου, θα αναφερθούν οι υφιστάμενοι τρόποι επικοινωνίας. Αρχικά, είναι κατανοητό ότι σε περίοδο ειρήνης έχουν εγκατασταθεί και λειτουργούν επικοινωνιακές δομές για ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των στρατιωτικών εγκαταστάσεων. Όμως τίποτα από αυτά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μία στρατιωτική επιχείρηση είτε επιθετική είτε αμυντική καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα πρόβλεψης του χώρου που θα πραγματοποιηθεί αυτή. Έτσι λοιπόν σε μία τέτοια κατάσταση αυξάνεται η ανάγκη ανταλλαγής πληροφοριών μεταξύ κινητών κόμβων για την απρόσκοπτη επικοινωνιακή κάλυψη των κέντρων διοίκησης με το πεδίο της μάχης. Η υπάρχουσα αποκατάσταση επικοινωνιών πραγματοποιείται με την χρήση ασύρματων υψηλής συχνότητας και τη χρήση δορυφορικών συστημάτων.

Αρχικά για τις επικοινωνίες υψηλών συχνοτήτων λόγω των περιορισμένων δυνατοτήτων στην ταχύτητα των δεδομένων δεν υπάρχει δυνατότητα πλήρους εκμετάλλευσης του συνόλου των πληροφοριακών συστημάτων. Συνήθως περιορίζεται είτε σε απλή φωνητική επικοινωνία, είτε απλό κείμενο σε μορφή κονσόλας. Τέλος είναι δύσκολος ο συγχρονισμός των συστημάτων γιατί επηρεάζεται από τη μορφολογία του εδάφους (για παράδειγμα βουνά, καμπυλότητα του εδάφους) ακόμα και από τα επίπεδα της ατμόσφαιρας.

Από την άλλη πλευρά οι δορυφορικές επικοινωνίες έχουν και αυτές αρκετά μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα απαιτούν εξειδικευμένο εξοπλισμό ο οποίος είναι αρκετά δαπανηρός αλλά λόγω και του πλήθους και του όγκου των συστημάτων (δορυφορικά πιάτα, συστήματα GPS) είναι δύσκολη η χρήση τους από τα τμήματα της πρώτης γραμμής. Επίσης οι δορυφορικές επικοινωνίες απαιτούν την οπτική επαφή του επίγειου συστήματος με τον γεωστατικό δορυφόρο για την αποκατάσταση της ζεύξης το οποίο δεν είναι πάντα εφικτό. Τέλος οι γεωστατικοί δορυφόροι είναι ευάλωτοι σε επιθέσεις και παρεμβολές, ενώ

για την εκμετάλλευση τους, εκτός από το κόστος για τη χρήση τους, παρέχουν περιορισμένο εύρος ζώνης.

Με γνώμονα αυτές τις δυνατότητες επικοινωνίας είναι αναγκαία η εκμετάλλευση των νέων τεχνολογιών για την αποτελεσματικότητα των Ενόπλων Δυνάμεων στο θέατρο των επιχειρήσεων. Οι επιχειρησιακές δραστηριότητες των 30 χωρών μελών του NATO καλύπτουν μεγάλο χώρο σε ξηρά και θάλασσα, οπότε είναι αδύνατη η αντιμετώπιση των προβλημάτων επικοινωνίας με τους περιορισμούς οπτικής επαφής. Η ερευνητική ομάδα του NATO IST-172 διερευνά τρόπους επικοινωνιακής υποστήριξης οι οποίοι δεν παρεμβάλλουν χρήση δορυφόρων και απλών συστημάτων υψηλών συχνοτήτων. Αυτές οι μεθοδολογίες βασίζονται σε αναμεταδότες οι οποίοι διακρίνονται σε εναέριους και σε ατμοσφαιρικούς.

Στην πρώτη περίπτωση ένα εναέριο μέσο φέρει ένα σύστημα αναμεταδότη, για την επέκταση της περιοχής επικοινωνιακής κάλυψης των τακτικών τμημάτων και στη δεύτερη η ίδια η ατμόσφαιρα παρέχει έναν μηχανισμό ανάκλασης και ανακατεύθυνσης των ραδιοσυχνοτήτων σε απομακρυσμένους κόμβους. Στην συνέχεια θα αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο τα μη επανδρωμένα γίνεται να χρησιμοποιηθούν ως αναμεταδότες, αφού πρώτα επεξηγηθεί το τι είναι ένας εναέριος αναμεταδότης.

Με την έννοια των εναέριων αναμεταδοτών εννοούμε τη δυνατότητα χρήσης κεραιών σε εναέρια μέσα που θα επικοινωνούν με σταθμούς βάσης στο έδαφος. Παράδειγμα μία κεραία εκπομπής που πρέπει να ανταλλάξει πληροφορίες με μία άλλη κεραία και δεν υπάρχει δυνατότητα οπτικής επαφής λόγω ενός γεωγραφικού όγκου. Για την επίτευξη της ζεύξης, χρησιμοποιείται μία εναέρια κεραία που θα αποκατασταθεί την επικοινωνία με κάθε πομποδέκτη ξεχωριστά και θα τους δίνει τη δυνατότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους. Οι εναέριοι αναμεταδότες διακρίνονται στα αερόστατα, στα προσδεμένα αερόστατα, στα προσδεμένα drones, στα μη επανδρωμένα αεροσκάφη και στα επανδρωμένα αεροσκάφη. Όλοι αυτοί οι τύποι αναμεταδότη μπορούν να χαρακτηριστούν ως τέτοιοι άμα φέρουν τα κατάλληλα συστήματα για την επιτυχημένη μετάδοση ραδιοσυχνοτήτων.

Το πρώτο παράδειγμα που θα αναλυθεί αφορά ένα προσδεμένο drone ως εναέριος αναμεταδότης επικοινωνιών. Σε αυτό συμβάλλει το γεγονός ότι ο ίδιος ο σκελετός του μη επανδρωμένου αεροχήματος μπορεί αποτελεσματικά να χρησιμοποιηθεί και ως ιστός κεραίας. Επιπλέον πλεονέκτημά του σε σχέση με ένα μη προσδεμένο drone είναι η διάρκεια πτήσης του καθώς και η αποτελεσματική μεταφορά των δεδομένων, το οποίο θα επιτυγχάνεται μέσω του σταθμού πρόσδεσης στο έδαφος. Επομένως δεν θα απαιτείται να προσγειωθεί για φόρτιση ή αντικατάσταση μπαταριών. Τα προσεγμένα drone μπορούν επίσης να έχουν πιο αποτελεσματικά τακτικά αποτελέσματα σε σχέση με τα προσδεμένα αερόστατα καθώς είναι πιο εύκολο να αναπτυχθούν σε οποιοδήποτε έδαφος, καθώς και με τις περισσότερες δυνατότητες χειρισμού του. Επίσης είναι λιγότερο ορατά λόγω του μεγέθους τους, ενώ παράλληλα ένα ακόμα πλεονέκτημα είναι η ταχύτερη ανάπτυξη ώστε να φτάσει στο επιθυμητό ύψος. Τέλος, ο χειρισμός του δεν απαιτεί δεξιότητες πιλότου καθώς το σύστημα απλά θα αιωρείται στο υψόμετρο που έχει επιλέξει ο χρήστης.

Αντιθέτως, ένα από τα κύρια μειονεκτήματα τόσο των προσδεμένων drones όσο και των προσδεμένων αερόστατων είναι ότι έχουν περιορισμένη κινητικότητα. Ακόμα και αν είναι δεμένα πάνω σε κάποιο όχημα ώστε να μπορούν να μετακινούνται αυτά δεν μπορούν να περάσουν, λόγω της πρόσδεσης, πάνω από γέφυρες, μέσα από σύριγγες ή πάνω από δασικές περιοχές.

Η χρήση μη προσδεμένων drone ως αερομεταφερόμενο αναμεταδότη επικοινωνίας, μπορεί να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις προσωρινής χρήσης. Στην τακτική πλευρά το προσδεμένο drone θα μπορούσε να φέρει μία τακτική ραδιοφωνική συσκευή αναμετάδοσης, για να παρέχει ένα οικονομικά αποδοτικό προσωρινό αναμεταδότη με τους σταθμούς βάσης και τους τελικούς χρήστες.

Τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη μπορούν να παρέχουν αρκετές δυνατότητες σε μονάδες του NATO και μια από αυτές αποτελεί η χρήση και αυτών των συστημάτων ως αναμεταδότες επικοινωνίας δεδομένων και φωνής. Ανάλογα με το μέγεθός τους, αλλάζουν και οι δυνατότητες που μπορούν να έχουν ως εναέριοι αναμεταδότες. Αρχικά αυτό επηρεάζεται από το μέγιστο βάρος κατά την εκτόξευση των μη επανδρωμένων συστημάτων. Ενώ παράλληλα, το ύψος που αυτά λειτουργούν έχει αποτέλεσμα στην εμβέλεια που δύναται να καλύψουν ως αναμεταδότες επικοινωνίας. Τα μη επανδρωμένα

αεροχήματα τα οποία κινούνται σε μεγάλο ύψος λειτουργίας και συνήθως διαθέτουν μεγάλο όγκο, συνίστανται για αποκατάσταση επικοινωνίας πέραν του οπτικού πεδίου [21].

3.3.4 Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη Ελληνικών Ενόπλων Δυνάμεων

Οι Ελληνικές Ένοπλες Δυνάμεις διαθέτουν και χρησιμοποιούν τρία Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη για την κάλυψη των επιχειρησιακών τους αναγκών. Συγκεκριμένα ο Στρατός Ξηράς εκμεταλλεύεται επιχειρησιακά το Γαλλικής κατασκευής UAV Sperwer. Αναλυτικότερα το Σύστημα του μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους διαθέτει κάμερες, μία ημέρας και μία θερμική νυκτός, για την εκπλήρωση της αποστολής του, η οποία αφορά την συλλογή πληροφοριών. Η συγκρότηση του συστήματος αποτελείται από σταθμό ελέγχου εδάφους, με τον οποίο επιτυγχάνεται ο έλεγχος του Μη Επανδρωμένου, από σταθμό επικοινωνιών για την συνεχόμενη μεταφορά των συλλεγόμενων δεδομένων, τον τερματικό σταθμό λήψης, τον εκτοξευτή, το σύστημα μεταφοράς και περισυλλογής καθώς και τέλος από τον κλωβό τεχνικής συντήρησης. Η μέγιστη αυτονομία πτήσης ανέρχεται στις 6 ώρες πτήσης με μέγιστο ύψος 4 km. Το άνοιγμα των πτερύγων του είναι στα 4,20 m και το βάρος του 340 Kgr. Τέλος, η εμβέλεια μεταξύ του μη Επανδρωμένου με τον σταθμό ελέγχου εδάφους είναι 180 km, το οποίο δύναται να αυξηθεί στα 200 km με χρήση δεύτερου μη επανδρωμένου ως αναμεταδότης. Η σπουδαιότητα του συστήματος ολοκληρώνεται με την δυνατότητα του Handover που αφορά στην μεταβίβαση ελέγχου αεροχήματος, δηλαδή η δυνατότητα χειρισμού από άλλο σταθμό ελέγχου εδάφους, γεγονός που επιτρέπει στην αύξηση της εμβέλειας του αεροχήματος χωρίς την ανάγκη προσγείωσής του [22].



Εικόνα 6 UAV Sperwer κατά την εκτόξευσή του [22]

Επιπλέον, η Πολεμική Αεροπορία διαθέτει τα Μη Επανδρωμένα Αεροσκάφη, Heron I το οποίο παράγεται στο Ισραήλ καθώς και το Πήγασος II το οποίο είναι ελληνικής προέλευσης και κατασκευής. Αρχικά το Heron I είναι ένα σύστημα μη Επανδρωμένου Αεροσκάφους, το οποίο έχει μήκος 8,4 m και το εκπέτασμα των πτερύγων του είναι στα 16,6 m. Το μέγιστο ύψος πτήσης είναι τα 30.000 πόδια και το πλήρωμα που απαιτείται για την λειτουργία του αποτελείται από τον χειριστή του αεροχήματος, τον χειριστή του ωφέλιμου φορτίου και τον χειριστή του ραντάρ του.



Εικόνα 7 Heron I [23]

Από την άλλη πλευρά η δεύτερη έκδοση του πρώτου ελληνικού μη επανδρωμένου, το οποίο φέρει την ονομασία Πήγασος, έχει μήκος στα 4,3 m, εκπέτασμα πτερύγων τα 6,2 m και μέγιστο ύψος πτήσης στα 12.000 πόδια. Το προσωπικό για τον χειρισμό και την επιχειρησιακή του εκμετάλλευση απαρτίζεται από τέσσερις χειριστές [23].

3.4 Σμήνος των Συστημάτων μη Επανδρωμένων Αεροσκαφών

Στα μέσα του έτους 2021, ο εθνικός στρατός του Ισραήλ αποτέλεσε τον πρωτοπόρο στρατό που εκμεταλλεύτηκε την χρήση σμήνους μη επανδρωμένων αεροσκαφών κατά τη διάρκεια ένοπλων συγκρούσεων. Ως επί των πλείστων με τον όρο «σμήνος μη επανδρωμένων αεροσκαφών» εννοούνται απλώς πολλά μη επανδρωμένα αεροσκάφη που χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα. Βέβαια για τα προαναφερθέντα γεγονότα πρόκειται για ένα σύνολο drones τα οποία συνεργάζονται και αντάλλαζαν πληροφορίες για τη συλλογική λήψη κοινών αποφάσεων. Πλέον αρκετά κράτη, ανεξαρτήτως της δυναμικότητάς τους, προσπαθούν να αναπτύξουν ή να αποκτήσουν σμήνη μη επανδρωμένων αεροσκαφών που δύναται να ενεργούν σε οποιοδήποτε περιβάλλον όπως

ξηρά, θάλασσα, αέρα ακόμα στο διάστημα καθώς και να εκμεταλλευτούν το πλήθος του ωφέλιμου φορτίου που διαθέτουν.

Κάθε αερόχημα σε ένα σμήνος, μπορεί να είναι εξοπλισμένο με αισθητήρες, κάμερες, θερμικά συστήματα εντοπισμού και παρακολούθησης ή άλλα συστήματα παρακολούθησης, για να συλλέγει πληροφορίες από το περιβάλλον. Οι αυτόνομοι αλγόριθμοι λήψης αποφάσεων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση των δεδομένων και τη λήψη συντονισμένων αποφάσεων ανάμεσα στα συστήματα του σμήνους.

Η συνεργασία του swarm των drones μπορεί να περιλαμβάνει την αναλογική κατανομή καθηκόντων, όπως η εξόντωση εχθρικών στόχων, η παρακολούθηση περιοχών ή η στρατηγική επικοινωνία για να επιτευχθεί μια συγκεκριμένη αποστολή. Τα drones μπορούν επίσης να ανταποκριθούν δυναμικά σε αλλαγές στο περιβάλλον ή στις ανάγκες της αποστολής, προσαρμόζοντας τη στρατηγική τους ανάλογα.

Η λειτουργία του swarm των drones μπορεί να προσφέρει πολλαπλά οφέλη στο πεδίο της στρατιωτικής τεχνολογίας. Μπορεί να επιτρέψει την αύξηση της ευφυΐας και της αποτελεσματικότητας στις στρατηγικές αποστολές, τη βελτίωση της επικοινωνίας και την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των drones, καθώς και τη μείωση του κινδύνου για το στρατιωτικό προσωπικό.

Ο ρόλος που έχει κάθε ένα drone μέσα στο σμήνος ποικίλη και εξαρτάται από τους προηγούμενους παράγοντες. Οι κατηγορίες δεν θα πρέπει να είναι αυστηρά διακριτές και αυτό παρουσιάζεται γιατί ένα και μόνο drone έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί σε πολλούς διαφορετικούς ρόλους. Επιπρόσθετα, τα σμήνη μη επανδρωμένων αεροσκαφών μπορεί να έχουν διαφορετικούς συνδυασμούς τύπων μη επανδρωμένων αεροσκαφών ανάλογα με την αποστολή τους. Για παράδειγμα, ένα σμήνος υποβρύχιων drone που δημιουργείται για να υποστηρίξει ένα κατανεμημένο δίκτυο αισθητήρων για υποβρύχιες έρευνες, θα διαφέρει αρκετά με ένα εναέριο σμήνος που έχει ως αποστολή την καταστολή της εχθρικής αεράμυνας. Ένα ακόμα εξίσου σημαντικό χαρακτηριστικό για τα σμήνη μη επανδρωμένων αεροσκαφών είναι οι δυνατότητες ευελιξίας που θα διαθέτει, ώστε να

επιτρέπει τους επικεφαλής των αποστολών να διαμορφώνουν τη δομή του σμήνους ανάλογα με τις παραμέτρους της αποστολής, ενσωματώνοντας διαφορετικούς τύπους μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Σύμφωνα με όλα τα προαναφερθέντα, δημιουργούνται πέντε κατηγορίες από drones τα οποία συμπεριλαμβάνονται στα σμήνη και διαθέτουν κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αυτές οι κατηγορίες συστήματων μη επανδρωμένων αεροχημάτων είναι τα επιθετικά, οι αισθητήρες, τα αεροχήματα ακεραιότητας επικοινωνίας, τα δολώματα και τα μητρικά αεροχήματα.

Αναλυτικότερα, τα επιθετικά μη επανδρωμένα αεροχήματα στο ωφέλιμο φορτίο τους φέρουν οπλικά συστήματα με σκοπό να βάλλουν εχθρικούς στόχους. Το ωφέλιμο φορτίο ποικίλει από ομαδικά οπλικά συστήματα πεζοπόρων τμημάτων, μέχρι και πυραύλους ακόμα και παρεμβολής ηλεκτρονικού πολέμου, καθώς και όπλα για ραδιοβιοχημικές επιθέσεις. Επιπρόσθετα στα επιθετικά αεροχήματα, που διαθέτει ένα σμήνος συγκαταλέγονται τα απολυμαντικά χημικών όπλων ή αντίμετρα για νάρκες. Ένας σημαντικός παράγοντας για το τι μπορεί να φέρει ένα τέτοιο μη επανδρωμένο είναι το μέγιστο βάρος που μπορεί να μεταφέρει, το οποίο εξαρτάται άμεσα και από το μέγεθός του. Επίσης, διαφορετικοί τύποι επιθετικών μη επανδρωμένων αεροχημάτων μέσα σε ένα σμήνος μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε τακτικές καταστάσεις συνδυασμένων όπλων.

Η χρήση των μη επανδρωμένων αεροχημάτων ως αισθητήρες, έχει ως σκοπό να συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον στο οποίο επιχειρεί το σμήνος. Αποτέλεσμα αυτών των πληροφοριών είναι να παρέχουν και τα δημιουργούν νέες καταστάσεις σχετικά με τον εντοπισμό στόχων και την αποφυγή κινδύνων. Οι συλλεγόμενες πληροφορίες, διαμοιράζονται στο σύνολο του σμήνους ώστε να βοηθήσουν στην καθοδήγηση της κίνησης, στην εκτέλεση επιθετικών ενεργειών ή ακόμα και στη λήψη απλών αποφάσεων ως προς την συμπεριφορά του σμήνους. Ακόμα, είναι εύκολο να ενσωματωθούν εξειδικευμένοι αισθητήρες για τον έλεγχο του περιβάλλοντος από χημικά, βιολογικά ή ραδιολογικά υλικά και η συγκεκριμένη πληροφορία να μεταδοθεί στο επόμενο κλιμάκιο διοίκησης ως προς ενημέρωση πιθανούς προσωπικού που μπορεί να ενεργήσει στην περιοχή. Είναι γεγονός ότι τα αεροχήματα καθενός σμήνους τα οποία διαθέτουν αισθητήρες, αποτελούν ένα σύνολο διασκορπισμένων δικτυακών αισθητήρων.

Η τρίτη κατηγορία των drones μέσα σε ένα σμήνος αφορά αυτά που στοχεύουν στην εξασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ τους. Συγκεκριμένα, ο ηλεκτρονικός πόλεμος αποτελεί ένα ευάλωτο σημείο για τα σμήνη μη επανδρωμένων αεροχημάτων. Εφόσον το σημαντικότερο κομμάτι μέσα σε αυτά τα σμήνη είναι η επικοινωνία μεταξύ τους, ώστε να μπορούν να δρουν συλλογικά, η διακοπή αυτής θα αποτελέσει μια συνολική δυσλειτουργία σε όλο το σμήνος. Στόχος της ηλεκτρονικής επίθεσης θα μπορούσε να αποτελεί είτε η επικοινωνία μεταξύ των μη επανδρωμένων, είτε τα σήματα που λαμβάνουν από οποιονδήποτε επίγειο σταθμό ελέγχου. Για την αντιμετώπιση στο συγκεκριμένο γεγονός, στα σμήνη υπάρχουν μη επανδρωμένα με τον παραπάνω ρόλο, τα οποία διασφαλίζουν την ακεραιότητα του σμήνους. Επιπρόσθετα, τα drones μπορεί να χρησιμοποιούνται ως κόμβοι αναμετάδοσης για επικοινωνίες από εξωτερικές πηγές, είτε να εξασφαλίζουν μια εναλλακτική διάδοση για την επικοινωνία μεταξύ του σμήνους. Επίσης χρησιμεύουν και ως ενισχυτής σήματος σε καταστάσεις παρεμβολής από εχθρικές ενέργειες ηλεκτρονικού πολέμου, είτε ακόμα να μεταδίδουν σήματα έκτακτης ανάγκης σε μη παρεμβαλλόμενες συχνότητες. Ένα drone το οποίο έχει τέτοια αποστολή πρέπει να είναι σχεδιασμένο κατάλληλα ώστε να εκπληρώνει την αποστολή του. Ως κυρίως υποστηρικτική ή εφεδρική λειτουργία, αυτή η κατηγορία των μη επανδρωμένων αεροχημάτων ενός σμήνους θα πρέπει να κινείται σε ασφαλή απόσταση από τα εχθρικά πυρά καθώς και να διανέμει μεγαλύτερη ισχύ για την εξασφάλιση των εκπεμπόμενων σημάτων. που εκπέμπει.

Ο ρόλος που χρησιμοποιούνται τα drones δολώματα είναι πιο απλός αλλά ταυτόχρονα εξαιρετικά σημαντικός και είναι αυτός του αντιπερισπασμού. Κυρίως αναλώνονται ώστε να απορροφούν τα εχθρικά πυρά και έτσι να προστατεύουν τους πιο χρήσιμους ρόλους από τα υπόλοιπα μη επανδρωμένα αεροχήματα. Αν και συνήθως δεν διαθέτουν το πλήθος εξοπλισμού και αισθητήρων, δύναται να είναι και αρκετά εξελιγμένα. Μπορούν να σχεδιαστούν για να εκπέμπουν παραπλανητικά σήματα ώστε να ξεγελούν τους αμυντικούς μηχανισμούς και να παρουσιάζονται ως πραγματικά επανδρωμένα αεροσκάφη. Επίσης, δύναται να χρησιμοποιηθούν με σκοπό να δημιουργήσουν την εντύπωση ότι ο κύριος όγκος του σμήνους βρίσκεται σε διαφορετική τοποθεσία και έτσι θα περιέπλεκε την αντίδραση σε μια πανκατευθυντική επίθεση.

Τέλος, τα μητρικά μη επανδρωμένα αεροχήματα βοηθούν στη μεταφορά του σμήνους drone από και προς το πεδίο της μάχης και μπορούν επίσης να παρέχουν

υποστήριξη για όλα τα άμεσα ζητήματα των αεροχημάτων του σμήνους, όπως επαναφόρτιση, επανεξοπλισμός ή γενική συντήρηση. Τα μητρικά drone πρέπει απαραίτητα να είναι μεγαλύτερα από όλα τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη που αναφέρθηκαν προηγουμένως και έτσι μπορούν να υποστηρίξουν την ευρύτερη επικοινωνία ολόκληρου του σμήνους. Όπως είναι φυσιολογικό αποτελούν και τρωτό σημείο, επειδή μπορεί να στοχοποιηθούν για να παύει να είναι λειτουργικό ολόκληρο το σμήνος [24].

Μία σημαντική επιθετική ενέργεια που μπορεί να εκτελέσει ένα σμήνος μη Επανδρωμένων Αεροχημάτων είναι ο όρος saturation (κορεσμός). Η έννοια αυτή αναφέρεται στην ικανότητα ενός σμήνους να υπερφορτώνει έναν εχθρικό στόχο με μεγάλο αριθμό drones.

Με τη χρήση του saturation, το σμήνος μπορεί να εκτελέσει συντονισμένες επιθέσεις μεγάλης κλίμακας ή να διεξαγάγει επιθέσεις από πολλαπλές κατευθυνόμενες πηγές. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη αποτελεσματικότητα και καταστροφή εναντίον του εχθρού, καθώς ο στόχος θα πρέπει να αντιμετωπίσει την πολυπλοκότητα και την ομοιόμορφη επίθεση από πολλές κατευθυνόμενες πηγές ταυτόχρονα.

Οι επιθέσεις με saturation μπορούν να επιτευχθούν με διάφορους τρόπους, όπως η επιθετική χρήση εκρηκτικών υλικών, η διεξαγωγή επίθεσης από αέρα ή η συντονισμένη εξουθένωση του εχθρού με χρήση επιθετικών ενεργειών, όπως λόγου χάριν το χάκινγκ ή η παρεμβολή της επικοινωνίας. Η ουσία του saturation είναι να υπερκαλύψει τις δυνατότητες του αντιπάλου και να δημιουργήσει συνθήκες εξουθενωτικού πλήγματος.

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η χρήση του saturation στο IoBT απαιτεί συντονισμό, αλγόριθμους και αποφάσεις που θα καθορίζουν ποια drones θα επιτεθούν, πώς και πότε. Επίσης, απαιτούνται συστήματα ασφαλείας και προστασίας για να αποφευχθούν καταχρήσεις και επιθέσεις από αντίπαλα συστήματα.

Μερικά αντίμετρα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αντιμετωπιστεί το saturation από εχθρικές δυνάμεις στο πλαίσιο του IoBT αποτελούν τα εξής. Αρχικά, η ανίχνευση και αποτροπή. Συστήματα ανίχνευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να

ανιχνεύσουν ένα σμήνος αεροχημάτων πριν από την επίθεση και να προλάβουν τον κορεσμό. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω ραντάρ, ανιχνευτών θερμότητας ή μέσω ανίχνευσης ηλεκτρομαγνητικών εκπομπών. Η αποτροπή μπορεί να περιλαμβάνει αντιαεροπορικά συστήματα, παραπλανητικά αεροχήματα ή αντιαεροπορικά πυροβόλα. Επίσης, η ανάλυση του σμήνους και των δράσεών του, μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό των πηγών επίθεσης και στην αντιμετώπισή τους.

Μέσω της ανάλυσης δεδομένων, της ανίχνευσης προτύπων και της μηχανικής μάθησης, μπορεί να γίνει εντοπισμός των εχθρικών drones και η λήψη μέτρων αντιμετώπισής τους. Τέλος, η αντιαεροπορική άμυνα μπορεί να συμβάλει μέγιστα. Αναλυτικότερα, συστήματα αντιαεροπορικής άμυνας, όπως πύραυλοι ή αντιαεροπορικά πυροβόλα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να εμποδίσουν ή να καταρρίψουν τα εχθρικά drones πριν φτάσουν στον στόχο τους.

