



Πολυτεχνείο Κρήτης

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: ΟΡΓΑΝΩΣΗΣ ΚΑΙ
ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

«Η επίδραση του διαδικτύου των πραγμάτων (IOT) στις διεργασίες της
εφοδιαστικής αλυσίδας.»

(*“The impact of Internet of Things (IOT) on supply chain operations.”*)

Παπαδάκη Μαρία

Επιβλέπων: Μουστάκης Βασίλης

Χανιά 2019.

«Η επίδραση του διαδικτύου των πραγμάτων (IOT) στις διεργασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας.»

Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία αποτελεί μεταπτυχιακή διατριβή στα πλαίσια του μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών: «Οργάνωσης και Διοίκησης» του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης.

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Μουστάκη Βασίλη για την πολύτιμη βοήθειά του, καθώς και για την άμεση συμπαράσταση του από την πρώτη στιγμή της ανάθεσης του θέματος, αλλά και καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της διατριβής μου.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους τους φίλους μου, οι οποίοι πίστεψαν σε μένα και με ενθάρρυναν σε κάθε στάδιο της εργασίας αυτής και ιδιαίτερα τον Δημήτρη και την Ελένη.

Τέλος, θέλω από τα βάθη της καρδιάς μου να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και ιδιαίτερα τους γονείς μου Εμμανουήλ και Ευαγγελία, για την ανεκτίμητη στήριξή τους, τόσο στην παρούσα εργασία, όσο και στα πρώτα μου επαγγελματικά βήματα.

Χανιά 2019,

Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσίαση του οφέλους από την ενσωμάτωση του διαδικτύου των πραγμάτων (IOT) σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αρχικά, θα αναφερθούμε στην έννοια του διαδικτύου των πραγμάτων παρέχοντας μια σύντομη αναφορά στα τεχνικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας αυτής, στα πλεονεκτήματα της, καθώς και στις αλλαγές που μπορεί να επιφέρει σε διάφορους τομείς όπως η βιομηχανία, η υγεία κλπ. Έπειτα, θα αναζητηθούν οι τρόποι ενσωμάτωσης του Διαδικτύου των πραγμάτων, σε κάθε στάδιο τη εφοδιαστικής αλυσίδας συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης των αποθεμάτων, της πρόβλεψης, των συμβάσεων, των μεταφορών και της αποθήκευσης των εμπορευμάτων. Θα γίνει σύντομη αναφορά των πλεονεκτημάτων που μπορεί να αποφέρει η ενσωμάτωσή του, καθώς και των μειονεκτημάτων που επιφέρει η χρήση μιας νέας τεχνολογίας όπως το IoT αναφορικά με θέματα πολυπλοκότητας, αποθήκευσης, έλλειψης ασφάλειας προσωπικών δεδομένων κλπ. Ενώ τέλος, θα συζητηθεί η ενσωμάτωση της τεχνολογίας του blockchain και του διαδικτύου των πραγμάτων στην αλυσίδα εφοδιασμού μέσω των έξυπνων συμβάσεων δίνοντας έμφαση στην παρουσίαση των πλεονεκτημάτων της εφαρμογής τους σε όλα τα είδη των συναλλαγών και υπηρεσιών της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Abstract

The purpose of this thesis is to present the benefit of the integration of Internet of Things (IOT) at each stage of the supply chain. Firstly, we will refer to the concept of the Internet of things by providing a brief reference to the technical characteristics of this technology, its advantages, and the changes it can bring in various sectors such as industry, health Etc. Also, we will analyze the integration of Internet of things at every stage of the supply chain including stock management, forecasting, contracts, transport and storage of goods. There will be a brief mention of the advantages that integration can bring, as well as the disadvantages of using a new technology such as IoT in terms of complexity, storage, lack of security of personal data, etc. While finally will be discussed, the integration of blockchain and Internet of things technology into the supply chain through smart contracts by emphasizing the presentation of the advantages of their application to all kinds of transactions and services of the Supply Chain.

Πίνακας περιεχομένων

Περίληψη	3
Abstract	4
Ευρετήριο Εικόνων	8
Εισαγωγή	10
1.1 Σκοπός της εργασίας	10
1.2 Δομή Εργασίας	10
Κεφάλαιο 2 ^ο : Το διαδίκτυο των πραγμάτων	12
2.1 Ορισμός	12
2.2 Η αρχιτεκτονική δομή του IoT	12
2.2.1 Αρχιτεκτονική δομή τριών και πέντε επιπέδων	12
2.2.2 Cloud και Fog Αρχιτεκτονικές	14
2.2.3 Αρχιτεκτονική Social	15
2.3 Εφαρμογές	17
2.3.1 Έξυπνη κοινωνία	17
2.3.2 Γεωργία	20
2.3.3 Υγεία	22
2.3.4 Εφοδιαστική Αλυσίδα	22
2.4 Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα του IoT	23
2.4.1 Πλεονεκτήματα	23
2.4.2 Μειονεκτήματα	23
2.4.3 Προκλήσεις και ζητήματα	24
Κεφάλαιο 3 ^ο : Η επίδραση του IoT στις διεργασίες των αλυσίδων εφοδιασμού	26
3.1 Εισαγωγή	26
3.2 Τεχνολογίες IoT στις αλυσίδες εφοδιασμού	29
3.2.1 Η τεχνολογία RFID	29
3.2.2 Τεχνολογία Wireless Sensor Networks (WSN)	30

3.2.3 Διαχείριση Σχεδίων - Σύστημα URN	31
3.3.4 Αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων	32
3.3.5 Απεικόνιση (Visualization).....	33
3.3 Εφαρμογές του IoT στα Logistics και την αλυσίδα εφοδιασμού	34
3.3.1 Εφαρμογή στην Διαχείριση των Αποθεμάτων (Warehouse Inventory)	34
3.3.2 Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality) και αλυσίδα εφοδιασμού	38
3.3.3 Εφαρμογή στην παρακολούθηση παλετών και εμπορευματοκιβωτίων	43
3.3.4 Ορατότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα.....	49
3.4 Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα	53
3.4.1 Πλεονεκτήματα.....	53
3.4.2 Μειονεκτήματα	54
Κεφάλαιο 4 ^ο : Ενσωμάτωση του blockchain με το IoT	56
4.1 Εισαγωγή.....	56
4.2 Η τεχνολογία Blockchain.....	57
4.2.1 Λειτουργία	58
4.2.2 Αρχιτεκτονική Blockchain.....	59
4.3 Ενσωμάτωση Blockchain/IoT στην ανάπτυξη της αλυσίδας εφοδιασμού	63
4.3.1 Blockchain και αλυσίδα εφοδιασμού	63
4.3.2 Ενσωμάτωση IoT στο Blockchain	65
4.3.3 Ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα (Digital Supply chain).....	71
4.4 Blockchain και Έξυπνες συμβάσεις.....	75
4.4.1 Έξυπνες συμβάσεις (smart contracts).....	75
4.4.2 Η αρχιτεκτονική μιας έξυπνης σύμβασης και ο ρόλος της στην αλυσίδα εφοδιασμού	76
4.4.3 Πλεονεκτήματα εφαρμογής των έξυπνων συμβάσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού	80

Κεφάλαιο 5 ^ο : Συμπεράσματα.....	81
Βιβλιογραφία	85

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 2. 1: Η αρχιτεκτονική Δομή του IoT σε τρία και πέντε επίπεδα (Πηγή: Sethi,2016).	13
Εικόνα 2. 2 : Η αρχιτεκτονική δομή fog ενός IOT συστήματος (Πηγή: Sethi, 2016).	15
Εικόνα 2. 3 : Απεικόνιση ενός έξυπνου σπιτιού με τις συσκευές του (Πηγή: Medium Corporation, 2018).	18
Εικόνα 3. 1: Εφοδιαστική Αλυσίδα και logistics (Πηγή: Στειακάκης & Δριτσάκης, 2005).	28
Εικόνα 3. 2: Επαυξημένη πραγματικότητα και αποθήκευση εμπορευμάτων (Πηγή: GBH Soft,2018).	38
Εικόνα 3. 3: Εφαρμογές του AR (Πηγή: Tractica, 2015).	39
Εικόνα 3. 4: Χρήση γυαλιών AR στην βιομηχανία WEMO (Πηγή: WEMO website).	43
Εικόνα 3. 5: Συμμετέχοντες φορείς στα διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Πηγή: Muñuzuri J., Onieva L, Cortés P., Guadix J., 2019).	44
Εικόνα 3. 6: Περιγραφή της αρχιτεκτονικής, συμπεριλαμβανομένου του υπάρχοντος συστήματος και των μελλοντικών δυνατοτήτων ανάπτυξης. (Πηγή: Muñuzuri J., Onieva L, Cortés P., Guadix J., 2019).	48
Εικόνα 4. 1: Λειτουργία ενός Blockchain (Πηγή: Lastovetska, 2019).	59
Εικόνα 4. 2: Παράδειγμα Blockchain (Πηγή: Zheng, 2017)	60
Εικόνα 4. 3: Μορφή ενός Block (Πηγή: Zheng, 2017).	61
Εικόνα 4. 4: Τύποι δικτύων στο IoT (Πηγή: Kumar N., Mallick P., 2018).	67
Εικόνα 4. 5: Κρίσιμα σημεία επιρροής της ενσωμάτωσης του BC και του IoT μέσα σε μια αλυσίδα εφοδιασμού (Πηγή: Boston Consulting Team, 2018).	73
Εικόνα 4. 6: Σχέση μεταξύ των παραδοσιακών συμβάσεων και των έξυπνων (Πηγή: Kelechi E., 2018).	76

Εικόνα 4. 7: Η αρχιτεκτονική μιας έξυπνης σύμβασης (Πηγή: Delmolino K., 2016).	77
--	----

Εικόνα 4. 8: Order To cash διαδικασία μέσω μιας έξυπνης συμβάσης (Πηγή: Satyavolu, Sangamnerkar).	79
---	----

Εισαγωγή

1.1 Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι η παρουσίαση του οφέλους της ενσωμάτωσης του διαδικτύου των πραγμάτων (IOT), μέσω των εφαρμογών, σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας, από την αρχική αγορά των πρώτων υλών, τους προμηθευτές, την παραγωγή, την διανομή, την αποθήκευση προϊόντων έως και στις μετέπειτα υπηρεσίες πωλήσεων.

1.2 Δομή Εργασίας

Κεφάλαιο Πρώτο:

Στο εισαγωγικό μας κεφάλαιο παρουσιάζεται εν συντομία, ο σκοπός της παρούσας διπλωματικής, καθώς επίσης και η δομή της εργασίας.

Κεφάλαιο Δεύτερο:

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην έννοια του διαδικτύου των πραγμάτων, στην αρχιτεκτονική δομή του, στις εφαρμογές και στα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα από την χρήση του. Αρχικά, αναπτύσσεται η τεχνολογία του διαδικτύου των πραγμάτων μέσω της αναλυτικής παρουσίασης των αρχιτεκτονικών δομών του και ειδικότερα της αρχιτεκτονικής δομής τριών και πέντε επιπέδων, της cloud/ fog και της αρχιτεκτονικής Social. Επιπροσθέτως, γίνεται εν συντομία αναφορά στις εφαρμογές χρήσης του, στα πλεονεκτήματα/μειονεκτήματα καθώς και στις προκλήσεις που απορρέουν από την χρήση του.

Κεφάλαιο Τρίτο:

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η επίδραση του IoT στις διεργασίες των αλυσίδων εφοδιασμού. Αρχικά, αναλύονται όλοι οι διαδεδομένοι τύποι τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται σε ένα σύστημα IoT όπως, οι διαθέσιμοι αισθητήρες RFID, οι διάφοροι τρόποι μεταφοράς δεδομένων, αλλά και οι κυριότερες τεχνολογίες αποθήκευσης, ανάλυσης αλλά και απεικόνισης αυτών.

Μετέπειτα, παρουσιάζονται εφαρμοσμένα παραδείγματα από την ενσωμάτωση του «IoT» στα διάφορα στάδια της Εφοδιαστικής Αλυσίδας και των Logistics. Αρχικά, γίνεται εκτενής αναφορά στην διαχείριση των αποθεμάτων μέσω

της χρήσης τεχνολογιών RFID και Augmented Reality. Έπειτα, παρουσιάζεται αναλυτικά στον αναγνώστη η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας και οι εφαρμογές της μέσα στην αλυσίδα εφοδιασμού. Θα παρουσιαστούν επίσης, ενδεικτικά δυο συστήματα IoT παρακολούθησης εμπορευματοκιβωτίων και παλετών ώστε να γίνει κατανοητή η επίδραση του IoT στο στάδιο των μεταφορών. Ενώ τέλος, αναπτύσσονται διάφοροι μέθοδοι, συστήματα και αρχιτεκτονικές, από την ενσωμάτωση του Διαδικτύου των πραγμάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα, για την βελτίωση της ορατότητας των προϊόντων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού.

Τέλος, επισημαίνονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα που προέρχονται από τη χρήση του IoT στις αλυσίδες εφοδιασμού και οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις.

Κεφάλαιο Τέταρτο:

Το τέταρτο κεφάλαιο πραγματεύεται μια διερεύνηση των πτυχών ενσωμάτωσης της τεχνολογίας του blockchain με το διαδίκτυο των πραγμάτων από την εφαρμογή τους στην αλυσίδα εφοδιασμού μέσω των έξυπνων συμβάσεων, δίνοντας έμφαση στην ανάλυση των πλεονεκτημάτων της. Αρχικά, αναλύεται η τεχνολογία blockchain και η κύρια αρχιτεκτονική δομή της. Έπειτα, παρουσιάζεται στον αναγνώστη ο ρόλος της ενσωμάτωσης του Blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού, με την τεχνολογία του IoT, καθώς και οι εφαρμογές/προκλήσεις που προκύπτουν. Τέλος, αναλύεται η αρχιτεκτονική και τα πλεονεκτήματα χρήσης των έξυπνων συμβάσεων σε όλα τα είδη των συναλλαγών και των υπηρεσιών, που μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω του Blockchain για μια αλυσίδα εφοδιασμού.

Κεφάλαιο Πέμπτο:

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο της διατριβής, παραθέτονται τα συνολικά συμπεράσματα όπως προέκυψαν, από την συνολική βιβλιογραφική επισκόπηση καθώς και την σύνοψη όλης της ερευνητικής εργασίας.

Κεφάλαιο 2^ο : Το διαδίκτυο των πραγμάτων

2.1 Ορισμός

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων ή αλλιώς Internet of things (IoT) αποτελεί ένα νέο τεχνολογικό εγχείρημα το οποίο δίνει την δυνατότητα σύνδεσης οποιασδήποτε συσκευής, οπουδήποτε και σε οποιαδήποτε στιγμή, χρησιμοποιώντας ένα απλό δίκτυο (Μπούρα, Α. 2015).

Αποτελεί ένα σύστημα το οποίο εμπεριέχει "έξυπνες" συσκευές με ενσωματωμένους αισθητήρες και προηγμένη τεχνολογία συνδεσιμότητας δικτύου, οι οποίες λειτουργούν μαζί σ' ένα περιβάλλον παρέχοντας γρήγορα και εύκολα υπηρεσίες στους χρήστες. Το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει πολυάριθμα οφέλη στη ανθρώπινη ζωή μέσω του περιβάλλοντος στο οποίο οι υπηρεσίες χρησιμοποιούνται για να διεκπαιριώσουν κάθε δραστηριότητα (Techprenue 2017). Οι υπηρεσίες αυτές, επιλέγονται μέσω των διαφορετικών εφαρμογών, που εκτελούνται στο περιβάλλον του IoT. Η σημαντικότερη χρήση, που επιτυγχάνεται μέσω των εφαρμογών του είναι ο έλεγχος και συνεπώς η βέλτιστη λήψη αποφάσεων για μια αποδοτικότερη διαχείριση των υπηρεσιών.

Το IoT αναμένεται να έχει έναν σημαντικό αντίκτυπο στην ανθρώπινη ζωή, στις επιχειρήσεις και κατ' επέκταση στην ίδια την κοινωνία η οποία θα κληθεί να αντιμετωπίσει νέες προκλήσεις από την ένταξη του στις υπηρεσίες της. Από την άλλη πλευρά, φέρει κάποια μειονεκτήματα αφού, παράγει ένα μεγάλο όγκο προσβάσιμων δεδομένων σε ένα online συνδεδεμένο κόσμο.

2.2 Η αρχιτεκτονική δομή του IoT

Κατά την διάρκεια των χρόνων, προτάθηκαν διαφορετικές δομές αναφορικά με την χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων (Kalmeshwar & K.S, 2017).

2.2.1 Αρχιτεκτονική δομή τριών και πέντε επιπέδων

Η βασικότερη αρχιτεκτονική δομή του διαδικτύου των πραγμάτων είναι η αρχιτεκτονική τριών επιπέδων, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 2.1. Εισήχθη στα πρώτα στάδια της έρευνας του IoT και αποτελείται από τρία επίπεδα: την αντίληψη, το δίκτυο και το επίπεδο εφαρμογής (Kalmeshwar & K.S, 2017).

1. Το *επίπεδο αντίληψης* αποτελείται από τους αισθητήρες, οι οποίοι αντιλαμβάνονται και συγκεντρώνουν πληροφορίες από το περιβάλλον. Ενώ, είναι σε θέση παράλληλα να προσδιορίζουν τις φυσικές παραμέτρους ή άλλες έξυπνες συσκευές που μπορεί να υπάρχουν στο περιβάλλον τους.
2. Το *επίπεδο δικτύου* είναι αρμόδιο για τη σύνδεση συσκευών με άλλες έξυπνες συσκευές, όπως συσκευές δικτύων και κεντρικούς υπολογιστές. Επίσης, χρησιμοποιείται για τη μεταφορά και την επεξεργασία των δεδομένων από τους αισθητήρες.
3. Το *επίπεδο εφαρμογής* περιλαμβάνει την παράδοση συγκεκριμένων υπηρεσιών των εφαρμογών στο χρήστη. Καθορίζει δηλαδή, τις διάφορες εφαρμογές μέσα στις οποίες το Διαδίκτυο των πραγμάτων μπορεί να επεκταθεί, όπως για παράδειγμα έξυπνα σπίτια, έξυπνες πόλεις και έξυπνη υγεία.

Η αρχιτεκτονική τριών επιπέδων περιγράφει την βασική ιδέα του Διαδικτύου των πραγμάτων, αλλά δεν βοηθάει στην περαιτέρω έρευνα πάνω στο IoT επειδή η έρευνα εστιάζει κυρίως στις λεπτότερες πτυχές του Διαδικτύου των πραγμάτων. Γι' αυτό τον λόγο, κρίθηκε αναγκαία η ένταξη περισσότερων επιπέδων στην αρχιτεκτονική του IoT. Έτσι λοιπόν, προστέθηκαν περισσότερα επίπεδα στην δομή του (Postscapes, 2018). Επίσης, η αρχιτεκτονική των πέντε επιπέδων περιλαμβάνει επιπλέον, τα επίπεδα της επεξεργασίας και των επιχειρήσεων. Τα πέντε αυτά επίπεδα αποτελούν: η αντίληψη, η μεταφορά, η επεξεργασία, η εφαρμογή και το επιχειρησιακό επίπεδο. Ο ρόλος των επιπέδων της αντίληψης και της εφαρμογής είναι κοινός με της αρχιτεκτονικής των τριών επιπέδων.



Εικόνα 2. 1: Η αρχιτεκτονική Δομή του IoT σε τρία και πέντε επίπεδα (Πηγή: Sethi, 2016).

1. Το *επίπεδο μεταφορών* μεταφέρει τα δεδομένα που συλλέγουν οι αισθητήρες από το επίπεδο αντίληψης στο επίπεδο επεξεργασίας και αντίστροφα, μέσω δικτύων όπως του ραδιοφώνου, του δικτύου 4G, του δικτύου LAN, του Bluetooth, του RFID και NFC.
2. Το *επίπεδο επεξεργασίας* αποθηκεύει, αναλύει και επεξεργάζεται μεγάλες ποσότητες δεδομένων που προέρχεται από το επίπεδο μεταφορών. Μπορεί να διαχειριστεί και να παρέχει ένα διαφορετικό σύνολο υπηρεσιών στα χαμηλότερα επίπεδα. Υιοθετεί πολλές τεχνολογίες όπως των βάσεων δεδομένων, το υπολογιστικό σύννεφο και την επεξεργασία των μεγάλων δεδομένων.
3. Το *επιχειρησιακό επίπεδο* διαχειρίζεται ολόκληρο το σύστημα του IoT, συμπεριλαμβανομένων των εφαρμογών, των επιχειρήσεων, των προτύπων κερδοφορίας και της ιδιωτικότητας των χρηστών.

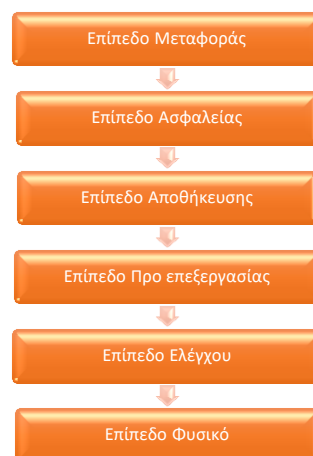
2.2.2 Cloud και Fog Αρχιτεκτονικές

Οι επόμενες δυο αρχιτεκτονικές που θα αναλυθούν είναι: η υπολογιστική του νέφους και ομίχλης (Cloud and Fog computing), (Sethi, 2016). Τα δεδομένα που παράγονται από τις συσκευές IoT, καθώς και η φύση των δεδομένων που επεξεργάζονται οι συσκευές, είναι ελλιπή. Σε μερικές αρχιτεκτονικές δομές, η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται μέσα σε μια μεγάλη κεντρική μονάδα υπολογιστών.

Η αρχιτεκτονική cloud ουσιαστικά περιέχει στο κέντρο της το cloud¹, τις εφαρμογές πάνω απ' αυτό και το δίκτυο των έξυπνων συσκευών από κάτω. Η υπολογιστική νέφους αποτελεί την κορυφαία αρχιτεκτονική δομή του IoT, επειδή παρέχει μεγάλη ευελιξία στους χρήστες. Προσφέρει υπηρεσίες όπως πλατφόρμες, έτοιμο λογισμικό και εύκολη αποθήκευση δεδομένων. Οι προγραμματιστές μπορούν να παρέχουν τα εργαλεία αποθήκευσης, τα εργαλεία λογισμικού, την ανάκτηση δεδομένων καθώς και τα εργαλεία εκμάθησης των μηχανών μέσω του cloud. Τα τελευταία χρόνια όμως, παρατηρείται ότι γίνεται χρήση μιας άλλης αρχιτεκτονικής δομής της fog (Cisco, 2014), όπου οι αισθητήρες και οι πύλες των δικτύων διεξάγουν

¹Το Cloud είναι η τελευταία εξέλιξη της τεχνολογίας στην αποθήκευση δεδομένων. Αποτελεί μια αυτόματη Online αποθήκευση των δεδομένων σε ένα "σύννεφο" από server.

ένα μέρος της επεξεργασίας των δεδομένων. Η αρχιτεκτονική fog, περιλαμβάνει συγκεκριμένα επίπεδα όπως φαίνεται στην εικόνα 2.2, τα οποία είναι ο έλεγχος, η προ επεξεργασία, η αποθήκευση, τα επίπεδα ασφάλειας μεταξύ του φυσικού επιπέδου και των τμημάτων μεταφοράς των δεδομένων. Το επίπεδο του ελέγχου παρέχει τη δύναμη, τους πόρους, τις απαντήσεις, και τις υπηρεσίες. Το επίπεδο προ επεξεργασίας εκτελεί το φιλτράρισμα, την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων από τους αισθητήρες. Το επίπεδο προσωρινής αποθήκευσης παρέχει τις λειτουργίες αποθήκευσης, όπως τη διανομή και την αποθήκευση των δεδομένων. Τέλος, το επίπεδο ασφάλειας εκτελεί την κρυπτογράφηση/αποκρυπτογράφηση αυτών και εξασφαλίζει την ακεραιότητα και την ιδιωτικότητα των δεδομένων. Ο έλεγχος και η προ επεξεργασία γίνονται στην άκρη του δικτύου πριν ανέβουν τα δεδομένα στο cloud.



Εικόνα 2. 2 : Η αρχιτεκτονική δομή fog ενός IOT συστήματος (Πηγή: Sethi, 2016).