Αυτά είναι μερικά παραδείγματα αντιμετώπισης του saturation από εχθρικά σμήνη drones. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η τεχνολογία συνεχώς εξελίσσεται και οι αντίπαλοι μπορεί να αναπτύσσουν νέες τακτικές και τεχνολογίες. Έτσι, η αντιμετώπιση του saturation απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και εξέλιξη των αντιμέτρων ασφαλείας.

3.5 Η δομή ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης



Εικόνα 8 Απεικόνιση του Διαδικτύου Αντικειμένου Μάχης σε Πεδίο Επιχειρήσεων [40]

3.5.1 Σημείο πρόσβασης (Access Point)

Πριν γίνει αναφορά στις μεθόδους με τις οποίες μπορεί να υλοποιηθεί η δράση ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης σε πραγματικές συνθήκες, είναι σημαντικό να αναφερθεί η βασική δομή ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης καθώς και ο ρόλος των αντικειμένων ή των δικτυακών αντικειμένων μάχης. Το πρώτο και βασικότερο είναι το σημείο πρόσβασης (access point). Το σημείο πρόσβασης είναι τυπικά μία συσκευή, η οποία είναι ασύρματα συνδεδεμένη με το διαδίκτυο και λειτουργεί σαν μία πύλη, μέσα από την οποία μπορούν να συνδεθούν τα διάφορα δικτυακά αντικείμενα μάχης (ΔΑΜ). Μέσα από αυτή την συσκευή τα υπόλοιπα δικτυακά αντικείμενα μάχης συνδέονται ασύρματα με ένα τοπικό δίκτυο, το οποίο θα πρέπει να είναι καλά ασφαλισμένο και επαρκώς θωρακισμένο, προκειμένου να αντιμετωπίσει κατάλληλα ενδεχόμενες υποκλοπές και παραβιάσεις [25]. Το δίκτυο αυτό καθορίζεται τόσο από την ισχύ του, όσο και από το εύρος ζώνης του. Το εύρος ζώνης σχετίζεται ουσιαστικά με το χιλιομετρικό εύρος το οποίο μπορεί να καλύψει το σημείο πρόσβασης. Ο τύπος σύνδεσης, που είναι και ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες

για την σωστή και ουσιαστική λειτουργία του διαδικτύου αντικειμένων μάχης καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες.

Ένας από τους βασικότερους παράγοντες είναι το επίπεδο ζεύξης δεδομένων (Data Link Layer), το οποίο εξασφαλίζει την λειτουργία όλων εκείνων των πρωτοκόλλων που επιτρέπουν την μετάδοση δεδομένων σε ένα ασύρματο δίκτυο [26]. Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας είναι το επίπεδο δικτύου (Network Layer), το οποίο είναι αποκλειστικά υπεύθυνο για την λειτουργία του υποδικτύου και για την άμεση και αδιάκοπη μετάδοση δεδομένων και πληροφοριών. Το σημείο σύνδεσης αποτελεί ουσιαστικά ένα σημείο τομής για το διαδίκτυο των αντικειμένων μάχης, δεδομένου ότι είναι υπεύθυνο για την ορθή λειτουργία όλου του δικτύου, μέσα στο οποίο ανταλλάσσονται και διαδίδονται πληροφορίες κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης. Το δυναμικό εύρος (Dynamic Range) και ο τύπος σύνδεσης των δικτυακών αντικειμένων με το σημείο πρόσβασης είναι άκρως σημαντικά στοιχεία, που μπορούν να δώσουν αρκετές πληροφορίες σχετικά με την αφετηρία ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης.

3.5.2 Συσσκευή (Device)

Πρόκειται για μία συσκευή ή ένα φυσικό εξάρτημα, το οποίο μπορεί να είναι ένα κράνος, ένα πολεμικό εφόδιο, ένα όχημα ή ένα μη επανδρωμένο όχημα και στην ουσία αναλαμβάνει τον ρόλο της παρακολούθησης (monitoring) και της άντλησης πληροφοριών για χάρη του μαχητή μέσα στο πεδίο μάχης. Ο τύπος της συσκευής, η δομή της, η ανθεκτικότητά της και η διάρκεια ζωής καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από την εκάστοτε επιστημονική ομάδα που έχει αναλάβει την κατασκευή της. Σε ένα διαδίκτυο αντικειμένων μάχης οι συσκευές μπορεί να είναι δύο ή μερικές δεκάδες ανάλογα με τις απαιτήσεις της επιχείρησης και με την δυναμικότητα του δικτύου [5].

3.5.3 Φάρος Αναμετάδοσης (Transmission Beacon)

Ένας πομπός που συνδέεται με άλλες συσκευές μέσω σύνδεσης Bluetooth ή Blue Low Energy (BLE) με άλλες συσκευές όπως έξυπνα κινητά τηλέφωνα ή ολοκληρωμένα

πακέτα παρακολούθησης. Ο φάρος αναμετάδοσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός ιδιαίτερα για συσκευές, που βρίσκονται σε κοντινή απόσταση, καθώς διασφαλίζει μία συνεχή και αδιάκοπη συνδεσιμότητα. Είναι ένα νευραλγικό σημείο του διαδικτύου αντικειμένων μάχης, καθώς καθορίζει σε μεγάλο βαθμό, τον τρόπο με τον οποίο θα κριθεί μία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων, επιτυχής.

3.5.4 Πύλη (Gateway)

Ένα κεντρικό σημείο ελέγχου το οποίο μεταφράζει και αποκωδικοποιεί την επικοινωνία μεταξύ δύο συσκευών και τους επιτρέπει να κατανοούν τις μεταξύ τους αλλά και τις ανεξάρτητες κινήσεις [27]. Για παράδειγμα, ένα κράνος, που φέρει ένας μαχητής μπορεί να επικοινωνήσει με φωνητική κωδικοποιημένη εντολή με ένα drone ή με ένα όχημα παρακολούθησης και να μεταφράσει άμεσα στον μαχητή τις εισερχόμενες πληροφορίες. Ο μαχητής δηλαδή, δεν είναι σε θέση να αποκωδικοποιεί ή να αποκρυπτογραφεί εκείνη τη στιγμή το μήνυμα από το drone, και έτσι για λόγους ταχύτητας και αποτελεσματικότητας η πύλη δύναται να μεταφράσει άμεσα το μήνυμα αυτό.

3.5.5 Σημείο Ελέγχου (Hub)

Μία συσκευή, η οποία μπορεί να συνδέσει άλλες συσκευές που εκπέμπουν δεδομένα με ένα κεντρικό σταθμό. Ουσιαστικά ο κεντρικός σταθμός, που συνήθως βρίσκεται στο επιχειρησιακό κέντρο της εκάστοτε πολεμικής επιχείρησης, είναι ένα σημείο συλλογής μηνυμάτων και δεδομένων από το οποίο περνούν διάφορες πληροφορίες, που δεν φτάνουν άμεσα στον μαχητή αλλά μεταδίδονται σε αυτόν μέσα από τα επιτελικά στελέχη, όταν κριθεί αναγκαίο.

3.5.6 Αισθητήρας (Sensor)

Πρόκειται για την συσκευή, η οποία είναι υπεύθυνη για την συλλογή δεδομένων από το φυσικό περιβάλλον με σκοπό την μετατροπή τους σε αξιοποιήσιμες πληροφορίες για

μία πολεμική επιχείρηση. Για παράδειγμα, στο πεδίο μάχης είναι απαραίτητο να υπάρχει πλήρης επίγνωση για τις υπάρχουσες καιρικές συνθήκες [28]. Μέσω διάφορων αισθητήρων λοιπόν, μπορούν να δοθούν πληροφορίες τον άνεμο, την υγρασία ή άλλες χρήσιμες συνθήκες για την στρατιωτική επιχείρηση. Σύμφωνα μάλιστα με έρευνα που πραγματοποιήθηκε μεταξύ μερικών απόστρατων, που έχουν συμμετάσχει σε πολεμικές επιχειρήσεις, το 65,2% δήλωσε ότι συμφωνεί απόλυτα με την άποψη, πως η επαρκής γνώση των καιρικών συνθηκών καθορίζει σε σημαντικό βαθμό κατανόησης και επίγνωσης της έκβασης μίας στρατιωτικής επιχείρησης [29].

Από ότι φαίνεται λοιπόν, το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης είναι ένας σύνδεσμος λειτουργίας διάφορων τεχνολογικών μέσων, που βασίζεται κατά κύριο λόγο στην συνδεσιμότητα και στην προσβασιμότητα. Πράγματι, όπως θα αναλυθεί και σε επόμενο κεφάλαιο, το ζήτημα της σωστής σύνδεσης και της ορθής λειτουργίας της συνδεσιμότητας κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης είναι πολύ σημαντικό, δεδομένου ότι ακόμη και μία μικρή καθυστέρηση κάποιων πληροφοριών για μερικά δευτερόλεπτα, μπορεί να αποβεί μοιραία για μία στρατιωτική επιχείρηση και να επιφέρει αρνητικές και μη επιθυμητές συνέπειες.

Η διασφάλιση μίας γρήγορης και ευρείας σύνδεσης, η οποία ταυτόχρονα θα είναι κρυπτογραφημένη και θωρακισμένη για αντιμετώπιση ενδεχόμενων απειλών ή κυβερνοεπιθέσεων, είναι ο ακρογωνιαίος λίθος του διαδικτύου αντικειμένων μάχης και της ορθής υλοποίησής του, μέσα στα πλαίσια ενός πραγματικού πεδίου μάχης. Τα παραπάνω σημεία σύνδεσης, μετάδοσης και αποκρυπτογράφησης πληροφοριών είναι ουσιαστικά ο πυρήνας, πάνω στον οποίο καλείται να διαμορφωθεί ένα λειτουργικό πλαίσιο για την ορθή και άνευ εμποδίων λειτουργία του διαδικτύου αντικειμένων μάχης στην πράξη. Στη συνέχεια, θα ακολουθήσει μία λεπτομερής αναφορά στις μεθόδους εφαρμογής του διαδικτύου αντικειμένων μάχης σε πραγματικές συνθήκες, καθώς και σε εκείνους τους τρόπους, με τους οποίους τα δικτυακά αντικείμενα μάχης μπορούν να παραμείνουν συνδεδεμένα κατά την διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης.

3.5.7 Ατομικός εξοπλισμός υψηλής τεχνολογίας ενός μαχητή

Εφόσον ο πόλεμος απαιτεί σε μεγαλύτερο βαθμό την επιτυχή μεταφορά δεδομένων μέσω δικτύου, οι καινοτόμες συσκευές που θα τον υποστηρίξουν, οφείλουν να είναι φορητές, τόσο για τους αξιωματικούς όσο και για τους στρατιώτες. Αποτέλεσμα θα είναι να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των τμημάτων, αφού θα έχουν την δυνατότητα να φέρουν όλο και περισσότερες συσκευές μαζί τους. Επίσης, μερικές φορητές συσκευές δύναται να συνδεθούν και με τους ασυρμάτους που έχουν στον εξοπλισμό τους οι στρατιωτικές μονάδες. Άλλες, παρέχουν το πλεονέκτημα να διασυνδέονται με συσκευές διαχείρισης μάχης μέσω της χρήσης συγκεκριμένων τύπων οθονών, που μπορούν να τοποθετηθούν είτε στο πρόσωπο των στρατιωτών με συγκεκριμένο τύπο γυαλιών είτε στον καρπό τους με έξυπνα ρολόγια χειρός. Οι συσκευές γίνονται πιο ανθεκτικές, ελαφρές και όλο και περισσότερο ενσωματωμένες σε καλωδιώσεις ή σε άλλα κομμάτια εξοπλισμού, λόγω των συνεχόμενων εξελίξεων στην τεχνολογία υλικών.



Εικόνα 9 Smart WristView [30]

Με τις δυνατότητες που προσφέρει η επαυξημένη πραγματικότητα, δίνονται νέες δυνατότητες στους χρόνους αντίδρασης των στρατιωτικών τμημάτων. Ένα παράδειγμα ως προς αυτή την συνθήκη αποτελεί το σύστημα Intergrated Visual Augmentation System (IVAS), το οποίο αναπτύχθηκε από την εταιρεία Microsoft σε συνεργασία με τον αμερικάνικο στρατό, το 2019. και σήμερα δοκιμάζεται από τον αμερικανικό στρατό.



Εικόνα 10 Smart Eye [30]

Συγκεκριμένα, λόγω νέας προσπάθειας για την δημιουργία μοντέρνων και προηγμένων τεχνολογιών ως προς την ενίσχυση για την επίγνωσης της κατάστασης και των δυνατοτήτων του στρατιωτικού προσωπικού, οι στρατιωτική ιεραρχία των ΗΠΑ υπέβαλλαν πρόταση σε μηχανικούς της Microsoft, ώστε να παρακολουθήσουν την εκπαίδευση του στρατού σε μια από τις βάσεις αυτού. Αναλυτικότερα, η ομάδα των τεχνικών, παρακολούθησε τους τρόπους πλοήγησης στο έδαφος, τους ελιγμούς σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και της επίτευξης της επικοινωνίας στο πεδίο της μάχης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να βοηθηθούν οι μηχανικοί και να κατανοήσουν το πραγματικό περιβάλλον και τις συνθήκες κάτω από τα οποία καλούνται τα στρατιωτικά τμήματα να

φέρουν εις πέρας την αποστολή τους. Το επόμενο βήμα ήταν να χρησιμοποιήσουν αυτή τη γνώση που απέκτησαν, ώστε να σχεδιάσουν ένα σύστημα ακουστικών μεικτής πραγματικότητας.

Αυτό το γεγονός αποτέλεσε την συνεργασία μεταξύ της Microsoft και του αμερικάνικου στρατού, όπου ανέθεσε στην εταιρεία, την παραγωγή ακουστικών μεικτής πραγματικότητας με βάση την τεχνολογία HoloLens της Microsoft, τις συσκευές IVAS. Με την χρήση του εν λόγω συστήματος θα επιτραπεί στους στρατιώτες να έχουν ορατότητα μέσα από τον καπνό και τις γωνίες, να χρησιμοποιούν ολογραφικές εικόνες για εκπαίδευση και να έχουν τρισδιάστατους χάρτες εδάφους που θα προβάλλονται στο οπτικό τους πεδίο με το πάτημα ενός κουμπιού.



Εικόνα 11 Soldier wearing IVAS [31]

Πιο αναλυτικά, η συσκευή IVAS εφαρμόζει τεχνολογία μεικτής πραγματικότητας του HoloLens μαζί με θερμικές εικόνες, αισθητήρες, τεχνολογία GPS και δυνατότητες νυχτερινής όρασης ώστε να βελτιστοποιεί την επίγνωση της κατάστασης των στρατιωτών και να παρέχει σε αυτούς κρίσιμες πληροφορίες με σκοπό να συνεπικουρεί στο σχεδιασμό, την εκπαίδευση και την εκτέλεση αποστολών. Παράλληλα, δίνουν την δυνατότητα να βλέπουν πού βρίσκονται και τι υπάρχει γύρω τους, καθώς προβάλλονται ολογραφικές εικόνες, τρισδιάστατοι χάρτες εδάφους και πυξίδα στο οπτικό τους πεδίο.

Επιπλέον, αντί ένα στρατιωτικό τμήμα να σχεδιάζει αποστολές πάνω σε ένα δυσδιάστατο χάρτη με αυτοσχέδια υλικά, το IVAS θα τους παρέχει την δυνατότητα να χρησιμοποιούν τρισδιάστατους χάρτες, όπου και θα απεικονίζουν τα μέρη στα οποία θα βρίσκονται κατά την διάρκεια της αποστολής τους.

Εν κατακλείδι, οι στρατιώτες στο μέλλον, θα δύναται να χρησιμοποιήσουν το IVAS ώστε να δουν πώς θα είναι μία περιοχή, στην οποία θα χρειάζεται να δράσουν και να έχουν πλήρη άποψη για τις πιθανές εισόδους σε αυτή. Επίσης να την αντικρίσουν σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού με φως ημέρας, φως του φεγγαριού ή με βροχή. Ομοίως θα δύναται να δουν μια ολογραφική εικόνα από ένα κτίριο και να καθορίσουν τον βέλτιστο τρόπο πρόσβασης ή διαφυγής σε αυτό [31].

Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψιν από τις κυβερνήσεις και τις βιομηχανίες να σχεδιάσουν όπλα με σκοπό την μείωση των παράπλευρων απωλειών. Μία στρατιωτική μονάδα στο έδαφος αναμένεται να χρησιμοποιεί οπλικά συστήματα με καθοδήγηση λέιζερ. Επιπλέον, υπάρχει και ανάπτυξη στην κατασκευή βλημάτων με λέιζερ που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους υφιστάμενους εκτοξευτές οπλοβομβίδων και τα οποία θα βοηθήσουν σε σημαντικό βαθμό στα πεζοπόρα τμήματα. Τα συστήματα θα παρέχουν την δυνατότητα να καταστρέφουν και να εξουδετερώνουν στόχους, προκαλώντας ελάχιστες ζημιές στις γύρω περιοχές. Τέτοια όπλα μπορούν να καθοδηγούνται από τους αισθητήρες που διαθέτουν τα στρατεύματα και αυτοί οι αισθητήρες θα αποτελούν απαραίτητο μέρος του εξοπλισμού των στρατιωτών [32].

3.6 Συλλογή δεδομένων μάχης

Όπως προαναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, ο βασικός άξονας της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης είναι να αποσαφηνιστεί ο τρόπος με τον οποίο η χρήση των δικτυακών αντικειμένων μάχης, μπορεί να υλοποιηθεί στην πράξη καθώς και να καθοριστούν οι πρακτικές εφαρμογές της σε πραγματικές συνθήκες. Πέρα από την θεωρία λοιπόν, και την αποδόμηση ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης, που πραγματοποιήθηκε σε προηγούμενο υποκεφάλαιο, υπάρχει και η πρακτική λειτουργία της εν λόγω διαδικασίας. Αυτές οι πρακτικές λειτουργίες λοιπόν, των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι πολλές και οι περισσότερες στρέφονται γύρω από την αναγνώριση, κωδικοποίηση και διάδοση χρήσιμων πληροφοριών κατά την διάρκεια μίας κρίσιμης στρατιωτικής επιχείρησης. Η συλλογή δεδομένων μάχης λοιπόν, που ως επί των πλείστων έχει πραγματοποιηθεί με τη χρήση εναέριων μη επανδρωμένων οχημάτων (drones), περιλαμβάνει την σάρωση, την αναγνώριση και την συγκομιδή χρήσιμων πληροφοριών από το πεδίο μάχης [5].

Τα μη επανδρωμένα οχήματα, καταγράφουν βίντεο, απαθανατίζουν εικόνες και ανακαλύπτουν ή προσδιορίζουν το έδαφος και την μορφολογία του πεδίου μάχης, παρέχοντας χρήσιμες πληροφορίες στον μαχητή άμεσα και με ταχύτητα [33]. Επιπλέον, μπορούν να εντοπίσουν τον εχθρό και να στείλουν απευθείας ζωντανές πληροφορίες για την θέση του, τη απόστασή του από το σημείο αναφοράς καθώς και τον αριθμό των εχθρικών μονάδων. Τα μη επανδρωμένα οχήματα, που εκτός από drone μπορεί να είναι και τηλεκατευθυνόμενα οχήματα εδάφους, διαθέτουν αισθητήρες, κάμερες και διάφορα άλλα εξαρτήματα, που τα καθιστά ικανά να σαρώσουν ολιστικά το περιβάλλον τους και να μεταδώσουν πληροφορίες και δεδομένα σε πρώτο χρόνο.

Η διάδοση πληροφοριών και δεδομένων, που αφορούν την μορφολογία, την σύσταση του εδάφους, τις καιρικές συνθήκες αλλά και την θέση του εχθρού, αποτελεί ένα ορόσημο για την χρήση των δικτυακών αντικειμένων μάχης. Μέσα από την άντληση αυτών των πληροφοριών και την άμεση μετάδοσή τους στους εκάστοτε μαχητές ή στα εκάστοτε επιχειρησιακά κέντρα είναι δυνατή μία εις βάθος κατανόηση των συνθηκών που επικρατούν στο πεδίο μάχης και ταυτόχρονα παρέχεται η δυνατότητα για επανακαθορισμό

ή επαναπροσδιορισμό στρατηγικής [4]. Φυσικά, οι πληροφορίες αυτές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται σχολαστικά και με αφαιρετική γνώση από τους ιθύνοντες, προκειμένου να γίνουν οι κατάλληλες εκτιμήσεις και να λαμβάνονται οι κατάλληλες ενέργειες. Για παράδειγμα σε μία επιχειρησιακή δραστηριότητα προσομοίωσης στην Έρημο Μοχάβι της Αμερικής, που διεξήχθη το 2015, αυτό που αποδείχθηκε είναι ότι τα drone έστειλαν σήμα για επικίνδυνους ανέμους και με τον τρόπο αυτόν, τα επιτελικά στελέχη αποφάσισαν να ματαιώσουν την ρίψη πυραύλων, λόγω επερχόμενης ισχυρής ανεμοθύελλας και μείωση της βαλλιστικής ορατότητας [34].

Όπως φαίνεται, η σάρωση του πεδίου μάχης και η απευθείας μετάδοση πληροφοριών στους μαχητές είναι μία κρίσιμη διαδικασία, η οποία μπορεί να επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό την έκβαση μίας πολεμικής επιχείρησης. Η σημερινή τεχνολογία οχημάτων έχει ευνοήσει την κατασκευή και την λειτουργία οχημάτων αέρος, εδάφους, υπεδάφους αλλά και υδάτων, κάτι που καθιστά την συλλογή πληροφοριών μέσω σάρωσης και καταγραφής εικόνας ακόμη πιο αποτελεσματική [25]. Επομένως, η συλλογή δεδομένων μάχης είναι μία αρκετά κρίσιμη διαδικασία, η οποία με την σωστή συνδεσιμότητα και την σωστή προετοιμασία, μπορεί να αποβεί σωτήρια ή και μοιραία για μία στρατιωτική δράση στα πλαίσια ενός πεδίου μάχης σε πραγματικές συνθήκες.

3.7 Επίβλεψη υγείας μαχητή

Η πορεία και η διεξαγωγή μίας πολεμικής επιχείρησης σε πραγματικές συνθήκες και σε ένα ρεαλιστικό πεδίο μάχης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Ένας από τους παράγοντες αυτούς δεν είναι άλλος από την υγεία των μαχητών, που εμπλέκονται σε αυτήν. Η επίγνωση για την υγεία ενός μαχητή, κατά την διάρκεια μίας σύρραξης ή μίας πολεμικής επιχείρησης, είναι ακόμα ένα σημαντικό σημείο, το οποίο μπορεί να κρίνει πολλά. Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης αποτέλεσε έναν ριζοσπαστικό και επαναστατικό εργαλείο, για την εξέταση, την αξιολόγηση και την εξαγωγή πορισμάτων της υγείας ενός στρατιώτη κατά την διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης σε πραγματικά δεδομένα [17]. Η συνεχόμενη παρακολούθηση της υγείας ενός μαχητή κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης είναι ένα σημείο κλειδί.

Μία ακόμη λοιπόν εφαρμογή, των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι η επίβλεψη της υγείας των στρατιωτών - μαχητών (Health Monitoring). Τα δικτυακά αντικείμενα στην περίπτωση αυτή, είναι ειδικοί αισθητήρες, που μπορούν να εξετάζουν και να καταμετρούν βασικές λειτουργίες, αλλά και πιο σύνθετες λειτουργίες για έναν μαχητή κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης [17]. Τα αντικείμενα αυτά τοποθετούνται στις στολές ή στο εσωτερικό των στολών για να υπάρχει άμεση σωματική επαφή με σκοπό να παρέχουν άμεσα ακριβείς μετρήσεις. Για παράδειγμα, οι αισθητήρες αυτοί, μπορούν να καταμετρούν την θερμοκρασία του σώματος, τους παλμούς της καρδιάς του μαχητή, τα αποθέματα αίματος αλλά ακόμη και πιο σύνθετες λειτουργίες. Σε ένα πιο ειδικό πείραμα προσομοίωσης, που διεξήχθη το 2016 στην Βόρεια Αμερική, τοποθετήθηκαν στους στρατιώτες ειδικοί αισθητήρες κάτω από το κράνος, οι οποίοι επόπτευαν την εγκεφαλική λειτουργία τους [4]. Συγκεκριμένα εξέταζαν την θερμοκρασία των νευρώνων στον ινιακό και βρεγματικό λοβό του εγκεφάλου του στρατιώτη, που είναι υπεύθυνοι σε μεγάλο βαθμό για την λήψη αποφάσεων, την κριτική ικανότητα αλλά και για τον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος αφομοιώνει βιώματα και συναισθήματα και τα ενσωματώνει στη σκέψη του [35]. Μία πληροφορία σαν και αυτή είναι άκρως σημαντική, καθώς σχετίζεται άμεσα με τις αντιδράσεις του στρατιώτη καθώς και με τις αποφάσεις που πρόκειται να λάβει. Σε άλλο πείραμα, είχαν τοποθετηθεί αισθητήρες στην κοιλιακή χώρα των στρατιωτών, η οποία κατέγραφε την λειτουργία των ζωτικών τους οργάνων [4]. Έτσι, σε μία ενδεχόμενη ανταλλαγή πυρών, πέρα από τα ποσοστά αίματος, τα δικτυακά αντικείμενα μάχης θα μπορούσαν να καταγράψουν και πιθανές πρόσθετες οργανικές δυσλειτουργίες.

Προκειμένου να κατανοήσει κανείς λοιπόν, την σημαντικότητα της εφαρμογής της εποπτείας της υγείας ενός στρατιώτη, στα πλαίσια της υλοποίησης και της λειτουργίας ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης φτάνει μόνο να αναλογιστεί το εξής. Έστω ότι κατά την διάρκεια μίας πολεμικής σύρραξης ένας μαχητής τραυματίζεται και χάνει αρκετό αίμα και εκείνη την ώρα λόγω της έντασης έχει χάσει ή έχει αφήσει πίσω του το κουτί πρώτων βοηθειών. Σε απόσταση μικρότερη των 100 μέτρων βρίσκεται ένα μη επανδρωμένο όχημα εδάφους ή αέρος, το οποίο διαθέτει ιατρικά εφόδια και είναι συνδεδεμένο με τον αισθητήρα του στρατιώτη, ο οποίος έχει εντοπίσει την απώλεια αίματος. Τότε, υπάρχει η δυνατότητα, ο αισθητήρας να στείλει κατευθείαν μήνυμα στο μη επανδρωμένο όχημα και έτσι το όχημα να σπεύσει είτε αυτοκινούμενο μέσω τεχνητής νοημοσύνης, είτε κατευθυνόμενο από

χειριστές του επιχειρησιακού κέντρου προς τον μαχητή με αποτέλεσμα, ο τραυματίας να καταφέρει να καλύψει τις πληγές του και να τις περιποιηθεί.