2.2.3 Αρχιτεκτονική Social

Στο social IoT (SIoT) διαφορετικές συσκευές IoT αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους, δημιουργώντας κοινωνικές σχέσεις ή μια με την άλλη, για να επιτύχουν έναν κοινό στόχο. Στην ουσία το SIoT προσαρμόζει μια αρχιτεκτονική προσανατολισμένη προς τις υπηρεσίες, όπου ετερογενείς συσκευές IoT μπορούν να προσφέρουν ή να ζητήσουν αυτόνομες υπηρεσίες και να συνεργαστούν μέσω των ιδιοκτητών τους (Afzal, 2017).

Στην βιβλιογραφία ορίζονται τρεις διαφορετικές σχέσεις, μεταξύ των αντικειμένων, μέσα σε ένα κοινωνικό δίκτυο IoT (Alajmi, 2016). Η *γονική σχέση*

αντικειμένου, η οποία καθορίζεται μεταξύ παρόμοιων αντικειμένων, που δημιουργούνται την ίδια περίοδο από τον ίδιο κατασκευαστή. Επιπλέον, τα αντικείμενα μπορούν να καθιερώσουν παρόμοιες σχέσεις εργασιών και τοποθεσίας, όπως κάνουν οι άνθρωποι όταν μοιράζονται προσωπικές ή δημόσιες εμπειρίες. Ένας περαιτέρω τύπος σχέσης καθορίζεται για τα αντικείμενα που ανήκουν στον ίδιο χρήστη (κινητά τηλέφωνα, κονσόλες παιχνιδιών, κ.λπ.), δίνοντας την *σχέση αντικειμένου ιδιοκτησίας*. Ενώ, η τελευταία σχέση καθιερώνεται όταν τα αντικείμενα έρχονται σε επαφή, σποραδική ή συνεχή, λόγω των σχέσεων των ιδιοκτητών τους (π.χ., συσκευές/αισθητήρες που ανήκουν σε φίλους). Αυτό το είδος σχέσης ονομάζεται *κοινωνική σχέση αντικειμένου*. Αυτές οι σχέσεις δημιουργούνται και ενημερώνονται βάσει των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων των αντικειμένων (όπως: τύπος αντικειμένου, υπολογιστική δύναμη, ικανότητες κινητικότητας, εμπορικό σήμα) και των δραστηριοτήτων τους (συχνότητα στη συνάντηση των άλλων αντικειμένων). Αξίζει να σημειωθεί ότι η καθιέρωση και η διαχείριση τέτοιων σχέσεων υπάρχει χωρίς την ύπαρξη ανθρώπινης επέμβασης. Ο άνθρωπος θέτει τους κανόνες μεταξύ των κοινωνικών αλληλεπιδράσεων των αντικειμένων και έπειτα δέχεται τις υπηρεσίες τους ως αποτέλεσμα αυτών.

Ο Chen R. το 2012, πρότεινε μια άλλη δομή η οποία περιελάμβανε ένα δίκτυο SIOT βασισμένο σε τρία είδη κοινωνικών σχέσεων, που συνέδεαν τους ιδιοκτήτες των αντικειμένων: την σχέση φιλίας που αντιπροσωπεύει την οικειότητα, την κοινωνική σχέση των επαφών, που αντιπροσωπεύει στενότητα και εγγύτητα, καθώς και την κοινή σχέση ενδιαφέροντος, που αναφέρεται στη κοινή λογική ή την εμπειρία.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι τα συστήματα SIoT είναι κατευθυνόμενα. Ο χρήστης διαχειρίζεται μια συσκευή και κατόπιν μπορεί να συνδεθεί σε όλες τις συσκευές, που συνδέονται με αυτήν. Είναι εύκολο να ανακαλυφθούν νέες συσκευές και υπηρεσίες όταν χρησιμοποιείται ένα τέτοιο κοινωνικό δίκτυο IoT. Επίσης, χρειάζεται να υπάρχει σχέση εμπιστοσύνης μεταξύ των συσκευών (παρόμοιας με αυτήν των φίλων στο Facebook). Ενώ τρίτον, μπορούν να χρησιμοποιηθούν μοντέλα παρόμοια με αυτά που μελετάνε τα ανθρώπινα κοινωνικά δίκτυα ώστε να μελετηθούν επίσης τα κοινωνικά δίκτυα των συσκευών IoT.

2.3 Εφαρμογές

Το IOT παρέχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε διάφορους τομείς. Παρακάτω αναλύονται μερικές πιθανές περιοχές όπου το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση καθημερινών προβλημάτων. Εντούτοις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε ακόμα περισσότερες περιοχές.

2.3.1 Έξυπνη κοινωνία

Έξυπνα σπίτια

Το διαδίκτυο των πραγμάτων χρησιμοποιείται στις μέρες μας, σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Ένας από τους σημαντικότερους και εξελισσόμενους τομείς είναι αυτός των λεγόμενων ‘έξυπνων’ σπιτιών (Bughin, J., Manyika, J & Woetzel, J. 2018).

A. Έξυπνος φωτισμός (*Smart Lighting*)

Ο ‘έξυπνος’ φωτισμός, χρησιμοποιείται στην εξοικονόμηση ενέργειας, μέσω της προσαρμογής του φωτός στις εκάστοτε περιβαλλοντικές συνθήκες, με το αυτόματο άνοιγμα/κλείσιμο ή την ρύθμιση μείωσης του εκπεμπόμενου φωτός σύμφωνα με τις ανάγκες του χρήστη. Σαν αποτέλεσμα λοιπόν, έχει την μείωση της περιττής κατανάλωσης ενέργειας. Η μείωση της κατανάλωσης βοηθάει στην ελάττωση του κόστους. Ο ‘έξυπνος’ φωτισμός εφαρμόζεται μέσω της χρήσης λαμπών LED ή των IP των λαμπών και λειτουργεί μέσω της αντίληψη της κίνησης, της θερμοκρασίας/υγρασίας και του επιπέδου φωτός στο περιβάλλον.

B. Έξυπνες συσκευές (*Smart Devices*)

Οι ‘έξυπνες’ συσκευές χρησιμοποιούνται τόσο, για τη συλλογή των δεδομένων των συσκευών μέσα σε ένα σπίτι, όσο και για τον έλεγχο αυτών από απόσταση. Επίσης, βοηθάνε στον προγραμματισμό των πραγμάτων που πρέπει να γίνουν σε προκαθορισμένο χρόνο και μεταξύ των συσκευών. Μέσω της χρήσης τους εξοικονομείται χρόνος και ενέργεια (Bughin, J., Manyika, J & Woetzel, J. 2018).

Γ. Σύστημα Ανίχνευσης εισβολής (*Intrusion Detection*)

Το σύστημα ανίχνευσης εισβολής προειδοποιεί το χρήστη, μέσω e mail ή μηνύματος, σε περίπτωση πιθανής δραστηριότητας μέσα ή έξω από το σπίτι ώστε να, ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας. Η εφαρμογή είναι σε θέση να στείλει λεπτομερή έκθεση με εικόνες ή ήχο/βίντεο στο χρήστη.

Δ. Σύστημα ανίχνευσης καπνού/αερίου (*Smoke/Gas Detection*)

Η εφαρμογή ελέγχει το περιβάλλον μέσα σε ένα σπίτι για την υγιή διαβίωση του νοικοκυριού ενώ επίσης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ασφάλεια αυτού. Χρησιμοποιεί την οπτική ανίχνευση, τον ιονισμό και την τεχνική δειγματοληψία αέρα. Σε περίπτωση ανίχνευσης πυρκαγιάς, ειδοποιεί άμεσα την πυροσβεστική και τον χρήστη μέσω email/SMS για πιθανούς κινδύνους της υγείας του.



Εικόνα 2. 3 : Απεικόνιση ενός έξυπνου σπιτιού με τις συσκευές του (Πηγή: Medium Corporation, 2018).

Έξυπνη Πόλη

Οι τεχνολογίες IoT σε μια ευρύτερη κλίμακα μπορούν, να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν τις πόλεις αποδοτικότερες. Ο στόχος των έξυπνων πόλεων είναι να βελτιώσει τις ζωές των πολιτών, μέσω της βελτίωσης του ελέγχου της κυκλοφορίας, του έλεγχου της διαθεσιμότητας των θέσεων στάθμευσης, της αξιολόγησης της ατμοσφαιρικής ποιότητας του αέρα καθώς και της παροχής πληροφοριών πληρότητας των κάδων απορριμμάτων.

Έξυπνη ρύθμιση της κυκλοφορίας

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα στις μεγάλες πόλεις είναι η ρύθμιση της κυκλοφορίας. Η χειροκίνητη διαχείριση τους είναι πλέον αδύνατη. Μέσω της χρήσης εφαρμογών IoT μπορεί να γίνει καλύτερη διαχείριση της κυκλοφορίας. Αισθητήρες συλλέγουν δεδομένα για την κυκλοφορία, τα οποία παρέχονται στον οδηγό εκείνη την στιγμή όπως η ακριβής κυκλοφοριακή κίνηση που υπάρχει στο σημείο ενδιαφέροντος, βοηθώντας τον να λάβει την βέλτιστη απόφαση για τη καλύτερη διαδρομή.

Έξυπνοι αισθητήρες χώρων στάθμευσης

Οι έξυπνοι αισθητήρες χώρων στάθμευσης τοποθετούνται σε αυλακώσεις των χώρων ώστε να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την διαθεσιμότητα του χώρου

στάθμευσης. Οι οδηγοί ελέγχουν μέσω εφαρμογής, την διαθεσιμότητα των χώρων στάθμευσης καθώς και το κόστος αυτών, βασιζόμενοι στα δεδομένα που, συλλέγονται και αναλύονται από τους έξυπνους αισθητήρες (Mark Pacelle, Radar O'reilly 2014).

Έξυπνη διαχείριση αποβλήτων

Στους κάδους απορριμμάτων τοποθετούνται ειδικοί αισθητήρες, ικανοί να αναλύσουν και να προειδοποιήσουν τις υπεύθυνες αρχές αναφορικά με την πληρότητα αυτών.

Έξυπνη παροχή νερού

Η έξυπνη παροχή νερού στις πόλεις μπορεί να εξασφαλιστεί μέσω έξυπνων συστημάτων ώστε να υπάρξει επαρκής χρήση της ποσότητας του νερού, για τις ανάγκες των πολιτών και των επιχειρήσεών της. Ασύρματοι αισθητήρες βοηθάνε στον ακριβή έλεγχο των συστημάτων σωληνώσεων του νερού και στις πιθανές διαρροές που μπορεί να προκληθούν οδηγώντας σε απώλεια νερού.

Έξυπνο περιβάλλον

Μια πολύ σημαντική εφαρμογή του IoT είναι η ανίχνευση της ρύπανσης και των φυσικών καταστροφών. Μπορούν να ελεγχθούν οι εκπομπές αερίων από τα εργοστάσια και τα οχήματα, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση. Επίσης, μπορεί να μειωθεί η απελευθέρωση των επιβλαβών χημικών ουσιών και των αποβλήτων στους ποταμούς και τη θάλασσα. Μέσω ενός συστήματος IoT μπορούν να ειδοποιηθούν οι αρχές για πιθανούς σεισμούς και τσουνάμι μέσω της ανίχνευσης των δονήσεων. Τέλος, το IoT μπορεί να βοηθήσει στην ανίχνευση δασικών πυρκαγιών (Mark Pacelle-(Radar O'reilly 2014).

Έλεγχος ποιότητας αέρα

Με την ενσωμάτωση αισθητήρων ελέγχεται η ποιότητα του αέρα συλλέγοντας πληροφορίες αναφορικά με το ποσοστό του μονοξειδίου του άνθρακα (κοβάλτιο), του διοξειδίου του αζώτου (NO₂), τα υγιή επίπεδα των στοιχείων του αέρα, την θερμοκρασία και τα επίπεδα υγρασίας στο περιβάλλον.

Έξυπνη διαχείριση νερού

Οι έξυπνοι αισθητήρες (Quality Monitoring) νερού μπορούν να ανιχνεύσουν πληροφορίες όπως η ποιότητα νερού, η ροή του νερού, η ταχύτητα, η θερμοκρασία, η

ρύπανση των υδάτων, το περιεχόμενο του νερού. Αυτό βοηθάει στην ανάλυση και τη διαχείριση των υδάτινων πόρων σε πραγματικό χρόνο.

Έξυπνη διαχείριση υδάτων

Ενσωματώνοντας αισθητήρες στη δεξαμενή λυμάτων, ελέγχεται καλύτερα η υπερχειλίση του νερού που ρέει, παρέχοντας πληροφορίες για τη στάθμη του νερού που αποθηκεύεται. Οι τεχνικοί χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα ώστε να, μπορέσουν να συντηρήσουν καθώς και να σχεδιάσουν τη διαδικασία ελέγχου των υδάτινων μαζών προς αποφυγή υπερχειλίσεως.

2.3.2 Γεωργία

Έξυπνη καλλιέργεια

Έξυπνη καλλιέργεια θεωρείται οτιδήποτε μπορεί να βοηθήσει στην ανάπτυξη της γεωργίας, μέσω μιας πιο ακριβής και ελεγχόμενης διαδικασίας (Fakhruddin 2017).

Σε αυτήν την προσέγγιση της αγροτικής διαχείρισης, ένα σημαντικό εργαλείο είναι η χρήση διάφορων αντικειμένων/υπηρεσιών όπως αισθητήρες, συστήματα ελέγχου, ρομποτική, αυτόνομα οχήματα, αυτοματοποιημένο υλικό, κλπ. Μέσω αισθητήρων συλλέγονται πληροφορίες σχετικά με την τρέχουσα θερμοκρασία, την υγρασία του εδάφους, την υγρασία των φύλλων και την ηλιακή ακτινοβολία, οι οποίες προωθούνται στον ιδιοκτήτη μέσω της χρήσης ειδικών συσκευών έτσι ώστε να ενημερωθεί για τις απαιτήσεις του εδάφους αναφορικά με το επίπεδο του νερού, των φυτοφαρμάκων, του λιπάσματος κλπ. Επίσης, η πρόσβαση στο διαδίκτυο, τα κινητά τηλέφωνα και οι χαμηλού κόστους δορυφόροι αποτελούν βασικές τεχνολογίες που μπορούν εύκολα να βοηθήσουν την καλλιέργεια.

Drones

Στις μέρες μας, η γεωργία είναι μια από τις σημαντικότερες βιομηχανίες που ενσωματώνει drones (Fakhruddin 2017). Τα drones χρησιμοποιούνται στη γεωργία προκειμένου να ενισχυθούν οι γεωργικές πρακτικές. Μέσω της χρήσης, τόσο επίγειων όσο και εναέριων drones ελέγχεται η υγεία των συγκομιδών, η άρδευση, ο ψεκασμός, η φύτευση και η ανάλυση του χώματος. Τα σημαντικότερα οφέλη των drones είναι η απεικόνιση της υγείας των συγκομιδών, η χαρτογράφηση τους μέσω GIS, η ευκολία χρήσης τους και η δυνατότητα αύξησης της καλλιέργειας.

Για παράδειγμα, η οργάνωση Precision Hawk χρησιμοποιεί drones για την συλλογή πολύτιμων δεδομένων μέσω αισθητήρων, που αφορούν την απεικόνιση, τη χαρτογράφηση και την έρευνα της αγροτικής γης. Οι αγρότες εισάγουν λεπτομέρειες σχετικά με το αγροτεμάχιο που τους ενδιαφέρει και επιλέγουν ένα συγκεκριμένο ύψος μέσω συντεταγμένων, που θα εκτελέσουν τα drones την πτήση τους. Τα δεδομένα που συλλέγονται δίνουν πληροφορίες σχετικά με τους δείκτες υγείας των φυτών, την πρόβλεψη της παραγωγής, την μέτρηση ύψους των φυτών, την χαρτογράφηση κάλυψης θόλων και νερού και των αποθεμάτων αυτών, την μέτρηση της χλωροφύλλης, καθώς και την περιεκτικότητα σε άζωτο κλπ. Τα drones συλλέγουν δεδομένα πολυφασματικά, θερμικά και οπτικά κατά τη διάρκεια της πτήσης τους.

Παρακολούθηση ζώων

Οι αγρότες μπορούν να χρησιμοποιήσουν ασύρματες εφαρμογές IoT ώστε να συλλέξουν δεδομένα σχετικά με τη θέση, την ευημερία και την υγεία των βοοειδών τους. Αυτές οι πληροφορίες τους βοηθούν στον προσδιορισμό των άρρωστων ζώων, ώστε να μπορούν να τα ξεχωρίσουν με αυτό τον τρόπο από το κοπάδι, αποτρέποντας την εξάπλωση της ασθένειας. Επίσης, βοηθάει στην μείωση του κόστους εργασίας δεδομένου ότι μπορούν εύκολα και γρήγορα να εντοπίσουν τα βοοειδή τους με τη βοήθεια αισθητήρων IoT.

Για παράδειγμα, στην Βόρεια Αμερική η οργάνωση JMB προσφέρει τέτοιες λύσεις στους παραγωγούς βοοειδών. Μια από αυτές είναι να βοηθήσει στον εντοπισμό των αγελάδων που είναι έγκυες. Ένας αισθητήρας ειδοποιεί τους ιδιοκτήτες πότε είναι έτοιμη μια αγελάδα να αποβάλλει.

Έξυπνα θερμοκήπια

Το έξυπνο θερμοκήπιο είναι μια μέθοδος, που βοηθάει στην ενίσχυση της παραγωγής των λαχανικών, των φρούτων κ.λπ. Τα έξυπνα θερμοκήπια ελέγχουν τις περιβαλλοντικές παραμέτρους μέσω χειροκίνητης διαχείρισης ή ενός ανάλογου μηχανισμού ελέγχου. Δεδομένου ότι η χειρωνακτική επέμβαση οδηγεί σε απώλεια παραγωγής, ενεργειακή απώλεια και υψηλό κόστος εργασίας, αυτές οι μέθοδοι είναι λιγότερο αποτελεσματικές. Ένα έξυπνο θερμοκήπιο σχεδιάζεται αποτελεσματικότερα με τη βοήθεια του IoT.

Για τον έλεγχο του περιβάλλοντος, σε ένα έξυπνο θερμοκήπιο υπάρχουν έξυπνοι αισθητήρες που μετρούν τις παραμέτρους σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εγκαταστάσεων. Αυτό οδηγεί σε μείωση της ανάγκης χειρωνακτικού ελέγχου και

παρέχει οικονομικότερες, αποδοτικότερες και βέλτιστες λύσεις στους αγρότες με την ελάχιστη χειρωνακτική επέμβαση.

2.3.3 Υγεία

Βελτίωση υγείας

Το IoT χρησιμοποιείται στην υγεία, για την βελτίωση της ποιότητας της ανθρώπινης ζωής (Cygnnet, Illegems, 2017). Μπορούν να τοποθετηθούν αισθητήρες στον εξοπλισμό ελέγχου υγείας, που χρησιμοποιείται από τους ασθενείς. Οι πληροφορίες που συλλέγονται από αυτούς τους αισθητήρες παρέχονται στους γιατρούς μέσω του διαδικτύου, προκειμένου να υπάρξει μια πιο γρήγορη θεραπεία. Επιπλέον, οι συσκευές IoT μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ελέγξουν τα φάρμακα που χρειάζεται ένας ασθενής και να αξιολογηθεί ο κίνδυνος, από την λήψη νέων φαρμάκων λόγω αλλεργικών αντιδράσεων. Με την χρήση αισθητήρων, γίνεται παρακολούθηση της ανθρώπινης θερμοκρασίας ενός σώματος, της μέτρησης των χτύπων της καρδιάς, της πίεσης του αίματος, κ.λπ. Η ενσωμάτωση του IoT στην υγεία μπορεί να φανεί πολύ χρήσιμη στα άτομα τρίτης ηλικίας και τα άτομα με ειδικές ανάγκες που ζουν ανεξάρτητα.

Φαρμακευτικά Προϊόντα

Η ασφάλεια των φαρμακευτικών προϊόντων είναι εξαιρετικά σημαντική για την υγεία των ασθενών. Η τοποθέτηση έξυπνων ετικετών στα φάρμακα, καθώς και ο έλεγχος της θέσης τους μέσω των αισθητήρων παρέχουν προνόμια όπως η διατήρηση των συνθηκών αποθήκευσης, η ημερομηνία λήξης των φαρμάκων κλπ. (Agrawal, 2013).

2.3.4 Εφοδιαστική Αλυσίδα

Το διαδίκτυο των πραγμάτων ελέγχει κάθε στάδιο της αλυσίδας εφοδιασμού από την αγορά των πρώτων υλών, τους προμηθευτές, τις κατασκευές, την παραγωγή, την διανομή, την αποθήκευση, τις πωλήσεις προϊόντων καθώς και τις μετέπειτα υπηρεσίες πωλήσεων. Αυτό θα βοηθήσει στην διατήρηση του αποθέματος που απαιτείται για συνεχή πώληση, η οποία θα οδηγήσει με τη σειρά της στην ικανοποίηση των πελατών και στις αυξανόμενες πωλήσεις. Σύμφωνα με την οικονομική ανάλυση της Cisco's, το IoT θα προσφέρει \$1.9 τρισεκατομμύρια από τη

αλυσίδα εφοδιασμού μέσα στην επόμενη δεκαετία (Macaulay, 2015). Πιο αναλυτικά, για την χρήση του και τα πλεονεκτήματά του στην ενσωμάτωση σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας θα αναφερθούμε στα επόμενα κεφάλαια.

2.4 Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα του IoT

2.4.1 Πλεονεκτήματα

Επικοινωνία

Οι συσκευές των εφαρμογών IoT επικοινωνούν μεταξύ τους, παραμένοντας συνδεδεμένες, με αποτέλεσμα την βέλτιστη ποιότητα και την ταχύτητα της επικοινωνίας (Internet Society, 2015).

Αυτοματοποίηση και έλεγχος

Μέσω της χρήσης αυτοματοποιημένων μηχανών επιτυγχάνεται ο έλεγχος μεγάλου όγκου δεδομένων οδηγώντας σε ταχύτερη και έγκαιρη παραγωγή προϊόντων.

Εξοικονόμηση χρημάτων και χρόνου

Οι περισσότερες εφαρμογές IoT χρησιμοποιούν έξυπνους αισθητήρες, για να παρακολουθήσουν διάφορες πτυχές της καθημερινής ζωής, ώστε να εξοικονομηθούν χρήματα και πολύτιμος χρόνος.

Καλύτερη ποιότητα ζωής

Οι εφαρμογές IoT αυξάνουν την άνεση στην καθημερινότητα βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής.

Νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες

Δημιουργεί νέες επιχειρήσεις, που βασίζονται στη χρήση του IoT, βοηθώντας στην ανάπτυξη της οικονομίας και στην δημιουργία νέων θέσεων εργασίας.

Καλύτερο περιβάλλον

Αποθηκεύει φυσικούς πόρους συμβάλλοντας στη δημιουργία ενός πιο έξυπνου, οικολογικού και βιώσιμου πλανήτη.

2.4.2 Μειονεκτήματα

Συμβατότητα

Οι συσκευές προέρχονται από διαφορετικούς κατασκευαστές, αλλά συσχετίζονται μέσω του IoT. Προς το παρόν δεν υπάρχει διεθνής πρότυπο συμβατότητας για τη σήμανση και την παρακολούθησή τους.

Πολυπλοκότητα

Το IoT αποτελεί ένα ευρύ και πολύπλοκο δίκτυο. Οποιαδήποτε αστοχία ή σφάλμα στο λογισμικό του ή στο υλικό έχει σοβαρές συνέπειες. Ακόμη και μια απλή διακοπή του ρεύματος μπορεί να προκαλέσει μεγάλα προβλήματα (Internet Society, 2015).

Απόρρητο/ασφάλεια

Το IoT χρησιμοποιείται από πολλές συσκευές με διαφορετικές τεχνολογίες. Πολλά δεδομένα διαβιβάζονται μέσω των αισθητήρων, συνεπώς, υπάρχει υψηλός κίνδυνος απώλειας των ιδιωτικών δεδομένων.

Μείωση εργατικού δυναμικού

Με την αυτοματοποίηση των δραστηριοτήτων στις επιχειρήσεις παρατηρείται μείωση των απαιτήσεων σε ανθρώπινο δυναμικό, αυξάνοντας κατακόρυφα το ζήτημα της ανεργίας σε μια σύγχρονη κοινωνία.