Το σενάριο αυτό, μπορεί να είναι υποθετικό, αλλά στην ουσία αποτελεί την παρουσίαση μίας άκρως ρεαλιστικής κατάστασης, που θα μπορούσε να συμβεί στο πεδίο μάχης στα πλαίσια μίας πολεμικής επιχείρησης. Η απομακρυσμένη βοήθεια λοιπόν, μέσα από την επικοινωνία των αντικειμένων μάχης, που στην προκειμένη περίπτωση είναι ο αισθητήρας με το μη επανδρωμένο όχημα, επιτρέπει την άμεση εκμετάλλευση των πληροφοριών και την άμεση δράση. Φαίνεται, πως το ζήτημα της εποπτείας της υγείας του μαχητή είναι ίσως μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές των δικτυακών αντικειμένων μάχης σε πραγματικές συνθήκες. Φυσικά, απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει κάτι τέτοιο στην πράξη είναι η συνδεσιμότητα των αντικειμένων μεταξύ τους αλλά και με το σημείο πρόσβασης, προκειμένου όλα αυτά να γίνουν γρήγορα και με την ελάχιστη δυνατή χρονική καθυστέρηση.

3.8 Αναγνώριση εχθρού

Στο σημείο αυτό, πρέπει να αναφερθεί πως η αναγνώριση ενός εχθρού μέσω των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι μία πολυεπίπεδη διαδικασία, που δεν αναλώνεται μόνο σε μία λειτουργία αλλά διαρθρώνεται σε επιμέρους διεργασίες, που αφορούν διαφορετικές συνθήκες. Μία στρατιωτική επιχείρηση, έχει δύο βασικούς πρωταγωνιστές. Από την μία πλευρά, βρίσκεται το επιχειρησιακό κέντρο με τους μαχητές, τα επιτελικά στελέχη και τον σχετικό στρατιωτικό εξοπλισμό και από την άλλη πλευρά βρίσκεται το αντίστοιχο εχθρικό ή αντίπαλο επιχειρησιακό κέντρο. Πλην ορισμένων εξαιρέσεων, συνήθως μία στρατιωτική πολεμική επιχείρηση και ένα πολεμικό πεδίο μάχης αφορά δύο εμπλεκόμενους. Η χρήση δικτυακών αντικειμένων μάχης λοιπόν, μπορεί να βοηθήσει το εκάστοτε επιχειρησιακό κέντρο να εντοπίσει τις κινήσεις του εχθρού και να μεταδώσει επιπλέον χρήσιμες πληροφορίες [5]. Σε πρώτη φάση, αυτό που μπορούν να κάνουν επί της ουσίας τα δικτυακά αντικείμενα μάχης είναι μέσω της σάρωσης της περιοχής του πεδίου μάχης να εντοπίσουν μονάδες, μαχητές, κρυφές βάσεις ή οχήματα στρατιωτικών δυνάμεων. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να γίνει μία καταγραφή όλων εκείνων των πληροφοριών, που είναι χρήσιμες αναφορικά με την επαρκή επίγνωση της κατάστασης

του εχθρού. Εάν για παράδειγμα, μία επιχειρησιακή αποστολή έχει παρατεταγμένα δέκα τεθωρακισμένα άρματα μάχης και πληροφορηθεί από ένα drone πως από την αντίπαλη μεριά υπάρχουν σαράντα, τότε ενδεχομένως θα επικοινωνήσει άμεσα με το κέντρο επιχειρήσεων για την ενίσχυση της τεθωρακισμένης δύναμης. Φαίνεται δηλαδή πως η σάρωση του πεδίου μάχης, μπορεί να βοηθήσει σε σημαντικό βαθμό την επιτυχή έκβαση μίας στρατιωτικής επιχείρησης σε πραγματικές συνθήκες.

Επιπροσθέτως, μπορεί εκ πρώτης απόψεως και από μία εναέρια καταγραφή του πολεμικού πεδίου να μην φαίνεται η ύπαρξη εχθρικών στρατευμάτων. Στη περίπτωση αυτή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μη επανδρωμένα οχήματα εδάφους, τα οποία είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες και ανιχνευτές που σαρώνουν το υπέδαφος [29]. Με τον τρόπο αυτόν, υπάρχει η δυνατότητα εντοπισμού μίας ενδεχόμενης υπόγειας βάσης. Αυτό που περιγράφηκε μέχρι το σημείο αυτό, αποτελεί επί της ουσίας μία από τις πολλές όψεις της αναγνώρισης του εχθρού από τα δικτυακά αντικείμενα μάχης, τα οποία πέρα από αυτές τις χρήσιμες πληροφορίες, μπορούν να παρέχουν και πιο σημαντικές λεπτομέρειες, όπως ακριβώς θα αναλυθεί και στη συνέχεια.

Πιο ειδικά η χρήση του διαδικτύου αντικειμένων μάχης στην πράξη μπορεί να εισέλθει σε πιο περίπλοκες και δύσκολα εντοπίσιμες διεργασίες, οι οποίες μπορούν να λειτουργήσουν υποστηρικτικά στον εντοπισμό και στην αναγνώριση ενός εχθρού. Για παράδειγμα, εάν ένας στρατιώτης από την αντίπαλη μεριά, αποπειραθεί να κλέψει την ταυτότητα ενός μαχητή και προσπαθήσει να κατασκοπεύσει ή να εισέλθει παράνομα στο στρατόπεδό του, τότε ακόμη και για αυτήν την περίπτωση τα δικτυακά αντικείμενα μάχης προσφέρουν την λύση. Πιο συγκεκριμένα, ειδικοί αισθητήρες, που είναι τοποθετημένοι σε πολλά σημεία ενός στρατοπέδου, μίας βάσης ή ενός επιχειρησιακού κέντρου είναι σε θέση να αποθηκεύσουν δακτυλικά αποτυπώματα και άλλα βιομετρικά στοιχεία των φιλικών προκείμενων μαχητών. Έτσι, με τον τρόπο αυτόν, εάν ένας αντίπαλος δοκιμάσει να εισέλθει παράνομα στην στρατιωτική βάση, ενδέχεται να αναγνωριστεί από κάποιον σαρωτή δακτυλικών αποτυπωμάτων ή ακόμα και από κάποια κάμερα οπτικής αναγνώρισης [36]. Η κάμερα αυτή θα είναι συνδεδεμένη με το δίκτυο αντικειμένων μάχης και θα διαδώσει άμεσα το σήμα της παράνομης εισβολής στο στρατόπεδο ή στη βάση. Καθίσταται λοιπόν σαφές, ότι με την σωστή και συνεχή συνδεσιμότητα τα αντικείμενα μάχης, μπορούν να επικοινωνούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν πληροφορίες, που

μπορούν να χρησιμοποιηθούν από το εκάστοτε επιχειρησιακό κέντρο σε πραγματικές συνθήκες, εξασφαλίζοντας χρήσιμες πληροφορίες τόσο για τους μαχητές όσο και για τα επιτελικά και άμεσα εμπλεκόμενα στελέχη.

3.9 Διαχείριση εξοπλισμού και οχημάτων

Κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής αποστολής σε ένα πεδίο μάχης η επίβλεψη των οχημάτων καθώς και του εξοπλισμού είναι μία διαδικασία ζωτικής σημασίας. Οι επιχειρησιακές αποστολές δίνουν σε πρώτη φάση έμφαση στο ανθρώπινο δυναμικό και στους μαχητές και σε δεύτερη φάση στον εξοπλισμό τους και τα οχήματά τους. Η γνώση για την κατάσταση των οχημάτων ή η επαρκής ενημέρωση για την κατάσταση ενός οπλικού συστήματος μπορούν να παίξουν σημαντικό ρόλο κατά την διάρκεια μίας πολεμικής σύρραξης [27]. Αρχικά, τα οχήματα που θα χρησιμοποιηθούν, είτε αυτά είναι επανδρωμένα είτε μη, σε μία πολεμική επιχείρηση είναι ένας παράγοντας κλειδί για μία στρατιωτική επιχείρηση. Για παράδειγμα, η κατάσταση ενός ελικοπτήρου, που μεταφέρει ασθενείς ή η κατάσταση ενός μαχητικού αεροσκάφους πριν και μετά την επιχείρησή του είναι μερικά σημεία στα οποία δίνεται ιδιαίτερη έμφαση, καθώς έχουν να κάνουν με την δυναμική μίας στρατιωτικής παράταξης και κατ' επέκταση σχετίζονται άμεσα με την έκβαση της επιχείρησης [4].

Επιπλέον, η επίγνωση για τον αριθμό των πυρομαχικών, την επίβλεψη των όπλων και την κατάσταση των οπλικών συστημάτων είναι ακόμη μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία, η οποία μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την τελική έκβαση της πολεμικής επιχείρησης. Η χρήση δικτυακών αντικειμένων μάχης επέφερε πρωτόγνωρες αλλαγές και σε αυτόν τον τομέα.

Προκειμένου μία στρατιωτική επιχείρηση να στεφθεί με επιτυχία υπάρχουν ορισμένες απαιτήσεις. Μία από τις σημαντικότερες απαιτήσεις αυτές είναι σωστή διαχείριση και η σωστή συντήρηση του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί κατά την πραγματοποίησή της. Ένα παράδειγμα αποτελεί η έλλειψη πυρομαχικών. Σε έρευνα, που διεξήχθη σε στρατιωτική βάση στη Βόρεια Ρωσία το 2011, αποδείχθηκε ότι η πλειοψηφία

των ερωτηθέντων υποστήριξαν ότι κατά τις προσομοιώσεις μάχης το μείζον πρόβλημα που αντιμετωπίζουν ήταν ο λάθος υπολογισμός των αποθεμάτων των πυρομαχικών [34]. Τη λύση έρχεται να δώσει το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης με την ύπαρξη ειδικών αισθητήρων, που καταμετρούν την απώλεια πυρομαχικών και σφαιρών. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να είναι συνδεδεμένοι τόσο με τις γεμιστήρες των όπλων, όσο και με τα κουτιά πυρομαχικών. Έτσι όταν ένας μαχητής χρειαστεί να χρησιμοποιήσει επιπλέον πυρομαχικά και εφόσον θα βρίσκεται σε συνθήκες πραγματικής μάχης, δεν θα χρειαστεί να δώσει αναφορά σε κάποιον. Αντιθέτως, μόλις αφαιρέσει τα πυρομαχικά από το κουτί πυρομαχικών και από τις ειδικά διαμορφωμένες εσοχές, τότε το κουτί που θα είναι συνδεδεμένο είτε απευθείας με το επιχειρησιακό κέντρο είτε με άλλη συσκευή, θα στείλει σήμα για την απώλεια πυρομαχικών [36].

Με τον τρόπο αυτόν στην ουσία, πραγματοποιείται μία ζωντανή απογραφή των πυρομαχικών και το επιχειρησιακό κέντρο είναι σε θέση να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή την κατάσταση και την ποσότητα των πυρομαχικών που χρειάζονται. Έτσι, σε ένα ενδεχόμενο δραματικής έλλειψης πυρομαχικών, μπορεί να στείλει με μη επανδρωμένα οχήματα επιπλέον πυρομαχικά στους μαχητές. Όλα αυτά, θα γίνουν μέσω των συσκευών ή αντικειμένων, που είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους και επικοινωνούν μεταδίδοντας πληροφορίες. Επίσης εκτός από τα πυρομαχικά, άλλος ένας εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι τα οχήματα που χρησιμοποιούνται και που είναι διαθέσιμα κατά την διάρκεια μίας πολεμικής αποστολής. Με την βοήθεια αισθητήρων και μετρητών, που τοποθετούνται πάνω στα οχήματα, είναι δυνατή η καταμέτρηση και αξιολόγηση διάφορων χρήσιμων ενδείξεων όπως τα αποθέματα καυσίμων, ενδεχόμενες βλάβες στον κινητήρα ή άλλες ενδεχόμενες μηχανικές βλάβες, που μπορούν να παρεμποδίσουν την εύρυθμη λειτουργία τους ή την κινητική τους ικανότητα [26].

Αυτό, όπως είναι ευνόητο, είναι μία άκρως επαναστατική τροπή σε ότι αφορά το πεδίο της μάχης καθώς δίνει την δυνατότητα τόσο στους μαχητές όσο και στα επιτελικά στελέχη να μπορούν να κρίνουν την κατάσταση των οχημάτων τους, κάτι που μπορεί να τους βοηθήσει σε πολλές επιμέρους επιχειρησιακές διαδικασίες, όπως η μεταφορά τραυματιών, η ανατροφοδότηση καυσίμων ή η επισκευή και συντήρηση του κινητήρα. Βέβαια, οι δυνατότητες των δικτυακών αντικειμένων μάχης δεν σταματάνε εκεί. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σε ένα πεδίο μάχη υπάρχουν δύο πλευρές. Η χρήση

αισθητήρων και αντικειμένων που συνδέονται μεταξύ τους δεν περιορίζεται στην καταγραφή και αξιολόγηση των οχημάτων και των πυρομαχικών ενός επιχειρησιακού κέντρου αλλά μπορεί να εντοπίσει και την ύπαρξη αγνώστων οπλικών συστημάτων στη περίμετρο, που ενδεχομένως να είναι εχθρικά [34]. Η γνώση για τα οπλικά συστήματα, τα πυρομαχικά και την κατάσταση των οχημάτων είναι μία κρίσιμη πληροφορία, η οποία μπορεί να αποδειχθεί αρκετά χρήσιμη κατά την διάρκεια μίας πολεμικής αποστολής σε πραγματικές συνθήκες. Τα δικτυακά αντικείμενα μάχης έχουν την ικανότητα να επικοινωνούν μεταξύ τους και με τον τρόπο αυτόν να δημιουργούν διάφορες συνδέσεις μέσα στα πλαίσια του ευρύτερου διαδικτύου αντικειμένων μάχης. Οι συνδέσεις αυτές με τη σειρά τους, μπορούν να παρέχουν σημαντικές πληροφορίες, που σχετίζονται με την κατάσταση του εχθρού όσο και με την έκβαση και την πορεία της στρατιωτικής επιχείρησης.

3.10 Διαδικασίες εξοικείωσης του Διαδικτύου των Αντικειμένων

Μάχης από τον άνθρωπο

Με σκοπό την ενίσχυση της έρευνας του Διαδικτύου των Πραγμάτων στον στρατιωτικό τομέα όπως και την ελάττωση του τρέχον χάσματος στην πρόοδο τόσο ανάμεσα στις στρατιωτικές όσο και στις βιομηχανικές εφαρμογές, έχουν παρθεί πολλές πρωτοβουλίες από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ.

Ένα από τα σημαντικότερα προγράμματα είναι αυτό του Συνδεδεμένου Στρατιώτη (Connected Soldier). Το Κέντρο Έρευνας, Ανάπτυξης και Μηχανικής Στρατιωτών του στρατού των ΗΠΑ προέβη στην υποστήριξη του έργου, το οποίο με την σειρά του αποτελεί μια ερευνητική πρωτοβουλία. Σκοπός αυτής είναι η κατασκευή ενός πλήρως εξοπλισμένου σώματος. Συγκεκριμένα, ως στόχος αυτού είναι η κατασκευή για κάθε στράτευμα ενός διαδικτύου των πραγμάτων τοποθετώντας ασυρμάτους ευρείας ζώνης, βιοαισθητήρες και φορητή έξυπνη τεχνολογία, τα οποία θα αποτελούν μέρος του κύριου εξοπλισμού του στρατιώτη. Η χρήση αυτών των συσκευών αφορά όχι μόνο την παρακολούθηση της φυσιολογικής κατάστασης του στρατιωτικού προσωπικού, αλλά ακόμη και την επικοινωνία των δεδομένων της αποστολής, των πληροφοριών επιτήρησης όπως και άλλων

σημαντικών πληροφοριών που βρίσκονται πλησίον σε στρατιωτικά οχήματα, αεροσκάφη και άλλα στρατεύματα.

Παράλληλα η ανάγκη για αδιάλειπτη επικοινωνία μεταξύ των οντοτήτων του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, αποτελεί απαραίτητο παράγοντα που λαμβάνεται υπόψιν. Οι συσκευές πρέπει να είναι διαρκώς σε επικοινωνία με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ τους. Στο μέλλον, καθώς θα αναπτύσσεται η τεχνολογία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης, στο ελεύθερο εμπόριο θα δημιουργούνται συνεχώς διαφορετικά πρότυπα για την λειτουργία κάθε συσκευής. Είναι αναγκαίο να δοθεί ιδιαίτερη σημασία από όλους τους κατασκευαστές η απαίτηση για την επίτευξη της επικοινωνίας.

Επίσης, ο χρόνος απόκρισης είναι κρίσιμος για την ομαλή λειτουργία των καινοτόμων τεχνολογιών. Η ταχύτητα επικοινωνίας, υπολογισμού, μηχανικής μάθησης, εξαγωγής συμπερασμάτων και ενεργοποίησης μεταξύ οντοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για τις στρατιωτικές αποστολές, καθώς το σύστημα είναι αναγκαίο να γνωρίζει σε ποιους τύπους πληροφοριών πρέπει να δώσει προτεραιότητα. Η επεκτασιμότητα του δικτύου θα ωφελήσει ως ένας από τους παράγοντες στη ομαλή λειτουργία, δεδομένου ότι η αξιοπιστία του δικτύου πρέπει να είναι ευέλικτη ώστε αυτό να δύναται να ανταπεξέλθει σε οποιοδήποτε μέγεθος.

Για την επιτυχημένη λειτουργία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης μεταξύ της αμοιβαίας συνεργασίας του ανθρώπινου παράγοντα και των ηλεκτρονικών οντοτήτων στο δίκτυο απαιτείται η διαδικασία της μάθησης. Σε ένα περιβάλλον στρατιωτικών συγκρούσεων, οι έξυπνες συσκευές θα επιφορτιστούν με ένα μεγάλο σύνολο στόχων, από τη συλλογή πληροφοριών έως την εκτέλεση ενεργειών στον κυβερνοχώρο εναντίον εχθρικών συστημάτων. Για να είναι δυνατόν αυτές οι τεχνολογίες να εκτελέσουν αποτελεσματικά τις λειτουργίες που είναι προγραμματισμένες να πράττουν, οφείλουν να είναι σε θέση να εξακριβώνουν τους στόχους καθώς αυτοί αλλάζουν και να διατηρούν ένα επίπεδο αυτόνομης οργάνωσης ώστε να προσαρμοστούν στο ταχέως μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Συμπερασματικά, η τεχνολογία του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης είναι αναγκαίο να ενσωματώνει μια μορφή νοημοσύνης ως προς την πρόγνωση των καταστάσεων, ώστε να αντιληφθεί την πρόθεση των χρηστών και να αναλύσει τον τρόπο

με τον οποίο θα εκπληρώσει αυτή την πρόθεση χωρίς να απαιτείται η διαδικασία της διαχείρισης των επί μέρους στοιχείων του συστήματος.

Σύμφωνα με το Ερευνητικό Εργαστήριο του Στρατού (ARL) των ΗΠΑ, η επικράτηση του μεγαλύτερου όγκου των πληροφοριών, θα στηριχθεί στην ανάπτυξη αυτόνομων συστημάτων που παρέχουν την δυνατότητα να λειτουργήσουν εκτός της τρέχουσας κατάστασης, δηλαδή της πλήρους εξάρτησης από τον ανθρώπινο έλεγχο. Ένας από τους σημαντικότερους στόχους του Διαδικτύου των Αντικειμένων Μάχης είναι η ανάπτυξη αλγορίθμων μηχανικής μάθησης ώστε να παρέχεται η αυτονομία λήψης αποφάσεων στο δίκτυο. Η ενσωμάτωση της τεχνητής νοημοσύνης στον τεράστιο όγκο δεδομένων που συμμετέχουν στο εν λόγω δίκτυο θα παρέχει έναν τεράστιο αριθμό δυνατοτήτων για συμπεριφορά και την τεχνολογική ικανότητα στον πραγματικό κόσμο.

Στο πεδίο της μάχης, το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης είναι αναγκαίο να δύναται να εκτελεί διαφορετικούς τύπους μαθησιακών συμπεριφορών που έχει αναπτύξει, ώστε να προσαρμόζεται στις ταχέως μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η προσοχή ως προς την ανάπτυξη της τεχνολογίας είναι αυτή της έννοιας της εκ των υστέρων μάθησης. Μέσα από αυτή γίνεται προσπάθεια να καθοριστεί πώς οι έξυπνες συσκευές μπορούν να μάθουν πώς να μαθαίνουν.

Επιπρόσθετα, το Διαδίκτυο των Αντικειμένων Μάχης, πρέπει να επιδεικνύει ένα εξελιγμένο επίπεδο γνώσης της κατάστασης και τεχνητής νοημοσύνης το οποίο θα βοηθήσει στο σύστημα από μόνο του να εκτελεί διεργασίες, βάσει περιορισμένων πληροφοριών. Πρώτο στόχο αποτελεί το να διδάξει στο δίκτυο το πώς να εκδίδει ορθά την πλήρη εικόνα μιας κατάστασης σε συνάρτηση με την παροχή ελάχιστων δεδομένων. Αντιθέτως, το δίκτυο οφείλει να λαμβάνει υπόψιν μη αναμενόμενες καταστάσεις και σφάλματα και να είναι σε θέση να αναδιαμορφώσει τους πόρους του, ώστε να ανακτήσει ένα ελάχιστο επίπεδο λειτουργικότητας. Παρόλα αυτά, μερικές συνιστώσες είναι αναγκαίο να ιεραρχηθούν και να διαρθρωθούν κατάλληλα για να είναι πιο ανθεκτικές στα σφάλματα σε σχέση με άλλες [9].



Εικόνα 12 Connected Soldier Devices [37]

3.11 Έξυπνες βάσεις

Με τον όρο «έξυπνες βάσεις» γίνεται αναφορά στην βελτίωση και την ολική αναμόρφωση μίας στρατιωτικής βάσης μέσω της χρήσης δικτυακών αντικειμένων μάχης. Η στρατιωτική βάση, κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής πολεμικής επιχείρησης είναι ένα αρκετά σημαντικό σημείο αναφοράς. Στην ουσία, μέσα στην στρατιωτική βάση

συντονίζονται όλες εκείνες οι ενέργειες, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν τον μαχητή, ούτως ώστε να έχει τα κατάλληλα μέσα, τις απαιτούμενες ποσότητες πυρομαχικών και την απαιτούμενη πληροφόρηση [5]. Η στρατιωτική βάση δεν είναι απλά ένα επιχειρησιακό κέντρο, αλλά εκπροσωπεί τον πυρήνα αυτού. Εκεί είναι αποθηκευμένα αποθέματα πυρομαχικών και καυσίμων, συλλέγονται δεδομένα και πληροφορίες από το πεδίο μάχης και υπάρχουν ειδικά εκπαιδευμένα άτομα που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα καθηκόντων και ευθυνών (μηχανικοί, γιατροί ή σιτιστές). Στην παραδοσιακή της μορφή μία στρατιωτική βάση λειτουργεί σύμφωνα με ένα σύνολο κανόνων και σύμφωνα με την εκτίμηση των ιθυνόντων που έχουν αναλάβει χρέη επίβλεψης για ορισμένους τομείς [2]. Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης, έφερε και εδώ την επανάσταση δημιουργώντας ή τουλάχιστον προσπαθώντας να διαμορφώσει αυτό που ονομάζεται «έξυπνη βάση».

Μπορεί ακόμα να βρίσκεται σε ημιτελές στάδιο, αλλά η ύπαρξη και η λειτουργία έξυπνων βάσεων είναι γεγονός σε Αμερική, Κίνα, Ρωσία και σε ορισμένες χώρες της Κεντρικής και Δυτικής Ευρώπης. Οι έξυπνες βάσεις αποτελούν επί της ουσίας μία αναθεωρημένη και πιο λειτουργική μορφή της αρχικής βάσης, η οποία έχει αλλάξει πλήρως λόγω της ύπαρξης και της λειτουργίας δικτυακών αντικειμένων μάχης μέσα σε αυτήν [4]. Για παράδειγμα, σε μερικές βάσεις της Κίνας, υπάρχουν ειδικά διαμορφωμένοι αισθητήρες στις δεξαμενές νερού, οι οποίες είναι σε θέση να καταγράψουν και να συλλέξουν ζωντανά πληροφορίες τόσο για την χημική σύσταση όσο και για τα αποθέματα του νερού [36]. Μπορεί αυτό εκ πρώτης όψης να μην φαίνεται τόσο σημαντικό, αλλά στην πραγματικότητα έχει μία ιδιαίτερη σημασία καθώς σε πολλές απομακρυσμένες περιοχές, που αποτελούν πεδία μάχης, η πρόσβαση σε σημεία διανομής νερού είναι αδύνατη. Εκτός αυτού, ακόμη και να υπάρχουν αποθέματα σε κοντινή απόσταση, ενδέχεται η κατάληψή τους ή ο παρεμπόδισμός της προσέγγισής τους από τον εχθρό. Επομένως, η ύπαρξη ειδικά διαμορφωμένων δεξαμενών νερού σε μία στρατιωτική βάση κατά την διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης κρίνεται απαραίτητη. Με την ύπαρξη λοιπόν, κατάλληλων αισθητήρων, που είναι συνδεδεμένοι στο δίκτυο αντικειμένων μάχης και παρέχουν ζωντανά πληροφόρηση, είναι δυνατόν να υπάρχουν ενδείξεις για βασικές παροχές ενέργειας και αποθεμάτων όπως το νερό ή το δίκτυο ηλεκτρισμού.

Επίσης, η ύπαρξη δικτυακών αντικειμένων μάχης σε ένα στρατόπεδο μπορεί να βοηθήσει στην άμεση επικοινωνία ενός μαχητή με αυτό. Για παράδειγμα, εάν ο αισθητήρας

στο κράνος ενός μαχητή καταγράφει ενδείξεις για μειωμένη αρτηριακή πίεση ή για κάποια εγκεφαλική δυσλειτουργία, τότε μπορεί να είναι συνδεδεμένος με έναν αισθητήρα που είναι τοποθετημένος στο γραφείο ή στη στολή του γιατρού και με τον τρόπο αυτόν ο ίδιος να ειδοποιηθεί άμεσα και να εξετάσει την κλινική εικόνα του μαχητή. Ομοίως και με πολλούς άλλους τρόπους, τα έξυπνα στρατόπεδα αποτελούν ουσιαστικά μια βελτιωμένη έκδοση των παραδοσιακών στρατοπέδων και προσφέρουν διάφορες ευκολίες, όπως η καλύτερη διαχείριση πρώτων υλών και αποθεμάτων ή άμεση ενημέρωση των στελεχών και των ιθυνόντων ενός στρατοπέδου για θέματα μάχης που τους αφορούν.

3.12 Διαχείριση δεδομένων και ανάλυση

Τέλος, άλλο ένα πεδίο υλοποίησης και εφαρμογής των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι η περαιτέρω ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί. Εάν αναλογιστεί κανείς το ποια είναι η ουσία της ύπαρξης και της διασύνδεσης των δικτυακών αντικειμένων μάχης, κατά την διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης, τότε εύκολα μπορεί να κατανοήσει πως αυτή είναι η επικοινωνία και η ανταλλαγή πληροφοριών. Οι πληροφορίες αυτές, είτε πρόκειται για καιρικά φαινόμενα, είτε για ηχητικά δείγματα, είτε για χαρτογράφηση του πεδίου μάχης ή ακόμα και για την καταγραφή της υγείας των μαχητών, αποτελούν δεδομένα [2]. Η χρήση και η ανάλυση των δεδομένων κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής πολεμικής επιχείρησης είναι ακόμη ένα σημείο κλειδί, που μπορεί να βοηθήσει τον μαχητή, ούτως ώστε να είναι ενήμερος και έτσι να χειριστεί με τον ενδεδειγμένο τρόπο ορισμένες δύσκολες ή ακραίες καταστάσεις.