Η τεχνολογία ελέγχει την καθημερινότητα.

Οι νέες γενιές χρησιμοποιούν ήδη την τεχνολογία σε κάθε τους κίνηση. Με αποτέλεσμα η καθημερινότητα των σύγχρονων κοινωνιών να ελέγχεται και να εξαρτάται από την τεχνολογία.

2.4.3 Προκλήσεις και ζητήματα

Εξελισσιμότητα

Καθημερινά εκατομμύρια νέες συσκευές συνδέονται μέσω του δικτύου. Το IoT πρέπει να είναι ικανό να επιλύσει ζητήματα όπως η διαχείριση των πληροφοριών και υπηρεσιών καθώς επίσης, θα πρέπει να υποστηρίζει τόσο τα μικρά όσο και τα μεγάλης εμβέλειας περιβάλλοντα (Internet Society, 2015) .

Αυτορρύθμιση παραμέτρων

Τα αντικείμενα του διαδικτύου των πραγμάτων πρέπει να είναι αυτοματοποιημένα σε κάθε περιβάλλον χωρίς να επεμβαίνει χειροκίνητα ο χρήστης.

Διαλειτουργικότητα

Στο IoT πολλά ‘έξυπνα’ αντικείμενα συνδέονται μεταξύ τους ενώ, κάθε ‘έξυπνο’ αντικείμενο έχει τη δική του ικανότητα συλλογής πληροφοριών, επεξεργασίας και επικοινωνίας. Διαλειτουργικότητα είναι η δυνατότητα ενός προϊόντος ή συστήματος να συνδέεται και να λειτουργεί με άλλα συμβατά συστήματα μέσω ενός κοινού πρότυπου επικοινωνίας.

Πολυπλοκότητα λογισμικού

Δεδομένου ότι τα συστήματα λογισμικού στα έξυπνα αντικείμενα λειτουργούν με ελάχιστους πόρους, υπάρχει ανάγκη για υποδομή λογισμικού, ώστε να υποστηριχτεί το δίκτυο μέσω ένα διακομιστή στο πίσω μέρος που θα διαχειρίζεται και θα υποστηρίζει τα έξυπνα αντικείμενα του δικτύου (Internet Society, 2015) .

Όγκος αποθήκευσης

Με βάση το περιεχόμενο και το περιβάλλον, τα έξυπνα αντικείμενα συλλέγουν είτε μικρή ποσότητα όγκου δεδομένων, είτε μεγάλη. Έτσι, βάση του μεγέθους των δεδομένων, χρειάζεται και η σωστή κατανομή αυτών.

Διερμηνεία δεδομένων

Είναι πολύ σημαντικό να ερευνήσουμε το περιεχόμενο το οποίο αντιλαμβάνονται οι αισθητήρες. Το περιεχόμενο παίζει σημαντικό ρόλο για τη δημιουργία χρήσιμων πληροφοριών και σωστών συμπερασμάτων πάνω στα δεδομένα που λαμβάνονται από αυτούς.

Ασφάλεια και προσωπική ιδιωτικότητα

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα του IoT, είναι η διαχείριση όλου αυτού του όγκου των προσωπικών δεδομένων που διαχέεται μέσω αυτού. Σε πολλά συστήματα, ο χρήστης μπορεί να εμποδίσει άλλους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε κάποια συγκεκριμένη πληροφορία, μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή, ώστε να προστατεύσει συγκεκριμένες πληροφορίες που θεωρεί εκείνος ιδιωτικές.

Ανταλλαγή δεδομένων μέσω ασύρματων τεχνολογιών

Ζητήματα όπως η διαθεσιμότητα, οι καθυστερήσεις στο δίκτυο και η συμφόρηση των ασύρματων τεχνολογιών που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία των έξυπνων συσκευών αποτελούν μεγάλη πρόκληση.

Βελτιστοποιημένες λύσεις για την ενέργεια

Το δίκτυο αποτελείται από πολλές διασυνδεδεμένες συσκευές. Έτσι λοιπόν, απαιτείται υψηλή κατανάλωση ενέργειας ώστε να διατηρηθεί ενεργό (Balte, 2015).

Κεφάλαιο 3^ο : Η επίδραση του IoT στις διεργασίες των αλυσίδων εφοδιασμού

3.1 Εισαγωγή

Ο πρωταρχικός στόχος της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι πολυδιάστατος, περιλαμβάνοντας την ελαχιστοποίηση του κόστους, την βελτίωση των επιπέδων των υπηρεσιών που προσφέρει, την αναβάθμιση της επικοινωνίας των εταιρειών με τις οποίες συνεργάζεται, καθώς και την αύξηση της ευελιξίας στην παράδοση των προϊόντων και στον χρόνο ανταπόκρισης τους. Το διαδίκτυο των πραγμάτων αναφέρθηκε για πρώτη φορά, από τον Kevin Ashton το 1999, στο πλαίσιο της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Συνδυάζοντας το διαδίκτυο με τις αλυσίδες εφοδιασμού παρατηρήθηκε όφελος της βιομηχανίας, μέσω της βελτίωσης όλων των σταδίων της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η έννοια της «αλυσίδας εφοδιασμού» αποτελεί την ομαλή συνεργασία όλων των εταιρειών που ενδιαφέρονται να δημιουργήσουν προϊόντα ή υπηρεσίες στην αγορά. Η παραδοσιακή αλυσίδα εφοδιασμού είναι ένα πλέγμα πρώτων υλών, πληροφοριών, υπηρεσιών και διαδικασιών, που χαρακτηρίζουν την προσφορά, την δημιουργία και τη ζήτηση, όπως παρουσιάζονται από τον Chen και τον Paulre.

Η διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού (SCM), είναι η διαδικασία διαχείρισης των δραστηριοτήτων για τη μεγιστοποίηση της ικανοποίησης του πελάτη και την επίτευξη ενός βιώσιμου ανταγωνιστικού οφέλους. Ένα απλό διάγραμμα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας παρουσιάζεται στην εικόνα 3.1.

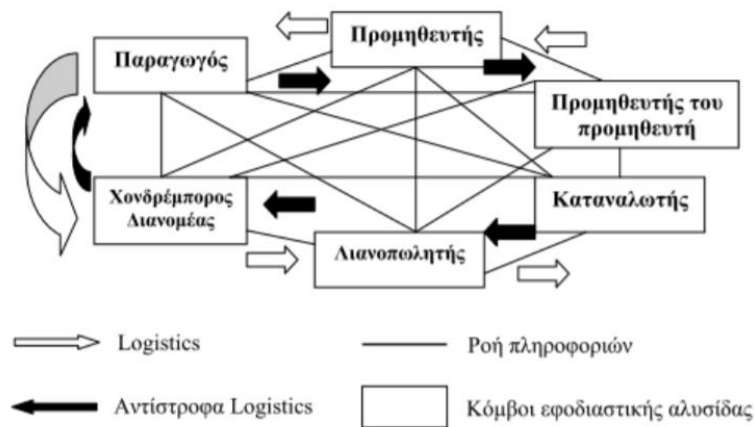
Στα παραδοσιακά συστήματα διαχείρισης εφοδιαστικής αλυσίδας υπάρχουν αρκετά προβλήματα, όπως η υπερφόρτωση, οι καθυστερήσεις παράδοσης και η έλλειψη προϊόντων. Αυτά τα προβλήματα περιλαμβάνουν παράγοντες, όπως η αβεβαιότητα και η πολυπλοκότητα των αλυσίδων εφοδιασμού. Για να μπορέσουν να λυθούν αυτά τα προβλήματα χρειάστηκε η ενσωμάτωση νέων τεχνολογιών στις αλυσίδες εφοδιασμού.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων ενσωματώθηκε με την πάροδο των χρόνων στις αλυσίδες εφοδιασμού επιτρέποντας οποιαδήποτε στιγμή, οποιαδήποτε επικοινωνία μέσα στην αλυσίδα. Το IOT μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε σε κάθε πτυχή της ζωής μας (Internet Society, 2015).

Η εφαρμογή του στη διαχείριση της αλυσίδας εφοδιασμού παρουσιάζει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά. Αρχικά, η πληροφορία παράγεται μηχανικά στην αλυσίδα εφοδιασμού. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα διασύνδεσης μέσω έξυπνων αντικειμένων και συστημάτων πληροφορικής. Ενώ, μπορεί να βελτιστοποιηθεί η απόδοση μέσω της λήψης έξυπνων αποφάσεων. Όλες οι διαδικασίες πρέπει να αυτοματοποιηθούν για να υποκαταστήσουν πόρους χαμηλής αποδοτικότητας. Ένα άλλο χαρακτηριστικό είναι η πλήρης συνεργασία μεταξύ των διαφόρων τομέων. Ενώ τέλος, η ανάληψη νέων αξιών και λύσεων με τη μορφή νέων απαιτήσεων, είναι καινοτόμα.

Τα αποτελέσματα της ενσωμάτωσης του IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι τα εξής (Basset M., Manogaran G., 2018):

- Βελτίωση της διαχείρισης των αποθεμάτων: η διαχείριση του αποθέματος σε πραγματικό χρόνο δημιουργήθηκε, μέσω της χρήσης του διαδικτύου των πραγμάτων (IOT). Η διαδικασία της διαχείρισης του αποθέματος βασίζεται στην πρόβλεψη χωρίς την ορατότητα του σε πραγματικό χρόνο.
- Διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο: στην παραδοσιακή διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας οι πληροφορίες περνούσαν μόνο από μεμονωμένους συνεργάτες. Η νέα τεχνολογία των προϊόντων RFID επιτρέπει την επεξεργασία όλων των τύπων δεδομένων, όπως της παραγωγής και των ημερομηνιών λήξης, προσφέροντας μια αποτελεσματικότερη διαχείριση της αλυσίδας.
- Μεγιστοποίηση της διαφάνειας της εφοδιαστικής: όλες οι πληροφορίες σχετικά με τις μεταφορές (συνθήκες μεταφοράς, προορισμοί κ.λπ.) είναι διαθέσιμες, για την κάλυψη των κινδύνων από τη χρήση των έξυπνων αντικειμένων. Αυτό αυξάνει την πιθανότητα παρακολούθησης και αποθήκευσης αγαθών. Επίσης, ελαχιστοποιεί το κόστος επιστροφής έχοντας μεγάλο αντίκτυπο στην ικανοποίηση των πελατών.



Ενδε

Εικόνα 3. 1: Εφοδιαστική Αλυσίδα και logistics (Πηγή: Στειακάκης & Δριτσάκης, 2005).

Σύμφωνα με έρευνα που είχε διεξαχθεί από τον Lancioni το 2000, η πιο δημοφιλής χρήση του διαδικτύου των πραγμάτων στις διεργασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, αφορούσε το κομμάτι των μεταφορών (Transportation). Ακολουθεί η επεξεργασία των παραγγελιών, η διαχείριση των σχέσεων με τους προμηθευτές, η αγορά των προμηθειών και τέλος η εξυπηρέτηση των πελατών. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται αναλυτικά τα ποσοστά της κατάταξης των εφαρμογών του IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Εφαρμογή	Ποσοστό (%)	Βαθμολογία
Αγορά/προμήθεια	45,2	3
Διαχείριση αποθέματος	30,1	5
Μεταφορά	56,2	1
Επεξεργασία παραγγελιών	50,7	2
Εξυπηρέτηση πελατών	42,5	4
Προγραμματισμός παραγωγής	12,3	6
Σχέσεις με προμηθευτές	45,2	3

Πίνακας 3. 1: Εφαρμογή του Internet στις διεργασίες της Εφοδιαστικής Αλυσίδας (Πηγή: Lancioni, 2000).

Η κατάταξη εξηγείται από το επίπεδο λειτουργίας της κάθε περιοχής, δηλαδή τη συχνότητα μεταφοράς, τον αριθμό των παραγγελιών που λαμβάνονται και το επίπεδο των δαπανών που έχουν δώσει οι επιχειρήσεις για την αλληλουποστήριξή τους. Επιπλέον, η χρήση του Διαδικτύου σε κάθε έναν από αυτούς τους τομείς βασίζεται σε δεδομένα που συλλέχθηκαν σε πραγματικό χρόνο. Η ενσωμάτωση του

Διαδικτύου στην εξυπηρέτηση πελατών, στην διαχείριση του αποθέματος και στον προγραμματισμό της παραγωγής γίνεται πιο δημοφιλής, όσο αναπτύσσεται η τεχνολογία.

3.2 Τεχνολογίες IoT στις αλυσίδες εφοδιασμού

Το διαδίκτυο των πραγμάτων περιλαμβάνει τρεις κατηγορίες, οι οποίες μπορούν να βοηθήσουν στον καθορισμό των συστατικών του, ώστε να υπάρξει υψηλού επιπέδου μελλοντική προοπτική χρήσης του.

Υπάρχουν λοιπόν, τρείς κατηγορίες IoT που επιτρέπουν το Ubicomp² (Gubbi j., 2013):

1. Το Hardware επάνω στους αισθητήρες που ενεργοποιούν και ενσωματώνονται στο υλικό της επικοινωνίας.
2. Το Middleware στις απαιτήσεις αποθήκευσης και στα υπολογιστικά εργαλεία των analytics των δεδομένων.
3. Παρουσίαση. Τα εργαλεία απεικόνισης και ερμηνείας μπορούν να προσεγγιστούν ευρέως από διαφορετικές πλατφόρμες και να σχεδιαστούν για διαφορετικές εφαρμογές, καθιστώντας τα εύκολα στην κατανόηση τους.

3.2.1 Η τεχνολογία RFID

Η τεχνολογία RFID αποτελεί μια σημαντική καινοτομία στον τομέα της επικοινωνίας, διότι μέσω μικροτσίπ επιτρέπει την ασύρματη μετάδοση των δεδομένων. Τα μικροτσίπ βοηθάνε στον αυτόματο προσδιορισμό, κάθε τι που είναι της μορφής ενός ηλεκτρονικού γραμμωτού κώδικα (Welbourne, 2009). Οι παθητικές ετικέτες RFID χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές ιδιαίτερα στο λιανεμπόριο και στην διαχείριση των εφοδιαστικών αλυσίδων. Οι εφαρμογές αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μεταφορά (αντικατάσταση εισιτηρίων, αυτοκόλλητες ετικέτες εγγραφής) καθώς και στις εφαρμογές ελέγχου προσπέλασης. Οι παθητικές ετικέτες χρησιμοποιούνται αυτήν την περίοδο σε πολλές τραπεζικές κάρτες και σε κάρτες

² Ubiquitous computing (Ubicomp): είναι η αυξανόμενη τάση ενσωμάτωσης της υπολογιστικής ικανότητας (γενικά υπό μορφή μικροεπεξεργαστών) στα καθημερινά αντικείμενα ώστε να, επικοινωνήσουν αποτελεσματικά και να εκτελέσουν τους στόχους τους με τέτοιο τρόπο, που να ελαχιστοποιεί την ανάγκη αλληλεπίδρασης του χρήστη με τους υπολογιστές ως υπολογιστές.

διοδίων. Μια κύρια εφαρμογή των ετικετών RFID είναι στα εμπορευματοκιβώτια ή αλλιώς container για τον έλεγχο του φορτίου στα λιμάνια.

3.2.2 Τεχνολογία Wireless Sensor Networks (WSN)

Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας οι συσκευές, που χρησιμοποιούνται ως τηλεκοντρόλ είναι αποδοτικότερες, με χαμηλότερο κόστος και χαμηλής ισχύς. Ο συνδυασμός αυτών των παραγόντων έχει βελτιώσει τη βιωσιμότητα της χρήσης ενός δικτύου αισθητήρων αποτελούμενο από ένα μεγάλο αριθμό ευφών αισθητήρων, επιτρέποντας τη συλλογή, την επεξεργασία, την ανάλυση και τη διάδοση των πληροφοριών που μαζεύονται σε ποικίλα περιβάλλοντα (N. Kaur & S. Monga, 2014).

Η τεχνολογία RFID είναι σχεδόν ίδια με τους χαμηλότερους κόμβους των ασύρματων δικτύων WSN, με περιορισμένη ικανότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης. Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Wireless Sensor Network - WSN) αποτελείται από διασκορπισμένους αυτόνομους αισθητήρες για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών, όπως η θερμοκρασία, ο ήχος, η ατμοσφαιρική πίεση κτλ. μεταφέροντας τα δεδομένα μέσω του δικτύου σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία.

Τα δεδομένα των αισθητήρων μοιράζονται μεταξύ των κόμβων και αναλύονται σε ένα διανεμημένο ή συγκεντρωμένο σύστημα (Akyildiz IF., Su W., 2002).

Οι κατηγορίες που αποτελούν το δίκτυο ελέγχου WSN περιλαμβάνουν:

1. WSN Hardware: Ένας κόμβος (υλικό πυρήνων WSN) περιέχει τα σημεία επαφής των αισθητήρων, τις μονάδες επεξεργασίας, τις μονάδες των πομποδεκτών και την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Σχεδόν πάντα, περιλαμβάνει μετατροπείς A/D για τον αισθητήρα ενώ, οι πιο σύγχρονοι κόμβοι αισθητήρων έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνήσουν χρησιμοποιώντας μια συγκεκριμένη συχνότητα, που τους καθιστά πιο ευπροσάρμοστους.
2. WSN στοίβα επικοινωνίας: Οι κόμβοι επεκτείνονται με έναν ειδικό τρόπο στις περισσότερες εφαρμογές. Ο σχεδιασμός κατάλληλων δομών και ενός επιπέδου MAC είναι κρίσιμος για την εξελιξιμότητα και τη μακροζωία του δικτύου. Οι κόμβοι σε ένα WSN πρέπει να επικοινωνούν μεταξύ τους για να διαβιβάσουν τα δεδομένα σε ενιαίο σταθμό βάσης. Η στοίβα

επικοινωνίας στον κόμβο πρέπει να είναι σε θέση να αλληλοεπιδράσει με τον εξωτερικό κόσμο μέσω του Διαδικτύου, ώστε να ενεργήσει ως πύλη στο υποδίκτυο WSN και στο Διαδίκτυο (Ghosh A., 2008).

3. WSN λογισμικό: Αποτελεί έναν μηχανισμό που συνδυάζει τις διαδικτυακές υποδομές μαζί με μια προσανατολισμένη υπηρεσία αρχιτεκτονικής και τα δίκτυα των αισθητήρων, για να παρέχει πρόσβαση σε ετερογενείς αισθητήρες με έναν ανεξάρτητο τρόπο. Βασίζεται στην ιδέα της απομόνωσης των πόρων, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από διάφορες εφαρμογές. Αποτελεί μια ανεξάρτητη πλατφόρμα λογισμικού για την ανάπτυξη των εφαρμογών των αισθητήρων που απαιτούνται, όπως μια ανοικτή αρχιτεκτονική Ιστού αισθητήρων (Sang Y., 2006). Η αρχιτεκτονική αυτή χτίζεται επάνω σε ένα ομοιόμορφο σύνολο διαδικασιών και τυποποιημένων δεδομένων όπως καθορίζεται στη μέθοδο (SWE) από την Open Geospatial Consortium (OGC).
4. Ασφάλεια συγκεντρωτικών δεδομένων: Απαιτείται μια αποδοτική και ασφαλής μέθοδος συγκέντρωσης των δεδομένων ώστε να, επεκταθεί η διάρκεια ζωής του δικτύου, καθώς επίσης και να εξασφαλιστούν αξιόπιστα δεδομένα. Οι αποτυχίες των κόμβων είναι ένα κοινό χαρακτηριστικό των WSNs. Η λειτουργία αυτών των δικτύων πρέπει να έχει την ικανότητα να διορθώσει τα λάθη από μόνη της. Η εξασφάλιση ασφάλειας και η προστασία των δεδομένων είναι κρίσιμη, δεδομένου ότι το σύστημα συνδέεται αυτόματα με τους ενεργοποιητές.

3.2.3 Διαχείριση Σχεδίων - Σύστημα URN

Κάθε συσκευή, που είναι ήδη συνδεδεμένη στο δίκτυο αλλά και εκείνες που πρόκειται να συνδεθούν, πρέπει να οριοθετηθεί από ένα μοναδικό προσδιορισμό θέσης και λειτουργιών.

Τα κυριότερα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της δημιουργίας μιας μοναδικής διεύθυνσης είναι: η μοναδικότητα, η αξιοπιστία, η επιμονή και η εξελισσιμότητα. Το τρέχον IPv4³ μπορεί να υποστηριχθεί σε έκταση, όταν μια ομάδα αισθητήρων

³ Πρωτόκολλο IPv4 : Η χρήση διευθύνσεων IP είναι το κύριο μέσο που επιτρέπει στις συσκευές στο δίκτυο να εντοπίζουν η μια την άλλη και να επιτυγχάνεται η επικοινωνία από άκρο σε άκρο (end-to-end).

συσκευών μπορεί να προσδιοριστεί γεωγραφικά, αλλά όχι χωριστά. Το δίκτυο που λειτουργεί για να διοχετεύει την κυκλοφορία δεδομένων αδιάλειπτα είναι μια άλλη πτυχή του IoT. Αν και το TCP/IP⁴, φροντίζει αυτήν την διαδικασία με τη δρομολόγηση από την πηγή στον προορισμό μέσω ενός πιο αξιόπιστου και ικανού τρόπου, το IoT αντιμετωπίζει δυσχέρεια στη επαφή μεταξύ της πύλης και των ασύρματων συσκευών αισθητήρων. Επιπλέον, η εξελισσιμότητα της διεύθυνσης συσκευών του υπάρχοντος δικτύου πρέπει να είναι βιώσιμη. Η προσθήκη δικτύων και συσκευών δεν πρέπει να μειώνει την απόδοση του δικτύου, τη λειτουργία των συσκευών, την αξιοπιστία των δεδομένων πέρα από το δίκτυο ή την αποτελεσματική χρήση των συσκευών από τον χρήστη.

Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα ζητήματα, το σύστημα URN θεωρείται θεμελιώδες για την ανάπτυξη του IoT. Το URN δημιουργεί αντίγραφα των πηγών που μπορούν να προσεγγιστούν μέσω του URL. Με την συλλογή μεγάλου όγκου δεδομένων, είναι σημαντική η εκμετάλλευση των μεταδεδομένων για τη μεταφορά των πληροφοριών από μια βάση δεδομένων στο χρήστη μέσω του Διαδικτύου (Honle, 2005).

Έτσι λοιπόν, τίθεται η ανάγκη ύπαρξης ενός επιπέδου για τις συσκευές των αισθητήρων από τη σχετική πύλη. Στο υποεπίπεδο, το URN για τις συσκευές αισθητήρων θα μπορούσε να υπάρχει ένα μοναδικό ID και ένα υπόμνημα στην πύλη για αυτήν την συσκευή. Περαιτέρω, στο επίπεδο κόμβων κάθε αισθητήρας θα έχει ένα URN (ως αριθμός) για τους αισθητήρες, που εξετάζονται από την πύλη.

Ολόκληρο το δίκτυο διαμορφώνει έναν Ιστό συνδεσιμότητας από τους χρήστες (υψηλού επιπέδου) στους αισθητήρες (χαμηλού επιπέδου), που είναι προσπελάσιμος (μέσω του URN), προσιτός (μέσω URL) και ελέγξιμος (μέσω URC).

3.3.4 Αποθήκευση και ανάλυση δεδομένων

Μια από τις σημαντικότερες εκβάσεις του διαδικτύου των πραγμάτων είναι η δημιουργία ενός μεγάλου όγκου δεδομένων. Η αποθήκευση, η ιδιοκτησία και η λήξη των δεδομένων αποτελούν πλέον σημαντικά θέματα. Το Διαδίκτυο στις μέρες μας, καταναλώνει το 5% της συνολικής ενέργειας που παράγεται ενώ, αναμένεται με την

⁴ Το TCP/IP (Αγγλικά: Transmission Control Protocol/Internet Protocol, σημασία στα Ελληνικά: Πρωτόκολλο Ελέγχου Μετάδοσης/Πρωτόκολλο Διαδικτύου) είναι μια συλλογή πρωτοκόλλων επικοινωνίας στα οποία βασίζεται το Διαδίκτυο αλλά και μεγάλο ποσοστό των εμπορικών δικτύων.