Όλες οι πληροφορίες, που ανταλλάσσονται μέσω της επικοινωνίας των αντικειμένων μάχης και του επιχειρησιακού κέντρου ή της στρατιωτικής βάσης, που ηγείται μίας πολεμικής επιχείρησης αποτελούν δεδομένα. Η συλλογή αυτών των δεδομένων και η κατάλληλη επεξεργασία τους, μπορεί να οδηγήσει στην λήψη μελλοντικών αποφάσεων. Για παράδειγμα, εάν τα δεδομένα από ορισμένες στρατιωτικές επιχειρήσεις δείχνουν πως σε ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό σημείο με συγκεκριμένες γεωγραφικές συντεταγμένες τείνει να βρέχει κατά τις βραδινές ώρες, τότε ενδεχομένως εάν δεν υπάρχει κάποια ιδιαίτερη ανάγκη, να μην εκτελέσει κάποια κίνηση ο μαχητής μέχρι να περάσουν μερικές ώρες και

να σιγουρευτεί ότι δεν θα βρέξει. Άλλο ένα παράδειγμα αποτελεί η συλλογή δεδομένων για το έδαφος ή το υπέδαφος ενός πεδίου μάχης. Εάν σε ένα πεδίο μάχης, στο οποίο βρέχει ασταμάτητα, ο μαχητής καλείται να εκτελέσει χρέη οδηγού ενός τραυματιοφόρου οχήματος και πρόκειται να εκτελέσει κάποια κίνηση, τότε η ανάλυση των δεδομένων σχετικά με την ποιότητα και την υφή του εδάφους κρίνεται απαραίτητη. Μέσα από αυτήν και έπειτα από ενδείξεις του επιχειρησιακού κέντρου, θα είναι σε θέση να γνωρίζει για το ποια διαδρομή θα πρέπει να ακολουθήσει, προκειμένου να μην υπάρχει κίνδυνος να κολλήσει στο έδαφος ή να καθυστερήσει.

Σε γενικά πλαίσια, η ανάλυση των δεδομένων μπορεί να βοηθήσει σε πολλά σημεία και ιδιαίτερα σε ότι αφορά την επίγνωση των συνθηκών, την μελέτη του περιβάλλοντος του πεδίου μάχης και την άρτια αναγνώριση όλων των ενδεχομένων ιδιαίτερων συνθηκών. Η ανάλυση των δεδομένων που έχουν συλλεχθεί από τα δικτυακά αντικείμενα μάχης κατέχει έναν εξέχοντα ρόλο διότι μέσα από αυτήν δεν είναι μόνο δυνατή η σκιαγράφηση του πεδίου μάχης αλλά και η περαιτέρω βελτίωση των δικτυακών αντικειμένων μάχης και των λειτουργιών τους. Εάν παραδείγματος χάρη, για ένα συγκεκριμένο εναέριο χώρο έχουν συλλεχθεί δεδομένα, που αναδεικνύουν την ύπαρξη πιθανών ισχυρών ανέμων, τότε την επόμενη φορά όταν επιχειρηθεί πτήση ενός drone εκεί, είτε θα ελεγχθούν πρώτα οι καιρικές συνθήκες είτε θα ενισχυθεί το αερόχημα με τρόπο, ούτως ώστε να είναι περισσότερο ανθεκτικό στον άνεμο [16].

Σε γενικά πλαίσια, αυτό που καθίσταται σαφές, είναι πως το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης έχει έναν και μοναδικό σκοπό. Να βελτιώνει τις συνθήκες αποστολής και διεκπεραίωσης μίας επιχείρησης για τον μαχητή μέσα στα πλαίσια ενός ρεαλιστικού πεδίου μάχης. Ο μαχητής είναι αυτός, που καλείται να επιτεθεί, να αμυνθεί, να κατασκοπεύσει, να στήσει κάποια ενέδρα, να παραλάβει και να φροντίσει τυχόν τραυματίες και γενικότερα να υλοποιήσει τις διαταγές των ανωτέρω [27]. Επομένως, είναι και ο άμεσα ενδιαφερόμενος σε ότι αφορά την σωστή πληροφόρηση και την επίγνωση των συνθηκών, κάτω από τις οποίες πραγματοποιείται μία στρατιωτική σύρραξη. Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης, αποτελεί για τον μαχητή ένα κατευθυντήριο οδηγό, που του δείχνει πώς να κινηθεί και τον ενημερώνει συνεχώς και αδιαλείπτως για τις συνθήκες που επικρατούν. Μέσα από αυτό, ο μαχητής μπορεί να λάβει πληροφορίες σχετικά με την θέση του αντιπάλου, την σωματική και πνευματική του υγεία, την ύπαρξη ενδεχόμενων κινδύνων, την πιθανή μεταβολή των

καιρικών φαινομένων και την κατάσταση του οπλισμού του και των διατεθειμένων οχημάτων [2]. Ακόμη και το εκάστοτε επιχειρησιακό κέντρο φαίνεται ότι λειτουργεί αποκλειστικά για τις ανάγκες του μαχητή. Είτε πρόκειται για πιλότο αεροσκάφους, είτε για πεζικό είτε για χειριστή οχήματος, ο μαχητής είναι αποκλειστικά υπεύθυνος για τον τρόπο με τον οποίο διαρθρώνεται μία μάχη. Τα δικτυακά αντικείμενα μάχης, πρέπει να είναι συνδεδεμένα και να ανταλλάσσουν συνεχώς πληροφορίες προκειμένου να εξασφαλίσουν πως ο μαχητής θα είναι πάντοτε σε πλεονεκτική θέση σε σχέση με τον εχθρό και θα γνωρίζει όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες για αυτό που αντιμετωπίζει [17].

Μέχρι το σημείο αυτό λοιπόν, έγινε μία αναφορά στο ποιες είναι εκείνες οι εφαρμογές με τις οποίες τα δικτυακά αντικείμενα μάχης μπορούν να ενσωματωθούν στην στρατιωτική πραγματικότητα και να συνεισφέρουν ουσιαστικά και ενεργά στα πλαίσια μίας στρατιωτικής επιχείρησης. Από εδώ και πέρα θα γίνει μία εκτενής αναφορά στην συνδεσιμότητα μεταξύ των αντικειμένων αυτών, η οποία πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι εξασφαλισμένη, ούτως ώστε να αποφεύγονται δυσάρεστες εκβάσεις. Αρχικά θα γίνει μία αναφορά στους τύπους συνδέσεων που υπάρχουν και στη συνέχεια θα αναφερθούν οι τρόποι με τους οποίους τα δικτυακά αντικείμενα μάχης παραμένουν συνεχώς συνδεδεμένα μεταξύ τους. Τέλος, θα δοθεί έμφαση στην ανάγκη ύπαρξης υποστηρικτικών μηχανισμών για την ασφαλή διασύνδεση μεταξύ των δικτυακών αντικειμένων μάχης.

4

Συνδεσιμότητα δικτυακών αντικειμένων μάχης

4.1 Τύποι σύνδεσης

Στο προηγούμενο κεφάλαιο έγινε μία αναφορά στους τρόπους με τους οποίους τα δικτυακά αντικείμενα μάχης μπορούν να επικοινωνήσουν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση του πεδίου μάχης, τα πυρομαχικά ή την κατάσταση του εχθρού. Τώρα θα γίνει μία αναφορά στον τρόπο με τον οποίο τα αντικείμενα αυτά συνδέονται και παραμένουν συνδεδεμένα καθ' όλη τη διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης. Αρχικά, αξίζει να αναφερθεί πως ο τρόπος σύνδεσης μεταξύ των δικτυακών αντικειμένων μάχης δεν είναι ένας και μοναδικός αλλά βρίσκεται στην ευχέρεια του εκάστοτε υπεύθυνου επικοινωνιών για την κάθε στρατιωτική αποστολή [26]. Συνήθως οι τύποι και τα μέσα σύνδεσης των δικτυακών αντικειμένων μάχης γίνεται υπό την αιγίδα των εκάστοτε τμημάτων άμυνας (DOD) και αξιολογείται πριν την τελική της έγκριση από τα αρμόδια επιτελικά στελέχη.

Ο τύπος σύνδεσης μεταξύ των αντικειμένων, καθορίζει την ταχύτητα, την αυτονομία και την εξασφάλιση της βιωσιμότητας της σύνδεσης κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής πολεμικής επιχείρησης. Αυτό που είναι σημαντικό να αναφερθεί είναι, πως ανεξάρτητα από τον τύπο σύνδεσης, η διαδικασία διασύνδεσης αντικειμένων μάχης κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης δεν κρίνεται από την σύνδεση αυτή καθ' αυτή, αλλά από τον τρόπο με τον οποίο έχουν ληφθεί τα μέτρα υποστήριξης σε περίπτωση κυβερνοεπίθεσης ή διακοπής της σύνδεσης για άλλες αιτίες [33]. Αυτό που κρίνεται λοιπόν περισσότερο εκ του αποτελέσματος είναι η ύπαρξη εφεδρικών λύσεων, προκειμένου να εξασφαλιστεί πως δεν θα διακοπεί η σύνδεση μεταξύ των αντικειμένων μάχης, πράγμα, που είναι και το

βασικό ζητούμενο της λειτουργίας του διαδικτύου αντικειμένων μάχης σε πραγματικές πολεμικές συνθήκες.

Αυτή τη στιγμή, υπάρχουν πάρα πολλοί διαφορετικοί τύποι σύνδεσης για δικτυακά αντικείμενα μάχης και για της ανάγκες της παρούσας βιβλιογραφικής ανασκόπησης θα αναφερθούν μερικοί από τους πιο διαδεδομένους. Επίσης πρέπει να αναφερθεί, πως εφόσον πρόκειται για ένα ραγδαίως αναπτυσσόμενο ερευνητικό και τεχνολογικό πεδίο, αυτή τη στιγμή βρίσκονται υπό επεξεργασία πιο βελτιωμένες και γρήγορες μορφές σύνδεσης, που όμως δεν έχουν αξιοποιηθεί στην πράξη τουλάχιστον σύμφωνα με την σύγχρονη βιβλιογραφία. Ο πρώτος τύπος σύνδεσης στον οποίο θα γίνει αναφορά, είναι η σύνδεση NB-IoBT (Narrowband- IoBT). Πρόκειται για μία τεχνολογία, που καθιερώθηκε για να επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ δικτυακών αντικειμένων μάχης σε ένα μεγάλο γεωγραφικό εύρος, το οποίο αναλόγως από την μορφολογία του εδάφους, το υψόμετρο και τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν μπορεί να κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες μέτρα έως και δεκάδες χιλιόμετρα. Η συγκεκριμένη σύνδεση σχετίζεται κατά κύριο λόγο με αντικείμενα μάχης, που λειτουργούν με μπαταρίες μακράς διάρκειας [4]. Τα θετικά της σύνδεσης αυτής είναι πως δεν καταναλώνει σημαντικά ποσά ενέργειας, κάτι που για μία στρατιωτική βάση σε περίπτωση πολέμου είναι πολύ σημαντικό. Επίσης, μέσα από τις διασυνδεδεμένες συσκευές, εξασφαλίζει την μειωμένη πιθανότητα διακοπής σύνδεσης λόγω των μειωμένων πόρων ενέργειας που χρησιμοποιεί. Επίσης, σε αντίθεση με τα κυψελώδη δίκτυα προσφέρει μία πιο απλή συνδεσιμότητα μεταξύ των συσκευών.

Ο συγκεκριμένος τύπος σύνδεσης προϋποθέτει ότι θα υπάρχουν αρκετά σημεία πρόσβασης και όχι μόνο ένα, προκειμένου να στηρίζεται η μετάδοση πληροφοριών με χαμηλή ενέργεια και να εξασφαλίζεται ότι δεν θα διακόπτεται η σύνδεση. Έτσι, στην πράξη, όταν το κράνος ενός μαχητή, καταγράψει μία ένδειξη για χαμηλή αρτηριακή πίεση ή για έντονη αιμορραγία, στέλνει το κατάλληλο σήμα στο κοντινότερο σημείο πρόσβασης ή σε μία άλλη συσκευή – διακομιστή που επικοινωνεί με αυτό και έπειτα το σήμα αυτό μεταφράζεται μέσω της πύλης (Gateway) και μεταβιβάζεται στο κοντινότερο κέντρο υποδοχής πληροφοριών, όπου και αξιολογείται.

Η τεχνολογία Narrowband IoBT (NB-IoBT) έχει πολλά θετικά χαρακτηριστικά που την καθιστούν ελκυστική για εφαρμογές στον κλάδο του Διαδικτύου των Αντικειμένων

Μάχης (IoBT). Ορισμένα από τα κύρια θετικά της τεχνολογίας NB-IoBT περιλαμβάνουν τα παρακάτω. Χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, καθώς η τεχνολογία NB-IoBT είναι σχεδιασμένη για να λειτουργεί με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτό επιτρέπει στις συσκευές IoBT να λειτουργούν για πολύ μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα, με μια μόνο φόρτιση ή μπαταρία, κάτι που τις καθιστά ιδανικές για εφαρμογές που απαιτούν μακρά διάρκεια ζωής της μπαταρίας, όπως τον αυτοματισμό κτιρίων, τα έξυπνα μετρητικά όργανα και την παρακολούθηση των συνθηκών περιβάλλοντος. Επίσης παρέχει μεγάλη προσβασιμότητα, επειδή η τεχνολογία NB-IoBT παρέχει εξαιρετικά καλή κάλυψη, ειδικά σε εσωτερικούς χώρους και δύσκολα περιβάλλοντα. Η δυνατότητα να διεισδύει εύκολα σε τοίχους και κτίρια την καθιστά ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν ευρεία εμβέλεια, όπως σε μια έξυπνη επιχειρησιακή βάση ή σε επιχειρήσεις που πραγματοποιούνται σε αστικό περιβάλλον.

Επιπλέον προσφέρει υψηλή συνδεσιμότητα. Η τεχνολογία NB-IoBT επιτρέπει τη σύνδεση εκατομμυρίων συσκευών σε μια κυψέλη, παρέχοντας υψηλή συνδεσιμότητα. Αυτό την καθιστά ιδανική για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας. Όσο αφορά την ασφάλεια, η τεχνολογία NB-IoBT παρέχει ισχυρά μέτρα ασφαλείας για την προστασία των δεδομένων και των συσκευών IoBT. Αυτά είναι μερικά από τα θετικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας NB-IoBT όσον αφορά το IoBT. Κάθε εφαρμογή μπορεί να έχει διαφορετικές απαιτήσεις στο επιχειρησιακό περιβάλλον ανάλογα τις συνθήκες που επικρατούν.

Αν και η τεχνολογία NB-IoBT έχει πολλά θετικά χαρακτηριστικά, υπάρχουν και μερικά πιθανά αρνητικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Ένα από αυτά είναι η χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Η τεχνολογία NB-IoBT παρέχει χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων σε σύγκριση με άλλες ασύρματες τεχνολογίες. Αυτό μπορεί να είναι περιοριστικό για εφαρμογές που απαιτούν υψηλή ροή δεδομένων, όπως η μετάδοση βίντεο ή η ροή αισθητήρων υψηλής ανάλυσης. Επίσης, ορισμένες φορές υπάρχει υψηλή καθυστέρηση, λόγω της φύσης της τεχνολογίας NB-IoBT και των περιορισμένων ταχυτήτων μετάδοσης, μπορεί να παρουσιάζει υψηλή καθυστέρηση στη μετάδοση δεδομένων. Αυτό μπορεί να είναι αποτρεπτικό για εφαρμογές που απαιτούν πραγματικό χρόνο απόκρισης, όπως η ροή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο ή ο απομακρυσμένος έλεγχος. Ένας ακόμα περιορισμός είναι η περιορισμένη υποστήριξη για μεγάλη

χωρητικότητα καθώς, η τεχνολογία NB-IoBT σχεδιάστηκε για να υποστηρίξει μεγάλο αριθμό συσκευών IoBT με χαμηλή ταχύτητα μετάδοσης.

Αν και είναι κατάλληλη για πολλές εφαρμογές, μπορεί να παρουσιάζει προκλήσεις όταν απαιτείται υψηλή χωρητικότητα δικτύου ή όταν απαιτούνται συνεχής ροή δεδομένων. Είναι σημαντικό να αξιολογηθούν οι απαιτήσεις της συγκεκριμένης εφαρμογής IoBT, πριν αποφασιστεί να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία NB-IoBT. Ανάλογα με τις ανάγκες, μπορεί να υπάρχουν και άλλες εναλλακτικές τεχνολογίες που είναι πιο κατάλληλες.

Σε ότι αφορά τις καταστάσεις, οι οποίες αφορούν την επίβλεψη της υγείας του μαχητή, στις περισσότερες περιπτώσεις υπάρχουν αρκετοί αισθητήρες, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για διάφορες μετρήσεις, όπως παλμοί καρδιάς ή θερμοκρασία σώματος. Στην πραγματικότητα έχει δοκιμασθεί να τοποθετηθεί ένας κεντρικός αισθητήρας σε έναν μαχητή, ο οποίος θα καταγράφει τις ενδείξεις αυτές συγκεντρωτικά αλλά κάτι τέτοιο κρύβει άλλους κινδύνους. Για παράδειγμα, θα μπορούσε έπειτα από μία απότομη κίνηση του μαχητή να χαλάσει ή να σπάσει. Επίσης ορισμένες οργανικές λειτουργίες προϋποθέτουν την ύπαρξη των αισθητήρων σε συγκεκριμένα σημεία [26]. Για παράδειγμα, ο αισθητήρας που καταγράφει την εγκεφαλική δραστηριότητα του μαχητή δεν μπορεί να τοποθετηθεί πουθενά αλλού παρά κοντά στο κρανίο του. Ομοίως, ο αισθητήρας, που καταγράφει τις κινητικές δεξιότητες των άκρων του μαχητή πρέπει να τοποθετείται κοντά σε αυτά, για να καταγράφει τις συνάψεις των μυϊκών συνδέσμων και την θερμοκρασία που προέρχεται από την τριβή τους. Έτσι, αντί να υπάρχει ένας κεντρικός αισθητήρας, χρησιμοποιούνται πολλοί, οι οποίοι κατέχουν τον ρόλο ενός δικτυακού αντικειμένου μάχης. Οι αισθητήρες αυτοί λοιπόν συνδέονται μεταξύ τους με την τεχνολογία BLE (Bluetooth Low Energy).

Η συγκεκριμένη τεχνολογία συνδέει τους αισθητήρες μεταξύ τους και τους επιτρέπει να ανταλλάσσουν άμεσα πληροφορίες μεταξύ τους λειτουργώντας ως φάροι αναμετάδοσης δεδομένων [1]. Οι φάροι αυτοί, στέλνουν το σήμα σε μία συσκευή, που έχει ο μαχητής και που είναι συνδεδεμένη με το κεντρικό σημείο πρόσβασης. Έτσι, μεταφέρονται συγκεντρωτικά όλες οι πληροφορίες για τις ζωτικές του ενδείξεις που μπορούν να φανούν χρήσιμες κατά την διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης.

Σε αυτό το σημείο θα αναφερθούν και συγκεντρωτικά κάποια πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η τεχνολογία σύνδεσης BLE. Όπως ισχύει και στις περισσότερες τεχνολογίες που αναφέρουμε, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η τεχνολογία BLE είναι σχεδιασμένη για να καταναλώνει πολύ χαμηλή ενέργεια, πράγμα που την καθιστά ιδανική για συσκευές IoT που λειτουργούν με μπαταρίες ή μπαταρίες λιθίου-ιόντων. Αυτό σημαίνει ότι οι συσκευές BLE μπορούν να λειτουργούν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα πριν χρειαστεί να αντικατασταθούν οι μπαταρίες τους.

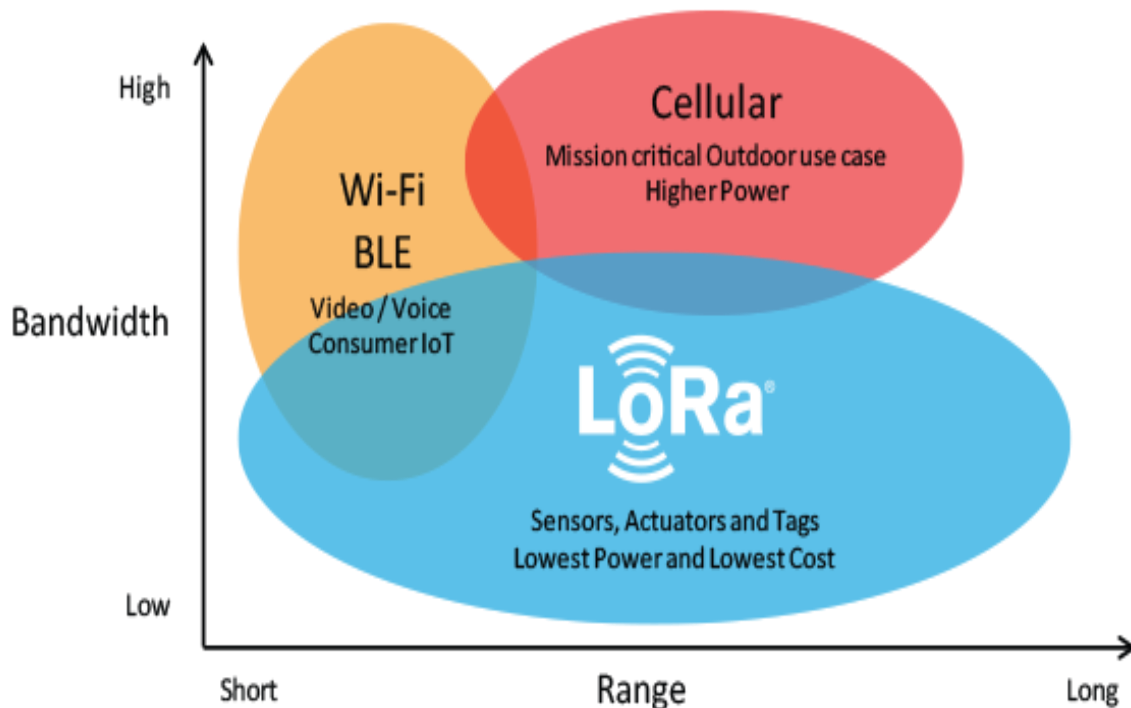
Επιπροσθέτως η διαδικασία σύζευξης (pairing) μεταξύ δύο συσκευών BLE είναι πολύ απλή και εύκολη. Αυτό εξαλείφει την ανάγκη για περίπλοκες διαδικασίες σύνδεσης και κάνει τις συσκευές BLE φιλικές προς τον χρήστη και κατ' επέκταση προς τον μαχητή. Προσφέρει επίσης υψηλή ασφάλεια. Η τεχνολογία BLE υποστηρίζει ισχυρούς μηχανισμούς ασφαλείας, που μπορούν να προστατεύσουν την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τις συσκευές IoT, καθώς πολλές από αυτές μεταφέρουν ευαίσθητα δεδομένα. Ακόμα ένα πλεονέκτημα είναι η υψηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Μπορεί να υποστηρίξει υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, που είναι αρκετές για πολλές εφαρμογές IoT. Αυτό επιτρέπει τη γρήγορη και αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συσκευών. Συμπληρωματικά, είναι ευρέως υποστηριζόμενη από πολλές συσκευές και πλατφόρμες. Αυτό σημαίνει ότι οι συσκευές BLE μπορούν να συνδεθούν με ευκολία με ποικίλες άλλες συσκευές και εφαρμογές IoT.

Δεν πρέπει να αγνοηθούν παρ' όλα αυτά τα μειονεκτήματα που προκύπτουν. Αρχικά, σε αυτά περιλαμβάνεται η μικρή απόσταση κάλυψης. Οι συσκευές BLE έχουν συνήθως μικρή απόσταση λειτουργίας, γεγονός που σημαίνει ότι οι συσκευές πρέπει να είναι σχετικά κοντά μεταξύ τους για να μπορέσουν να επικοινωνήσουν. Αυτό μπορεί να περιορίζει τον εύρος εφαρμογών IoT που είναι δυνατό να υλοποιηθούν με τη χρήση BLE. Ο περιορισμένος ρυθμός μετάδοσης δεδομένων αποτελεί ακόμα ένα μειονέκτημα.

Παρόλο που η τεχνολογία BLE υποστηρίζει υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων για την κατανάλωση ενέργειας, αυτό μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα περιορισμένο ρυθμό μετάδοσης δεδομένων σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την απόδοση σε εφαρμογές που απαιτούν μεγάλη ροή δεδομένων, όπως βίντεο ή μεγάλα αρχεία. Σοβαρό μειονέκτημα αποτελεί και η πιθανότητα

παρεμβολών. Επειδή η τεχνολογία BLE χρησιμοποιεί τη συχνότητα 2,4 GHz, η οποία είναι επίσης κοινή για άλλες ασύρματες συσκευές, όπως Wi-Fi και συσκευές μικροκυμάτων, μπορεί να υπάρξουν παρεμβολές μεταξύ αυτών των συστημάτων. Αυτό μπορεί να επηρεάσει τη σταθερότητα της σύνδεσης και την αξιοπιστία των επικοινωνιών.

Επιπλέον, άλλος ένας ευρέως διαδεδομένος τύπος σύνδεσης, που χρησιμοποιείται τόσο στο διαδίκτυο αντικειμένων γενικότερα, όσο και στο διαδίκτυο αντικειμένων μάχης ειδικότερα, είναι ο τύπος σύνδεσης LoRa (Long Range) ή αλλιώς LPWAN. Ο συγκεκριμένος τύπος σύνδεσης προτιμάται κυρίως επειδή έχει χαμηλό κόστος ενέργειας, κάτι που είναι πολύ σημαντικό σε πραγματικές συνθήκες μάχης, δεδομένου ότι οι προμήθειες ενέργειας μπορεί ανά πάσα στιγμή να διακοπούν ή να είναι περιορισμένες [17]. Κατά τη συνδεσιμότητα με LoRa η διασφάλιση της θωράκισης των δεδομένων κυμαίνεται σε υψηλά επίπεδα, επειδή για κάθε συναλλαγή δεδομένων ή πληροφορίας υπάρχει ένα μοναδικό κλειδί (128-bit AppSkey), το οποίο επιτρέπει την ασφαλή κυκλοφορία δεδομένων. Οι πύλες (gateways) μεταβιβάζουν τα δεδομένα μεταξύ συσκευών και κεντρικής πλατφόρμας χρησιμοποιώντας την IP. Με τη σύνδεση αυτή επιτρέπεται η ασφαλής και γρήγορη μεταφορά δεδομένων σε ακτίνα έως και 10 χιλιομέτρων. Με τη σύνδεση LoRa λοιπόν, επιτυγχάνεται μία γρήγορη και ασφαλής σύνδεση χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας. Το παρακάτω διάγραμμα αποτυπώνει τη διαφορά της σύνδεσης LoRa σε σχέση με άλλου τύπου συνδέσεων στο πεδίο μάχης:



Εικόνα 13 Ασύρματες Τεχνολογίες [45]

Υπάρχουν αρκετοί λόγοι για να προτιμηθεί η συγκεκριμένη τεχνολογία LoRa (Long Range), καθώς έχει τα εξής θετικά χαρακτηριστικά. Αρχικά έχει μεγάλη εμβέλεια. Η τεχνολογία LoRa παρέχει μεγάλη εμβέλεια μετάδοσης σε σχέση με άλλες ασύρματες τεχνολογίες. Αυτό επιτρέπει την επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις ανάμεσα στις συσκευές IoT και τη βάση δεδομένων, χωρίς την ανάγκη για επιπλέον υποδομές ή ενισχυτές σήματος. Εκτός από αυτό η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας επιτρέπει στις συσκευές LoRa να έχουν χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, που τις καθιστά ιδανικές για μπαταρίες με μεγάλη διάρκεια ζωής. Αυτό επιτρέπει τη χρήση τους σε αυτόνομες ή μακροχρόνιες εφαρμογές IoT χωρίς την ανάγκη συχνής αλλαγής ή φόρτισης των μπαταριών.

Προσφέρει μεταξύ άλλων και χαμηλό κόστος υποδομής. Η υποδομή LoRa απαιτεί λιγότερο υλικό και λιγότερη ενέργεια σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες IoT. Αυτό μειώνει το συνολικό κόστος της υλοποίησης και της λειτουργίας του δικτύου. Η δυνατότητα διάχυσης επίσης αποτελεί ακόμα ένα θετικό στοιχείο για την τεχνολογία LoRa, καθώς

επιτρέπει τη διάχυση των σημάτων μετάδοσης μέσω εμποδίων, όπως κτίρια και φυσικά εμπόδια. Αυτό επιτρέπει την επικοινωνία σε δύσκολα περιβάλλοντα και αυξάνει την αξιοπιστία του δικτύου. Επιπλέον, προσφέρει ευελιξία. Η τεχνολογία LoRa είναι ευέλικτη και μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορες εφαρμογές. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορους τομείς όπως η αστική πόλη, η γεωργία, η βιομηχανία και η υγεία. Αυτά είναι μερικά από τα θετικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας LoRa για τις εφαρμογές IoT.

Φυσικά όπως και σε κάθε άλλη τεχνολογία, υπάρχουν και κάποια σημεία που χρειάζονται προσοχή πριν επιλεχτεί η χρήση της. Η τεχνολογία LoRa προσφέρει χαμηλότερη ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων, σε βάρος της μεγάλης εμβέλειας που προσφέρει. Η ταχύτητα μετάδοσης των δεδομένων είναι συνήθως χαμηλή σε σχέση με άλλες ασύρματες τεχνολογίες. Αυτό μπορεί να περιορίσει τη χρήση της τεχνολογίας σε εφαρμογές που απαιτούν υψηλές ταχύτητες μετάδοσης, όπως το video streaming ή οι πραγματικού χρόνου αισθητήρες. Για αυτό τον λόγο καθίσταται ιδανική σε περιπτώσεις που υπάρχει η ανάγκη για μετάδοση απλών πληροφοριών. Χρειάζεται να ληφθεί υπόψη και ο περιορισμός χωρητικότητα δικτύου.

Τα δίκτυα LoRa έχουν περιορισμένη χωρητικότητα, καθώς ο αριθμός των συσκευών που μπορούν να συνδεθούν σε ένα δίκτυο LoRaWAN είναι περιορισμένος. Αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα κλιμάκωσης σε μεγάλες εφαρμογές IoT που απαιτούν τη σύνδεση εκατοντάδων ή χιλιάδων συσκευών. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να υπάρξει περιορισμένη υποστήριξη σε μεγάλες αποστάσεις. Παρά τη μεγάλη εμβέλεια που προσφέρει, η τεχνολογία LoRa μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα σε μεγάλες αποστάσεις. Η απόδοση του σήματος μπορεί να μειωθεί σε απομακρυσμένες περιοχές ή σε περιβάλλοντα με πολλά εμπόδια, όπως κτίρια ή δασικές περιοχές.

Τέλος, θα αποτελούσε παράληψη να μην αναφερθεί η τεχνολογία LTE-M (Long-Term Evolution for Machines) ως ακόμα ένας τρόπος διασύνδεσης. Είναι μια ασύρματη τεχνολογία δικτύου που αναπτύχθηκε ειδικά για τις ανάγκες των συνδεδεμένων συσκευών του Internet of Things (IoT). Αποτελεί μια παραλλαγή του πρότυπου LTE που χρησιμοποιείται για την ασύρματη μετάδοση δεδομένων κινητής τηλεφωνίας. Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση και επικοινωνία συσκευών IoT όπως αισθητήρες, μηχανήματα, αυτοκίνητα, παρακολούθηση υγείας και πολλές άλλες εφαρμογές. Επιτρέπει

τη μετάδοση δεδομένων με χαμηλή καθυστέρηση και υψηλή αξιοπιστία, καθιστώντας την ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν πραγματικού χρόνου επικοινωνία.

Οι κύριες χρήσεις της τεχνολογίας LTE-M στο Internet of Battle Things (IoBT) περιλαμβάνουν αρκετές διαδικασίες, όπως θα αναφερθεί και παρακάτω. Μια εξ' αυτών η παρακολούθηση Πεδίου Μάχης (Battlefield Monitoring). Οι αισθητήρες που λειτουργούν με LTE-M μπορούν να τοποθετηθούν σε διάφορα σημεία για να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη θερμοκρασία, την υγρασία ή την παρουσία εχθρικών δυνάμεων. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να βοηθήσουν τους στρατιώτες και τους ανώτερους στρατιωτικούς να προσαρμόσουν τα σχέδια και τις τακτικές τους.

Η Επικοινωνία Μεταξύ Στρατιωτών (Soldier Communication) αποτελεί ακόμα μια χρήση. Οι στρατιώτες μπορούν να χρησιμοποιούν συσκευές επικοινωνίας που υποστηρίζουν την τεχνολογία LTE-M για ασφαλή και αξιόπιστη επικοινωνία στο πεδίο μάχης. Αυτές οι συσκευές μπορούν να παρέχουν φωνητική επικοινωνία, μηνύματα κειμένου και ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των στρατιωτών, επιτρέποντάς τους να συνεργάζονται και να συντονίζονται αποτελεσματικά. Αρκετά σημαντικό να αναφερθεί είναι και η παρακολούθηση Υγείας (Health Monitoring). Οι στρατιώτες μπορούν να φορούν αισθητήρες υγείας που χρησιμοποιούν την τεχνολογία LTE-M για την παρακολούθηση των σωματικών τους λειτουργιών, όπως ο καρδιακός παλμός, η αρτηριακή πίεση, η θερμοκρασία του σώματος κ.λπ. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να μεταδοθούν σε κέντρα υγείας ή σε ιατρικούς επαγγελματίες, προσφέροντας πρόσβαση σε σημαντικά δεδομένα για την υγεία των στρατιωτών.

Επιπλέον έχει καταστεί εφικτό να πραγματοποιείται και Τηλεμετρία Οχημάτων (Vehicle Telemetry). Η τεχνολογία LTE-M μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την απομακρυσμένη παρακολούθηση και διαχείριση στρατιωτικών οχημάτων. Με την εγκατάσταση αισθητήρων LTE-M σε οχήματα, μπορούν να συλλέγονται δεδομένα σχετικά με την απόδοση, την κατάσταση του κινητήρα ή την κατανάλωση καυσίμων. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να βοηθήσουν στην πρόληψη βλαβών, στον αποτελεσματικότερο σχεδιασμό των αποστολών και στη βελτίωση της ασφάλειας των στρατιωτικών οχημάτων.

Στη συνέχεια θα τονιστούν κάποια θετικά στοιχεία που παρουσιάζονται με την χρήση της συγκριμένης τεχνολογίας. Όπως και σε προηγούμενες τεχνολογίες η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας αποτελεί ως συνήθως ένα πλεονέκτημα. Η τεχνολογία LTE-M σχεδιάστηκε ειδικά για συσκευές IoT με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Αυτό σημαίνει ότι οι συσκευές που χρησιμοποιούν αυτήν την τεχνολογία, μπορούν να λειτουργήσουν για μεγάλα χρονικά διαστήματα με μία μπαταρία. Φυσικά παρέχει και μεγάλη ευρεία κάλυψη. Αυτό επιτρέπει τη σύνδεση συσκευών IoT που βρίσκονται σε μεγάλη απόσταση από το δίκτυο. Θετικό γεγονός αποτελεί και το χαμηλό κόστος. Η υλοποίηση της τεχνολογίας LTE-M είναι σχετικά οικονομική συγκριτικά με άλλες ασύρματες τεχνολογίες, όπως η 4G ή η 5G. Αυτό επιτρέπει την ευρεία υιοθέτηση της τεχνολογίας για εφαρμογές IoT, ειδικά όταν απαιτείται η σύνδεση μεγάλου αριθμού συσκευών. Να υπογραμμιστεί πως αναφέρονται για μια τεχνολογία που προσφέρει υψηλή ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων. Οι υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων, επιτρέπουν τη γρήγορη και αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των συσκευών IoT και του κεντρικού συστήματος.

Το IoT βασίζεται σε ένα μεγάλο μέρος του στις φορητές συσκευές. Η συγκεκριμένη τεχνολογία παρέχει ιδανική λύση για φορητές συσκευές IoT, όπως αισθητήρες που μεταφέρονται σε διάφορες τοποθεσίες. Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και η μεγάλη κάλυψη της τεχνολογίας την καθιστούν ιδανική για εφαρμογές που απαιτούν κινητικότητα.

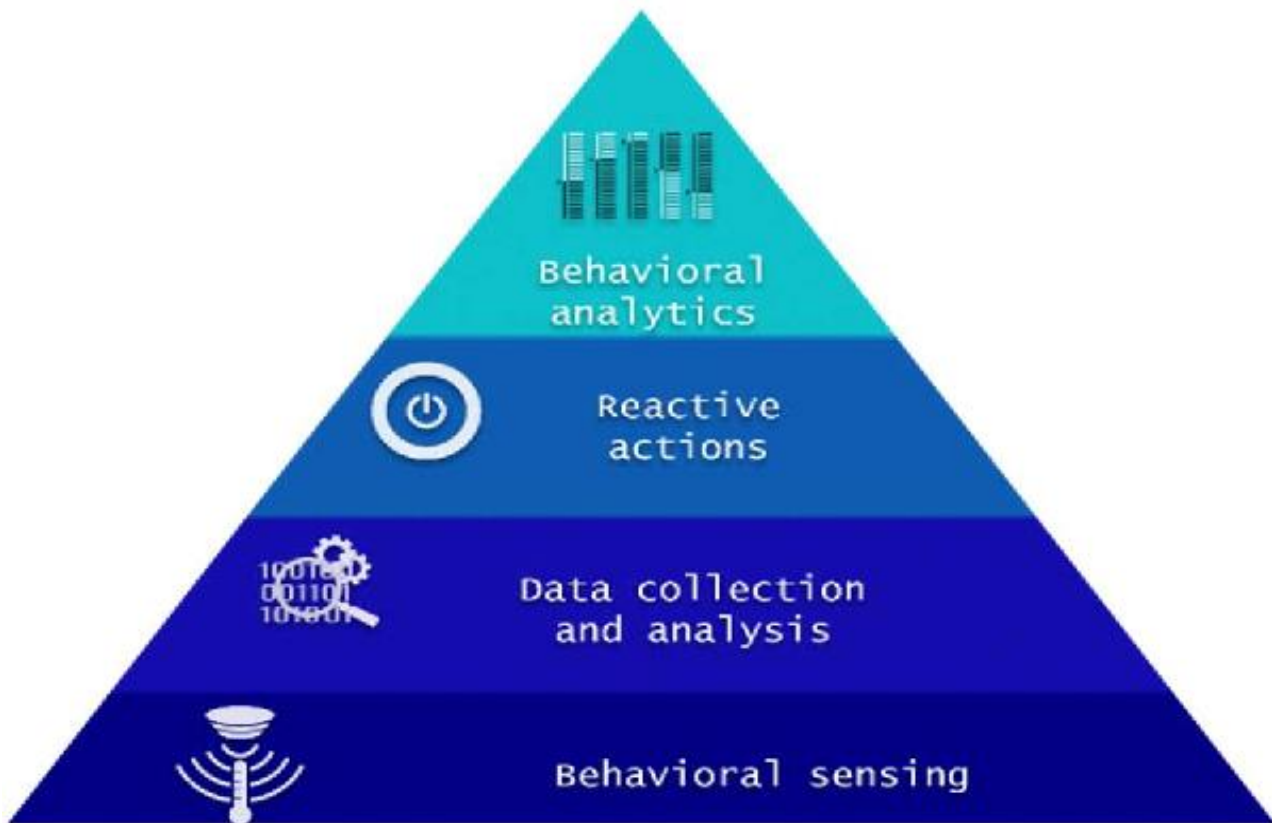
Κατ' επέκταση των πλεονεκτημάτων που μόλις προαναφέρθηκαν, θα γίνει και μια σύντομη αναφορά σε μερικές δυσχέρειες που παρουσιάζονται κατά την χρήση της LTE-M. Δυστυχώς παρουσιάζεται περιορισμένη χωρητικότητα δικτύου. Το φάσμα ζώνης που διατίθεται για την τεχνολογία LTE-M είναι περιορισμένο, και αυτό μπορεί να οδηγήσει σε περιορισμένη διαθεσιμότητα και χωρητικότητα του δικτύου, ειδικά σε περιοχές με μεγάλο αριθμό συνδεδεμένων συσκευών. Σε ένα θέατρο επιχειρήσεων, όπως είναι φυσικό, αναμένεται μεγάλος αριθμός τέτοιων συσκευών.

Επειδή η τεχνολογία LTE-M λειτουργεί σε χαμηλές συχνότητες, υπάρχει πιθανότητα παρεμβολών από άλλες συσκευές που λειτουργούν στην ίδια ζώνη συχνοτήτων. Αυτό μπορεί να επηρεάσει την αξιοπιστία και τη συνδεσιμότητα των συσκευών IoT.

Αν και πριν αναφέρθηκε η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας ως ένα θετικό σημείο που παρουσιάζεται κατά την χρήση της τεχνολογίας, αξίζει να σημειωθεί το εξής. Συγκριτικά με την τεχνολογία Narrowband – IoT, παρουσιάζεται υψηλότερη κατανάλωση ενέργειας ιδίως εάν οι συσκευές λειτουργούν με μπαταρίες περιορισμένης χωρητικότητας. Ίσως αυτή η διαφορά να μην είναι πολύ μεγάλη όσο αφορά απλή καθημερινή χρήση. Παρ' όλα αυτά, όταν μιλάμε για στρατιωτικές επιχειρήσεις, όπου η επιλογή ενός τρόπου σύνδεσης των συσκευών μπορεί να επηρεάσει την έκβαση της μάχης, είναι επιτακτική ανάγκη να συμπεριληφθούν όλοι οι παράγοντες.

4.2 Διασφάλιση συνδεσιμότητας

Σε ότι αφορά τη δομή μίας τυπικής επιτυχημένης σύνδεσης διαδικτύου αντικειμένων μάχης, είναι σημαντικό να συνδεθούν σωστά τα αντικείμενα μάχης και οι αισθητήρες τους με την κεντρική πλατφόρμα, η οποία θα είναι υπεύθυνη, ούτως ώστε να διαχειρίζεται τα δεδομένα, που λαμβάνει και αποστέλλει, με απώτερο σκοπό να υπάρχει η άμεση και κατάλληλη πληροφόρηση του μαχητή. Μέσω της διαδικασίας αποστολής δεδομένων από τους αισθητήρες, στην κεντρική πλατφόρμα και μέσα από την ανάλυση των δεδομένων αυτών επιτυγχάνεται αυτό που αποκαλείται επιτυχής σύνδεση. Παρακάτω ακολουθεί μία εικόνα, η οποία περιγράφει τη βασική δομή της σύνδεσης ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης μέσα σε ένα πραγματικό πεδίο.



Εικόνα 14 Τυπική Δομή Διασύνδεσης ενός διαδικτύου Αντικειμένων Μάχης [38]

Το βασικότερο σημείο κλειδί για την επιτυχή υλοποίηση και εφαρμογή του διαδικτύου αντικειμένων μάχης είναι η εξασφάλιση της κατάλληλης συνδεσιμότητας. Οι συσκευές, που συμμετέχουν στην συλλογή και αναμετάδοση πληροφοριών, πρέπει να είναι συνεχώς συνδεδεμένες με το επιχειρησιακό κέντρο και αυτό δεν είναι μία απλή υπόθεση, καθώς δεν απαιτείται απλά η ύπαρξη ενός ισχυρού ασύρματου δικτύου. Η συνδεσιμότητα των δικτυακών αντικειμένων μάχης βασίζεται σε πέντε βασικά επίπεδα, που διασφαλίζουν την συνεχή μετάδοση δεδομένων και την συνεχή ζωντανή λήψη πληροφοριών από το πεδίο μάχης. Το πρώτο επίπεδο είναι το επίπεδο αντίληψης (Perception Level). Κατά το επίπεδο αυτό ο βασικός σκοπός είναι η συλλογή δεδομένων και πληροφοριών από τα αντικείμενα μάχης, που συμμετέχουν στο διαδίκτυο της στρατιωτικής επιχείρησης. Επιπλέον σε αυτό το στάδιο, πραγματοποιείται μία συνεχής συλλογή δεδομένων, η οποία προέρχεται από κάμερες, από αισθητήρες, GPS ή τερματικά [39]. Επίσης, πολλές φορές τα δεδομένα συλλέγονται και αναμεταδίδονται μέσα από RFID ετικέτες (Radio Frequency Identification), προκειμένου το σήμα να είναι πιο ισχυρό.

Το δεύτερο επίπεδο είναι γνωστό και ως επίπεδο δικτύου (Network Layer). Το επίπεδο αυτό περιλαμβάνει την σωστή και ταχύτατη δρομολόγηση των πακέτων πληροφοριών σε ένα δίκτυο. Το επίπεδο δικτύου, μπορεί να περιλαμβάνει τεχνολογικές διεργασίες, που σχετίζονται είτε με ασύρματα είτε με ενσύρματα τοπικά δίκτυα, αλλά στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων προτιμώνται τα ασύρματα δίκτυα λόγω της ευελιξίας που παρέχουν. Το εύρος ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης μέσα σε ένα πολεμικό πεδίο και κάτω από πραγματικές συνθήκες δεν είναι προκαθορισμένο και διαφέρει ανάλογα με την περίπτωση. Ο τρόπος με τον οποίο θα στηθεί αρχιτεκτονικά το δίκτυο διανομής πληροφοριών σχετίζεται σημαντικά με την ποιότητα της συνδεσιμότητας.

Το τρίτο στάδιο της αρχιτεκτονικής των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι το επίπεδο εφαρμογής (application level). Στο επίπεδο αυτό ο μαχητής ή το επιχειρησιακό κέντρο μπορούν να έρθουν σε επαφή με τις πληροφορίες, που συλλέγουν τα δικτυακά αντικείμενα μάχης και να τις αξιοποιήσουν κατάλληλα. Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί πως το επίπεδο εφαρμογής είναι ένα κομβικό σημείο του διαδικτύου αντικειμένων μάχης, καθώς καθορίζει το ποιες πληροφορίες είναι χρήσιμες και το ποιες πληροφορίες αφορούν τον μαχητή, την εκάστοτε θέση του και την αποστολή του [16]. Μέσα από τη χρήση διάφορων εφαρμογών, που έχουν δημιουργηθεί αποκλειστικά για στρατιωτική χρήση, ο μαχητής μπορεί να έρθει άμεσα σε επαφή με τα δεδομένα, που έχουν συλλεχθεί και να τα χρησιμοποιήσει κατάλληλα.

Το στάδιο που ακολουθεί είναι αυτό του ενδιάμεσου λογισμικού (middleware layer). Οι πλατφόρμες λογισμικού, που αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι αυτού του επιπέδου είναι ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα του συγκεκριμένου σταδίου. Ουσιαστικά, κατά το στάδιο αυτό οι εφαρμογές, που έχουν δημιουργηθεί συνδέονται στο δίκτυο και αποκτούν πρόσβαση στα δεδομένα και τις πληροφορίες, που έχουν συλλεχθεί από τα δικτυακά αντικείμενα μάχης, τα οποία παραμένουν συνεχώς συνδεδεμένα. Εδώ γίνεται η συλλογή δεδομένων και ταυτόχρονα ξεκινάει μία διαδικασία εκκαθάρισης των όσων έχουν συλλεχθεί. Γνωστή και ως data cleaning (εκκαθάριση δεδομένων) η διαδικασία αυτή είναι υπεύθυνη για την ορθή και ουσιαστική συλλογή των πληροφοριών, που έχουν συγκεντρώσει τα δικτυακά αντικείμενα μάχης [33]. Κατά την εκκαθάριση και μέσα από διαδικασίες, που περιλαμβάνουν την κατηγοριοποίηση, το φιλτράρισμα, την αφαίρεση των

διπλών και τριπλών όμοιων δεδομένων, ο χειριστής ή η ομάδα χειριστών των εφαρμογών, προσπαθούν να σχηματίσουν μία σαφή εικόνα για τα όσα έχουν συλλεχθεί, ούτως ώστε ο μαχητής να λάβει την κατάλληλη πληροφορία στην κατάλληλη στιγμή. Για παράδειγμα, σε ένα πεδίο μάχης, μία κάμερα σαρώνει την περιοχή και είναι εξοπλισμένη τόσο με θερμική όσο και με νυχτερινή λειτουργία. Εάν λοιπόν είναι μέρα, τότε οι πληροφορίες, που συγκεντρώνει από την νυχτερινή της λειτουργία δεν χρειάζονται αλλά παρ' όλα αυτά είναι προσβάσιμες από τους χειριστές εφαρμογών. Ο μαχητής όμως δεν έχει ανάγκη να λάβει κάποια πληροφορία από την κατάσταση νυχτερινής λειτουργίας, διότι δεν θα του χρειαστεί εφόσον είναι μέρα. Αντιθέτως, ενδέχεται να χρειαστεί πληροφορίες και συντεταγμένες από την θερμική λειτουργία της κάμερας, προκειμένου να κατανοήσει τον αριθμό των εχθρικών μονάδων ή την απόσταση στην οποία βρίσκονται. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η ουσία της ορθής χρήσης των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι να φτάνει η σωστή πληροφορία στον μαχητή γρήγορα. Στο επίπεδο ενδιάμεσου λογισμικού, λοιπόν κατά την σύνδεση ενός διαδικτυακού αντικειμένου μάχης, αξιοποιείται μία διαδικασία συγκέντρωσης, φιλτραρίσματος και αξιοποίησης των σημαντικών πληροφοριών και δεδομένων που χρειάζονται για το πεδίο μάχης [36].

Τέλος, το επίπεδο στρατιωτικής επιχείρησης (military business layer) είναι υπεύθυνο για την οικονομική διαχείριση των υπηρεσιών, που παρέχει το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης. Στο επίπεδο αυτό, περιλαμβάνεται η ο έλεγχος, η αξιολόγηση και η ρύθμιση του προϋπολογισμού, που στέλνεται απευθείας στο ιθύνον επιτελικό γραφείο προς υπογραφή και αποδοχή. Αξιολογούνται τα δικτυακά αντικείμενα μάχης, η λειτουργικότητά τους και προτείνονται βελτιωτικές αλλαγές, που θα βοηθήσουν περαιτέρω τον μαχητή στο πεδίο μάχης. Με λίγα λόγια αφού τοποθετηθούν οι αισθητήρες, οι κάμερες, οι ετικέτες RFID ή τα τερματικά στα δικτυακά αντικείμενα μάχης, στη συνέχεια συλλέγονται οι πληροφορίες από το πεδίο μάχης και μεταδίδονται στο δίκτυο. Έπειτα τα δεδομένα αυτά επεξεργάζονται, αναλύονται και παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες και συμπεράσματα για τον μαχητή. Η συνδεσιμότητα, η οποία εξαρτάται βέβαια και από τον τύπο σύνδεσης, είναι άμεσα εξαρτώμενη από την συνεχή επικοινωνία μεταξύ δικτυακών αντικειμένων μάχης και δικτύου. Όσο τα αντικείμενα μάχης είναι συνδεδεμένα στο ασύρματο δίκτυο τόσο το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης είναι ενεργό και παρέχει και επεξεργάζεται σημαντικές για τον μαχητή πληροφορίες.

Για να διασφαλιστεί λοιπόν η συνδεσιμότητα σε ένα διαδίκτυο αντικειμένων μάχης απαιτούνται και ορισμένα χαρακτηριστικά χωρίς τα οποία η σύνδεση είναι αδύνατη. Αρχικά η ανομοιογένεια είναι μία βασική προϋπόθεση. Ένα διαδίκτυο αντικειμένων μάχης είναι άκρως ανομοιογενές. Εντοπίζει, συλλέγει και επεξεργάζεται πληροφορίες και δεδομένα από πολλές συνδεδεμένες σε αυτό συσκευές, οι οποίες συλλέγουν διαφορετικού τύπου δεδομένα [2]. Για παράδειγμα, μία κάμερα συλλέγει εικόνες την στιγμή που ένας αισθητήρας ήχου συλλέγει ηχητικά δεδομένα και ένας αισθητήρας κράνους συλλέγει πληροφορίες για την υγεία του μαχητή. Ο όγκος των πληροφοριών που συλλέγονται είναι ανομοιογενής και για τον λόγο αυτόν μία σωστή σύνδεση δικτυακών αντικειμένων μάχης βασίζεται στην ανομοιογένεια. Ένας άλλος προαπαιτούμενος παράγοντας για την ορθή και συνεχή συνδεσιμότητα είναι και η επεκτασιμότητα. Η επεκτασιμότητα, που συνδέεται άμεσα με την ανομοιογένεια περιλαμβάνει όλες εκείνες τις επιμέρους διεργασίες λογισμικού, οι οποίες σχετίζονται με την επεξεργασία των δεδομένων, που έχουν συλλεχθεί και επιτρέπουν μία πολυεπίπεδη ανάλυση σε πολλά στάδια και με πολλούς τρόπους [25].