πάροδο των χρόνων μεγαλύτερη αύξηση της κατανάλωσης. Ως εκ τούτου, τα κέντρα δεδομένων θα πρέπει να εξασφαλίσουν την ενεργειακή αποδοτικότητα, που χρειάζονται καθώς επίσης και αξιοπιστία. Τα δεδομένα, που αποθηκεύονται, χρειάζεται να ελεγχθούν και να χρησιμοποιηθούν ορθά. Θα πρέπει λοιπόν, να αναπτυχθούν αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης βασιζόμενοι στις εκάστοτε ανάγκες της εποχής. Οι μη γραμμικές, χρονικές μέθοδοι εκμάθησης μηχανών, πρέπει να βασίζονται στους εξελικτικούς και γενετικούς αλγορίθμους, στα νευρωνικά δίκτυα και σε άλλες μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης, ώστε να επιτύχουν τις αυτοματοποιημένες αποφάσεις.

Αυτά τα συστήματα παρουσιάζουν χαρακτηριστικά όπως τη διαλειτουργικότητα, την ολοκλήρωση και τις προσαρμοσμένες επικοινωνίες. Έχουν επίσης, μια συγκεκριμένη αρχιτεκτονική από την άποψη του υλικού των συστημάτων καθώς επίσης και της ανάπτυξης λογισμικού.

Τέλος, χρειάζεται μια υποδομή που θα στηρίζεται στην υποστήριξη της αποθήκευσης και της ανάλυσης των δεδομένων. Από το 2012, η αποθήκευση των δεδομένων βασίζεται στο cloud.

3.3.5 Απεικόνιση (Visualization)

Η απεικόνιση είναι σημαντικό κομμάτι για μια εφαρμογή IoT δεδομένου ότι επιτρέπει την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον (J. Macaulay, L. Buckalew, and G. Chung, 2015). Με τις πρόσφατες προόδους στις τεχνολογίες οθονών αφής, η χρήση των τάμπλετ και των τηλεφώνων έχει γίνει διαισθητική. Χρειάζεται να δημιουργηθεί μια κατανοητή και ελκυστική προς τον χρήστη απεικόνιση, ώστε να μπορέσει να ωφεληθεί πλήρως από το IoT. Καθώς, η τεχνολογία προχωράει από τις δισδιάστατες προς τις τρισδιάστατες οθόνες, παρέχονται περισσότερες πληροφορίες στους καταναλωτές. Αυτό επιτρέπει την μετατροπή των δεδομένων σε γνώση, η οποία είναι χρήσιμη στη λήψη των αποφάσεων. Η εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών από τα ακατέργαστα δεδομένα είναι κρίσιμη. Με αποτέλεσμα να καλύπτεται η ανίχνευση γεγονότων και η απεικόνιση των σχετικών ακατέργαστων και διαμορφωμένων δεδομένων με τις πληροφορίες που αντιπροσωπεύουν τις ανάγκες του τελικού χρήστη.

3.3 Εφαρμογές του IoT στα Logistics και την αλυσίδα εφοδιασμού

3.3.1 Εφαρμογή στην Διαχείριση των Αποθεμάτων (Warehouse Inventory)

Πρωταρχικός στόχος της αποθήκης είναι ο έλεγχος της ροής των προϊόντων και των αντικειμένων της. Ο εντοπισμός οποιουδήποτε προϊόντος, χωρίς την βοήθεια της τεχνολογίας, είναι σχεδόν αδύνατος. Έτσι, με την πάροδο των χρόνων δόθηκε μεγαλύτερη σημασία στην βελτίωση του συστήματος της διαχείρισης των αποθεμάτων.

Η αποθήκευση των αγαθών αποτελεί το πλήθος των δραστηριοτήτων, που ασχολούνται με την αποθήκευση προϊόντων σε μεγάλη κλίμακα, με ακριβή τρόπο και εκπληρώνοντας την διαθεσιμότητά τους, όποτε αυτό απαιτείται (Cygnet- infotech 2017- Illegems, 2017). Το σύστημα διαχείρισης των αποθεμάτων αποτελεί απαραίτητη προσέγγιση για κάθε αποθήκη. Ένα σωστά μηχανογραφημένο σύστημα αποθήκευσης προσφέρει αποδοτικότερα και πιο σταθερά αποτελέσματα στην επιχείρηση σε σχέση μ' ένα χειροκίνητο σύστημα. Στην αποθήκη υπάρχουν πολλές ζώνες, οι οποίες αποτελούν μικρότερα τμήματα της. Ανάλογα με τη ζήτηση λοιπόν, των προϊόντων αποθηκεύονται λιγότερα ή περισσότερα προϊόντα ανα ζώνη. Γ' αυτό τον λόγο η αποθήκη απαιτεί περισσότερους χώρους.

Με την πάροδο των χρόνων λοιπόν, κρίθηκε αναγκαία η αυτοματοποίηση των αποθηκών, επειδή η χρήση των συστημάτων χειροκίνητου χειρισμού ήταν πιο εύκολο να οδηγήσει σε ανθρώπινα σφάλματα, που θα επηρέαζαν τη λειτουργία της αποθήκης.

3.3.3.1 Ετικέτες RFID

Ο μηχανισμός ταυτοποίησης ετικετών βασίζεται στην τεχνολογία AIDC (Automatic identification and data capture). Η παραδοσιακή τεχνολογία AIDC περιλαμβάνει την τεχνολογία γραμμωτού κώδικα ή Barcode, η οποία αναγνωρίζει τις ετικέτες των προϊόντων μέσω αισθητήρων. Τα barcode αποτελούν τεράστιο επίτευγμα συγκριτικά με τις απλές ετικέτες κειμένου επειδή, δεν χρειάζεται τα δεδομένα να εισαχθούν χειροκίνητα στο σύστημα.

Η τεχνολογία RFID, αντικατέστησε την τεχνολογία του γραμμωτού κώδικα αφού οι ετικέτες RFID δίνουν την δυνατότητα αποθήκευσης περισσότερων

δεδομένων σε σχέση με το barcode ενώ ταυτόχρονα, η ίδια η τεχνολογία είναι πιο αποτελεσματική και αποδοτική στο σύστημα αναγνώρισης. Έτσι, οι επιχειρήσεις ενσωμάτωσαν την τεχνολογία RFID στα προϊόντα τους, μειώνοντας τους κινδύνους, βελτιώνοντας την αποδοτικότητα μέσω της εύκολης παρακολούθησής τους (Samer S., 2011).

Η τεχνολογία RFID μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί μέσω του διαδικτύου των πραγμάτων, επειδή η μεταφορά των σημάτων βασίζεται στην ραδιοεπικοινωνία. Χρειάζεται η κατάλληλη επιλογή του μοντέλου RFID, ώστε να μειωθούν οι παρεμβολές από τα ραδιοκύματα. Η επικοινωνία μεταξύ φυσικών και εικονικών αντικειμένων μέσω της διαδικασίας απόκτησης δεδομένων του cloud, αυξάνεται όσο αναπτύσσεται η τεχνολογία. Το δίκτυο των πραγμάτων δίνει την δυνατότητα στους αισθητήρες να συνδέονται, επεκτείνοντας τις ανεξάρτητες υπηρεσίες και εφαρμογές.

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, το διαδίκτυο των πραγμάτων ταξινομείται σε τρία επίπεδα: το επίπεδο της αντίληψης, του δικτύου και της εφαρμογής. Στο επίπεδο της αντίληψης, λαμβάνονται τα δεδομένα από τον φυσικό κόσμο και συναθροίζονται με τη χρήση του WSN ή των αισθητήρων RFID. Στο επίπεδο του δικτύου, γίνεται η μεταφορά των δεδομένων διευκολύνοντας έτσι, την αποτελεσματική και αξιόπιστη μεταφορά τους στο ανώτερο στρώμα. Τα GSM, WSN, GPRS, Ethernet μεταδίδουν τα δεδομένα, από το επίπεδο της αντίληψης στο ανώτερο στρώμα. Στο τελευταίο επίπεδο περιλαμβάνεται, το υποεπίπεδο της διαχείρισης των δεδομένων και εφαρμογής (Samer S., 2011). Στην διαχείριση των δεδομένων γίνεται η επεξεργασία των σύνθετων δεδομένων. Ενώ, στο επίπεδο της εφαρμογής βρίσκουμε περιβάλλοντα όπως τα logistics, την γεωργική διαχείριση, τη διαχείριση των προϊόντων κλπ. Στο τελευταίο επίπεδο μεταφέρονται με ευκολία τα δεδομένα από την πηγή στον προορισμό. Μερικές από τις κύριες εφαρμογές της τεχνολογίας RFID και του IoT είναι ο εντοπισμός και η τοποθέτηση των προϊόντων.

Μέσω της διαχείρισης των αποθεμάτων ενημερώνεται ο χρήστης για την διαθεσιμότητα των προϊόντων στην αποθήκη, έτσι μέσω της τεχνολογίας RFID, μπορεί να αναζητηθεί οποιοδήποτε προϊόν μέσα σε αυτήν.

3.3.3.2 Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality)

Η ανάγκη υποστήριξης των logistics, οδήγησε στην ανάπτυξη μιας νέας τεχνολογίας, της επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality, AR), μιας νέας

αναδυόμενης περιοχής, που περιελάμβανε εφαρμογές κινητών φυσικές - διαδικτυακές (White el., 2010). Η επαυξημένη ή ενισχυμένη πραγματικότητα συνδυάζει το φυσικό και το ψηφιακό κόσμο σε πραγματικό χρόνο, μέσω μιας φορητής συσκευής η οποία αποτελεί υποκίνηση των βιομηχανικών διαδικτυακών-φυσικών συστημάτων (Leitao, 2016, Khalid, 2014, Gorecky, 2012).

Εν συνέχεια, παρουσιάζεται η ενσωμάτωση της επαυξημένης πραγματικότητας, στις τέσσερις κύριες λειτουργίες της αποθήκευσης των εμπορευμάτων (Davarzani & Norrman, 2015): της λήψης, της αποθήκευσης, της επιλογής του σημείου παραλαβής και της διανομής. Το σημείο παραλαβής αποτελεί την περιοχή με το μεγαλύτερο κόστος αποθήκευσης και κατά συνέπεια το πεδίο με την μεγαλύτερη εφαρμογή. Οι υπάρχουσες έρευνες έχουν εστιάσει στον αποτελεσματικότερο τρόπο με τον οποίο ο ανθρώπινος παράγοντας χρησιμοποιώντας το AR, θα μπορούσε να βρει τη καταλληλότερη θέση αποθήκευσης για το άνθρωπο, που παραλαμβάνει τα προϊόντα συγκρίνοντας μεταξύ της λίστας επιλογών που του δίνεται χρησιμοποιώντας το φως ή σε τυπωμένο χαρτί. Στο βιομηχανικό χώρο υπάρχουν επιχειρήσεις όπως οι Knapp, Picavi, Itelligence SAP, DHL και Generix, οι οποίες έχουν αρχίσει να αναπτύσσουν λύσεις οι οποίες εστιάζουν στα διαφορετικά στοιχεία του υλικού και του λογισμικού του AR. Ο στόχος είναι να βρεθεί μια λύση αποθήκευσης προϊόντων η οποία θα είναι γρήγορη, χωρίς λάθη και φιλική προς το χρήστη, καθοδηγούμενη από ανθρώπινο χειριστή. Εντούτοις, υπάρχουν ελλείψεις σε μερικές πτυχές των βιομηχανικών λύσεων, όπως αυτές, που σχετίζονται με τους αναγνώστες γραμμωτών κωδίκων και τις 3D προβολές. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες λύσεις χρησιμοποιούν ειδικά γυαλιά (Google Lens), μέσα από τα οποία ο χρήστης βλέπει μόνο το αποτέλεσμα του τυπωμένου καταλόγου επιλογών (GBH Soft, 2018).

Η εφαρμογή της επαυξημένης πραγματικότητας στη λήψη, την αποθήκευση και τη διανομή ενδεχομένως να οδηγήσει σε οφέλη παρόμοια με εκείνα που παρατηρήθηκαν στην επιλογή του σημείου διανομής, δηλαδή, στην μείωση των ποσοστών λάθους και σε γρηγορότερη εκτέλεση των διαδικασιών. Παρακάτω αναφέρονται κάποιες πιθανές χρήσεις, από την ενσωμάτωση της επαυξημένης πραγματικότητας, στις τέσσερις κύριες λειτουργίες της αποθήκης των εμπορευμάτων.

Πιθανές χρήσεις της επαυξημένης πραγματικότητας στις διαδικασίες αποθήκευσης των εμπορευμάτων (Giannikas V., Um J., Mcfarlane D, 2017):

- Λήψη

Η πρώτη χρήση του AR, αφορά την τοποθέτηση των αγαθών που εισέρχονται μέσω των φορτηγών, ελέγχοντας την τοποθεσία. Στην οποία θα τοποθετηθούν τα προϊόντα, καθώς και το πώς θα τακτοποιηθούν σε συγκεκριμένη περιοχή.

- Αποθήκευση

Η δεύτερη χρήση του AR, αφορά αρχικά την ενημέρωση του χειριστή για τη θέση αποθήκευσης του εισερχόμενου προϊόντος, καθώς και επίδειξη εικόνων και λεπτομερειών του προϊόντος που αποθηκεύεται παρουσιάζοντας τη διαδρομή προς τη θέση αποθήκευσης και την παρούσα κατάσταση της μηχανής που συλλέγει τα προϊόντα, καθώς και το επόμενο βήμα των θέσεων ελέγχου των διαδικασιών που απαιτούνται για το γέμισμα της αποθήκης

- Επιλογή σημείου παραλαβής

Η τεχνολογία AR θα μπορούσε να ενημερώνει τον χειριστή της επιχείρησης για έναν νέο στόχο, που θα του είχαν αναθέσει. Επίσης, μπορεί να παρουσιάσει μέσω εικόνων τις λεπτομέρειες του προϊόντος που θα πρέπει να παραλάβει καθώς και την θέση αποθήκευσης του. Επίσης, θα μπορούσε να επιδείξει τις θέσεις στις οποίες θα τοποθετηθεί κάθε προϊόν. Μέσα από το σκανάρισμα του γραμμωτού κώδικα του προϊόντος, θα μπορούσαν να βρεθούν περαιτέρω πληροφορίες για την θέση αποθήκευσής του. Ενώ τέλος, θα μπορούσε να παρέχει πληροφορίες σχετικές με το πλήθος των προϊόντων, που αποθηκεύονται εκείνη την περίοδο, ώστε να προληφθεί η συμφόρηση.

- Διανομή

Μια άλλη χρήση του AR, αφορά την διανομή των προϊόντων. Αρχικά, το AR μπορεί να βοηθήσει στην επιλογή του είδους της συσκευασίας, που θα χρησιμοποιηθεί κατά το πακετάρισμα, όπως την επιλογή της κατάλληλης θέσης/παλέτας για την ασφαλή διανομή του προϊόντος. Μπορεί επίσης, να ενημερώσει κατάλληλα για την ακριβή θέση αποθήκευσης κάθε παλέτας ανάλογα με τον τύπο των προϊόντων, τον προορισμό κλπ. Ενώ τέλος, μπορεί να επιδείξει τον κατάλληλο τρόπο ταξινόμησης των προϊόντων τα οποία φορτώνονται σε ένα φορτηγό.



Εικόνα 3. 2: Επαυξημένη πραγματικότητα και αποθήκευση εμπορευμάτων (Πηγή: GBH Soft, 2018).

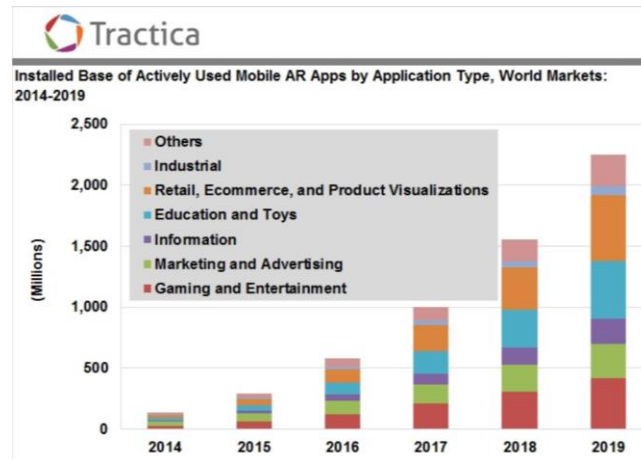
3.3.2 Επαυξημένη πραγματικότητα (Augmented Reality) και αλυσίδα εφοδιασμού

Η επαυξημένη πραγματικότητα ή AR (Augmented Reality) είναι μια διαδραστική εμπειρία που περιλαμβάνει το περιβάλλον του πραγματικού κόσμου όπου τα αντικείμενα που υπάρχουν σε αυτόν τον κόσμο ενισχύονται από πληροφορίες που δημιουργούνται από τον υπολογιστή, μερικές φορές έχοντας χαρακτηριστικά που λαμβάνουν από ερεθίσματα ή απ' αυτό που μπορεί να γίνει αντιληπτό από ένα ερέθισμα, όπως: ήχο, οσμή, απτική, φως, θερμοκρασία. Η επαυξημένη ή ενισχυμένη πραγματικότητα, όπως προαναφέρθηκε λοιπόν, συνδυάζει το φυσικό και το ψηφιακό κόσμο σε πραγματικό χρόνο μέσω μιας φορητής συσκευής η οποία αποτελεί υποκίνηση των βιομηχανικών διαδικτυακών-φυσικών συστημάτων (Leitao, 2016, Khalid, 2014, Gorecky, 2012).

Οι περισσότερες μορφές του AR λειτουργούν με την χρήση κάποιου είδους γυαλιού ή την εμφάνιση οπτικών ενδείξεων στον χειριστή, με αποτέλεσμα την αύξηση της παραγωγικότητας και της απόδοσης του χρήστη. Για παράδειγμα τα έξυπνα γυαλιά σε μια αποθήκη εμπορευμάτων θεωρούνται μια μορφή επαυξημένης αλυσίδας εφοδιασμού. Ο χρήστης τους είναι σε θέση να αναπαράγει μια εικόνα του υπολογιστή σε φυσικό περιβάλλον. Ένα άλλο παράδειγμα του AR, είναι η κίτρινη λωρίδα για τη γραμμή scrimmage κατά τη διάρκεια ενός αμερικάνικου παιχνιδιού ποδοσφαίρου σύμφωνα με, τον Roland Martin. Η γραμμή στην πραγματικότητα δεν βρίσκεται εκεί, αλλά χρησιμοποιείται οπτικά για να βελτιώσει τη γενική εμπειρία των θεατών.

Σύμφωνα με έρευνα της Tractica που διεξήχθη το 2014, οι εφαρμογές AR θα επιφέρουν κέρδη από 272 εκατομμύρια έως 1.2 δισεκατομμύρια μέχρι το 2019. Η νέα

αυτή τεχνολογία αυξάνεται με γοργούς ρυθμούς στην αγορά, της τάξεως του 100% ετησίως. Ενώ, ένας από τους μεγαλύτερους τομείς, που θα υπάρξει εφαρμογή της είναι η βιομηχανία, θα ακολουθήσει ο τομέας των κατασκευών, της διανομής και των διοικητικών λειτουργιών.



Εικόνα 3. 3: Εφαρμογές του AR (Πηγή: Tractica, 2015).

3.3.2.1 Χρήσεις επαυξημένης πραγματικότητας μέσα στην αλυσίδα εφοδιασμού

Σύμφωνα με μελέτη που πραγματοποίησε η DHL το 2014, (Augmented Reality In Logistics, 2014), οι σημαντικότερες ανάγκες και απαιτήσεις, τις οποίες μπορεί να υποστηρίξει η επαυξημένη πραγματικότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι οι εξής:

- **Βελτιστοποίηση σημείου παραλαβής:** Κάθε χειριστής θα μπορεί να διαβάσει μια «ψηφιακή λίστα σημείων παραλαβής» μέσω μιας οθόνης (εικόνες μέσω ειδικών γυαλιών της Google). Έπειτα, μέσω της επιλογής ενός αντικειμένου η οθόνη θα υπολογίζει την πιο αποτελεσματική διαδρομή μέσα στην αποθήκη καθοδηγώντας το άτομο αυτό στο πακέτο μέσω της σάρωσης των διαθέσιμων "επιλογών" στο σύστημα της αποθήκης κατευθύνοντας τον αμέσως στο επόμενο πλησιέστερο πακέτο.
- **Σχεδιασμός εγκαταστάσεων:** Η επαυξημένη πραγματικότητα παρέχει την δυνατότητα της εικονικής απεικόνισης μιας αποθήκης σε πλήρη κλίμακα πριν καν ξεκινήσει η κατασκευή της. Δίνεται λοιπόν, η δυνατότητα μοντελοποίησης της ροής των εργασιών μέσω των εγκαταστάσεων, των δοκιμαστικών μετρήσεων, ακόμη και τεστ δοκιμών των επανατοποθετήσεων. Με αυτόν τον τρόπο, εξοικονομούνται χρήματα και

παρέχεται η δυνατότητα στον οποιοδήποτε να ζήσει μια εικονική μελλοντική πραγματικότητα.

- **Φόρτωση φορτίου στο κοντέινερ:** η επαυξημένη πραγματικότητα θα μπορούσε να αντικαταστήσει την ανάγκη ύπαρξης ενός φυσικού καταλόγου φορτίου και των οδηγιών φόρτωσης. Επιτρέποντας στον χειριστή να δει τις οδηγίες φόρτωσης σε μια οθόνη προβολής με οδηγίες βήμα προς βήμα για το πώς να φορτωθεί πιο αποτελεσματικά ένα κοντέινερ δεδομένου του μεγέθους, των διαστάσεων και του βάρους των πακέτων που μπαίνουν σε αυτό.
- **Δυναμική υποστήριξη κίνησης:** Τα περισσότερα φορτηγά είναι ήδη εξοπλισμένα με GPS, όμως πλέον έρχονται να αντικατασταθούν από τα συστήματα AR. Οι οθόνες πλοήγησης που τοποθετούνται στο παρμπρίζ θα επιτρέπουν στους μεταφορείς την αποτελεσματική αναδρομολόγηση των αποστολών χωρίς να προκαλούν απόσπαση στην προσοχή του οδηγού. Η οθόνη θα δείχνει τις σημαντικότερες πληροφορίες στον οδηγό, συμπεριλαμβανομένης της θερμοκρασίας του φορτίου (ιδιαίτερα σημαντική κατά τη μεταφορά ιατρικών συσκευών ή άλλων ευπαθών προϊόντων), την αποδοτικότητα της βενζίνης (η οποία αλλάζει ανάλογα με το βάρος του φορτηγού) και μια ποικιλία κρίσιμων πληροφοριών.

Η επαυξημένη πραγματικότητα αναφέρεται στην χρήση μοντέλων προσομοίωσης, πάνω από τη φυσική διάταξη του τρέχοντος περιβάλλοντος. Κατά μία έννοια, αυτός είναι ο ορισμός της εικονικής πραγματικότητας, αλλά το AR αφορά στη χρήση αυτών των πληροφοριών για τη βελτίωση της αποδοτικότητας των σημερινών διαδικασιών, όπως σχετίζονται με την αλυσίδα εφοδιασμού (Merlino M & Sproge L., 2017).

Οι περισσότερες μορφές της επαυξημένης πραγματικότητας περιλαμβάνουν κάποιο είδος γυαλιού, μια οπτική οθόνη για τον χρήστη η οποία χρησιμοποιείται στη διαδικασία της αύξησης της παραγωγικότητας και της απόδοσης. Για παράδειγμα, τα έξυπνα γυαλιά στην αποθήκη θεωρούνται μια μορφή εφοδιαστικής αλυσίδας επαυξημένης πραγματικότητας, εξηγώντας την αλυσιδωτά. Ο χρήστης μπορεί να ενσωματώσει μια προσομοιωμένη εικόνα του υπολογιστή στο φυσικό χώρο.