Η ευελιξία επίσης είναι άλλη μία βασική προϋπόθεση, ούτως ώστε τα δικτυακά αντικείμενα μάχης να παραμένουν συνεχώς συνδεδεμένα. Οι πραγματικές συνθήκες μάχης δεν μοιάζουν με το εργαστηριακό ή πειραματικό περιβάλλον. Μία πιθανή έκρηξη από ρίψη εχθρικών πυρομαχικών ή μία κακόβουλη ενέργεια προς το δίκτυο του επιχειρησιακού κέντρου, μπορούν ανά πάσα στιγμή να τερματίσουν την σύνδεση ή να αλλοιώσουν την λειτουργικότητα των συσκευών [5]. Η σωστή φόρτιση συσκευών, η ύπαρξη εφεδρικών αισθητήρων και ο γρήγορος προγραμματισμός του λογισμικού τους από έμπειρους ειδικούς είναι μερικές από τις αναγκαίες ενέργειες, που πρέπει να εκτελούνται κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης. Επίσης, η ποιότητα των συσκευών είναι άλλος ένας παράγοντας. Όταν για παράδειγμα, σε μία κάμερα χρησιμοποιηθεί μία ετικέτα RFID, τότε οι πιθανότητες να χαθεί το σήμα λόγω κακών καιρικών συνθηκών είναι μεγαλύτερες. Η ποιότητα λοιπόν των συσκευών και των δικτυακών αντικειμένων μάχης καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την συνδεσιμότητα και την συνεχή διατήρησή της.

Βέβαια, ο παράγοντας της ποιότητας συνδέεται άρρηκτα με έναν ακόμη παράγοντα, που είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους. Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης είναι μία

δαπανηρή τεχνολογία και πρέπει να χρησιμοποιείται για να βελτιστοποιηθούν ορισμένες διαδικασίες κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής πολεμικής επιχείρησης κάτω από πραγματικές συνθήκες [2]. Τα περισσότερα από τα δικτυακά αντικείμενα μάχης σχεδιάζονται, ούτως ώστε να παρέχουν αυτονομία και να είναι ανθεκτικά σε περιπτώσεις στρατιωτικών συρράξεων και αποστολών. Το κόστος είναι υψηλό και για τον λόγο αυτό ένα διαδίκτυο αντικειμένων μάχης θα πρέπει να έχει μελετηθεί πρώτα σχολαστικά σε ότι αφορά τον σχεδιασμό του, αλλά και το κόστος του. Εδώ να σημειωθεί πως τα ακριβά εξαρτήματα και τα ακριβά δικτυακά αντικείμενα μάχης δεν σημαίνει πως σχετίζονται πάντοτε με ένα επιτυχές και άκρως λειτουργικό διαδίκτυο αντικειμένων μάχης. Ο υπολογισμός του κόστους και των δαπανών καθώς και του σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής του δικτύου, είναι μία κρίσιμη και περίπλοκη διαδικασία, που απαιτεί την κατανόηση όλων των παραπάνω παραγόντων.

Τέλος, μία βασική προϋπόθεση για την συνεχή συνδεσιμότητα και την λειτουργικότητα ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης είναι η ασφάλεια. Η ασφάλεια και η θωράκιση του δικτύου από κακόβουλες επιθέσεις και από απόπειρες υποκλοπής πληροφοριών, είναι μία σημαντική διαδικασία, η οποία μπορεί να εγγυηθεί την συνεχή συνδεσιμότητα ενός δικτύου [39]. Η ακεραιότητα των δεδομένων, είτε αυτά είναι στοιχεία για έναν μαχητή, είτε είναι άκρως απόρρητα στοιχεία που αφορούν οπλικά συστήματα ή σχεδιασμούς στρατιωτικών στρατηγικών, είναι μία βασική προϋπόθεση για την συνδεσιμότητα ενός δικτύου.

Εκτός όμως από αυτές τις προϋποθέσεις υπάρχουν και ορισμένες βασικές τεχνολογίες που αφορούν την σωστή και εύρυθμη λειτουργία ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης. Προκειμένου λοιπόν η συνδεσιμότητα να είναι εξασφαλισμένη και να παρέχονται άμεσα και γρήγορα οι απαιτούμενες πληροφορίες στον μαχητή κατά την διεξαγωγή πραγματικών συνθηκών στο πεδίο μάχης, είναι σημαντικό να αναφερθούν μερικές από τις πιο σημαντικές τεχνολογίες ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης. Μία από τις πιο διαδεδομένες και δοκιμασμένες μεθόδους είναι η ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων, που αναφέρθηκε και παραπάνω ως RFID. Η τεχνολογία αυτή, που επί της ουσίας είναι υπεύθυνη για την σύνδεση των δικτυακών αντικειμένων μάχης βασίζεται συνήθως σε ένα τσιπ, το οποίο λειτουργεί ως πομποδέκτης και μπορεί τόσο να αποστέλλει όσο και να λαμβάνει πληροφορίες. Η κάθε ετικέτα επί της ουσίας, η οποία έχει ένα μοναδικό

αναγνωριστικό κωδικό μπορεί να στείλει σήμα ή να δεχτεί σήμα από κάποια άλλη. Μία συσκευή μπορεί να έχει περισσότερες από μία ετικέτες, οι οποίες μπορεί να λειτουργήσουν και εφεδρικά, εξασφαλίζοντας έτσι μία υποστηρικτική λύση. Οι ενεργητικές ετικέτες RFID, οι ετικέτες δηλαδή που στέλνουν σήμα, έχουν μπαταρία ενώ οι παθητικές δεν χρειάζονται μπαταρία καθώς το μόνο που κάνουν είναι να λαμβάνουν δεδομένα μέσω σήματος. Το πιο σημαντικό πλεονέκτημα της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ότι έχει ιδιαίτερα χαμηλό κόστος και ότι μπορεί να ενσωματωθεί σε αισθητήρες, που αποτελούν βασικό και αναπόσπαστο κομμάτι ενός λειτουργικού διαδικτύου αντικειμένων μάχης [29]. Με την τεχνολογία αυτή γίνεται δυνατή η επικοινωνία μεταξύ διάφορων συσκευών και επιτυγχάνεται μία ανταλλαγή δεδομένων και σημάτων από απόσταση. Παρά το χαμηλό κόστος, πρόκειται για μία πολύτιμη τεχνολογία, δεδομένου ότι ακόμη και με την έλλειψη συνδεσιμότητας λόγω διακοπής δικτύου, μία ενεργητική ετικέτα μπορεί να αναμεταδώσει σήμα, κάτι που μπορεί να αποβεί σωτήριο για μία στρατιωτική επιχείρηση. Έτσι μπορεί να δράσει ακόμη και υποστηρικτικά σε ένα δίκτυο εξασφαλίζοντας ότι θα συνεχίσει να υπάρχει μία μορφή συνδεσιμότητας μεταξύ των δικτυακών αντικειμένων μάχης.

Βέβαια, οι πιο διαδεδομένη τεχνολογία, που χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις για τη σύνδεση δικτυακών αντικειμένων μάχης, είναι οι ασύρματη τεχνολογία. Οι ασύρματες τεχνολογίες εξασφαλίζουν μία ισχυρή συνδεσιμότητα και το εύρος τους διαφέρει από τεχνολογία σε τεχνολογία. Μερικές από τις πιο διαδεδομένες ασύρματες τεχνολογίες είναι η τεχνολογία LAN (Local Area Network), η οποία μπορεί να υποστηρίξει την σύνδεση συσκευών που απέχουν μέχρι και εκατό χιλιόμετρα μεταξύ τους. Επίσης μία εξίσου σημαντική τεχνολογία είναι η ασύρματη τεχνολογία WAN (Wide Area Network), η οποία μπορεί να υποστηρίξει την σύνδεση συσκευών, που τους χωρίζουν μέχρι και χίλια περίπου χιλιόμετρα [39]. Φυσικά, όπως προαναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, τόσο ο τύπος σύνδεσης όσο και η τεχνολογία επικοινωνίας βρίσκονται στην διακριτική ευχέρεια του εκάστοτε ιδύνοντα. Τα τελευταία έτη βρίσκονται σε πρωτογενές στάδιο και άλλες τεχνολογίες ασύρματης σύνδεσης, όπως τα κυψελοειδή συστήματα, τα οποία μπορούν να λειτουργήσουν παράλληλα με περισσότερους από έναν διακομιστές, εξασφαλίζοντας έτσι την συνδεσιμότητα ακόμη και όταν ο ένας διακομιστής απενεργοποιηθεί ή δεχθεί κάποια κακόβουλη επίθεση.

Επιπροσθέτως, άλλος ένας παράγοντας που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της συνδεσιμότητας των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι η τεχνολογία του δικτύου. Το δίκτυο πέμπτης γενιάς, γνωστό και ως 5G, είναι το πιο σύγχρονο αυτή τη στιγμή και χρησιμοποιείται στις περισσότερες στρατιωτικές επιχειρήσεις [16]. Επί της ουσίας πρόκειται για την συνύπαρξη ψηφιακών κυψελοειδών δικτύων, τα οποία λαμβάνουν αναλογικά σήματα σαν εικόνες ή σαν ήχους και τα μετατρέπουν σε ψηφιακά.

Τα δίκτυα 5G και το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης αποτελούν ένα ιδανικό μείγμα επιτυχίας δεδομένου, ότι επιτυγχάνεται η συνεχής συνδεσιμότητα και η ταχύτητα μετάδοσης των πληροφοριών. Βέβαια για να καταστεί δυνατή μία σύνδεση δικτυακών αντικειμένων μάχης με δίκτυο 5G θα πρέπει να τηρούνται ορισμένες προϋποθέσεις. Αρχικά, επειδή πρόκειται για την σύνδεση πολλών συσκευών, απαιτείται και ένας εξαιρετικά υψηλός ρυθμός δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, εκτιμάται ότι απαιτούνται περισσότερα από 35 Mbps για την σύνδεση μερικών δεκάδων δικτυακών αντικειμένων και την εξασφάλιση της ποιότητάς της. Επομένως, προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνδεσιμότητα των δικτυακών αντικειμένων μάχης μεταξύ τους κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης και με σκοπό την άμεση και έγκυρη πληροφόρηση του μαχητή, θα πρέπει το δίκτυο να προσφέρει μεγάλες ταχύτητες. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα ενός δικτύου τόσο λιγότερες είναι οι πιθανότητες για μία ενδεχόμενη διακοπή ή έναν απρόσμενο τερματισμό της λειτουργίας του.

Άλλος ένας παράγοντας που μπορεί να καθορίσει πολλά κατά την λειτουργία ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης και κατά την διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης είναι η αυτονομία των δικτυακών αντικειμένων μάχης. Παραπάνω έγινε λόγος για τις τεχνολογίες επικοινωνίας και συνδεσιμότητας, που μπορούν να εξασφαλίσουν μία επιτυχή και χωρίς διακοπές σύνδεση. Ένας άλλος παράγοντας που σχετίζεται με την διατήρηση της συνδεσιμότητας μεταξύ των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι η ίδια τους η αυτονομία. Οι περισσότερες συσκευές, εφόσον είναι απομακρυσμένες από την κοντινότερη στρατιωτική βάση και δεδομένου ότι ο χρόνος, για τον οποίο πρέπει να παραμείνουν στο πεδίο μάχης είναι ακαθόριστος, καθώς μπορεί να κυμαίνεται από μερικές εβδομάδες έως και μερικούς μήνες, δύναται να λειτουργούν με μπαταρίες διαρκείας [2]. Η αυτονομία της μπαταρίας και η διάρκεια ζωής της είναι ένας παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την συνδεσιμότητα μεταξύ των δικτυακών αντικειμένων μάχης. Σύμφωνα με

έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Αμερική, η πλειοψηφία των υπεύθυνων σχεδιασμού διαδικτύου αντικειμένων μάχης απάντησαν πως το ζήτημα της αυτονομίας και της ανθεκτικότητας των συσκευών, είναι ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα, σε ότι αφορά την σωστή συνδεσιμότητα μεταξύ τους [17]. Θα μπορούσε επομένως να μην υπάρχει πρόβλημα στο δίκτυο αλλά μία συσκευή να μην έχει πλέον μπαταρία, κάτι που θα διέκοπτε ουσιαστικά την σύνδεση. Επομένως, εκτός από τα τεχνικά ζητήματα ενός δικτύου, η αυτονομία των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι άλλος ένας σημαντικός παράγοντας, προκειμένου ο μαχητής να λαμβάνει άμεσα τις πληροφορίες που χρειάζεται.

Τέλος, άλλη μία πολύ σημαντική πτυχή για την συνδεσιμότητα και την διατήρησή της κατά την λειτουργία ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης, είναι το δίκτυο ασύρματων αισθητήρων ή αλλιώς Wireless Sensor Network (WSN). Το συγκεκριμένο δίκτυο αποτελείται από αυτόνομους αισθητήρες, οι οποίοι συνήθως χρησιμοποιούνται για να καταγράψουν καιρικά φαινόμενα, να μετρήσουν τον άνεμο ή να εντοπίσουν κάποια κίνηση, που πραγματοποιείται στο εύρος παρακολούθησής τους [25]. Το δίκτυο διαρθρώνεται από χιλιάδες κόμβους που συνδέονται με έναν ή και πιο πολλούς αισθητήρες. Δημιουργείται με τον τρόπο αυτόν ένα εσωτερικό δίκτυο επικοινωνίας, το οποίο λειτουργεί αυτόνομα και μπορεί να μεταδώσει χρήσιμες πληροφορίες για το πεδίο μάχης. Ο κάθε κόμβος περιλαμβάνει έναν πομποδέκτη, μία εσωτερική κεραία και μία μπαταρία. Λειτουργεί αυτόνομα και εξασφαλίζει την συνδεσιμότητα μεταξύ των δικτυακών αντικειμένων μάχης.

4.2.1 Μοντέλα επικοινωνίας

Το μοντέλο επικοινωνίας ενός δικτυακού αντικειμένου μάχης με άλλα αντικείμενα ή με το δίκτυο ενδιαφέροντος καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την ποιότητα της συνδεσιμότητας. Ένα από τα περισσότερο διαδεδομένα μοντέλα κατά την διάρκεια στρατιωτικών επιχειρήσεων είναι η επικοινωνία από συσκευή προς συσκευή [29]. Σε ένα πεδίο μάχης υπάρχουν πολλές συσκευές που πρέπει να επικοινωνούν άμεσα μεταξύ τους προκειμένου να επιτυγχάνεται η ευελιξία και οι γρήγορες αποφάσεις. Ο μαχητής, που είναι εκτεθειμένος στο πεδίο μάχης πρέπει να λαμβάνει τις κατάλληλες πληροφορίες στον κατάλληλο χρόνο. Αντί λοιπόν η κάθε συσκευή να παρέχει τις πληροφορίες στο δίκτυο και έπειτα το δίκτυο να τις μεταφέρει σε άλλες συσκευές, προκειμένου να πραγματοποιηθεί μία

δράση, είτε είναι αμυντική είτε επιθετική, προτιμάται η επικοινωνία μεταξύ συσκευών. Επίσης εκτός από την ταχύτητα, με τον τρόπο αυτόν διασφαλίζεται και η συνδεσιμότητα. Είναι πιο πιθανό ένα κακόβουλο λογισμικό να χτυπήσει πρώτα το κεντρικό δίκτυο παρά ένα συγκεκριμένο δικτυακό αντικείμενο μάχης.

Έτσι, τα δεδομένα στέλνονται από το ένα δικτυακό αντικείμενο στο άλλο μέσα από ασύρματη μεταφορά δεδομένων. Από θέμα ασφάλειας το κάθε πρωτόκολλο μεταφοράς διαθέτει το δικό του πλέγμα ασφαλείας, κάτι που μπορεί να εξασφαλίσει μία λειτουργική συνδεσιμότητα. Μερικά από τα πιο διαδεδομένα πρωτόκολλα ανταλλαγής πληροφοριών από συσκευή σε συσκευή είναι το Z-Wave και το ZigBee. Σε κάθε περίπτωση η ανταλλαγή πληροφοριών από αντικείμενο σε αντικείμενο είναι μία διαδικασία, η οποία μπορεί να εξασφαλίσει μία λειτουργική και συνεχή συνδεσιμότητα.

Ένα άλλο μοντέλο επικοινωνίας είναι αυτό από συσκευή σε διαμεσολαβητή (device to gateway). Σε αντίθεση με το μοντέλο device to cloud, που χρησιμοποιείται περισσότερο σε σπίτια και η χρήση του είναι οικιακή, η επικοινωνία της συσκευής με έναν διαμεσολαβητή είναι επίσης μία ασφαλής λύση για συνεχή συνδεσιμότητα μεταξύ των αντικειμένων μάχης [34]. Η επικοινωνία αυτή ενδείκνυται για περιπτώσεις, όπου ορισμένες πληροφορίες συλλέγονται από διάφορα δικτυακά αντικείμενα μάχης και εξυπηρετούν έναν συγκεκριμένο σκοπό. Για παράδειγμα, ένας αισθητήρας καταμετρά την θερμοκρασία του σώματος ενός μαχητή και ένας άλλος αισθητήρας καταμετρά τους παλμούς της καρδιάς του. Και οι δύο αισθητήρες βοηθούν σε μία λειτουργία που δεν είναι άλλη από την επίβλεψη της υγείας του μαχητή. Οι αισθητήρες αυτοί λοιπόν, δεν έχουν λόγο να επικοινωνούν μεταξύ τους. Έτσι διαβιβάζουν τις πληροφορίες και τις ενδείξεις τους σε έναν διαμεσολαβητή, ο οποίος διαθέτει λογισμικό εφαρμογής και αναλύει τα δεδομένα που λαμβάνει. Αποτέλεσμα είναι η εξαγωγή άμεσων συμπερασμάτων και παράλληλα η διαβίβαση ομαδοποιημένων και ταξινομημένων μετρήσεων στο εκάστοτε επιχειρησιακό κέντρο.

4.2.2 Ασφάλεια και κυβερνοεπιθέσεις

Η συνδεσιμότητα των δικτυακών αντικειμένων μάχης, εκτός από γρήγορη και άμεση πρέπει να είναι και ασφαλής. Κατά την διάρκεια μίας συντονισμένης στρατιωτικής

αποστολής ο μαχητής και η σωματική του ακεραιότητα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο και την καταλληλότητα των πληροφοριών που λαμβάνει. Η ασφάλεια της σύνδεσης είναι μία παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται αυστηρά υπ' όψη. Η διαρροή δεδομένων, οι κακόβουλες επιθέσεις από τον εχθρό και οι απόπειρες για την απενεργοποίηση ή την αλλοίωση του δικτύου είναι μερικές από τις πιο συχνές περιπτώσεις, όπου το ζήτημα της ασφάλειας της σύνδεσης κρίνεται αναγκαίο [39]. Το 2016 στην Αμερική δαπανήθηκαν περισσότερα από 500.000.000 δολάρια για τον προϋπολογισμό ενός προγράμματος κυβερνοασφάλειας για τον στρατό. Το πρόγραμμα με κωδική ονομασία «FY2016» στόχευε στην στελέχωση του στρατού με άνδρες, οι οποίοι είναι έμπειροι σε ζητήματα κυβερνοασφαλείας [4]. Το ποσό αυτό μπορεί να προκαλεί εντύπωση αλλά πλέον και λόγω της δραματικής τεχνολογικής ανάπτυξης, που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια, τα περιστατικά κυβερνοεπιθέσεων σε στρατιωτικές αποστολές έχουν αυξηθεί δραματικά. Ο χώρος του διαδικτύου αντικειμένων μάχης δεν αποτελεί εξαίρεση, καθώς προτεραιότητα του εχθρού είναι να καταφέρει να εισβάλλει κακόβουλα στα αντίπαλα οπλικά συστήματα ή στις δικτυακές συσκευές μάχης και να αποσυντονίσει την λειτουργία τους.

Κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής αποστολής, τα δικτυακά αντικείμενα μάχης που είναι διασυνδεδεμένα διατρέχουν τον κίνδυνο της κυβερνοεπίθεσης, ο οποίος διαρθρώνεται σε τρεις βασικούς παράγοντες. Ο πρώτος παράγοντας αφορά τα αδύναμα σημεία του δικτύου. Είτε πρόκειται για κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο μάχης, είτε για ένα συγκεκριμένο κόμβο του δικτύου, θα πρέπει να εξασφαλίζεται πως η διαχείριση αλλά και η συλλογή των δεδομένων θα ελέγχεται αποκλειστικά από το επιχειρησιακό κέντρο ή από τον μαχητή. Τα αδύναμα σημεία θα πρέπει να προφυλάσσονται, είτε με κρυπτογραφημένους κώδικες πολλών παραγόντων, είτε με εφεδρικά συστήματα που είναι έτοιμα να λειτουργήσουν όταν το βασικό δίκτυο ή αντικείμενο μάχης προσβληθεί από τον αντίπαλο [2]. Ο δεύτερος παράγοντας, είναι το ποιες είναι ακριβώς οι απειλές, που μπορεί να δεχτεί ένα αδύναμο σημείο. Για παράδειγμα, εάν το αδύναμο σημείο είναι μία κάμερα, η βασική απειλή που μπορεί να δεχτεί είναι να απενεργοποιηθεί από τον εχθρό και να μην μεταδίδει εικόνα. Επίσης άλλο ένα έξυπνο τέχνασμα είναι να παγώσει η εικόνα προκειμένου να υπάρχει παραπληροφόρηση σε σχέση με το πεδίο μάχης. Εάν πάλι το αδύναμο σημείο είναι ένα οπλικό σύστημα, τότε η κατάσταση ενδεχομένως να είναι πολύ χειρότερη. Για παράδειγμα, εάν ένα οπλικό σύστημα αποτελεί δικτυακό αντικείμενο μάχης,

τότε τα πρωτόκολλα ασφαλείας του, θα πρέπει να είναι αυστηρώς κρυπτογραφημένα προκειμένου να είναι δύσκολο για τον εχθρό να τα παραβιάσει. Σε περίπτωση λοιπόν που παραβιαστεί ένα οπλικό σύστημα από τον εχθρό, τότε υπάρχει το ενδεχόμενο να χρησιμοποιηθεί εναντίον του ίδιου του χειριστή.

Ο τρίτος λοιπόν και τελευταίος παράγοντας, είναι ο αντίκτυπος που μπορεί να επιφέρει μία κακόβουλη επίθεση. Στο παράδειγμα της κάμερας και του οπλικού συστήματος είναι σαφές ότι είναι πολύ πιο επικίνδυνο να παραβιαστεί ένα οπλικό σύστημα παρά μία κάμερα στο πεδίο μάχης. Η διαχείριση λοιπόν του ρίσκου για ενδεχόμενη κυβερνοεπίθεση είναι μία περίτεχνη και απαιτητική διαδικασία που πρέπει να λάβει υπόψιν αυτούς τους τρεις βασικούς παράγοντες. Μία από τις πιο διαδεδομένες και δραστικές λύσεις για την διασφάλιση της ασφάλειας της σύνδεσης των αντικειμένων μάχης είναι η πλατφόρμα πληροφοριών τεχνολογίας ή αλλιώς PIT (Platform Information Technology) [3]. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα, περιλαμβάνει όλες τις επικείμενες ενέργειες, που πρέπει να αναλάβει μία στρατιωτική βάση ή ένα επιχειρησιακό κέντρο κατά την διάρκεια της διεξαγωγής μίας στρατιωτικής αποστολής. Η πλατφόρμα περιλαμβάνει υποδείξεις σχετικά με τον τρόπο που θα πρέπει να θωρακίζεται και να ελέγχεται το δίκτυο κατά την διάρκεια μίας μάχης καθώς και τα σημεία που ενδέχεται να είναι αδύναμα και πρέπει να επιτηρούνται συνεχώς.

Σύμφωνα λοιπόν με την συγκεκριμένη πλατφόρμα θα πρέπει πριν την επικείμενη στρατιωτική αποστολή το τμήμα διαχείρισης ρίσκου να εξετάζει σχολαστικά όλες τις συνθήκες και τις μεταβλητές [3]. Έπειτα, και αφού καθίστανται σαφή τα σημεία κινδύνου και τα αδύναμα σημεία, θα πρέπει να εκτελείται ένας δεύτερος έλεγχος στην ασφάλεια των αντικειμένων μάχης που διατρέχουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο και που θα έχουν τον μεγαλύτερο αρνητικό αντίκτυπο στην τελική έκβαση εάν προσβληθούν τελικά από κάποια κακόβουλη επίθεση. Στη συνέχεια τα σημεία που παρουσιάζουν τις περισσότερες αδυναμίες και έχουν τον μεγαλύτερο δυνητικό αντίκτυπο θα πρέπει να θωρακίζονται με μία κρυπτογράφηση πολλαπλών παραγόντων και να επιτηρούνται συνεχώς. Παράλληλα θα πρέπει τα αρμόδια στελέχη να έχουν προνοήσει για την ύπαρξη εφεδρικών ετικετών RFID ή αισθητήρων σε περίπτωση που οι κεντρικοί σταθμοί προσβληθούν από επίθεση. Με τον τρόπο αυτόν και κατά την διάρκεια μίας ενδεχόμενης κυβερνοεπίθεσης τα στελέχη θα έχουν την ικανότητα να θέσουν σε λειτουργία τα εφεδρικά σημεία συλλογής και διάδοσης

πληροφοριών και παράλληλα να επεξεργαστούν την επίθεση που δέχτηκαν τα κεντρικά [34].

Επίσης, άλλο ένα ισχυρό υποστηρικτικό πλαίσιο, είναι η ύπαρξη ενός εναλλακτικού δικτύου (alternative network). Εάν λοιπόν ο εχθρός καταφέρει και προσβάλλει κακόβουλα ένα συγκεκριμένο δικτυακό αντικείμενο μάχης ή ακόμη και ολόκληρο το δίκτυο, τότε στη περίπτωση αυτή θα πρέπει να έχουν ληφθεί τα απαιτούμενα μέτρα για την ύπαρξη ενός εναλλακτικού δικτύου, το οποίο θα είναι σε θέση να χρησιμοποιηθεί άμεσα και να συνδεθεί αυτόματα με όλα τα αντικείμενα μάχης. Άλλη μία υποστηρικτική κίνηση θα ήταν η ύπαρξη μίας εφεδρικής σύνδεσης σε περίπτωση προσβολής ή διακοπής της πρώτης. Για παράδειγμα, εάν προσβληθεί η σύνδεση από συσκευή σε συσκευή, τότε τα αντικείμενα μάχης θα πρέπει να είναι εξοπλισμένα με εφεδρικές πλακέτες, που θα επιτρέψουν την σύνδεση με έναν κεντρικό διαμεσολαβητή ή αν είναι δυνατόν ακόμη και απευθείας με το επιχειρησιακό κέντρο. Η ασφάλεια της σύνδεσης των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι ένα ευαίσθητο σημείο, το οποίο σχετίζεται με την έκβαση μίας στρατιωτικής επιχείρησης, καθώς και με την σωματική ακεραιότητα του μαχητή. Σε πραγματικές συνθήκες, μία κυβερνοεπίθεση θα μπορούσε να επιφέρει δραματικές συνέπειες και έως εκ τούτου η ύπαρξη εφεδρικών αισθητήρων ή ενός εναλλακτικού κρυπτογραφημένου δικτύου είναι αναγκαία.