Το 2017, η αξία της επαυξημένης πραγματικότητας εκτιμάται πάνω από 6.000.000.000\$. Η αύξησής της ετησίως αγγίζει το 100%. Ένας από τους μεγαλύτερους τομείς ανάπτυξης είναι ο τομέας της βιομηχανίας, όπου αναμένεται περεταίρω εφαρμογή του AR στην αλυσίδα εφοδιασμού, ώστε να περιλαμβάνεται στην κατασκευή, τη διανομή και τον εφοδιασμό (Martin, 2015). Η επαυξημένη πραγματικότητα σήμερα χρησιμοποιείται στις διαδικασίες των παραγγελιών, για να παρέχει μια αίσθηση αναγνώρισης των προϊόντων. Οι πιο παραδοσιακές διαδικασίες συλλογής παραγγελιών περιλαμβάνουν χαρτί-στυλό ή φωνητικά συστήματα. Ωστόσο, αυτό εξακολουθεί να έχει ως αποτέλεσμα κενά. Ανά πάσα στιγμή, οι εργαζόμενοι σε μια αποθήκη πρέπει να εκτελέσουν ταυτόχρονα πολλές ενέργειες ώστε να πραγματοποιήσουν μια ορθή επιλογή.

Η διαδικασία επιδιόρθωσης των ελαττωματικών προϊόντων μπορεί να απλουστευτεί με την χρήση του AR (Leitao, 2016, Khalid, 2014, Gorecky, 2012). Το AR μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον εντοπισμό των σφαλμάτων και των προβλημάτων σε ένα προϊόν. Μπορεί να εφαρμοστεί μέσω μιας ροής βίντεο της κατάστασης του τρέχοντος προϊόντος. Αυτό το βίντεο εφαρμόζεται ως πτυχή του AR στο τέλος της επιχείρησης ή της εξυπηρέτησης πελατών, ώστε να ενσωματωθεί στην αλυσίδα εφοδιασμού για να προσδιορίσει αμέσως το λανθασμένο προϊόν. Ως αποτέλεσμα, ο καταναλωτής δεν χάνει χρόνο για να φέρει το προϊόν στο κατάστημα, ο υπεύθυνος της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν χάνει χρόνο κατά την ανάλυση των προβλημάτων του προϊόντος και ο καταναλωτής είναι σε θέση να λάβει αμέσως επισκευή ή αντικατάσταση αυτού. Το επίπεδο της εξυπηρέτησης των καταναλωτών αυξάνεται, γεγονός που συμβάλλει στην προώθηση ολόκληρης της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Όλες οι συσκευές, που στηρίζονται στην χρήση του AR, βασίζονται σε κάποιο είδος ενέργειας. Σύμφωνα με, τον Ρόλαντ Μάρτιν το 2015, η μεγαλύτερη πρόκληση για την εκτεταμένη χρήση του AR είναι η χαμηλή διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Θα πρέπει να βρεθεί λύση σε αυτό το πρόβλημα η οποία θα βασίζεται στη χρήση της τεχνολογίας και της καινοτομίας για τον καθορισμό ενός νέου γρήγορου και αποτελεσματικού τρόπου παροχής της ενέργειας στα συστήματα χωρίς να επιβαρύνονται οι εργαζόμενοι.

3.3.2.2 Εφαρμογές

Παρακάτω, θα παρουσιαστούν κάποιες εφαρμογές του AR, σε διάφορες μεγάλες επιχειρήσεις παγκοσμίως, στους τομείς της παραγωγής, της ελαχιστοποίησης του χρόνου διακοπής των μηχανών και της επίτευξης υψηλότερων κύκλων πωλήσεων (Twinkl, 2018).

Η IKEA το 2017, προώθησε ένα νέο app το οποίο κατέστησε πιθανή την εικονική τρισδιάστατη τοποθέτηση των προϊόντων της, σε χώρους όπως το καθιστικό ή το μπάνιο του εκάστοτε χρήστη. Με την εφαρμογή αυτή, η IKEA επιτρέπει στους πελάτες της να ‘αναμιχθούν’ με τα προϊόντα πιο ενεργά. Μέσω της εφαρμογής, οι πελάτες μπορούν να αλληλοεπιδράσουν με τα προϊόντα που τους ενδιαφέρουν, από το σπίτι τους. Επιπλέον, η εφαρμογή βοηθάει την IKEA να μεταβεί από τους μεγάλους χώρους καταστημάτων και τις ακόμα μεγαλύτερες αποθήκες εμπορευμάτων, σε μικρότερους χώρους και καταλόγους. Το σπίτι του καταναλωτή γίνεται αίθουσα εκθέσεως των προϊόντων και η συσκευή μέσω της οποίας χρησιμοποιείται η εφαρμογή γίνεται ένας έξυπνος κατάλογος (Twinkl, 2018).

Οδηγοί αγοράς SCM: Η εφαρμογή λοιπόν, της IKEA επιτρέπει στους καταναλωτές να χρησιμοποιήσουν το κινητό τους (συνδεσιμότητα), ώστε να διαμορφώσουν και να παραγγείλουν τα προϊόντα πολύ γρήγορα (ταχύτητα), αυτό έχει ως αποτέλεσμα την διακοπή χρήσης μεγάλων καταλόγων από την IKEA ώστε να ανταποκριθεί γρηγορότερα στις αλλαγές της αγοράς (γρήγορη κατασκευαστική απάντηση).

Ένα άλλο παράδειγμα, αποτελεί η βιομηχανία επεξεργασίας φύλλων μετάλλων WEMO. Τα προϊόντα που παράγει η WEMO είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένα και σύνθετα για να χρησιμοποιηθούν στην πράξη, γεγονός το οποίο αποτελεί πρόκληση για τους χειριστές αναφορικά με την ορθή διαχείριση των μηχανών. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με την εφαρμογή του AR. Ο χειριστής δουλεύει το μηχάνημα με ένα ειδικό ζευγάρι γυαλιών (εικόνα 3.4). Όλες οι λειτουργίες προβάλλονται εικονικά στο δωμάτιο, έτσι ο χειριστής μπορεί να βλέπει άμεσα τις τρέχουσες και επερχόμενες διαταγές. Μπορεί να ξεκινήσει ή να σταματήσει το μηχάνημα με χειρονομίες των χεριών. Στη δεξιά πλευρά των γυαλιών, μπορεί να δει αναλυτικά όλους τους αισθητήρες της γραμμή παραγωγής ενώ στην αριστερή πλευρά να διαβάσει το πάνελ των λειτουργιών.

Οδηγοί αγοράς SCM: Με την χρήση του AR, η WEMO εξασφαλίζει ότι οι χειριστές των μηχανημάτων της μπορούν να ενεργοποιήσουν και να διατηρήσουν τις μηχανές τους. Με αποτέλεσμα, η μηχανή να μπορεί λειτουργήσει περισσότερες ώρες, το οποίο επιταχύνει τη διαδικασία παραγωγής (ταχύτητα).

Οι εφαρμογές AR σήμερα, συνεχίζουν να επεκτείνονται. Οι καταναλωτές απαιτούν περισσότερα από τη σύγχρονη εφοδιαστική αλυσίδα καθώς το επίπεδο ανταγωνισμού μεταξύ των διαφόρων υπηρεσιών της εφοδιαστικής αλυσίδας, αυξάνεται. Ωστόσο, η AR θα είναι μία από τις καθοριστικές δυνάμεις της σύγχρονης εφοδιαστικής αλυσίδας. Όπως αναφέρθηκε και πρωτύτερα, η χρήση ραδιοσυχνοτήτων φαινόταν ως η καλύτερη λύση για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και τη χρήση της τεχνολογίας. Ωστόσο, η τεχνολογία του σήμερα περνάει σε ένα νέο επίπεδο, μέσω της επαυξημένης πραγματικότητας το οποίο θα συνεχίσει να αναπτύσσεται όσο η κοινωνία εξαρτάται από προηγμένες τεχνολογίες. (Cirulis & Ginters, 2013).



Εικόνα 3. 4: Χρήση γυαλιών AR στην βιομηχανία WEMO (Πηγή: WEMO website).

3.3.3 Εφαρμογή στην παρακολούθηση παλετών και εμπορευματοκιβωτίων

3.3.3.1 Σύστημα παρακολούθησης βασισμένο σε GPS

Τα συστήματα παρακολούθησης των εμπορευματοκιβωτίων και των παλετών έχουν ως στόχο την ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των φορέων της αλυσίδας εφοδιασμού για τη διευκόλυνση της ροής και της διαχείρισης των αγαθών στη

συνολική αλυσίδα εφοδιασμού συμπεριλαμβανομένων των φορέων 4PL (Muñuzuri J., Onieva L, Cortés P., Guadix J., 2019).

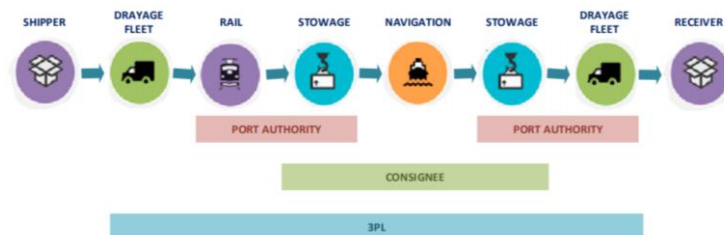
Οι τέσσερις φορείς που συμμετέχουν στην διαδικασία μετακίνησης προϊόντων είναι οι εξής.

Πρώτος φορέας (1PL): Είναι η εταιρεία που έχει δημιουργήσει τα αγαθά ή τα εμπορεύματα τα οποία πρέπει να μεταφερθούν από το ένα μέρος στο άλλο μέσω κοντέινερ (Σε ορισμένες περιπτώσεις, ο πρώτος φορέας μπορεί να είναι και ο παραλήπτης των εμπορευμάτων). Ο πρώτος φορέας φροντίζει για την παρακολούθηση των εμπορευματοκιβωτίων, εξαιτίας μιας καθυστέρησης ή αναστάτωσης στην αποστολή των εμπορευματοκιβωτίων η οποία είναι ικανή να προκαλέσει διαταραχή στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Δεύτερος φορέας (2PL): Ο δεύτερος φορέας είναι ο αποστολέας ή ο φορτωτής, όπως τα CMA, το Maersk ή το Harpag-Lloyd. Οι αποστολείς φροντίζουν κυρίως για την παρακολούθηση των εμπορευματοκιβωτίων επειδή πληρώνονται, για την μετακίνηση του εμπορεύματος.

Τρίτος φορέας (3PL): Ο τρίτος φορέας γνωστός ως «πάροχος υλικοτεχνικής υποστήριξης» συντονίζει την αποστολή αγαθών για λογαριασμό του πρώτου, χρησιμοποιώντας διάφορους αποστολείς.

Τέταρτος φορέας (4PL): Ο τέταρτος φορέας αποτελεί έναν ανεξάρτητο φορέα που βοηθάει το πρώτο να οργανώσει την εφοδιαστική αλυσίδα σε τρίτους παρόχους υλικοτεχνικής υποστήριξης.



Εικόνα 3. 5: Συμμετέχοντες φορείς στα διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας. (Πηγή: Muñuzuri J., Onieva L, Cortés P., Guadix J., 2019).

Το πρώτο σύστημα IoT που θα παρουσιαστεί βασίζεται στην χρήση των τεχνολογιών IoT και του υπολογιστικού νέφους, που συνδέονται μέσω GNSS (GPRS/GPS) σε πραγματικό χρόνο, για την παρακολούθηση και τον εντοπισμό των εμπορευμάτων

Με την χρήση του IoT και του υπολογιστικού νέφους δημιουργήθηκε μια νέα προσέγγιση η οποία επιτρέπει τη συλλογή, μεταφορά, αποθήκευση και ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των επιχειρήσεων 4PL της εφοδιαστικής αλυσίδας. Αυτό το σύστημα περιλαμβάνει την παρακολούθηση και τον εντοπισμό αδειών, την κοινή χρήση δεδομένων και την επεξεργασία με πρόσβαση και έλεγχο εξουσιοδότησης, για την διαχείριση αλληλεπιδράσεων μεταξύ όλων των συμμετεχόντων.

Αρχικά λοιπόν, το πρότυπο χρησιμοποιεί την τεχνολογία RFID για την ανταλλαγή των δεδομένων αναφορικά με τα εμπορεύματα προς όλα τα εμπλεκόμενα μέρη κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι παλέτες είναι εφοδιασμένες με τσιπ RFID, που περιέχουν όλες τις πληροφορίες σχετικά με τα εμπορεύματα. Οι αναγνώστες RFID διαβάζουν την κατάσταση των εμπορευμάτων και την αποστέλλουν μέσω δικτύου GPRS / GSM σε μια πλατφόρμα στο cloud (cloud platform). Η πλατφόρμα cloud κατευθύνεται από τα δεδομένα. Είναι υπεύθυνη για τη συνεργασία και τη διαμεσολάβηση μεταξύ του φυσικού δικτύου συσκευών, αισθητήρων και των χρηστών της πλατφόρμας.

Η πλειοψηφία των διαδικασιών παρακολούθησης κοντέινερ στην αγορά χρησιμοποιεί συστήματα GPS, που αποστέλλεται μέσω κινητής τηλεφωνίας (συνήθως GSM) ή μέσω δορυφόρου. Μια συσκευή εντοπισμού είναι συνδεδεμένη στο εξωτερικό ενός κοντέινερ αποστολής (Ray B., 2017).

Οι συνηθέστεροι τύποι συσκευών που χρησιμοποιούνται είναι δυο:

- Μαγνητικές συσκευές που τοποθετούνται στα πλάγια του δοχείου μεταφοράς μεταξύ των δομικών πλευρών (Δεν τοποθετούνται ποτέ στην κορυφή του δοχείου, καθώς τα δοχεία συνήθως στοιβάζονται το ένα πάνω στο άλλο).
- Μηχανισμοί κλειδώματος που σφραγίζουν το κοντέινερ. Αυτοί οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν μια συσκευή εντοπισμού και συχνά προστίθενται από το πρώτο φορέα μετά τη φόρτωση των εμπορευμάτων στο κοντέινερ αποστολής.

Όταν η συσκευή εντοπισμού αισθάνεται ότι το πλοίο κινείται (μέσω ειδικής συσκευής που μετράει την επιτάχυνση ανά χρονικά διαστήματα), η συσκευή λαμβάνει ένα νέο σήμα GPS και στη συνέχεια αποστέλλει τη θέση της μέσω κινητού ή δορυφόρου. Έπειτα, τα δεδομένα θέσης του κοντέινερ αποστέλλονται στην

υπηρεσία παροχής εφαρμογών, καταγράφονται στο συνολικό τους σύστημα και παρέχονται στον πελάτη.

Η πλατφόρμα έχει πέντε κύριες λειτουργίες. Η πρώτη, είναι ο χειρισμός των δεδομένων για τη διαχείριση των μηνυμάτων που αποστέλλονται από τις ετερογενείς τελικές συσκευές. Η δεύτερη λειτουργία είναι η αποθήκευση των πληροφοριών στο cloud, που λαμβάνονται από το φυσικό δίκτυο (για παράδειγμα ετικέτες RFID). Η τρίτη, είναι η επεξεργασία συμβάντων για να λειτουργήσει ως πλατφόρμα διαμεσολάβησης. Η τέταρτη λειτουργία, είναι η υπηρεσία καταλόγου, που βοηθά στην αποθήκευση εξωτερικών πληροφοριών των καταναλωτών που παρέχει η πλατφόρμα και στην ενημέρωσή τους. Η τελική λειτουργία είναι η διαχείριση της ασφάλειας (D. R. Gnimpieba et al., 2015).

3.3.3.2 Σύστημα παρακολούθησης βασιζόμενο στην τεχνολογία IoT

Το δεύτερο σύστημα IoT έχει στόχο την βελτιστοποίηση, την διαχείριση και τον έλεγχο της μεταφοράς των εμπορευματοκιβωτίων κατά μήκος μιας συνδυασμένης διαδρομής, συνδυάζοντας το σχεδιασμό ραγών και την εσωτερική ναυσιπλοΐα σκαφών.

Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες εφαρμογές βασίζονται στον προσδιορισμό θέσης GPS (HU, Chiu, Hsu, & Chang, 2015). Το κύριο λοιπόν, χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτού του συστήματος που θα παρουσιαστεί, είναι ότι τα εμπορευματοκιβώτια, σε αντίθεση με ένα σύστημα που βασίζεται στο GPS δεν εντοπίζονται χωριστά, αλλά, συνδέονται αντ' αυτού στο τραίνο ή το σκάφος από το οποίο μεταφέρονται. Το εμπορευματοκιβώτιο είναι αυτόματα ανιχνεύσιμο από την πλήμνη του τραίνου στο τερματικό προέλευσης. Μέσω του εντοπισμού της θέσης του τραίνου εντοπίζεται και τα εμπορευματοκιβώτια. Όταν το τραίνο φθάνει στο τερματικό, τα εμπορευματοκιβώτια δεν εντοπίζονται μέσα στο τερματικό, αλλά οι μεταφορείς γνωρίζουν ότι βρίσκονται μέσα στις εγκαταστάσεις του τερματικού.

Έπειτα, όταν φορτώνονται επάνω σε ένα σκάφος ανιχνεύονται από την πλήμνη του σκάφους έως ότου φθάσει το σκάφος στο λιμάνι του προορισμού του. Κάθε εμπορευματοκιβώτιο επικοινωνεί μόνο με την αντίστοιχη πλήμνη ανά κάποιο χρονικό διάστημα το οποίο συντηρεί την αυτονομία της μπαταρίας. Αυτό, μαζί με το χαμηλό κόστος επένδυσης των διαφορετικών τμημάτων υλικού που απαιτούνται, οδηγεί σε ένα καλύτερα βιώσιμο και αποδοτικότερο σύστημα συγκριτικά με τον

μεμονωμένο εντοπισμό των εμπορευματοκιβωτίων μέσω GPS. Το σύστημα παρουσιάζει ένα αρθρωτό σχεδιασμό, που επιτρέπει την αλληλεπίδραση με τα εξωτερικά συστήματα, ανεξάρτητα από τη φύση τους μέσω μιας πλατφόρμας cloud όπως της FIWARE (Grace, Pickering, & Surridge, 2016. Soriano et al., 2013).

Θα παρουσιαστεί εν συντομία η αρχιτεκτονική αυτού του συστήματος IoT και τα κύρια συστατικά του, τα οποία βασίζονται στη μόνιμη αμφίδρομη επικοινωνία με τα εμπορευματοκιβώτια που κινούνται μέσα σε μια συνδυασμένη αλυσίδα μεταφορών (D. R. Gnimpieba, et al, 2015).

Το σύστημα όπως αναφέρθηκε είναι αρθρωτό και βασίζεται στο cloud, το οποίο επιτρέπει τη διανομή των δεδομένων και την επιλογή των πρόσθετων εργαλείων που είναι αρμόδια για τον σχεδιασμό στοχεύοντας στη βελτιστοποίηση όχι μόνο της μεταφοράς αλλά και της αλυσίδας εφοδιασμού. Η πρώτη ενότητα, που περιλαμβάνεται στο σύστημα, επιτρέπει στους χρήστες να ελέγξουν τη θέση και την κατάσταση κάθε εμπορευματοκιβωτίου, ώστε να ενεργήσουν κατάλληλα, προσφέροντας, έτσι ένα ανοικτό περιβάλλον για εκμετάλλευση αυτών των δυνατοτήτων. Αυτή η λύση μετατρέπει το εμπορευματοκιβώτιο σε ενεργό στοιχείο της συνδυασμένης διαδρομής αυξάνοντας τις δυνατότητες μιας σφαιρικής διαχείρισης των αλυσίδων εφοδιασμού κατά τη διάρκεια του σταδίου μεταφορών οπουδήποτε μεταξύ της προέλευσης και του προορισμού. Οι δύο άλλες ενότητες συστημάτων χρησιμοποιούν τα δεδομένα εντοπισμού που παρέχονται από το πρώτο για να βελτιώσουν τις συνδυασμένες μεταφορές: ο πρώτος είχε ως σκοπό να βελτιστοποιήσει τις μετακινήσεις των τραίνων μέσα σε ένα θαλάσσιο τερματικό και ο δεύτερος σχεδιάζει τη ναυσιπλοΐα των σκαφών μέσω μιας παλιρροιακής υδάτινης οδού μεταξύ του ωκεανού και του τερματικού. Η συνδυασμένη λειτουργία αυτών των δύο ενότητων μαζί με τα δεδομένα παρακολούθησης οδηγούν σε μείωση του χρόνου και του κόστους μεταφορών. Αυτό το σύστημα εφαρμόζεται αυτήν την περίοδο στο λιμένα της Σεβίλλης, με κύριο κόμβο μεταφοράς της Μαδρίτης - Σεβίλλη - Κανάρια νησιά.

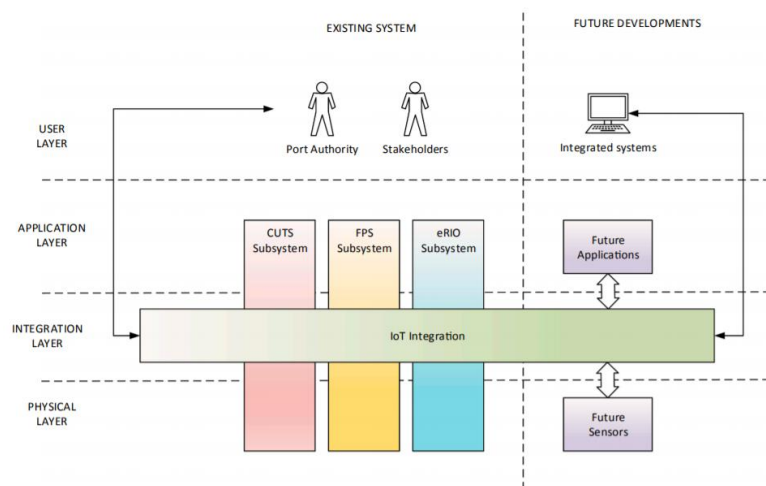
Το σύστημα αποτελείται από τρεις συμπληρωματικές ενότητες που στοχεύουν στον εντοπισμό των εμπορευματοκιβωτίων και τον προγραμματισμό των συνδυασμένων διαδικασιών, την δυνατότητα πρόσβασης των τραίνων αυτοματοποίησης και τον σχεδιασμό της ναυσιπλοΐας των σκαφών (Muñuzuri J., Onieva L, Cortés P., Guadix J., 2019).

Τα τρία υποσυστήματα είναι τα ακόλουθα:

- CUTS (Container Unitized Tracking System): Αποτελεί το βασικό υποσύστημα, υπό την έννοια ότι παρέχει σε πραγματικό χρόνο τη θέση των εμπορευματοκιβωτίων, επιτρέποντας κατά συνέπεια την αμφίδρομη επικοινωνία τους και επιτρέποντας το σχεδιασμό των διαδικασιών στα λιμάνια.

- FPS (Ferro Port System): Αυτοματοποιεί την πρόσβαση των τρενών στο τερματικό, ορίζει τις διαδρομές τους και σχεδιάζει τις αφίξεις και τις αναχωρήσεις τους.

- eRIO (Electronic River Information and Optimization): προγραμματίζει και ελέγχει κατά μήκος τη ναυσίπλοια, λαμβάνοντας υπόψη τα παλιρροιακά φαινόμενα και τα χαρακτηριστικά των σκαφών.



Εικόνα 3. 6: Περιγραφή της αρχιτεκτονικής, συμπεριλαμβανομένου του υπάρχοντος συστήματος και των μελλοντικών δυνατοτήτων ανάπτυξης. (Πηγή: Muñizuri J., Onieva L, Cortés P., Guadix J., 2019).

Οι καινοτόμες πτυχές που παρέχονται από το σύστημα συνοψίζονται ως εξής:

- Από την άποψη των logistics, το σύστημα επιτρέπει στους ναυλωτές να ελέγχουν μεμονωμένα τα εμπορευματοκιβώτια, ώστε να ανταποκριθούν γρήγορα σε απροσδόκητα γεγονότα, όπως μια αύξηση στη θερμοκρασία του εμπορευματοκιβωτίου ή το άνοιγμα της πόρτας. Κατά συνέπεια, το σύστημα παρέχει τη βάση για την ανάπτυξη νέων υπηρεσιών, όπως τη διαχείριση geofencing ή κρύων αλυσίδων.

- Από την τεχνολογική άποψη, η διαδικασία ολοκληρώνεται στο περιβάλλον FIWARE μιας κοινής πλατφόρμας που βασίζεται στην τεχνολογία και τα ανοιχτά

πρότυπα του δικτύου, η οποία επιτρέπει την ανάπτυξη και την ολοκλήρωση νέων υπηρεσιών και εφαρμογών.

- Από την άποψη της εφαρμογής, το σύστημα είναι πολύ εύκολο να εφαρμοστεί σε νέες διαδρομές οι οποίες θα συνδέουν όλα τα στάδια της αλυσίδας μεταφορών.

Πριν εφαρμοστούν τα συστήματα παρακολούθησης IoT, οι ναυλωτές και οι δέκτες των εμπορευματοκιβωτίων ήταν ανίκανοι να ξέρουν την θέση τους μέσα στην αλυσίδα ή την κατάστασή τους πράγμα που καθιστούσε πολλές αλυσίδες εφοδιασμού αναξιόπιστες. Αυτό έρχεται σε σαφή αντίθεση με το ιδανικό σενάριο, όπου η καλή επικοινωνία και η διαφάνεια των πληροφοριών είναι συστατικά κλειδιά στην επίτευξη της λειτουργικής αποδοτικότητας (Demirbas, & Bennett, 2014, Zhong, Newman, Huang, & Lan, 2016).

3.3.4 Ορατότητα στην εφοδιαστική αλυσίδα

Η ορατότητα των προϊόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα ορίζεται ως η ικανότητα του παραγωγού να γνωρίζει τον κύκλο ζωής ενός προϊόντος από τη σύλληψη της ιδέας, την κατασκευή του, τη διανομή αυτού, την παράδοση στον τελικό πελάτη, την εμπειρία του πελάτη με το προϊόν έως και το τέλος ζωής του προϊόντος. Αυτό σχετίζεται με την καταγραφή της βέλτιστης ανάπτυξης των υλικών κατασκευής του, τη φυσική του κατάσταση, την προώθηση του προϊόντος από τον χρήστη στον πελάτη, την εμπειρία του πελάτη, καθώς και την επαναχρησιμοποίηση ή διακοπή παραγωγής του προϊόντος (Musa A., Gunasekaran A. Yahaya Y., 2014).

Στόχος λοιπόν της ορατότητας είναι η προώθηση του σχεδιασμού, του ελέγχου και της ευελιξίας των λειτουργιών που σχετίζονται με το προϊόν και τη βελτίωση της εμπειρίας των πελατών του προϊόντος. Ο όρος που χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει τον προσδιορισμό της ταυτότητας και της κατάστασης ενός προϊόντος, είναι η παρακολούθηση (tracking), (από την κατασκευή μέχρι τον τελικό χρήστη). Ενώ, η ανίχνευση (tracing) χρησιμοποιείται για να καταγράψει την πορεία ενός προϊόντος αντίστροφα μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Με την ενσωμάτωση του Διαδικτύου των πραγμάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι, συστήματα και αρχιτεκτονικές για την βελτίωση της ορατότητας των προϊόντων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού.

Η ορατότητα του προϊόντος επιτυγχάνεται με την παρακολούθηση και τον εντοπισμό του προϊόντος, ενδεχομένως καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, χρησιμοποιώντας μια ποικιλία μεθόδων και τεχνολογιών όπως barcode, RFID, κανάλια επικοινωνίας και δίκτυα αισθητήρων. Η παρακολούθηση της αλυσίδας εφοδιασμού είναι η δυνατότητα παρακολούθησης του σχεδιασμού, της σύνθεσης, της επεξεργασίας, της εφαρμογής, της θέσης και της διαδρομής ενός προϊόντος ή μιας παρτίδας προϊόντων μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού προς τον τελικό πελάτη. Η ανίχνευση, από την άλλη πλευρά, είναι η δυνατότητα της εξακρίβωσης της προέλευσης, της διαδρομής, της ιστορίας, του σχεδιασμού, της σύνθεσης κλπ. του προϊόντος μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού. Η παρακολούθηση και η ανίχνευση αποτελούν συμπληρωματικές δραστηριότητες και οι στόχοι τους είναι να αυξήσουν την ασφάλεια και τη βελτιστοποίηση των συστημάτων και των διαδικασιών παραγωγής και διανομής της παραγωγής, τον εντοπισμό πηγών και των ζητημάτων ποιότητας (ελαττωματικά προϊόντα ή χαλασμένα) κλπ.

Η ενσωμάτωση λοιπόν του IoT στην εφοδιαστική αλυσίδα έχει συμβάλει ριζικά στην βελτίωση της ορατότητας των προϊόντων, μέσω της δημιουργίας πολλών διαφορετικών τεχνολογιών και λογισμικών με διαφορετικά είδη και επίπεδα.

3.3.4.1 Ορισμός της διαφάνειας στην εφοδιαστική αλυσίδα

Η διαφάνεια στην εφοδιαστική αλυσίδα, αναφέρεται στη δυνατότητα της κεντρικής επιχείρησης να έχει πρόσβαση καθώς και να κοινοποιεί πληροφορίες που αφορούν την στρατηγική και τις λειτουργίες των εταίρων συμμετεχόντων της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Η διαφάνεια αποτελεί κοινή έννοια στην κοινότητα του SCM και των logistics (francis, 2008). Όλοι οι ορισμοί στη βιβλιογραφία αναφέρονται κυρίως στη διαφάνεια των πληροφοριών κατά το στάδιο της διανομής μέσα στην αλυσίδα όμως, η έννοια της διαφάνειας δεν αφορά μόνο την πρόσβαση σε ορισμένες πληροφορίες σχετικά με τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας. Πολλοί ορισμοί αναφέρονται στις ιδιότητες των κοινών πληροφοριών. Οι Kaipria και Hartiala, το 2006 συνέταξαν τον ορισμό της διαφάνειας ως την κοινοποίηση όλων των πληροφοριών μεταξύ των συνεργατών της εφοδιαστικής αλυσίδας, ακόμα και πάνω από τα κλιμάκια της αλυσίδας. Ένα ακόμη θέμα είναι ο προσδιορισμός της διαδικασίας που επηρεάζεται περισσότερο από την έννοια της διαφάνειας, προκειμένου να διευκρινιστούν

καλύτερα οι πληροφορίες που διαχέονται σε όλους. Σύμφωνα με τον Lancioni (2000), η διαφάνεια μπορεί να επηρεάσει θετικά τις διαδικασίες κατασκευής, συναλλαγής, προγραμματισμού και παροχής. Ο Barratt (2011) ανέλυσε το ρόλο που διαδραματίζει η διανομή της εξωτερικής πληροφορίας στη βελτίωση των διαδικασιών. Ενώ, ο Rojasand (2008), επικεντρώθηκε στο συντονισμό υπό από την αβεβαιότητα των απαιτήσεων. Επίσης, έγινε προσπάθεια ανάλυσης του αντίκτυπου της διαφάνειας της εφοδιαστικής αλυσίδας στο στάδιο της αποθήκευσης, καθώς και στο στάδιο της μεταφοράς.

3.3.4.2 Μέθοδοι και συστήματα διαφάνειας στην αλυσίδα εφοδιασμού

Η ορατότητα στην αλυσίδα εφοδιασμού επιτυγχάνεται μέσω των τεχνολογιών αυτόματης αναγνώρισης (auto-ID). Τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης ονομάζονται επίσης αυτόματα αναγνώρισης και καταγραφής δεδομένων (AIDC). Τα συστήματα αυτά περιλαμβάνουν τον γραμμωτό κώδικα ή αλλιώς barcode, το RFID, τα βιομετρικά στοιχεία (συμπεριλαμβανομένης της αποτύπωσης δακτυλικών αποτυπωμάτων, αναγνώρισης φωνής, προσώπου, ίριδας και βάδισμα), τους χαρακτήρες οπτικής αναγνώρισης (OCR), τις έξυπνες κάρτες και τεχνολογίες αισθητήρων για την τοποθεσία, τη θερμοκρασία, την πίεση, την υγρασία, τους κραδασμούς κλπ. (Musa A., Gunasekaran A. Yahaya Y., 2014). Ωστόσο, δεν είναι όλα τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης σύμφωνα με τις εφαρμογές των αλυσίδων εφοδιασμού. Τα συστήματα που χρησιμοποιούνται μέχρι στιγμής για την ορατότητα των προϊόντων στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι οι τεχνολογίες ραβδωτού κώδικα, το RFID και οι αισθητήρες τοποθεσίας, η θερμοκρασία, η πίεση, η υγρασία και οι κραδασμοί.

Ένα σύστημα ορατότητας αποτελείται από διάφορα συστήματα λογισμικού. Περιλαμβάνει συνήθως ένα αρχικό σύστημα λήψης δεδομένων, ένα μεσαίο λογισμικό για την προ επεξεργασία των δεδομένων και την απόρριψη των ελαττωματικών, καθώς και μια μονάδα για την ανάλυση των πληροφοριών και τη λήψη αποφάσεων. Τα συστήματα ορατότητας διαφέρουν με πολλούς τρόπους.

Οι παράγοντες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάκρισή τους είναι οι εξής (Musa A., Gunasekaran A. Yahaya Y., 2014):

- Η τεχνολογία παρακολούθησης (barcode, RFID, ασύρματο δίκτυα αισθητήρων, ενσωματωμένα μικροσυστήματα).

- Οι παράμετροι του συστήματος (τοποθεσία, θερμοκρασία, υγρασία, δόνηση, κ.λπ.) που μπορούν να μετρηθούν. Η τοποθεσία μπορεί να προσεγγιστεί με τη χρήση διαφόρων εργαλείων όπως: GPS, eLoran, Locata, κυψελοειδή δίκτυα, αδράνεια, αδρανειακές μετρήσεις, χαρτογράφηση ή χαρτογράφηση χαρακτηριστικών, WPAN, WLAN, UWB, υπέρηχους, υπέρυθρες, μηνύματα μικρής εμβέλειας, ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, τριπλασιασμός, τριγωνισμός, βαριόμετρα (Bensky, 2008, LaMarca et al., 2004, Liu, Darabi, Banerjee & Liu, 2007. Tesoriero, Tebar, Gallud, Lozano & Penichet, 2010. Thiesse & Fleisch, 2008).
- Οι τοποθεσίες και η διανομή των σημείων ανάληψης των δεδομένων.
- Το βάθος της ταυτοποίησης (π.χ. στο επίπεδο του προϊόντος/δεδομένου /ατόμου, σύνθετο/αδρανές,, κατηγορία προϊόντων ή μονάδα αποθεματοποίησης).
- Όταν αποθηκεύονται οι πληροφορίες για το προϊόν (στο ίδιο το προϊόν ή σε ένα σύστημα).
- Το είδος της ταυτότητας που αποδίδεται στο προϊόν (παγκοσμίως μοναδικό, τοπικά μοναδικό).
- Ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για την ανάθεση του κωδικού αναγνώρισης.
- Στην περίπτωση ενσωματωμένων συστημάτων, το επίπεδο πληροφοριών που είναι διαθέσιμο στην συσκευή.
- Στα συστήματα RFID διαφέρουν ανάλογα με τη ζώνη συχνοτήτων, την κωδικοποίηση του σήματος, τη διαμόρφωση, τη μεσαία πρόσβαση των μεθόδων, τις υποστηριζόμενες εντολές, το εύρος ανάγνωσης, τη μεταφορά δεδομένων (όπως καθορίζεται από το εύρος ζώνης ανά κανάλι ανάγνωσης), την ευαισθησία στις περιβαλλοντικές παρεμβολές, το κόστος, τη ταχύτητα ταυτοποίησης, την ετικέτα, την ικανότητα ανανέωσης της ετικέτας, την υπολογιστική ικανότητα και την ικανότητα δικτύωσης του αναγνώστη, το κανάλι μετάδοσης του αναγνώστη, το εάν ο αναγνώστης συνδέεται μέσω κινητού ή υπολογιστή κλπ.

3.4 Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα

Το IoT στις επόμενες δεκαετίες θα ασκήσει σημαντική επίδραση στην εφοδιαστική αλυσίδα. Αλλά πρώτα, αξίζει να αναλυθούν τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του Διαδικτύου των πραγμάτων.

3.4.1 Πλεονεκτήματα

Στις μέρες μας παράγονται καθημερινά τεράστιες ποσότητες δεδομένων. Η διαθεσιμότητα των πληροφοριών αποτελεί ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα του IoT. Τα μεμονωμένα δεδομένα από μόνα τους είναι άχρηστα. Τα δεδομένα αποτελούν τη πρώτη ύλη που υποβάλλεται σε επεξεργασία, ώστε να παραχθούν πληροφορίες. Περισσότερες πληροφορίες βοηθούν σε καλύτερες αποφάσεις (Mark Pacelle, 2014).

Επίσης, ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του IoT είναι η ελαχιστοποίηση του κόστους. Εάν, ελαττωθεί το κόστος του εξοπλισμού καθώς και το συνολικό κόστος παραγωγής μιας επιχείρησης, η επιχείρηση θα είναι σε θέση να παράγει περισσότερα προϊόντα/υπηρεσίες με μεγαλύτερο κέρδος.

Δεδομένου ότι οι πελάτες είναι πιο ενημερωμένοι για τα προϊόντα τα οποία επιλέγουν να αγοράσουν, η διαφάνεια στις αλυσίδες εφοδιασμού αποκτάει σημαντικότητα. Όσο μεγαλύτερη η διαφάνεια σε μια αλυσίδα εφοδιασμού, τόσο πιθανότερο είναι να λειτουργήσει ομαλά. Σύμφωνα με μια έρευνα του 2016 από το BCI, το 70% των επιχειρήσεων έχουν διακόψει προσωρινά την λειτουργία τους τουλάχιστον 1 φορά κατά τη διάρκεια 12 μηνών. Χρησιμοποιώντας ειδικούς αισθητήρες, εξοπλισμένες μηχανές και συσκευές σε ολόκληρη τη αλυσίδα εφοδιασμού οι πληροφορίες μπορούν να ρέουν ελεύθερα, παρέχοντας ασύγκριτη διαφάνεια στην λειτουργία τους.

Ένα εξίσου σημαντικό πλεονέκτημα είναι η λεγόμενη παράδοση τελευταίου μιλίου, η οποία αποτελεί το σημαντικότερο βήμα του ταξιδιού των αλυσίδων εφοδιασμού ενός προϊόντος από τους κατασκευαστές στους πελάτες. Οι λιανοπωλητές επιδιώκουν την βελτιστοποίηση των διαδικασιών παράδοσης επειδή, μια θετική εμπειρία παράδοσης ενός προϊόντος επιδρά στην πιθανότητα επανάληψη της αγοράς από τον ίδιο προμηθευτή. Οι επιχειρήσεις αποβλέπουν στην βελτίωση της τεχνολογίας παράδοσης τελευταίου μιλίου. Οι πληροφορίες που συλλέγονται μέσω των συσκευών IoT σε μια αλυσίδα εφοδιασμού μπορούν να βοηθήσουν στην

βελτιστοποίηση της παράδοσης του τελευταίου μιλίου, με τη συγκέντρωση πιθανών ζητημάτων, την αλλαγή των συστημάτων αυτόματης παράδοσης και των διαδρομών των φορτηγών που βασίζονται σε αυτές τις πληροφορίες, οι οποίες μπορούν ακόμη και να ενσωματώσουν τις τρέχουσες καιρικές συνθήκες.

Επίσης, ένα πρόσθετο πλεονέκτημα είναι η εκ των προτέρων συντήρηση του εξοπλισμού. Οι αλυσίδες εφοδιασμού εξαρτώνται από τους κατασκευαστές που είναι σε θέση να μεταφέρουν εγκαίρως κατά μήκος της αλυσίδας εφοδιασμού τα προϊόντα στον επόμενο χρήστη. Ένα μεγάλο εμπόδιο που αντιμετωπίζεται συχνά, είναι η αποτυχία του εξοπλισμού παραγωγής με αποτέλεσμα να διακόπτεται η διαδικασία σε ολόκληρη την αλυσίδα. Χρησιμοποιώντας ειδικό εξοπλισμό με αισθητήρες οι κατασκευαστές μπορούν να διευθετούν οποιοδήποτε ζήτημα στην αλυσίδα εφοδιασμού προτού ακόμα εμφανιστεί.

Οι συσκευές IoT μπορούν να παρακολουθούν αποτελεσματικότερα τους καταλόγους από ότι οι άνθρωποι. Τα δεδομένα που συγκεντρώνονται από τη διαχείριση καταλόγων μπορούν να αναλυθούν και να χρησιμοποιηθούν για να βελτιστοποιήσουν περαιτέρω τις διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού. Παραδείγματος χάριν, ακριβέστεροι κατάλογοι μπορούν να οδηγήσουν σε αυτοματοποιημένη τοποθέτηση των προμηθειών εκεί που ακριβώς απαιτούνται.

Οι αλυσίδες εφοδιασμού είναι δύσκολο να διαχειριστούν τα αναλώσιμα προϊόντα. Η πιθανότητα ενός αναλώσιμου προϊόντος να φτάσει σε έναν πελάτη εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων. Πιο συγκεκριμένα, οι βέλτιστοι όροι κατά την μεταφορά τους είναι επιτακτικοί. Μέσω του IoT λοιπόν, μπορούν τα προϊόντα να φτάσουν στο πελάτη χωρίς να χαλάσουν, μέσω της χρήσης αισθητήρων που δίνουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο από τα προϊόντα κατά την διάρκεια της μεταφοράς τους σε κιβώτια.

Τα οφέλη του IoT στη διαχείριση των αλυσίδων εφοδιασμού είναι αναμφισβήτητα, καθώς, ένα περισσότερες συσκευές συνδέονται με αυτά τα δίκτυα και πραγματοποιούνται περαιτέρω βελτιστοποιήσεις θα υπάρξει μόνο αύξηση των ωφελειών τους.

3.4.2 Μειονεκτήματα

Το διαδίκτυο των πραγμάτων έχει πολλά μειονεκτήματα αφού βρίσκεται στην αρχή της ανάπτυξής του ως τεχνολογία.

Ένα από τα μεγαλύτερα εμπόδια του IoT είναι η ανάπτυξη μεγαλύτερου δικτύου, ενός διαδικτύου που επιτρέπει περισσότερες διευθύνσεις IP. Με τις δισεκατομμύρια συσκευές που συνδέονται με νέους αισθητήρες όλοι θα απαιτήσουν μοναδικές διευθύνσεις IP. Επίσης, η συμβατότητα μπορεί να αποτελέσει ανησυχία. Αυτήν την περίοδο το IoT είναι στο πρώτο στάδιο της σύλληψης και της ανάπτυξής του, ενώ, δεν υπάρχει κανένα διεθνές πρότυπο για τη συμβατότητα αναφορικά με την σύζευξη και τον έλεγχο των εξοπλισμών (Mark Pacelle, 2014).

Με τις δισεκατομμύρια συσκευές που συνδέονται στο cloud, το χτίσιμο πολύπλοκων και ασφαλών δικτύων είναι αποθαρρυντικό έργο για τις επιχειρήσεις που θέλουν να ενσωματώσουν το IoT. Σε ένα πολυσύνθετο σύστημα, υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες αποτυχίας. Για παράδειγμα, σε μια διακοπή ρεύματος εάν ένας εκτυπωτής παράγει ένα αυτοματοποιημένο μήνυμα χαμηλής ποσότητας μελανιού μπορεί να διατάξει την παραγωγή μεγαλύτερης ποσότητας από ότι πιθανώς απαιτείται.

Η μεγαλύτερη ανησυχία είναι το τρίπτυχο μυστικότητα/προστασία/ασφάλεια. Το σύστημα στηρίζεται σε ένα μεγάλο δίκτυο το οποίο μπορεί εύκολα να παραβιαστεί. Η κρυπτογράφηση των δεδομένων είναι επίσης βασική, διαφορετικά υπάρχει πιθανότητα απώλειας της μυστικότητας.

Κεφάλαιο 4^ο : Ενσωμάτωση του blockchain με το IoT

4.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία blockchain τράβηξε το ενδιαφέρον πολλών οργανώσεων καθώς παρείχε λύσεις στα προβλήματα των επιχειρήσεων που σχετίζονται με την κεντρική αρχιτεκτονική⁵. Το blockchain, είτε δημόσιο είτε ιδιωτικό, αποτελεί ένα μητρώο που παρέχει την ικανότητα διατήρησης της ακεραιότητας των συναλλαγών καταργώντας την ύπαρξη ενός επικεφαλής μεταξύ των συμμετεχόντων χρηστών.

Από την άλλη πλευρά, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) εκπροσωπεί την επανάσταση του Διαδικτύου, αφού μπορεί να συνδέσει μεταξύ τους όλες σχεδόν τις συσκευές που υπάρχουν σε ένα περιβάλλον στο διαδίκτυο, ώστε να ανταλλάξουν δεδομένα τα οποία μπορούν να βοηθήσουν στη δημιουργία νέων υπηρεσιών και εφαρμογών για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής. Παρόλο που το συγκεντρωτικό σύστημα του IoT προσφέρει αμέτρητα οφέλη, έχει πολλά μειονεκτήματα. Η επίλυση αυτών των προκλήσεων μπορεί να γίνει με την ενσωμάτωση του IoT στην τεχνολογία του blockchain. Ένας από τους σημαντικότερους τομείς εφαρμογής λοιπόν, της

⁵ Κεντρική αρχιτεκτονική: Είναι ένας τύπος υπολογιστικής αρχιτεκτονικής, όπου όλες ή περισσότερες από τις επεξεργασίες/υπολογιστικές εργασίες εκτελούνται σε κεντρικό διακομιστή. Η κεντρική αρχιτεκτονική επιτρέπει την ανάπτυξη όλων των υπολογιστικών πόρων, της διαχείρισης και του μανάτζμεντ ενός κεντρικού διακομιστή.

ενσωμάτωσης της τεχνολογίας Blockchain με το IoT, είναι η ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα μέσω της χρήσης των έξυπνων συμβάσεων.

Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει μια επισκόπηση των πτυχών της ενσωμάτωσης του blockchain με το Internet of things. Αρχικά, παρουσιάζεται η τεχνολογία blockchain και η κύρια αρχιτεκτονική δομή της. Έπειτα, παρουσιάζονται οι λόγοι ενσωμάτωσης του Blockchain στην αλυσίδα εφοδιασμού καθώς και του Blockchain με την τεχνολογία του IoT, αναλύοντας επίσης, τις εφαρμογές και τις προκλήσεις που δημιουργούνται. Ενώ τέλος, αναλύεται η αρχιτεκτονική και τα πλεονεκτήματα χρήσης των έξυπνων συμβάσεων σε όλα τα είδη των συναλλαγών και των υπηρεσιών που μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω του Blockchain

4.2 Η τεχνολογία Blockchain

Το blockchain ή αλυσίδα των block είναι ουσιαστικά μια διανεμημένη βάση δεδομένων αρχείων ή αλλιώς ένα μητρώο όλων των συναλλαγών ή των ψηφιακών γεγονότων, που έχουν εκτελεσθεί και έχουν μοιραστεί μεταξύ των συμμετεχόντων. Κάθε συναλλαγή στο blockchain ελέγχεται συναινετικά από την πλειοψηφία των συμμετεχόντων στο σύστημα. Μόλις εισαχθούν λοιπόν, οι πληροφορίες δεν μπορούν ποτέ να διαγραφούν. Το blockchain περιέχει ένα ορισμένο και επαληθεύσιμο αρχείο κάθε ενιαίας συναλλαγής που πραγματοποιείται (Sutardja Center report).

Το δίκτυο είναι αποκεντρωμένο και διανεμημένο ισόποσα. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει κάποιο πρόσωπο του δικτύου που να υπερέχει έναντι κάποιου άλλου κατ' οποιονδήποτε τρόπο, ως αποτέλεσμα αυτού, κανένα πρόσωπο δεν πλεονεκτεί σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο. Τα πρόσωπα των συμμετεχόντων στο δίκτυο δεν είναι ίδια, αλλά είναι ίσα μεταξύ τους αναφορικά με οποιαδήποτε διαδικασία εκλογής ή/και επιλογής μεταξύ αυτών. Στατιστικά μιλώντας, εάν τεθεί θέμα εκλογής κάποιου προσώπου, η εκλογή αυτή θα δίνει ίσα ποσοστά επιτυχίας σε κάθε ένα από αυτά τα πρόσωπα και θα εκτελείται τυχαία.