Βέβαια, εκτός από τον κίνδυνο για μία κυβερνοεπίθεση, η ύπαρξη εφεδρικών αισθητήρων και γενικότερα η ύπαρξη εφεδρικών λύσεων για κάθε μία από τις λειτουργίες των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι κάτι αναγκαίο. Τα δικτυακά αντικείμενα μάχης όσο και να κατευθύνονται από ειδικούς χειριστές ή από προγράμματα τεχνητής νοημοσύνης δεν παύουν να είναι μηχανές. Οι πραγματικές συνθήκες σε ένα πεδίο μάχης μπορούν να περιλαμβάνουν εκρήξεις και άλλες έντονες καταστάσεις. Η ύπαρξη εφεδρικών συστημάτων είναι ούτως ή άλλως μία αξιόλογη λύση σε ότι αφορά το υποστηρικτικό πλαίσιο της συνδεσιμότητας των δικτυακών αντικειμένων μάχης [2]. Επιπλέον, η συνεχής επιτήρηση είναι άλλη μία διαδικασία που μπορεί να εγγυηθεί την συνεχόμενη και αδιάκοπη λειτουργία της σύνδεσης μεταξύ των αντικειμένων μάχης. Οι ειδικοί τεχνικοί θα πρέπει να παρακολουθούν ασταμάτητα τόσο την λειτουργία όσο και την κατάσταση των αντικειμένων μάχης, προκειμένου να διασφαλίζουν με την ετοιμότητά τους ότι θα είναι έτοιμοι σε περίπτωση κάποιας βλάβης ή κάποιας δυσλειτουργίας.

Το ζήτημα της συνδεσιμότητας είναι ένα άκρως νευραλγικό σημείο, δεδομένου ότι καθορίζει και τον βασικό σκοπό της χρήσης και της ύπαρξης των δικτυακών αντικειμένων μάχης. Μπορεί η τεχνολογία και τα τεχνολογικά μέσα να διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο, αλλά ο ανθρώπινος παράγοντας καθώς και σωστή διαχείριση ρίσκου για κυβερνοεπιθέσεις είναι επίσης πολύ σημαντικές παράμετροι, για την επιτυχή έκβαση μίας στρατιωτικής αποστολής. Αυτό που δεν θα πρέπει να αγνοείται είναι πως η βασική αποστολή τόσο των χειριστών, όσο και της συνδεσιμότητας των αντικειμένων μάχης, είναι η σωστή πληροφόρηση του μαχητή. Μπορεί πολλές διεργασίες να εκτελούνται από το επιχειρησιακό κέντρο, αλλά ο μαχητής είναι αυτός που ουσιαστικά καθορίζει την έκβαση μίας αποστολής μέσα στο πεδίο μάχης [36]. Είναι απαραίτητο λοιπόν να υπάρχει η κατάλληλη συνδεσιμότητα και να μη διακόπτεται κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής αποστολής.

Αυτό μπορεί να επιτευχθεί αφενός μεν με την σωστή διαχείριση του ρίσκου και την λεπτομερή ανάλυση όλων των σημείων κινδύνου, αφετέρου δε με την ύπαρξη εφεδρικών συστημάτων και δικτυακών λειτουργιών, που επιτρέπουν την απρόσκοπτη λειτουργία του δικτύου ακόμη και κατά τη διάρκεια τεχνικών προβλημάτων ή κυβερνοεπιθέσεων [39]. Τα δικτυακά αντικείμενα μάχης επικοινωνούν μεταξύ τους ανταλλάσσοντας χρήσιμες πληροφορίες, που σκοπό έχουν να διευκολύνουν την αποστολή του μαχητή και να εξασφαλίσουν την σωματική του ακεραιότητα. Πέρα λοιπόν από τους τύπους σύνδεσης, τα μοντέλα επικοινωνίας, την ταχύτητα σύνδεσης αλλά και τον τεχνικό εξοπλισμό, ο παράγοντας του σωστού ελέγχου και της σωστής εκτίμησης, είναι ένας από τους πιο βασικούς σκοπούς μίας στρατιωτικής επιχείρησης, προκειμένου να επιτυγχάνεται η ομαλότητα στην έκβαση της αποστολής και η διευκόλυνση του μαχητή. Επομένως, ο παράγοντας της συνδεσιμότητας και της συνεχούς διασύνδεσης μεταξύ των δικτυακών αντικειμένων μάχης κρίνεται απαραίτητος.

4.2.3 Η σύνδεση μεταξύ αντικειμένων μάχης με την ψηφιακή πραγματικότητα

Παραπάνω αναφέρθηκαν μερικά από τα πιο σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά για την δημιουργία, την λειτουργία και την υποστήριξη ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης. Σε

αυτό το σημείο θα αναφερθούν μερικά από τα μέσα με τα οποία στην ουσία πραγματοποιείται η σύνδεση του φυσικού κόσμου με τον ψηφιακό. Αρχικά ο ενεργοποιητής (actuator) είναι ένας μηχανισμός, ο οποίος μπορεί μέσα από ρομποτικές διεργασίες να συντονίζεται, ώστε να ανοίγει διάφορες βαλβίδες ή να πατάει κουμπιά [26]. Πρόκειται στην ουσία για ένα πολυεργαλείο, που συνδέεται μέσω ενός μικροτσίπ ή ενός αισθητήρα με το δίκτυο και υπακούει οδηγίες. Αυτό σε ένα στρ μπορεί να αποβεί σωτήριο. Εάν για παράδειγμα, σε ένα τέτοιο πεδίο υπάρχει μία νάρκη, που έχει εντοπιστεί από τις κάμερες, ο ενεργοποιητής μπορεί να κατευθυνθεί εκεί και στην ουσία να θυσιαστεί, προκειμένου να μην τραυματιστούν οι μαχητές. Γενικά, οι λειτουργίες που μπορεί να διατελέσει ένας ενεργοποιητής είναι σχεδόν απεριόριστες και σχετίζονται με άνοιγμα βαλβίδων με βίδωμα και με άλλες κινητικές απαιτητικές διεργασίες.

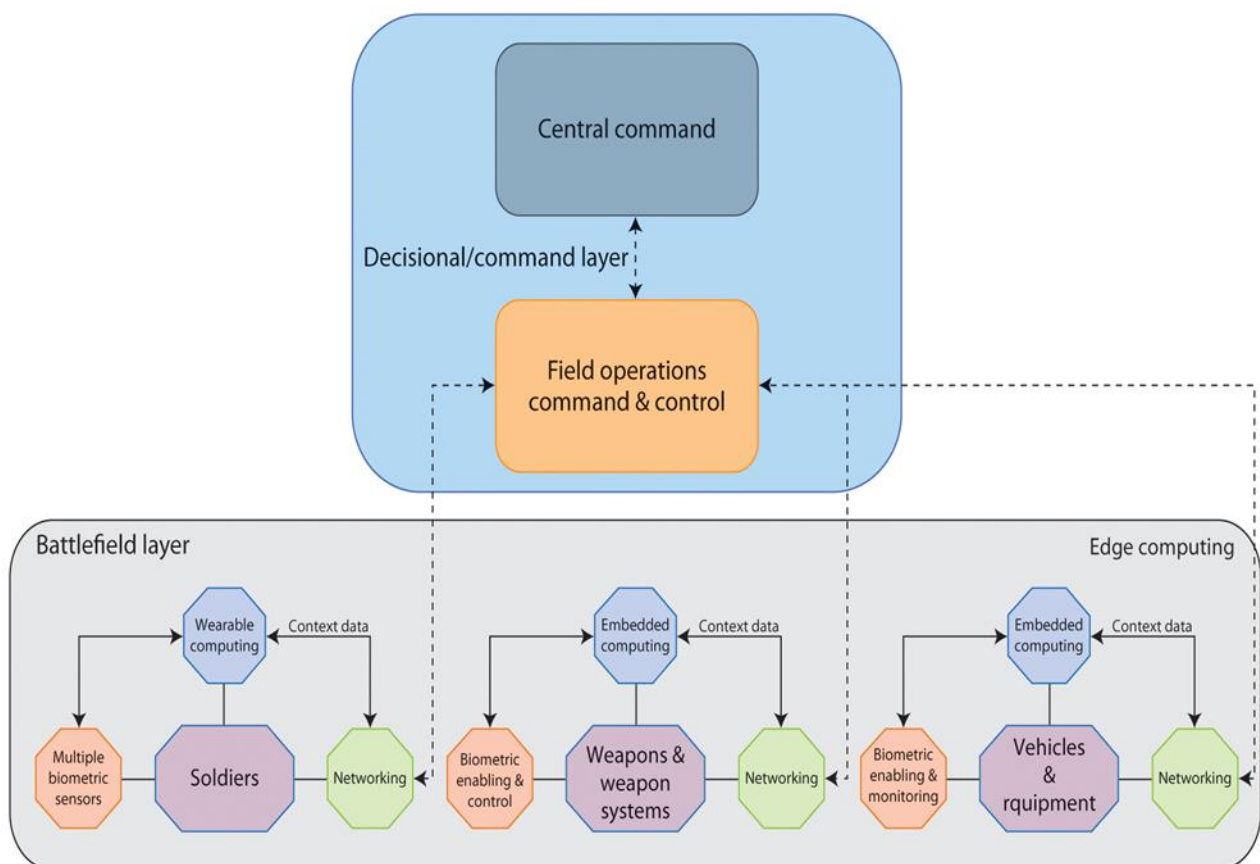
Επίσης άλλο ένα μέσο με το οποίο ο φυσικός κόσμος μπορεί να συνδεθεί με τον ψηφιακό, είναι τα λεγόμενα ψηφιακά δίδυμα. Τα ψηφιακά δίδυμα αναπαριστούν φυσικές φιγούρες ή αντικείμενα και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την περαιτέρω μελέτη και ανάλυση δεδομένων σχετικά με το πεδίο μάχης. Άλλη μία πολύ χρήσιμη διαδικασία κατά την ψηφιοποίηση του φυσικού κόσμου είναι η γεωφραξία (geofencing), που περιλαμβάνει ουσιαστικά την δημιουργία και την οπτικοποίηση των εικονικών συνόρων, που περιγράφουν το γεωγραφικό εύρος δράσης των δικτυακών αντικειμένων μάχης και τις δυνατότητες συνδεσιμότητας. Η διαδικασία αυτή είναι άκρως πολύτιμη, δεδομένου ότι με τον τρόπο αυτόν εξασφαλίζεται με σιγουριά η εποπτεία για το πότε τα δικτυακά αντικείμενα μάχης παραμένουν συνδεδεμένα με το δίκτυο [5].

Ακόμη ένα μέσο με το οποίο επιτυγχάνεται η συλλογή σημαντικών πληροφοριών από τα δικτυακά αντικείμενα μάχης, είναι η αδρανειακή μονάδα μέτρησης ή αλλιώς IMU (Inertial Measurement Unit). Η συγκεκριμένη συσκευή, που τοποθετείται συνήθως σαν πρόσθετος εξοπλισμός σε κάμερες ή ακόμα και σε μη επανδρωμένα οχήματα, είναι υπεύθυνη για την σάρωση ξένων σωμάτων ή οχημάτων [2]. Μπορεί να εκτιμήσει με ακρίβεια την ταχύτητα, την ορμή αλλά και την γωνιακή κλίση των σωμάτων ή των οχημάτων που εξετάζει, παρέχοντας έτσι χρήσιμες πληροφορίες στον μαχητή και στο επιχειρησιακό κέντρο. Τέλος, άλλο ένα πολύ χρήσιμο και ευρέως διαδεδομένο μέσο είναι ο ανιχνευτής φωτός και εμβέλειας ή αλλιώς LIDAR (Light Detection and Ranging). Ο ανιχνευτής αυτός μπορεί να σαρώνει γεωγραφικά ένα πεδίο μάχης και έπειτα να αποτυπώνει τρισδιάστατα

την εικόνα που λαμβάνει. Έτσι μπορούν να δημιουργηθούν τρισδιάστατα μοντέλα πεδίου μάχης με κλίμακα, κάτι που μπορεί να ευνοήσει σε σημαντικό βαθμό τόσο το εκάστοτε επιχειρησιακό κέντρο όσο και τον ίδιο τον μαχητή. Αυτά είναι μερικά από τα μέσα με τα οποία τα δικτυακά αντικείμενα μάχης παρέχουν την κατάλληλη πληροφόρηση για τον μαχητή. Η ένωση του φυσικού με τον ψηφιακό κόσμο είναι βασικό κομμάτι του διαδικτύου αντικειμένων μάχης και ο σκοπός που εξυπηρετεί είναι η γρήγορη και άμεση πληροφόρηση.

4.2.4 Διάγραμμα διαδικτύου αντικειμένων μάχης

Παραπάνω πραγματοποιήθηκε μία ανάλυση σχετικά με τον τρόπο συνδεσιμότητας, τους τύπους σύνδεσης αλλά και την λειτουργική δομή ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης. Στο κεφάλαιο αυτό θα ακολουθήσει ένα πρότυπο σχήμα δόμησης και λειτουργίας ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης το οποίο μπορεί να υλοποιηθεί και στη πραγματικότητα.



Εικόνα 15 Διάγραμμα διαδικτύου αντικειμένων μάχης [40]

Κατά το παραπάνω πρότυπο διάγραμμα, θα μπορούσε να υλοποιηθεί ένα σχήμα για το πεδίο μάχης και την επικοινωνία μέσω ανιχνευτών φώτων και εμβέλειας τύπου LIDAR (Light Detection and Ranging). Για παράδειγμα στο πεδίο μάχης, ο μαχητής θα μπορούσε να κινείται με μυστικότητα και μέσα από πολλαπλούς ανιχνευτές φωτός και εμβέλειας να λαμβάνει άμεση πληροφόρηση για την κατάσταση του πεδίου. Μέσα από τη σύνδεσή του με το επιχειρησιακό κέντρο και μέσα από τον εξοπλισμό του (κράνος, εξαρτήματα στη στολή) θα μπορεί να δέχεται πληροφορίες και παράλληλα να τις μεταβιβάζει στο επιχειρησιακό κέντρο για να υπάρχει πλήρης και επαρκής συνεργασία.

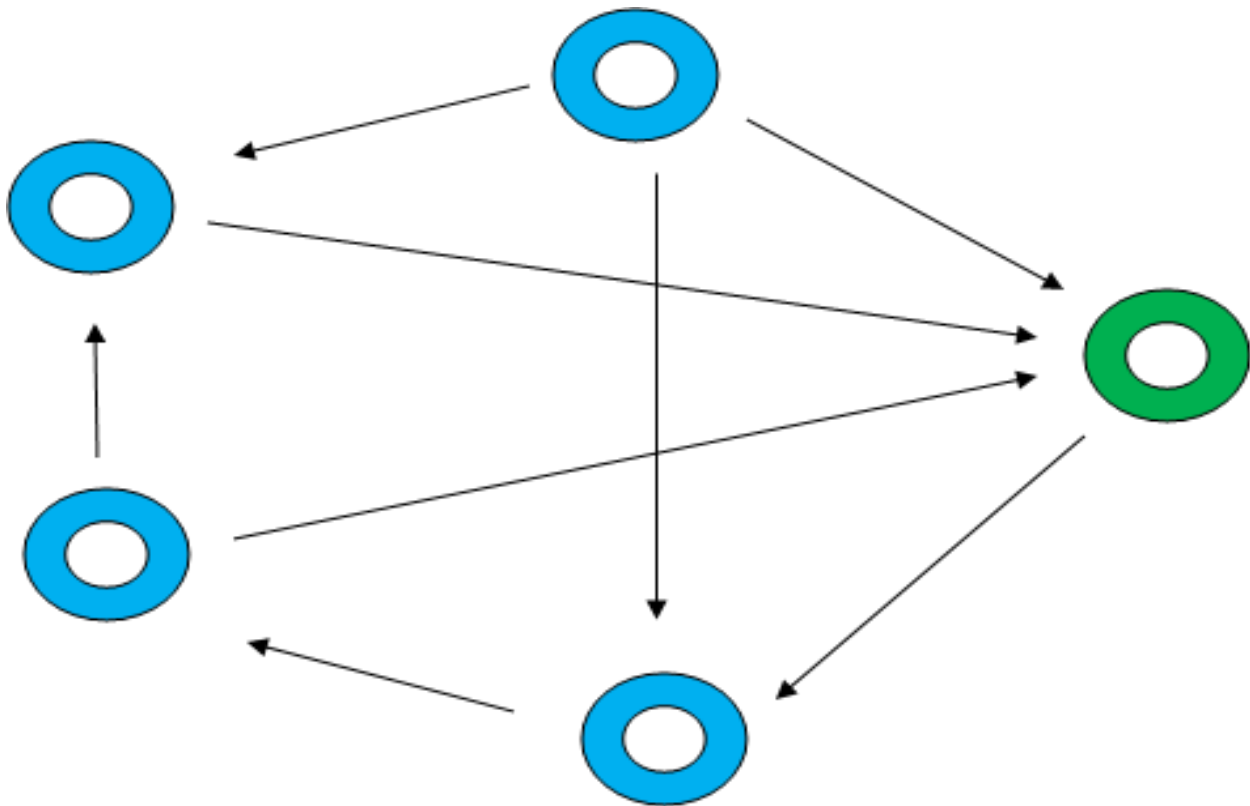
Επίσης σύμφωνα πάλι με το παραπάνω πρότυπο, οι ανιχνευτές, οι οποίοι είναι συνδεδεμένοι με τα όπλα ή τα πυρομαχικά αλλά και με τη στολή του μαχητή, θα λαμβάνουν και θα δίνουν πληροφορίες, τόσο στο επιχειρησιακό κέντρο όσο και στον ίδιο το μαχητή αλλά και το οπλικό σύστημα. Έτσι, θα παρέχεται συνεχής και άμεση πληροφόρηση, που μπορεί να σχετίζεται τόσο με την υγεία και την σωματική κατάσταση του μαχητή όσο και με την κατάσταση και την επάρκεια των πυρομαχικών του. Γενικότερα το παραπάνω σχήμα είναι άκρως αντιπροσωπευτικό, καθώς εκπροσωπεί μία γενική μορφή δομής ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης και πάνω στο οποίο θα μπορούσε να εδραιωθεί οποιαδήποτε μορφή εναλλακτικής προσομοίωσης (οχήματα, οπτικά συστήματα μεγάλης εμβέλειας ή μη επανδρωμένα οχήματα).

4.3 Διαδίκτυο αντικειμένων μάχης και εναλλακτικές

τεχνολογίες

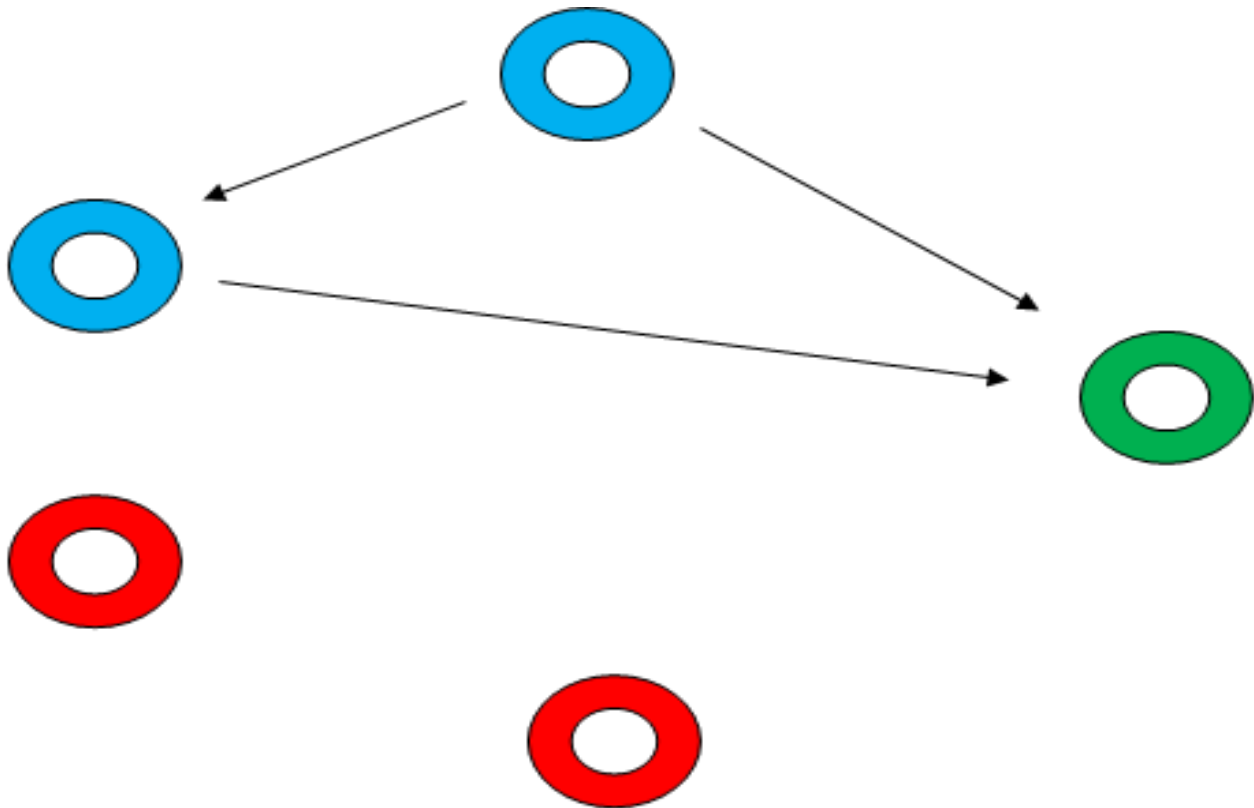
Είναι αυτονόητο ότι η τεχνολογία είναι μία έννοια άρρηκτα συνδεδεμένη με το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης. Σημαντικό τεχνολογικό στοιχείο που δεν έχει αναφερθεί μέχρι τώρα είναι το μέγιστο δυνατό συνδεδεμένο συστατικό (larger strongly connected component ή LSCC). Το συγκεκριμένο συστατικό, το οποίο αποτελεί επί της ουσίας εκείνη τη σύνδεση μεταξύ αντικειμένων μάχης και κεντρικού διακομιστή, η οποία διασφαλίζει τη μεγαλύτερη δυνατή συνδεσιμότητα του δικτύου [36]. Όσο μεγαλύτερη είναι η εμβέλεια του LSCC τόσο μεγαλύτερη είναι θεωρητικά και η ευρωστία της σύνδεσης. Στο παρακάτω

σχήμα μπορεί να απεικονιστεί ένα LSCC σύστημα πριν και μετά από μία επίθεση από τον εχθρό.



Εικόνα 16 LSCC σύστημα πριν από επίθεση με εχθρό

Όλοι οι κύκλοι αντιπροσωπεύουν διάφορα αντικείμενα μάχης που επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ειδικών πομπών ή μέσω άλλων τεχνολογιών όπως ετικέτες RFID ή Z-WAVE, που αναλύθηκαν διεξοδικά σε προηγούμενα κεφάλαια. Ο πράσινος κύκλος είναι ουσιαστικά ο διακομιστής, ή η συσκευή, που δέχεται τις περισσότερες πληροφορίες από τις περισσότερες κατευθύνσεις και αναπαριστά την έννοια του συστήματος LSCC, καθώς αντιπροσωπεύει την δυνατότητα πολλαπλής και ευρείας συνδεσιμότητας με τα άλλα αντικείμενα. Το παραπάνω σχήμα αντιπροσωπεύει τη συνδεσιμότητα πριν την επίθεση. Παρακάτω ακολουθεί το σχήμα μετά την επίθεση από τον εχθρό.



Εικόνα 17 LSCC σύστημα μετά από επίθεση με εχθρό

Όπως φαίνεται και από την εικόνα έστω ότι εάν υποθετικά τα δύο αντικείμενα μάχης με κόκκινο χρώμα δεχτούν μία κυβερνοεπίθεση ή καταστραφούν ολικώς από τον εχθρό, τότε λόγω του συστήματος LSCC, που αντιπροσωπεύεται από τον πράσινο κύκλο, συνεχίζει να υπάρχει μία ικανοποιητική συνδεσιμότητα και μία επαρκής ανταλλαγή πληροφοριών σε σχέση με το πεδίο μάχης. Ουσιαστικά, το LSCC αντιπροσωπεύει μία υπόθεση ότι εάν υπάρχει σε ένα διαδίκτυο μάχης ένας κόμβος πληροφοριών, ο οποίος δέχεται ταυτόχρονα πληροφορίες από πολλά αντικείμενα μάχης, τότε ενδέχεται η συνδεσιμότητα που θα επιτευχθεί να είναι πιο επιτυχημένη και να καταφέρει να παρέχει στους μαχητές την κατάλληλη πληροφόρηση.

4.4 Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης σήμερα

Στη σημερινή εποχή και έπειτα από περίπου μία πενταετία πρακτικών και δοκιμαστικών εφαρμογών, το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης αποτελεί μία πραγματικότητα.

Με βασική του αρχή την άντληση και την συλλογή χρήσιμων πληροφοριών για το πεδίο μάχης, το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης ήρθε για να αλλάξει ριζικά τα δεδομένα για τις στρατιωτικές επιχειρήσεις. Η χρήση του σε πραγματικές συνθήκες μάχης δεν έχει εκτιμηθεί ακόμη ιστορικά, εφόσον δεν υπάρχουν καταγεγραμμένα σχετικά γεγονότα, που να αποδεικνύουν την εκτεταμένη χρήση του. Η χρήση του σήμερα σε πραγματικές συνθήκες γίνεται μονομερώς και όχι πολυπλευρικά. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί μερικές από τις μετρήσεις και από τις πληροφορίες, που συλλέγονται σε ένα πεδίο μάχης να παρέχονται από τις μετρήσεις των δικτυακών αντικειμένων μάχης, αλλά οι περισσότερες λειτουργίες γίνονται χειροκίνητα από τον άνθρωπο.

Η ζωή και η ακεραιότητα του μαχητή, που συμμετέχει σε μία στρατιωτική αποστολή είναι βαρυσήμαντη και για αυτόν τον λόγο ενδεχομένως μέχρι και σήμερα να μην είναι δυνατή η αποκλειστική χρήση δικτυακών αντικειμένων μάχης σε ένα πεδίο μάχης. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος που καλείται να αντιμετωπίσει η συγκεκριμένη τεχνολογία ενδεχομένως να είναι η ασφάλεια και η ακεραιότητα του δικτύου [36]. Μπορεί όλες οι συσκευές μάχης να είναι σωστά συντονισμένες και να μεταδίδουν σωστά τις πληροφορίες, αλλά με μία μικρή βλάβη ή μία κακόβουλη επίθεση μπορεί μία ολόκληρη στρατιωτική αποστολή να επηρεαστεί αρνητικά. Επίσης, άλλο ένα σημαντικό πρόβλημα, που ανακύπτει είναι συνεχής αυξητική ροή των δεδομένων, που συλλέγονται κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής αποστολής. Ο όγκος των δεδομένων είναι τεράστιος, εάν αναλογιστεί κανείς πως μόνο για την εποπτεία της υγείας του μαχητή, μπορούν να υπάρχουν εκατοντάδες διαφορετικές ενδείξεις, που μεταβάλλονται σε κάθε χρονική στιγμή. Η τεράστια ροή δεδομένων αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα εμπόδια για την καθολική και αδιάσπαστη καθιέρωση του διαδικτύου αντικειμένων μάχης στα πραγματικά δεδομένα.