Όλα τα πρόσωπα του δικτύου blockchain, δημιουργούν και μοιράζονται από κοινού ένα αρχείο. Η διαδικασία δημιουργίας και διαφύλαξης του αρχείου αυτού καθορίζεται και ελέγχεται από ένα σύνταγμα κανόνων, που ονομάζεται 'πρωτόκολλο συναίνεσης'. Οι κανόνες αυτοί συντάσσονται με βασικό γνώμονα την κατ' εξαίρεση ανάγκη ύπαρξης εμπιστοσύνης ανάμεσα στα πρόσωπα ενώ σε κάποιες εξαιρετικές περιπτώσεις μπορεί να επιδιώκεται η ανάγκη απόδειξης εμπιστοσύνης μεταξύ των

προσώπων του δικτύου. Η σύνταξη ενός συμπαγούς πρωτοκόλλου συναίνεσης ευνοεί τη μη δημιουργία συνθηκών οι οποίες θα οδηγήσουν τα πρόσωπα του δικτύου στην ανάγκη απόδειξης της τιμιότητάς τους αναφορικά με την συμμετοχή τους στο δίκτυο και έτσι ακολούθως στην οριοθέτηση του δικαιώματος συνύπαρξής τους σε αυτό.

Το Bitcoin, το αποκεντρωμένο peer to peer⁶ ψηφιακό νόμισμα, είναι το δημοφιλέστερο παράδειγμα που χρησιμοποιεί αυτή την τεχνολογία. Το ψηφιακό νόμισμα Bitcoin είναι ιδιαίτερα αμφισβητούμενο, αλλά η ελλοχεύουσα τεχνολογία blockchain λειτουργεί άψογα σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, τόσο στον τομέα της οικονομίας, όσο και εκτός αυτού.

4.2.1 Λειτουργία

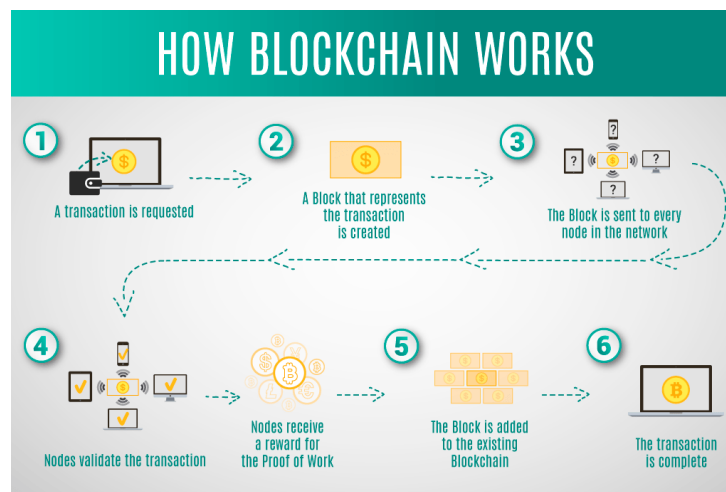
Το blockchain εμπεριέχει τα blocks, όπου το κάθε ένα απ' αυτά περιλαμβάνει τα δεδομένα σε μια αλυσίδα. Τα δεδομένα προστίθενται στο block του blockchain, μέσω της σύνδεσής τους με άλλα δημιουργώντας έτσι μια κοινή αλυσίδα. Το Blockchain, είναι ένα διανεμημένο μητρώο το οποίο μεταφέρεται μέσω του δικτύου μεταξύ όλων των συμμετεχόντων στο δίκτυο, ενώ κάθε συμμετέχοντας είναι σε θέση να κρατήσει ένα αντίγραφό του.

Το πρώτο block ονομάζεται «γένεση». Κάθε κόμβος γνωρίζει τον κατακερματισμό και τη δομή του μπλοκ «γένεσης», το σταθερό χρόνο που δημιουργήθηκε ακόμη και την ενιαία συναλλαγή που εμπεριέχει. Έτσι, κάθε κόμβος έχει το σημείο εκκίνησης για το blockchain, μια ασφαλή "ρίζα" από την οποία δημιουργείτε ένα αξιόπιστο Blockchain. Ένας κόμβος ξεκινάει μια συναλλαγή αφού πρώτα την δημιουργήσει και έπειτα την υπογράψει ψηφιακά με ένα ιδιωτικό κλειδί (δημιουργείται μέσω του συστήματος κρυπτογραφίας). Μια συναλλαγή μπορεί να αντιπροσωπεύσει διάφορες ενέργειες σε ένα blockchain. Συνήθως αναπαριστά μια δομή δεδομένων που αντιπροσωπεύει τη μεταφορά της αξίας μεταξύ των χρηστών σε ένα δίκτυο blockchain. Η δομή των δεδομένων της συναλλαγής αποτελείται συνήθως από κάποια λογική μεταφοράς της αξίας, των σχετικών κανόνων, των διευθύνσεων της πηγής και προορισμού και άλλων πληροφοριών επικύρωσης. Έπειτα, η συναλλαγή διαδίδεται μέσω ενός πρωτοκόλλου που καλείται πρωτόκολλο «gossip»,

⁶ Ο όρος Peer to Peer (P2P) δημιουργήθηκε για να περιγράψει δίκτυα, τα οποία έχουν την απαίτηση οι χρήστες τους να μοιράζονται με τα υπόλοιπα μέλη του δικτύου τα αρχεία τους, τους υπολογιστικούς τους πόρους ή οτιδήποτε άλλο απαιτηθεί για κάποιο κοινό σχέδιο.

στους συμμετέχοντες που επικυρώνουν τη συναλλαγή βασιζόμενοι στα προηγούμενα κριτήρια.

Συνήθως, απαιτούνται περισσότεροι από ένας κόμβοι για να ελεγχθεί η συναλλαγή. Μόλις επικυρωθεί συμπεριλαμβάνεται σε έναν block, το οποίο διαδίδεται επάνω στο δίκτυο. Σε αυτό το σημείο, η συναλλαγή θεωρείται επιβεβαιωμένη. Το block γίνεται τώρα μέρος του μητρώου και το επόμενο συνδέεται με τη σειρά πίσω απ' αυτό. Αυτή η σύνδεση είναι ο δείκτης «hash». Σε αυτό το στάδιο, η συναλλαγή επιβεβαιώνεται ξανά και το block αποκτά την πρώτη επιβεβαίωσή του. Οι συναλλαγές εγκρίνονται ξανά κάθε φορά που δημιουργείται ένα νέο block. Συνήθως, χρειάζονται έξι επιβεβαιώσεις σε ένα δίκτυο, για να εξεταστεί το αποτέλεσμα της συναλλαγής.

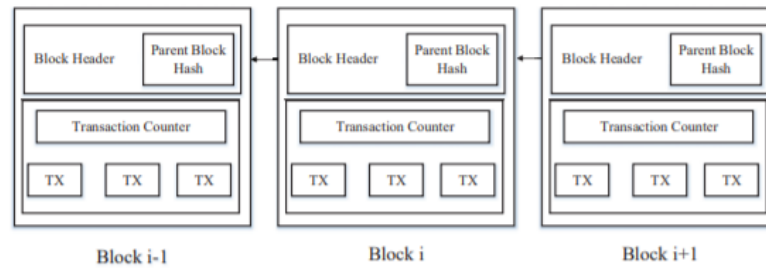


Εικόνα 4. 1: Λειτουργία ενός Blockchain (Πηγή: Lastovetska, 2019).

4.2.2 Αρχιτεκτονική Blockchain

Το Blockchain λοιπόν, είναι ένα μητρώο ή αλλιώς μια ακολουθία από Block⁷, το οποίο περιέχει έναν πλήρη κατάλογο αρχείων συναλλαγής, όπως το συμβατικό δημόσιο μητρώο (D. Lee Kuo, Chuen, Ed, 2015). Το πρώτο block, το «γένεσης», ενός blockchain είναι γνωστό ως πρώτη συναλλαγή. Κάθε block αναφέρεται στο προηγούμενό του ως «parent block», θεωρώντας το ως ένα και μοναδικό. Στην εικόνα 4.1 παρατίθεται ένα παράδειγμα blockchain.

⁷ Στο Block φυλάσσονται τα αμετάβλητα δεδομένα που σχετίζονται με το δίκτυο. Ένα μπλοκ είναι ένα αρχείο στην αλυσίδα των μπλοκ (block chain) το οποίο περιέχει και επικυρώνει πολλές συναλλαγές σε αναμονή.



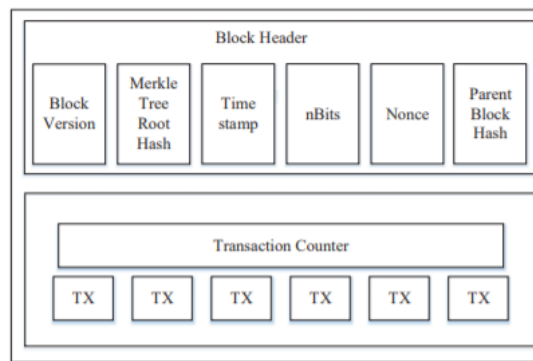
Εικόνα 4. 2: Παράδειγμα Blockchain (Πηγή: Zheng, 2017)

4.2.2.1 Block

Το blockchain αποτελείται από μία σειρά «blocks», το κάθε ένα από τα οποία περιέχει μία πληροφορία στο «εσωτερικό» του όπως φαίνεται στην εικόνα 4.2. Πιο συγκεκριμένα το block header περιλαμβάνει:

1. Έκδοση Block (Block version): προσδιορίζει το είδος των κανόνων στο σετ των block που πρέπει να ακολουθηθεί.
2. Merkle tree root hash: ο τελικός αριθμός hash που δημιουργείται από την διαδικασία hashing με τα κρυπτογραφημένα στοιχεία, ο οποίος ενσωματώνει όλες τις συναλλαγές στο block.
3. Timestamp: Ο τρέχων χρόνος σε δευτερόλεπτα.
4. NBits: κατώτατο όριο στόχων από ένα έγκυρο hash block.
5. Nonce: Ένα πεδίο 4Byte, το οποίο αρχίζει συνήθως με 0 και αυξάνεται για κάθε hash υπολογισμό.
6. Parent block hash: μια 256-bit hash αξία που δείχνει το προηγούμενο block.

Ένα block εμπεριέχει επίσης, έναν μετρητή συναλλαγών (transaction counter) και τις τιμές αυτών. Ο μέγιστος αριθμός συναλλαγών, που μπορεί να περιέχει ένα block, εξαρτάται από το μέγεθος του block και το μέγεθος κάθε συναλλαγής. Το Blockchain χρησιμοποιεί έναν μη συμμετρικό μηχανισμό συστήματος κρυπτογραφίας για να επικυρώσει την αυθεντικότητα των συναλλαγών (NRI,2015). Η ψηφιακή υπογραφή λοιπόν, βασίζεται σε αυτό το μη συμμετρικό σύστημα κρυπτογραφίας και χρησιμοποιείται σε ένα αναξιόπιστο περιβάλλον.



Εικόνα 4. 3: Μορφή ενός Block (Πηγή: Zheng, 2017)

4.2.2.2 Ψηφιακή Υπογραφή

Οι ψηφιακές υπογραφές αποτελούν μια από τις κύριες πτυχές ασφάλειας και ακεραιότητας του δεδομένου που καταγράφεται επάνω σε ένα blockchain. Είναι ένα τυποποιημένο μέρος του πρωτοκόλλου ενός blockchain το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για την εξασφάλιση των συναλλαγών, των φραγμών τους, την μεταφορά των πληροφοριών, την διαχείριση των συμβάσεων και οποιωνδήποτε άλλων ειδικών περιπτώσεων. Οι ψηφιακές υπογραφές χρησιμοποιούν ένα μη συμμετρικό σύστημα κρυπτογραφίας, στο οποίο οι πληροφορίες μπορούν να μοιραστούν σε οποιονδήποτε μέσω της χρήσης ενός δημόσιου κλειδιού (Lisk Academy).

Οι ψηφιακές υπογραφές παρέχουν τρία βασικά πλεονεκτήματα φύλαξης και μεταφοράς των πληροφοριών σε ένα blockchain. Αρχικά, εγγυώνται την ακεραιότητα της συναλλαγής. Θεωρητικά τα δεδομένα που στέλνονται μπορούν να διαφοροποιηθούν, χωρίς να τα παραβιάσει κάποιος χάκερ. Εντούτοις, εάν αυτό συμβεί σε κάποιο δεδομένο το οποίο εμπεριέχει μια ψηφιακή υπογραφή, η υπογραφή ακυρώνεται. Επομένως, το ψηφιακά υπογεγραμμένο δεδομένο που κρυπτογραφείται είναι ασφαλές, αλλά ταυτόχρονα, μπορεί επίσης να δώσει πληροφορίες για το εάν έχει πειραχτεί.

Οι ψηφιακές υπογραφές όχι μόνο εξασφαλίζουν τα δεδομένα, αλλά και την ταυτότητα του ατόμου που τα στέλνει. Η ιδιοκτησία μιας ψηφιακής υπογραφής είναι πάντα συνδεδεμένη με έναν συγκεκριμένο χρήστη.

Ο χαρακτηριστικός ψηφιακός αλγόριθμος υπογραφών, που χρησιμοποιείται στα blockchain είναι ο elliptic curve digital signature (ECDSA), (Zheng, 2017).

4.2.2.3 Βασικά χαρακτηριστικά ενός Blockchain

Παρακάτω θα παρουσιαστούν τα τέσσερα βασικά χαρακτηριστικά του blockchain (Karim, Umar and Lakhani, 2018).

Χαρακτηριστικά:

- **Αμετάβλητο ή ασφαλές:** Ένα blockchain αποτελεί ένα μόνιμο αρχείο συναλλαγών. Μόλις προστεθεί ένα μπλοκ, δεν μπορεί να αλλοιωθεί. Αυτό δημιουργεί αξιοπιστία στην καρτέλα συναλλαγής.
- **Αποκεντρωμένο:** Ένα blockchain αποθηκεύεται σε ένα αρχείο, το οποίο μπορεί να προσπελαστεί και να αντιγραφεί από οποιονδήποτε κόμβο του δικτύου. Αυτό δημιουργεί αποκέντρωση.
- **Εμπιστοσύνη:** (Επαλήθευση αξιοπιστίας): Κάθε μπλοκ στο blockchain επαληθεύεται ανεξάρτητα από τα υπόλοιπα μέσω ενός μοντέλου συναίνεσης, που παρέχει κανόνες για την επικύρωση ενός μπλοκ και συχνά χρησιμοποιεί μια σπάνια πηγή (όπως η υπολογιστική ισχύ) για να αποδείξει ότι έγινε η μέγιστη προσπάθεια. Στο Bitcoin αυτό αναφέρεται, ως διαδικασία εξόρυξης (mining process). Ο μηχανισμός αυτός λειτουργεί χωρίς τη χρήση κεντρικής αρχής.
- **Διαφάνεια:** (πλήρες ιστορικό συναλλαγών) Το blockchain είναι ένα ανοιχτό δημόσιο αρχείο, όλες του οι συναλλαγές είναι καταγεγραμμένες στο μητρώο και είναι δημόσια προσβάσιμες ανά πάσα στιγμή.

4.2.2.4 Ταξινόμηση των συστημάτων Blockchain

Τα συστήματα blockchain ταξινομούνται σε τρεις τύπους: δημόσια, ιδιωτικά και κοινοπραξίας. Σε ένα δημόσιο blockchain όλα τα αρχεία είναι ορατά στο κοινό και το καθένα μπορεί να συμμετέχει στη διαδικασία συναίνεσης. Διαφορετικά, μόνο μια ομάδα επιλεγμένων εκ των προτέρων κόμβων θα μπορούσε να συμμετέχει στη διαδικασία συναίνεσης μιας κοινοπραξίας blockchain. Αναφορικά με το ιδιωτικό blockchain επιτρέπονται μόνο οι κόμβοι που προέρχονται από μια συγκεκριμένη οργάνωση, ώστε να ενώσουν τη διαδικασία συναίνεσης. Ένα ιδιωτικό blockchain θεωρείται ένα συγκεντρωμένο δίκτυο δεδομένων το οποίο ελέγχεται πλήρως από μια

οργάνωση. Το blockchain κοινοπραξίας κατασκευάζεται από διάφορες οργανώσεις, ενώ είναι μερικώς αποκεντρωμένο δεδομένου ότι μόνο μια μικρή μερίδα των κόμβων επιλέγεται, ώστε να καθορίσει τη συναίνεση (Zheng, 2017).

4.3 Ενσωμάτωση Blockchain/IoT στην ανάπτυξη της αλυσίδας εφοδιασμού

4.3.1 Blockchain και αλυσίδα εφοδιασμού

Το blockchain ενσωματώθηκε σε διάφορα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας για να μπορέσει να την καταστήσει πιο διαφανή, αυθεντική και αξιόπιστη. Το blockchain παρέχει ένα αρχείο συναλλαγών. Όλα τα στοιχεία ενός προϊόντος ή μιας αποστολής συλλέγονται μέσω διαφορετικών τεχνολογιών και επικυρώνονται κάθε φορά που είναι να καταγραφούν στο μόνιμο αρχείο του blockchain (Ramamurthy, 2016; Zyskind, Nathan, & Pentland, 2015). Η ενσωμάτωση του Blockchain στις αλυσίδες εφοδιασμού είναι κάτι καινούριο για την επιστημονική κοινότητα γι' αυτό, είναι σημαντικό να αναφερθούν οι λόγοι για τους οποίους το Blockchain είναι σε θέση να βοηθήσει τις αλυσίδες εφοδιασμού να αναπτυχθούν ένα βήμα παραπάνω.

4.3.1.1 Διαφάνεια, αυθεντικότητα, εμπιστοσύνη και ασφάλεια

Οι συναλλαγές με δυνατότητα blockchain προσφέρουν διαφάνεια στις εταιρείες που συμμετέχουν (Wanga Y., Singgiha M., Wanga J., Ritb M., 2019). Για παράδειγμα, μπορεί να δημιουργηθεί ένα Block για μια συναλλαγή από την διανομή ενός προϊόντος έως και την πώλησή του. Αυτό το επίπεδο διαφάνειας και ορατότητας είναι ουσιώδες για τη βελτίωση της ανιχνευσιμότητας των προϊόντων και τη διασφάλιση της γνησιότητας των προϊόντων καθώς και της νομιμότητάς τους. Για την παρακολούθηση των προϊόντων σε πραγματικό χρόνο, οι αλυσίδες θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν όπως προαναφέρθηκε στο 3^ο κεφάλαιο, το παγκόσμιο σύστημα εντοπισμού θέσης (GPS) και τις ετικέτες ραδιοσυχνότητας (RFID). Επειδή, όλα τα δεδομένα καταγράφονται μέσα σε ένα blockchain τα αρχεία των συναλλαγών και των δραστηριοτήτων διανέμονται μεταξύ όλων των μελών του δικτύου σε αντίθεση, με την παραδοσιακή μέθοδο στην οποία συμμετείχε κάποιος μεσολαβητής. Κάθε συμμετέχων μπορεί να ελέγξει την πρόοδο και τη θέση των προϊόντων του παρέχοντας ταυτόχρονα πληροφορίες στο σύστημα.

Αυτή η βελτιωμένη ορατότητα παρέχει στοιχεία της κατάστασης και της τοποθεσίας ενός προϊόντος τα οποία θα μπορούσαν να ενισχύσουν την εμπιστοσύνη στους πωλητές (Loop, 2017; Olavsrud, 2016). Η διαφάνεια που επιτυγχάνεται στις αλυσίδες μπλοκ είναι καίριας σημασίας για την οικοδόμηση της αλυσίδας και μπορεί να φέρει επανάσταση στον τρόπο με τον οποίο κατανοούμε τις εφοδιαστικές αλυσίδες. Η εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι μικρή λόγω της έλλειψης διαφάνειας και ορατότητας, ιδίως σε αλυσίδες εφοδιασμού με πολλές διαφορετικές βαθμίδες (Kembro et al., 2017; Grimm et al., 2014). Με το Blockchain όμως, η εμπιστοσύνη ενσωματώνεται και προγραμματίζεται στην εκάστοτε τεχνολογική πλατφόρμα. Κάποιες φορές μάλιστα οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας μπορούν να εκτελεστούν σε ένα περιβάλλον χωρίς την ανάγκη ύπαρξης μιας διαδικασίας οικοδόμησης εμπιστοσύνης μεταξύ των οργανισμών.

Το Blockchain διαδραματίζει σημαντικό ρόλο αναφορικά με τα κλεμμένα εμπορεύματα, την αντικατάστασή τους και την αποφυγή ψεύτικων συναλλαγών. Η βελτιωμένη ασφάλεια είναι ένας ακόμα λόγος για να ενσωματωθεί η χρήση του Blockchain στις αλυσίδες εφοδιασμού. Για να επιτευχθεί ασφάλεια θα πρέπει τόσο η αξιοπιστία όσο και η αυθεντικότητα να καθιερωθεί. Ένα βασικό χαρακτηριστικό του blockchain είναι η ακεραιότητα των δεδομένων του. Οι πληροφορίες που αποθηκεύονται σε ένα blockchain είναι αμετάβλητες μόλις ενωθούν στη γραμμική αλυσίδα. Αυτό το αμετάβλητο οφείλεται στα κατανεμημένα χαρακτηριστικά της τεχνολογίας αυτής, όπου μόνο τα αληθινά και επαληθευμένα δεδομένα αποθηκεύεται μεταξύ όλων των μελών του δικτύου (Kim and Laskowski, 2016).

4.3.1.2 Αποδοτικότητα και μείωση κόστους/αποβλήτων

Η ενσωμάτωση των blockchain μπορεί να βελτιώσει την αποδοτικότητα των εφοδιαστικών αλυσίδων, καθώς η τεχνολογία blockchain επιταχύνει τη μεταφορά των δεδομένων μεταξύ των διαφορετικών τμημάτων της. Ως εκ τούτου, επιτυγχάνεται μείωση του χρόνου στην διαδικασία μεταφοράς, την διαχείριση του αποθέματος και εν τέλει μείωση των αποβλήτων και του κόστους (Kharif, 2016).

Ένα άλλο κομμάτι που θα αναλυθεί παρακάτω είναι οι έξυπνες συμβάσεις που αποτελούν έναν από τους βασικούς μηχανισμούς για τη βελτίωση της αποδοτικότητας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι έξυπνες συμβάσεις γίνονται με τη

χρήση αλγόριθμων προγραμματισμού. Οι κανόνες και οι συνέπειες εντός μιας έξυπνης σύμβασης ορίζονται με τον ίδιο τρόπο όπως ένα παραδοσιακό νομικό έγγραφο αναφέροντας τις υποχρεώσεις, τα οφέλη και τις ποινές των συμμετεχόντων (Gupta, 2017). Οι συμβάσεις εκτελούνται από ένα σύστημα blockchain το οποίο επιτρέπει διαδοχικές παραγγελίες αγορών, τιμολόγια, αλλαγές παραγγελιών, παραλαβές και διάφορα άλλα έγγραφα που σχετίζονται με το εμπόριο και τα δεδομένα απογραφής σε μια αλυσίδα εφοδιασμού. Η βελτιωμένη ορατότητα των δεδομένων παρέχει στους επιμέρους παράγοντες της εφοδιαστικής αλυσίδας βαθιά κατανόηση των αναγκών του καταναλωτικού κοινού, καθώς και ενημερώνει αναφορικά με τη ζήτηση σε συγκεκριμένα προϊόντα. Αυτές οι ικανότητες μπορούν να οδηγήσουν σε ακριβείς προβλέψεις ζήτησης και κατά συνέπεια σε καλύτερες αποφάσεις.

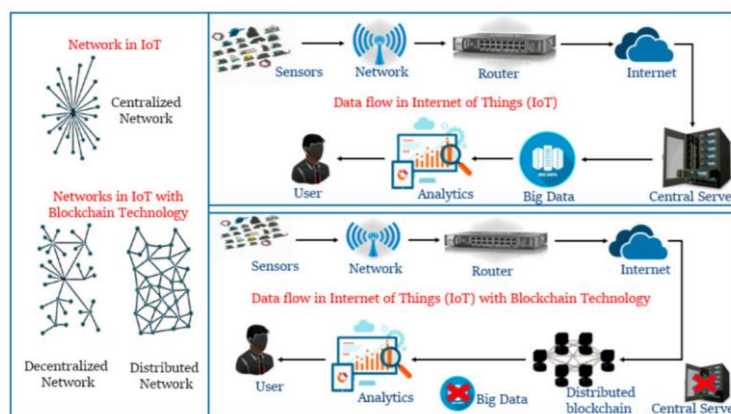
Η αποδοτικότητα μπορεί να αποκτηθεί μέσω της ψηφιοποίησης του εγγράφου μεταφορών και την επιτάχυνση της ροής των δεδομένων, ιδίως στο πλαίσιο των διασυννοριακών δραστηριοτήτων. Ένα άλλο όφελος επίσης, είναι οι αλυσίδες ταχείας παρακολούθησης οι οποίες συχνά μειώνουν τον χρόνο από ημέρες σε λεπτά από την προέλευση έως την ολοκλήρωση. Η αποδοτικότητα μπορεί επίσης, να επιτευχθεί μέσω προληπτικών μέτρων. Για παράδειγμα, ο Kharif (2016) υποστηρίζει ότι το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση της ασφάλειας των τροφίμων και των αποβλήτων μειώνοντας έτσι τις λειτουργικές δαπάνες. Άλλα οφέλη περιλαμβάνουν τη βελτίωση της διαχείρισης του αποθέματος χωρίς την ανάγκη διπλών επαληθεύσεων και την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από τη ελάττωση της χρήσης του χαρτιού (Field, Lohade, 2017).