Έπειτα το ζήτημα του κόστους και της δαπανηρής φύσης της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ακόμη ένα ζήτημα, που μπορεί να μην αποτελεί εμπόδιο αλλά σε κάθε περίπτωση εγείρει τον έντονο προβληματισμό. Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης είναι μία απαιτητική τεχνολογία, που χρησιμοποιεί στο έπακρο τα τελευταία και πιο εξελιγμένα τεχνολογικά μέσα και αυτό σημαίνει πως πρόκειται για κάτι που στοιχίζει αρκετά. Ακόμη και για τα εργαστηριακά πειράματα τα έξοδα είναι υπέρογκα, δεδομένου ότι χρησιμοποιείται η τελευταία τεχνολογία. Επομένως, εκτός από τον σχεδιασμό και στην στρατιωτική οριοθέτηση ενός πλάνου σύνδεσης και εγκατάστασης δικτύου αντικειμένων

μάχης, ένας άλλος παράγοντας, που θα πρέπει να λαμβάνει η κάθε στρατιωτική αρχή υπόψιν είναι και το κόστος της τεχνολογίας αυτής.

Εν γένει, πρόκειται για μία αρκετά σημαντική και πρωτοποριακή τεχνολογία, που μπορεί να αλλάξει ριζικά τον τρόπο με τον οποίο εκτυλίσσονται οι στρατιωτικές αποστολές ανά τον κόσμο. Στη σημερινή εποχή, μπορεί η τεχνολογική πρόοδος να επιτρέπει την δημιουργία και την λειτουργία σύνθετων και νέων τεχνολογιών, αλλά οι κίνδυνοι που κρύβονται πίσω από μία τέτοια επιχείρηση και την πραγματοποίησή της είναι πολλοί. Το πεδίο μάχης και οι πραγματικές συνθήκες αντιπροσωπεύουν ρεαλιστικά δεδομένα και όχι πειραματικά δρώμενα στα πλαίσια ενός εργαστηριακού ελέγχου. Το ζητούμενο σε κάθε περίπτωση είναι να μεταδίδονται στον μαχητή οι κατάλληλες πληροφορίες συνεχόμενα και τα δικτυακά αντικείμενα μάχης να μην χάνουν την σύνδεση με το δίκτυο. Ο μεγαλύτερος ίσως κίνδυνος που καλείται να αντιμετωπίσει η συγκεκριμένη τεχνολογία είναι αυτός της ασφάλειας. Μαζί με την τεχνολογία και με την ανάπτυξη των μέτρων προστασίας από κυβερνοεπιθέσεις δημιουργούνται και νέοι τύποι επιθέσεων, οι οποίοι απαιτούν νέες τακτικές καταπολέμησης [39]. Ως εκ τούτου πρόκειται για μία υπεрсύγχρονη και αρκετά αποτελεσματική τεχνολογία, που όμως πριν λειτουργήσει και τεθεί σε εφαρμογή θα πρέπει να εξεταστεί πολυπλευρικά και να ληφθούν υπόψιν όλοι οι παράγοντες, που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια.

5

Επίλογος

Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης είναι μία υπερσύγχρονη τεχνολογία, που μπορεί να στηρίξει την σύνδεση μεταξύ διαφόρων δικτυακών αντικειμένων μάχης, προκειμένου να παρέχονται οι κατάλληλες πληροφορίες στον μαχητή κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής αποστολής σε πραγματικά δεδομένα μάχης. Τα δικτυακά αντικείμενα μάχης έχουν ως σκοπό να αναγνωρίζουν, να κωδικοποιούν και να αποθηκεύουν πληροφορίες, που αφορούν την μορφολογία του εδάφους, την ποιότητα της σύνδεσης, την κατάσταση των οχημάτων και των πυρομαχικών καθώς και την κατάσταση και την θέση του εχθρού στο πεδίο μάχης.

Σε κάθε περίπτωση και παρά την τεχνολογική έκρηξη, που έχει σημειωθεί κατά την τελευταία δεκαετία ο ανθρώπινος παράγοντας συνεχίζει να διαδραματίζει έναν αρκετά σημαντικό ρόλο. Κανένα μηχάνημα και κανένα δικτυακό αντικείμενο μάχης δεν μπορεί να αντικαταστήσει την ανθρώπινη κρίση και τον παράγοντα της ανθρώπινης νοημοσύνης. Οι πραγματικές συνθήκες μάχης απαιτούν συγκεκριμένους χειρισμούς και δεν υπάρχουν πολλά περιθώρια λάθους ή λανθασμένων εκτιμήσεων.

Προτεραιότητα σε κάθε περίπτωση είναι σε πρώτο στάδιο η σωματική ακεραιότητα και η υγεία του μαχητή και έπειτα η σωστή πληροφόρησή του για το πεδίο μάχης. Μέσα από τη σύνδεση μεταξύ τους, τα δικτυακά αντικείμενα μάχης επικοινωνούν και ανταλλάσσουν χρήσιμες πληροφορίες, που αφορούν την υγεία των μαχητών, την μορφολογία, του εδάφους τις κινήσεις του εχθρού και άλλες χρήσιμες για το πεδίο μάχης πληροφορίες.

Η δομή ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης διαμορφώνεται από το σημείο πρόσβασης, που αποτελεί ουσιαστικά μία συσκευή, που λειτουργεί σαν πύλη, που επιτρέπει την σύνδεση περισσότερων συσκευών και την ανταλλαγή πληροφοριών και

δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Η συσκευή, που ονομάζεται αλλιώς και δικτυακό αντικείμενο μάχης, μπορεί να είναι οποιοδήποτε οπλικό σύστημα, επανδρωμένο ή μη όχημα ή κάποιου είδους ρομπότ που κινείται με βάση την τεχνητή νοημοσύνη. Η συσκευή μπορεί να είναι ακόμη και ένας αισθητήρας, που καταμετρά συγκεκριμένα δεδομένα, όπως τον άνεμο, την θερμοκρασία σώματος του μαχητή και πολλά άλλα. Σκοπός λοιπόν του κάθε δικτυακού αντικειμένου μάχης είναι να ολοκληρώσει μία αποστολή. Ουσιαστικά συλλέγει δεδομένα, τα ομαδοποιεί και τα μεταδίδει εξυπηρετώντας κάποιο συγκεκριμένο σκοπό, όπως για παράδειγμα σάρωση του εδάφους, καταμέτρηση πυρομαχικών επίβλεψη της υγείας του στρατιώτη και πολλά άλλα.

Στη συνέχεια, ο φάρος αναμετάδοσης είναι ένας πομπός που χρησιμοποιεί τεχνολογία Bluetooth ή Blue Low Energy (BLE) με σκοπό να συνδεθεί με κοντινές συσκευές, προσφέροντας έτσι μία συνεχή συνδεσιμότητα. Η πύλη ή αλλιώς Gateway αφορά το σημείο εκείνο, το οποίο είναι υπεύθυνο για την μετάφραση των μηνυμάτων που δέχεται από τις διάφορες συσκευές. Τα μηνύματα αυτά μπορεί να είναι ηχητικά αποσπάσματα, εικόνες, βίντεο και πολλά άλλα και για τον λόγο αυτό αυτή η ετερογένειά τους δημιουργεί την ανάγκη μετάφρασης των μηνυμάτων αυτών. Έπειτα, υπάρχει το σημείο ελέγχου το οποίο αποτελεί ένα σημείο συγκέντρωσης δεδομένων, που μπορεί σε πρώτη φάση να μην είναι χρήσιμα αλλά στη συνέχεια να χρειάζεται να διαβιβαστούν στον μαχητή. Τέλος, ο αισθητήρας (sensor) αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές δομές σε ένα διαδίκτυο αντικειμένων μάχης και είναι υπεύθυνος για την συλλογή δεδομένων, όπως θερμοκρασία ή καιρικές συνθήκες. Τοποθετείται συνήθως πάνω σε ένα δικτυακό αντικείμενο μάχης αλλά μπορεί κάλλιστα να τοποθετηθεί και σε ένα σταθερό σημείο οπουδήποτε, προκειμένου να καταμετρά.

Το διαδίκτυο αντικειμένων μάχης έχει πολλές εφαρμογές και οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να τις υλοποιήσει ποικίλουν. Αρχικά χρησιμοποιείται ευρέως για την συλλογή δεδομένων κατά την μάχη. Μπορεί για παράδειγμα, μέσα από έναν αισθητήρα ή μία κάμερα να αντληθούν πληροφορίες, που αφορούν το έδαφος ή την μορφολογία του εδάφους για το πεδίο μάχης. Μία επίσης σημαντική εφαρμογή του διαδικτύου αντικειμένων μάχης είναι η επίβλεψη της υγείας ενός μαχητή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την τοποθέτηση ειδικών αισθητήρων στο κράνος ή στο εσωτερικό της στολής του μαχητή, οι

οποίοι θα είναι υπεύθυνοι για την καταμέτρηση και την αξιολόγηση των ζωτικών του λειτουργιών, όπως η αρτηριακή πίεση ή η θερμοκρασία του σώματος.

Επίσης ένα δικτυακό αντικείμενο μάχης μπορεί να αναγνωρίσει τον εχθρό είτε μέσα από την σάρωση του πεδίου μάχης είτε μέσα από πιο περίπλοκες διαδικασίες, όπως την οπτική αναγνώριση ή την καταγραφή και αναγνώριση δακτυλικών αποτυπωμάτων. Μία άλλη εφαρμογή είναι η καταγραφή και η αξιολόγηση των πυρομαχικών και των οχημάτων κατά τη διάρκεια μίας πολεμικής επιχείρησης. Αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί με την τοποθέτηση αισθητήρων, που ελέγχουν και αξιολογούν τα αποθέματα καυσίμων, την κατάσταση του κινητήρα όπως και την κατάσταση των οπλικών συστημάτων σε μία στρατιωτική επιχείρηση. Οι πληροφορίες αυτές καταγράφονται και αποστέλλονται στο επιχειρησιακό κέντρο σε πραγματικό χρόνο παρέχοντας έτσι μία αποκαλυπτική εικόνα για την κατάσταση του οπλισμού και των οχημάτων κατά τη διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης. Τέλος, οι πληροφορίες, που αντλούνται από τα δικτυακά αντικείμενα μάχης δεν αφορούν μόνο τον ίδιο τον μαχητή αλλά και την ανάλυση δεδομένων για μελλοντικές επιχειρήσεις. Η συλλογή ενός μεγάλου όγκου ετερογενών δεδομένων, μπορεί να οδηγήσει σε πολλά συμπεράσματα και να επηρεάσει πολλές αποφάσεις σε μελλοντικό επίπεδο. Με την σωστή ανάλυση, ταξινόμηση και συγκέντρωση των δεδομένων αυτών, είναι δυνατή η εξαγωγή πολύ χρήσιμων συμπερασμάτων για το μέλλον.

Η συνδεσιμότητα των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι μία ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία, καθώς μέσα από την επίτευξη της είναι δυνατή η συνεχής αλληλομετάδοση πληροφοριών μεταξύ των αντικειμένων μάχης και κατ' επέκταση η συνεχής πληροφόρηση του μαχητή. Δύο από τους πιο σημαντικούς τύπους σύνδεσης είναι η σύνδεση NB-IOBT καθώς και η σύνδεση μεταξύ συσκευών κοντινής απόστασης μέσω Blue Low Energy. Η διασφάλιση της συνδεσιμότητας μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορα μέσα όπως ετικέτες RFID, τερματικά, κάμερες ή αισθητήρες. Η συνδεσιμότητα διασφαλίζεται μόνο όταν αξιοποιούνται και τηρούνται τα πέντε βασικά στάδιά της. Αυτά είναι το επίπεδο αντίληψης, το επίπεδο δικτύου, το επίπεδο εφαρμογής, το ενδιάμεσο επίπεδο λογισμικού και τέλος το επίπεδο στρατιωτικής επιχείρησης.

Στην ουσία τα επίπεδα αυτά σηματοδοτούν την αφετηρία της διαδικασίας, που είναι η συλλογή πληροφοριών από τα δικτυακά αντικείμενα μάχης, την διάδοση των

πληροφοριών μέσω δικτύου, την αξιολόγηση και χρήση αυτών των πληροφοριών για την διευκόλυνση και ενημέρωση του μαχητή και τέλος την ανάλυση αυτών των στοιχείων για περαιτέρω μελέτη και διερεύνηση. Τέλος, για να επισφραγιστεί η συνδεσιμότητα σε ένα διαδίκτυο αντικειμένων μάχης απαιτούνται ορισμένες προϋποθέσεις, όπως η ανομοιογένεια των δεδομένων, που συλλέγονται, η επεκτασιμότητα, η ευελιξία και η ποιότητα των αντικειμένων μάχης που χρησιμοποιούνται.

Εάν λοιπόν ληφθούν υπόψιν όλες οι απαιτήσεις αυτές, τότε οι πιθανότητες για μια επιτυχημένη και χωρίς εμπόδια συνδεσιμότητα των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι αρκετά υψηλές. Φυσικά βασική προϋπόθεση τόσο για την συνδεσιμότητα όσο και για την γενικότερη λειτουργία ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης σε πραγματικές συνθήκες είναι η ασφάλεια. Μέσα από την ασφαλή διαβίβαση δεδομένων και την διαφύλαξη της ακεραιότητας αυτών, διασφαλίζεται και η γενικότερη πορεία μίας στρατιωτικής επιχείρησης.

Μερικές από τις πιο διαδεδομένες τεχνολογίες, που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία διαδικτύων αντικειμένων μάχης είναι οι ετικέτες RFID, που στέλνουν σήματα, μπορούν να ενσωματωθούν σε αισθητήρες και έχουν ιδιαίτερα χαμηλό κόστος. Άλλες διαδεδομένες τεχνολογίες σύνδεσης και διαβίβασης πληροφοριών είναι οι ασύρματες τεχνολογίες, οι οποίες μπορούν να καλύψουν με το εύρος τους τεράστιες αποστάσεις εκατοντάδων χιλιομέτρων. Το δίκτυο 5G επίσης, που είναι ο τελευταίος και πιο πρόσφατος τύπος δικτύου, είναι άλλο ένα εχέγγυο για την επιτυχή συνδεσιμότητα στα πλαίσια ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης. Το 5G δίκτυο διαθέτει μεγάλες ταχύτητες δεδομένων, που επιτρέπουν την ταυτόχρονη διάδοση πληροφοριών μεταξύ δεκάδων ή ακόμα και εκατοντάδων δικτυακών αντικειμένων μάχης.

Ένα από τα μεγαλύτερα ζητήματα που ανακύπτουν σχετικά με το θέμα του διαδικτύου αντικειμένων μάχης και της εφαρμογής του σε πραγματικές συνθήκες είναι ασφάλεια της σύνδεσης. Ένα δίκτυο μπορεί να είναι αδύναμο σε πολλά σημεία σύνδεσης και αυτό μπορεί να αποτελέσει στόχο για κακόβουλες επιθέσεις και κακόβουλο λογισμικό. Οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να διασφαλιστεί ένα υποστηρικτικό πλαίσιο όσον αφορά την συνδεσιμότητα των δικτυακών αντικειμένων μάχης είναι η ύπαρξη εφεδρικών αισθητήρων ή ετικετών RFID ή ενός εναλλακτικού δικτύου συνδεσιμότητας. Με τον τρόπο

αυτόν σε μία επικείμενη κυβερνοεπίθεση θα μπορέσει να υπάρξει η γρήγορη και κατάλληλη αντιμετώπιση. Επίσης, η συνεχής επίβλεψη και ο έλεγχος από τους αρμόδιους είναι ακόμα μία ενέργεια στα πλαίσια υποστήριξης της συνδεσιμότητας μεταξύ δικτυακών αντικειμένων μάχης και διαδικτύου. Το εκάστοτε τμήμα διαχείρισης ρίσκου λοιπόν, είναι υπεύθυνο, ούτως ώστε να μπορεί να εντοπίσει τα αδύναμα σημεία του δικτύου, να τα θωρακίσει και έπειτα να κρίνει το ποιος θα είναι ο αντίκτυπος από μία κακόβουλη επίθεση σε αυτά. Μόνο με τον τρόπο αυτόν μπορεί να διασφαλιστεί πως θα υπάρξει η κατάλληλη μέριμνα για την προφύλαξη και διατήρηση της συνδεσιμότητας των δικτυακών αντικειμένων μάχης με το ενδιαφερόμενο δίκτυο.

Επίσης άλλο ένα σημαντικό πρόβλημα που ανησυχεί τους αρμόδιους είναι ο όγκος των δεδομένων, που συλλέγονται κατά την διάρκεια μίας στρατιωτικής επιχείρησης. Τα δεδομένα αυτά είναι πολλά και σε καμία περίπτωση δεν μπορούν να αποθηκευτούν, καθώς ο χώρος που καταλαμβάνουν είναι τεράστιος. Αντί για αυτό, η ανάλυση των δεδομένων θα πρέπει να αναλαμβάνει δράση και μέσα από αυτήν θα πρέπει να γίνεται ξεκάθαρο το ποια δεδομένα είναι χρήσιμα προς αποθήκευση και ποια όχι. Έπειτα, το κόστος της συγκεκριμένης τεχνολογίας είναι ιδιαίτερα υψηλό, γεγονός που καθιστά την εγκατάσταση και λειτουργία ενός διαδικτύου αντικειμένων μάχης ένα άκρως σημαντικό ζήτημα. Η εκάστοτε στρατιωτική αρχή θα πρέπει σε συνεργασία πάντοτε με την κυβέρνηση να συναποφασίζουν για τον προϋπολογισμό δαπανών και θα πρέπει να πραγματοποιείται ουσιαστική μελέτη πριν από την λειτουργία τέτοιων επιχειρήσεων.

Εν κατακλείδι, η χρήση δικτυακών αντικειμένων μάχης σε πραγματικές συνθήκες είναι μία αποτελεσματική και σύγχρονη διαδικασία, που θέτει νέα δεδομένα στον χώρο των στρατιωτικών επιχειρήσεων. Μέσα από αυτήν ο άνθρωπος χρησιμοποιεί την τεχνολογία, προκειμένου να συνδέσει συσκευές με το πεδίο μάχης και να συλλέξει χρήσιμες πληροφορίες. Οι συσκευές αυτές, καθώς και οι πληροφορίες που παρέχουν έχουν ως σκοπό την ορθή πληροφόρηση του μαχητή εφόσον αυτός είναι ο πιο άμεσα ενδιαφερόμενος.

Ο τρόπος με τον οποίο θα συσταθεί και θα οργανωθεί ένα διαδίκτυο αντικειμένων μάχης σε ένα πεδίο μάχης είναι ένα ζήτημα, που αφορά τον εκάστοτε ιθύνοντα, που αποφασίζει στη κάθε περίπτωση. Το σημαντικότερο όμως είναι ότι πρόκειται για μία

αμφίδρομη διαδικασία, που σκοπό έχει να βελτιστοποιήσει τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται οι στρατιωτικές επιχειρήσεις και να μειώσει τις απώλειες στο ελάχιστο δυνατό.

Βιβλιογραφία

- [1] D. Miorandi, S. Sicari, F. De Pellegrini και I. Chlamtac, «Internet of things: Vision, applications and research challenges,» *Ad Hoc Networks*, pp. 1502-1504, 25 February 2012.
- [2] D. Evans, «The Internet of Things How the Next Evolution of the Internet Is Changing Everything,» Cisco, San Jose, CA, USA, 2011.
- [3] A. Kott, D. S. Alberts και C. Wang, «Will Cybersecurity Dictate the Outcome of Future Wars?,» *Computer*, pp. 98-101, 29 29 December 2015.
- [4] M. J. Farooq και Q. Zhu, «Secure and reconfigurable network design for critical information dissemination in the Internet of battlefield things (IoBT),» Paris, France, 2017.
- [5] A. Kott, A. Swami και B. J. West, «The Internet of Battle Things,» *Computer*, pp. 70-75, 24 November 2016.
- [6] N. Παούνης, *Ο Δικτυοκεντρικός Πόλεμος. Πλατφόρμες και Διεθνής Εμπειρία*, Αθήνα: ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ & ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ, 2018.
- [7] «Army Technology,» 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.army-technology.com/news/newsusarmy-installs-smartphone-nettwarrior-system/>. [Πρόσβαση July 2013].
- [8] J. L. Conatser και V. E. Grizio, «Force XXI Battle Command Brigade and Below-Blue Force Tracking (FBCB2-BFT). A Case Study in the Accelerated Acquisition of a Digital Command and Control System during Operations Enduring Freedom and Iraqi Freedom,» NAVAL POSTGRADUATE SCHOOL, MONTEREY, CALIFORNIA, 2005.
- [9] A. Marshall, «Boot Camp & Military Fitness Institute,» 22 February 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://bootcampmilitaryfitnessinstitute.com/2022/02/22/what-is-the-internet-of-military-things/>. [Πρόσβαση 22 February 2022].

- [10] «Global Data,» 14 February 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.globaldata.com/store/report/soldier-modernization-theme-analysis/?_gl=1*6uonkw*_ga*NDkyOTU2MjU3LjE2NzAwNzgxMzI.*_ga_WVVYGYVBZB*MTY3MDA3ODEzMS4xLjEuMTY3MDA3ODE0MS41MC4wLjA. [Πρόσβαση 14 February 2022].
- [11] P. Suci, «Clearance Jobs,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://news.clearancejobs.com/2021/12/29/the-internet-of-military-things-could-change-the-military-landscape/>. [Πρόσβαση 29 December 2021].
- [12] G. I. Seffers, «AFCEA,» 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.afcea.org/signal-media/defense-department-awakens-internet-things>. [Πρόσβαση 1 January 2015].
- [13] N. Shahid και S. Aneja, «Internet of Things: Vision, application areas and research challenges,» Palladam, India, 2017.
- [14] R. A. Clarke και R. K. Knake, *The Fifth Domain: Defending Our Country, Our Companies, and Ourselves in the Age of Cyber Threats*, Penguin Press, 2019.
- [15] «Global Data,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.globaldata.com/store/report/internet-of-military-things-theme-analysis/>. [Πρόσβαση 10 December 2021].
- [16] Z. Yan, P. Zhang και A. V. Vasilakos, «A survey on trust management for Internet of Things,» *Journal of Network and Computer Applications*, pp. 125-131, June 2014.
- [17] A. Kott και C. Arnold, «The Promises and Challenges of Continuous Monitoring and Risk Scoring,» *IEEE Security & Privacy*, pp. 90-93, 1 February 2013.
- [18] R. DeFrancesco και S. DeFrancesco, *The Big Book of Drones*, First επιμ., CRC Press Taylor & Francis Group, 2023.
- [19] J.-S. Um, *Drones as Cyber-Physical Systems*, First επιμ., Singapore: Springer, 2019.
- [20] A. Ioualalen και L. Limousin, «Numalis,» 6 Mai 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://numalis.com/publications-37-autonomous_military_drones_soon_equipped_with_ai_reality_or_fiction.php. [Πρόσβαση 6 Mai 2021].

- [21] M. Rupar, E. Larsen, B. Saglam, J. Savin, B. Gurdil, T. Lampe, N. Bruck, S. Peltotalo και R. Blasco, «Airborne Beyond Line-of-Sight Communication Networks,» *IEEE Communications Magazine*, pp. 34-39, Aug 2020.
- [22] «Γενικό Επιτελείο Στρατού,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://army.gr/el/organosi/oplika-systimata/mi-epandromena-aerohimata-mea>.
- [23] «Πολεμική Αεροπορία,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.haf.gr/arsenal/>.
- [24] Z. Kallenborn, «Modern War Institute at West Point,» 12 Οκτ 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://mwi.usma.edu/swarm-talk-understanding-drone-typology/>. [Πρόσβαση 12 Οκτ 2021].
- [25] B. J. West, M. Turala και P. Grigolini, *Networks of Echoes Imitation, Innovation and Invisible Leaders*, First επιμ., New York, USA: Springer, 2014.
- [26] S. Raza, L. Wallgren και T. Voigt, «SVELTE: Real-time intrusion detection in the Internet of Things,» *Ad Hoc Networks*, pp. 2662-2671, 17 May 2013.
- [27] M. Kranz, P. Holleis και A. Schmidt, «Embedded Interaction: Interacting with the Internet of Things,» *IEEE Internet Computing*, pp. 47-52, 1 December 2009.
- [28] F. Baccelli και B. Blaszczyszyn, *Stochastic Geometry and Wireless Networks*, First επιμ., Paris, France: HAL, 2010.
- [29] P. Fraga-Lamas, T. M. Fernandez-Carames, M. Suarez-Albela, L. Castedo και M. Gonzalez-Lopez, «A Review on Internet of Things for Defense and Public Safety,» *Sensors*, pp. 1638-1641, 5 October 2016.
- [30] «Soldier Systems,» 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://soldiersystems.net/2019/09/10/elbit-systems-unveils-new-wearable-technologies-for-infantry-commanders-and-soldiers/>. [Πρόσβαση 10 September 2019].
- [31] D. Bach, «Microsoft,» 8 June 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://news.microsoft.com/source/features/digital-transformation/u-s-army-to-use-hololens-technology-in-high-tech-headsets-for-soldiers/>. [Πρόσβαση 8 June 2021].
- [32] «Army Technology,» 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.army-technology.com/comment/soldier-modernisation-technology-trends/>. [Πρόσβαση 13 April 2022].

- [33] N. A. Stanton, C. Baber και D. Harris, *Modelling Command and Control: Event Analysis of Systemic Teamwork*, First επιμ., Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2008.
- [34] N. Suri, M. Tortonesi, J. Michaelis, P. Budulas, G. Benincasa, S. Russell, C. Stefanelli και R. Winkler, «Analyzing the Applicability of Internet of Things to the Battlefield Environment,» Brussels, Belgium, 2016.
- [35] D. L. Schacter, D. T. Gilbert, D. M. Wegner και M. K. Noch, *Εισαγωγή στην Ψυχολογία*, First επιμ., Gutenberg, 2018.
- [36] D. E. Zheng και W. A. Carter, *Leveraging the Internet of Things for a More Efficient and Effective Military*, First επιμ., Washington: Center for Strategic & International Studies - Rowman & Littlefield, 2015.
- [37] «TE Connectivity,» 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.te.com/commerce/DocumentDelivery/DDEController?Action=srchtrtv&DocNm=1-1773837-1_soldiersystems&DocType=DS&DocLang=EN. [Πρόσβαση April 2022].
- [38] A. Althagafi και M. Azim, «Internet of Beautiful Things,» σε *Towards Improving Human's Behaviors*, Dubai, United Arab Emirates, Dec 2019.
- [39] K. E. Heckman, F. J. Stech, R. K. Thomas, B. Schmoker και A. W. Tsow, *Cyber Denial, Deception and Counter Deception: A Framework for Supporting Active Cyber Defense*, First επιμ., McLean, VA, USA: Springer, 2015.
- [40] L. Cameron, «IEEE Computer Society,» IEEE, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.computer.org/publications/tech-news/research/internet-of-military-battlefield-things-iomt-iobt>.
- [41] «Qysea,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.qysea.com/uploads/file/FIFISH_V6_Quick_Start_V1.4_EN.pdf.
- [42] «US Air Force,» September 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104469/mq-1b-predator/>. [Πρόσβαση September 2015].

- [43] «US Air Force,» October 2014. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104516/rq-4-global-hawk/>. [Πρόσβαση October 2014].
- [44] «US Air Force,» March 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.af.mil/About-Us/Fact-Sheets/Display/Article/104470/mq-9-reaper/>. [Πρόσβαση March 2021].
- [45] «Ovyl,» Ovyl, [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ovyl.io/insights-and-news/wireless-technologies>.