4.3.2 Ενσωμάτωση IoT στο Blockchain

Η τεχνολογία blockchain μπορεί να δώσει λύσεις στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν τα συστήματα IoT. Όταν αυξάνονται τα σενάρια των συστημάτων IoT, υπάρχουν περισσότερες πιθανότητες να υπάρξει αυξημένος αριθμός αλληλεπίδρασης πραγμάτων ή συσκευών σε αυτό (Kumar N., Mallick P., 2018). Αυτός ο αυξανόμενος αριθμός συσκευών χρησιμοποιεί ως μέσο το διαδίκτυο για τις αλληλοεπιδράσεις του, με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών εμποδίων, διότι, στα συστήματα του IoT, τα συλλεγόμενα δεδομένα διατηρούνται σε κεντρικούς σέρβερ.

Εάν, οι συσκευές θέλουν να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα, πρέπει να αλληλεπιδρούν χρησιμοποιώντας το κεντρικό δίκτυο και η ροή των δεδομένων να πραγματοποιείται μέσω του κεντρικού σέρβερ. Αυτή η ροή απεικονίζεται στην εικόνα 4.4. Οι αυξανόμενες ανάγκες του IoT και των εφαρμογών του οδηγούν στη χρήση μεγάλων συστημάτων. Σε τόσο μεγάλης κλίμακας συστήματα ο κεντρικός σέρβερ δεν μπορεί να είναι εύκολα αποτελεσματικός. Τα περισσότερα συστήματα IoT που υλοποιούνται βασίζονται στην κεντρική έννοια του σέρβερ. Στα συστήματα του IoT, οι συσκευές αισθητήρων συλλέγουν τις πληροφορίες και επιτρέπουν τη μεταφορά των δεδομένων στον κεντρικό εξυπηρετητή μέσω ενσύρματων/ασύρματων δικτύων, που αναφέρονται ως Διαδίκτυο. Από τον κεντρικό σέρβερ, οι αναλύσεις εκτελούνται σύμφωνα με τις απαιτήσεις και την ευκολία των χρηστών. Με την ίδια λογική, λοιπόν, τα μεγάλης κλίμακας συστήματα IoT επιθυμούν να γίνει η ανάλυση των δεδομένων τους. Για τον χειρισμό των τεράστιων δεδομένων που επεξεργάζονται αυτά τα συστήματα είναι αναγκαία η αύξηση των υποδομών του διαδικτύου. Ένας τρόπος να λυθεί αυτό είναι να υπάρχουν αποκεντρωμένα ή διανεμημένα δίκτυα όπως Peer-to-peer networking (PPN), κατανεμημένο κοινόχρηστο αρχείο (DFS) και αυτόνομη συσκευή Συντονισμού (ADC).

Η τεχνολογία Blockchain μπορεί να εκτελέσει αυτές τις τρεις λειτουργίες επιτρέποντας στα συστήματα να παρακολουθήσουν τον τεράστιο αριθμό συνδεδεμένων και δικτυωμένων συσκευών. Το BC επιτρέπει στα IoT συστήματα να επεξεργάζονται συντονισμένα τις συναλλαγές μεταξύ των συσκευών. Η διαδικασία ροής δεδομένων στο IoT σε συνδυασμό με την τεχνολογία BC είναι διαφορετική από το κλασσικό IoT. Στο IoT μαζί με το BC η ροή δεδομένων συλλέγεται και διανέμεται από τους αισθητήρες στο δίκτυο, έπειτα, στο ρούτερ, μέσω του ιντερνέτ και καταλήγει στον τελικό χρήστη. Εδώ, η λίστα ταξινόμησης είναι απόδειξη παραβίασης, η οποία δεν επιτρέπει παρερμηνείες, λανθασμένες πιστοποιήσεις στα δεδομένα κλπ. Το blockchain καταργεί εντελώς την επικοινωνία μονού νήματος (STC) στο IoT κάνοντας το σύστημα πιο αξιόπιστο. Με την ενσωμάτωση του BC, στο IoT, η ροή των δεδομένων καθίσταται πιο αξιόπιστη και ασφαλής.



Εικόνα 4. 4: Τύποι δικτύων στο IoT (Πηγή: Kumar N., Mallick P., 2018)

4.3.2.1 Οι προκλήσεις της ενσωμάτωσης του BCT με το IoT

Σε αυτήν την παράγραφο αναλύονται οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ενσωμάτωση του blockchain στο IoT και καθορίζονται σε μεγάλο βαθμό από τη χρήση συναινετικών πρωτόκολλων, τον αριθμό των κόμβων και τους τύπους των κόμβων που είναι επιλεγμένοι (Viriyasitavat W, Anuphaptrirong T.).

1. **Μεγάλος χρόνος για τον οριστικό διακανονισμό των συναλλαγών:** Η καθυστέρηση έναρξης μιας υποβληθείσας συναλλαγής έως την οριστικοποίησή της παρουσιάζει μια δυσκολία, ιδίως σε κρίσιμες στιγμές που μπορεί να εμφανιστούν σε πολλές εφαρμογές IoT. Αυτή η οριστικότητα αποτελεί μια ουσιαστική ιδιότητα, που εξασφαλίζει το αμετάβλητο των συναλλαγών. Το μεγαλύτερο μέρος του δημόσιου blockchain χρησιμοποιεί συναινετικά πρωτόκολλα, που μπορούν να εγγυώνται μόνο πιθανή οριστικότητα. Τα ιδιωτικά και απόρρητα συστήματα blockchain αποτελούνται, από μικρότερο αριθμό κόμβων και επιλέγουν να χρησιμοποιούν την συναίνεση η οποία μπορεί να συγχρονίσει όλα τα αποτελέσματα των κόμβων και ως εκ τούτου να προσφέρει γρήγορο και αμετάκλητο οριστικό διακανονισμό. Ο αριθμός των κόμβων επηρεάζει ιδιαίτερα την επιλογή του πρωτόκολλου και ως εκ τούτου, καθορίζει την καθυστέρηση του οριστικού διακανονισμού.
2. **Προκατάληψη τελικού αποτελέσματος:** Το ιδιωτικό blockchain εξαρτάται από τους εξουσιοδοτημένους κόμβους που εκτελούν την επικύρωση της συναλλαγής ως μέρος μιας συναινετικής διαδικασίας. Οι

κακόβουλοι κόμβοι μπορούν εσκεμμένα να συνωμοτήσουν για να εκμεταλλευτούν το σύστημα. Αυτός ο κίνδυνος παρουσιάζεται επίσης στο δημόσιο Blockchain. Μία επίθεση απαιτεί τουλάχιστον το 51% των πόρων για τον έλεγχο της συμπεριφοράς του συστήματος το οποίο είναι πρακτικά αδύνατο να συμβεί όταν ο αριθμός των κόμβων είναι μεγάλος. Ωστόσο, στην πράξη μόνο τέσσερις κόμβοι κατέχουν από το 50% και άνω της δύναμης εξόρυξης. Επιπλέον, το σύστημα τείνει να γίνεται σταδιακά κεντρικό, εάν ο αριθμός των κόμβων είναι μικρός. Αυτές οι καταστάσεις οδηγούν σε μεγαλύτερη προκατάληψη του τελικού αποτελέσματος.

3. **Εμπιστοσύνη στην επεξεργασία των διαδικασιών και των πληροφοριών IoT:** Οι επιχειρησιακές διαδικασίες βασίζονται σε μια κεντρική εφαρμογή ή λογισμικό για την λειτουργία τους. Παρόλο που το BC χρησιμοποιείται για την παροχή αξιόπιστης αποθήκευσης δεδομένων, η εμπιστοσύνη της εκτέλεσης των διαδικασιών εξαρτάται άνευ όρων από την εφαρμογή ή το λογισμικό όσον αφορά την ορθότητά του. Σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει ο κίνδυνος ενός μοναδικού σημείου αποτυχίας. Η εμπιστοσύνη του αποτελέσματος μέσα από τη διόρθωση των εκτελέσεων είναι κρίσιμη. Οι έξυπνες συμβάσεις μέσω του Blockchain μπορεί να αποτελέσουν μια λύση, καθώς μπορούν να μετατοπίσουν τη διαδικασία εκτέλεσης κατευθείαν στο Blockchain. Με αποτέλεσμα να μπορεί να θεσπιστεί εμπιστοσύνη στις εκτελέσεις.
4. **Υψηλή κατανάλωση πόρων:** το δημόσιο blockchain συνήθως χρησιμοποιεί συναινετικά πρωτόκολλα που απαιτούν υψηλή κατανάλωση πόρων.

4.3.2.2 Μελλοντικοί τομείς εφαρμογής Blockchain με το IoT

Ερευνητές σε όλο τον κόσμο αναπτύσσουν και διερευνούν ευφυείς τρόπους για την εφαρμογή του blockchain στο IoT. Αυτές οι περιπτώσεις στοχεύουν στα εγγενή οφέλη του blockchain όπως ο αποκεντρωμένος έλεγχος, το αμετάβλητο, η ασφάλεια κρυπτογράφησης, η ανοχή σφαλμάτων, η ακεραιότητα των δεδομένων, ο έλεγχος ταυτότητας και η δυνατότητα εκτέλεσης έξυπνων συμβάσεων.

Δεδομένου ότι το Blockchain και το IoT θα αποτελέσουν σύντομα μια νέα πλατφόρμα για τις ηλεκτρονικές επιχειρήσεις θα είναι σε θέση να ενεργοποιήσουν

ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών και να οδηγήσουν στη βελτίωση των υφιστάμενων επιχειρήσεων και στη δημιουργία νέων επιχειρηματικών ευκαιριών. Σύμφωνα με την βιβλιογραφία, θα κατηγοριοποιηθούν σε πέντε διαφορετικές ομάδες: την ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα, την κοινή οικονομία, την έξυπνη πόλη, το σύστημα οχημάτων, το σύστημα επιτήρησης και τα μεγάλα δεδομένα.

Ενδεικτικά αναφέρονται παρακάτω κάποιες καινοτόμες εφαρμογές του Blockchain με την ενσωμάτωση του IoT (Makhdooma I., Abolhasana M., Abbasbc H., Nid W., 2019).

Οχήματα

Η βιομηχανία αυτοκινήτων έχει πολλές περιπτώσεις χρήσεις του blockchain, επειδή αποτελεί μια βιομηχανία μέτριας έντασης. Η κεντρική αλυσίδα εφοδιασμού και η διανομή με βάση την εμπιστοσύνη είναι το μοντέλο με το οποίο κατασκευάζονται και αποκτούνται τα οχήματα για καθημερινή χρήση. Το IoT μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αυτόματη ενημέρωση της λίστας του blockchain, ώστε να διατηρεί την παραγωγή οχημάτων διαφανή και αμετάβλητη. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της διαφάνειας σε ολόκληρη τη βιομηχανία. Τα ανταλλακτικά προέρχονται από πολλούς διαφορετικούς προμηθευτές και η εφαρμογή του blockchain μαζί με το IoT μπορεί να βοηθήσει στην παρακολούθηση των κομματιών σε μια μονάδα παραγωγής μέσω ενός συστήματος ελέγχου ταυτότητας το οποίο θα βελτίωνε τον τρόπο με τον οποίο αγοράζονται, πωλούνται, κατασκευάζονται και διανέμονται τα οχήματα.

Έξυπνες συσκευές

Οι έξυπνες συσκευές στις μέρες μας, τοποθετούνται σε όλα τα καινούρια σπίτια και κτίρια που χτίζονται. Αντί λοιπόν, να αποθηκεύουν αυτά τα δεδομένα σε έναν κεντρικό σέρβερ ή στο cloud, τα δεδομένα των έξυπνων συσκευών θα μπορούσαν να αποθηκευτούν στο Blockchain. Αυτό θα βοηθούσε στην ασφάλεια των προσωπικών πληροφοριών και στη διατήρηση της ασφάλειας των περιεχομένων του σπιτιού. Τα δεδομένα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη βελτίωση των στοιχείων όπως το ενεργειακό κόστος για ένα ολόκληρο τετράγωνο χωρίς τη σύνδεση των πληροφοριών με το άτομο ή το συγκεκριμένο σπίτι χρησιμοποιώντας δημόσια/ιδιωτικά κλειδιά για την ανάλυση της ταυτότητας του εκάστοτε χρήστη.

Αλυσίδες Εφοδιασμού

Η παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού είναι πολυεπίπεδη και περιλαμβάνει εκατοντάδες τμήματα απ' όλες τις χρονικές ζώνες. Η μετακίνηση των διαδικασιών της αλυσίδας εφοδιασμού στο blockchain συχνά συζητείται από τους λάτρεις των καταναμημένου καθολικού. Από τους διανομείς τροφίμων έως τις φαρμακευτικές επιχειρήσεις πολλές αλυσίδες εφοδιασμού θα μπορούσαν να επωφεληθούν από τη χρήση ενός συνδυασμού του IoT και του blockchain, για να διευκολύνουν τις διαδικασίες της λειτουργίας τους. Η μεταβίβαση της κυριότητας και της τοποθεσίας θα μπορούσε να παρακολουθείται σε πραγματικό χρόνο μεταξύ των συστημάτων του IoT, των ίδιων των μηχανισμών ή κάθε αντικειμένου ξεχωριστά. Χρησιμοποιώντας τα «πράγματα» στο διαδίκτυο των πραγμάτων δημιουργείται η δυνατότητα σύνδεσης και μετανάστευσης των συναφών δεδομένων στο blockchain, ώστε να αυτοματοποιείται η επαλήθευση της αλυσίδας εφοδιασμού και των συναλλαγών της.

Αποθήκευση δεδομένων IoT σε αλυσίδες και αποκεντρωμένα δίκτυα μηχανημάτων

Όπως ανέφεραν οι τελευταίες δύο περιπτώσεις χρήσης, το IoT συσσωρεύει δεδομένα τα οποία κανονικά αποθηκεύονται σε μια κεντρική και μη ασφαλή τοποθεσία. Τα αποκεντρωμένα δίκτυα μηχανών θα μπορούσαν να είναι η μεγαλύτερη «αποκεντρωμένη» απάντηση στα κεντρικά προβλήματα αποθήκευσης και συνδεσιμότητας δεδομένων του δικτύου. Αυτό το δίκτυο θα είναι σε θέση να μεταδίδει και να αποθηκεύει δεδομένα και ενδεχομένως να χρησιμοποιηθεί σε αποκεντρωμένα ασύρματα δίκτυα (DWN), ώστε να παρέχεται ένα ανοικτό κανάλι για την επικοινωνία μεταξύ των συσκευών.

Ενεργειακές αγορές

Οι καταναλωτές θα μπορούσαν να έχουν άμεση πρόσβαση σε θέσεις της αγοράς ενέργειας μέσω μιας πλατφόρμας blockchain. Οι συσκευές θα μπορούσαν να συνδεθούν σε αυτήν την πλατφόρμα, ανεβάζοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και προσφέροντας πλεονάσαμε ενεργειακού δικτύου, μειωμένα απόβλητα και νέες ροές εισοδήματος και πιο αποδοτικές υπηρεσίες κοινής ωφέλειας στις μάζες.

4.3.3 Ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα (Digital Supply chain)

Ένας από τους σημαντικότερους τομείς εφαρμογής της τεχνολογίας Blockchain με το IoT, είναι η ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα (Digital Supply Chain), (Viriyasitavat W, Anuphaptrirong T.). Η ψηφιακή εφοδιαστική αλυσίδα απαιτεί τη συνεργασία διάφορων επιχειρήσεων μέσω της ενσωμάτωσης ή της ανταλλαγής συγκεκριμένων δεδομένων σε διάφορους οργανισμούς και συστήματα. Η κοινοποίηση και η επεξεργασία των πληροφοριών μέσα σε μια ψηφιακή αλυσίδα, δεν περιορίζεται πλέον σε οργανωτικό επίπεδο, αλλά περιλαμβάνει μεγάλη ποσότητα συναλλαγών από συσκευές του ίντερνετ, όπως αισθητήρες. Για να μπορέσει λοιπόν, να προσαρμόζονται στις απαιτήσεις των πελατών, τα σύγχρονα συστήματα που χρησιμοποιούνται στοχεύουν στην ορατότητα της αλυσίδας, στον έλεγχο της ουράς της γραμμής παραγωγής και στην αυτόματη πληροφόρηση μεταξύ των τομέων και όπως επίσης, και στην ενοποίηση των υπάρχοντων δεδομένων. Αυτές οι διεργασίες λειτουργούν υπό την επίβλεψη τρίτων στα παραδοσιακά συστήματα αλυσίδων εφοδιασμού. Ωστόσο, τα κεντρικά συστήματα είναι μονοπωλιακά και αδιαφανή με αποτέλεσμα την δημιουργία πολλών προβλημάτων εμπιστοσύνης, όπως απάτη, διαφθορά, παραποίηση πληροφοριών κλπ. (Tian F., 2017). Τα προβλήματα αυτά θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν μέσω της τεχνολογίας blockchain. Ο Tian το 2017, εφάρμοσε την τεχνολογία Blockchain για τον εντοπισμό τροφίμων σε πραγματικό χρόνο, ώστε να συμμορφώνεται με τους κανονισμούς HACCP (ανάλυση επικινδυνότητας και κρίσιμα σημεία ελέγχου) για την ασφάλεια των τροφίμων. Οι πληροφορίες από τις συσκευές IoT όπως και τα δεδομένα από τις ετικέτες RFID μέχρι το τέλος της διαδικασίας, μοιράζονταν από τους συνεργάτες της τροφικής αλυσίδας και γινόταν διαφανείς και αξιόπιστες μέσα από τον σχεδιασμό του Blockchain.

Πρόσφατα, δημιουργήθηκαν πολλές εφαρμογές του blockchain στην ψηφιακή αλυσίδα εφοδιασμού όπως το SmartLog (<https://www.kinno.fi/en/smartlog>), ένα ανοιχτό project που βασίζεται σε Hyper ledger παρέχοντας την απόδειξη για την σχέση IoT-Blockchain στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Ενώ τέλος, οι παραδοσιακές διεργασίες αξίζει να αναφερθεί ότι είναι πολύ δύσκολο να αλλάξουν και να προσαρμοστούν, ενώ η μετάβαση αυτή μπορεί να είναι υπερβολικά δαπανηρή και να εισάγει κινδύνους.

4.3.3.1 Πλεονεκτήματα χρήσης Blockchain/IoT στην αλυσίδα εφοδιασμού

Οι καταναλωτές απαιτούν κορυφαία προϊόντα, καλύτερη εξυπηρέτηση, μεγαλύτερη διαφάνεια, βελτιωμένα πρότυπα ασφάλειας και ταχύτερη παράδοση. Από την άλλη πλευρά, οι αλυσίδες εφοδιασμού είναι γεμάτες με εγγενείς κινδύνους συμπεριλαμβανομένης της κλοπής, της παραποίησης/απομίμησης, της βλάβης του προϊόντος, των εσφαλμένων συνθηκών αποθήκευσης και της μη συμμόρφωσης των κανόνων. Ως εκ τούτου, αρχίζει να ενσωματώνεται παγκοσμίως μια ποικιλία τεχνολογικών καινοτομιών στις εφοδιαστικές αλυσίδες.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων και το blockchain είναι δύο νέες τεχνολογίες που παρέχουν επιχειρηματική αξία στις σύγχρονες αλυσίδες εφοδιασμού. Αυτός ο συνδυασμός λοιπόν, μπορεί να αποφέρει καλύτερη παρακολούθηση των προϊόντων και κοινή πρόσβαση σε αξιόπιστα και ακριβή δεδομένα σχετικά με την αρχική ιδέα του προϊόντος, την κατασκευή, την αποθήκευση, την μεταφορά καθώς και την τελική παράδοσή του στους πελάτες.

Ο συνδυασμός του Blockchain με το IoT αποτελεί μια ισχυρή δύναμη. Για παράδειγμα, το IoT χρησιμοποιείται για την παρακολούθηση και τον έλεγχο πιθανών σφαλμάτων στην παραγωγή (ένδειξη υψηλής θερμοκρασίας ενός μηχανήματος). Τα τμήματα που ενδιαφέρονται για αυτά τα περιστατικά μπορούν να αποκτήσουν άμεση πρόσβαση σε αξιόπιστες και επαληθευμένες πληροφορίες αυτού του συμβάντος μέσα από το καθολικό Blockchain.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων και το blockchain είναι δύο τεχνολογίες που παρέχουν επιχειρηματική αξία για τις σύγχρονες αλυσίδες εφοδιασμού σε διάφορες διαστάσεις. Πιο αναλυτικά αξίζει να αναφερθούν τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

Εντοπισμός και παρακολούθηση προϊόντων

Μέσα από την βελτίωση της διαδικασίας εντοπισμού και παρακολούθησης των προϊόντων μειώνεται η ανάγκη για στοκ παρέχοντας ορατότητα σε πραγματικό χρόνο, των επιπέδων απογραφής και των αποστολών. Οι επείγουσες παραγγελίες μπορούν, να επισπευσθούν και να δρομολογηθούν, χωρίς να επηρεάζουν τα χρονοδιαγράμματα της παραγωγής και των αποστολών προς τους πελάτες. Ο συνδυασμός των αισθητήρων IoT με το blockchain μπορεί να φέρει μεγάλη τεχνολογική πρόοδο στις αλυσίδες εφοδιασμού. Οι πολλαπλασιαστικές επιπτώσεις του συνδυασμού αυτών των δύο τεχνολογιών βελτιώνουν την παρακολούθηση και

τον εντοπισμό των προϊόντων όπως εμφανίζεται στον ακόλουθου πίνακα από την ομάδα συμβούλων της Βοστώνης.

	CONSOLIDATION AND TRADE FINANCING	TRANSPORTATION	CUSTOMS	SHIPPING TO WAREHOUSE	DISTRIBUTION
Traditional process	<ul style="list-style-type: none"> Urgent shipments not prioritized Time-consuming and costly LC process 	<ul style="list-style-type: none"> Product damage while shipping Delays in insurance claim fulfillment 	<ul style="list-style-type: none"> Dependence on brokers for accurate documentation 	<ul style="list-style-type: none"> Fraud and product pilferage 	<ul style="list-style-type: none"> Inefficient casing and batching Inefficient routing
With IoT Real-time visibility	<ul style="list-style-type: none"> Prioritization of urgent shipments Time-consuming and costly LC process 	<ul style="list-style-type: none"> Monitoring of product damage while shipping Insurance proof delays 	<ul style="list-style-type: none"> Dependence on brokers for accurate documentation 	<ul style="list-style-type: none"> Less fraud and product pilferage 	<ul style="list-style-type: none"> Inefficient casing and batching Efficient routing based on real-time traffic data
With IoT plus blockchain Real-time actionability	<ul style="list-style-type: none"> Real-time traceability Smart contracts automate the LC process 	<ul style="list-style-type: none"> Instant insurance claim fulfillment and faster dispute resolution 	<ul style="list-style-type: none"> No need for brokers to ensure the accuracy of documentation 	<ul style="list-style-type: none"> Fraud detected in real time 	<ul style="list-style-type: none"> Efficient casing and batching that improve container utilization

Pain point (red star) Fully solved (green circle) Partially solved (grey circle)

Source: BCG analysis.
 Note: LC = letter of credit.

Εικόνα 4. 5: Κρίσιμα σημεία επιρροής της ενσωμάτωσης του BC και του IoT μέσα σε μια αλυσίδα εφοδιασμού (Πηγή: Boston Consulting Team, 2018).

Ορατότητα της ποιότητας παραγωγής

Καθώς οι αλυσίδες εφοδιασμού γίνονται όλο και πιο αλληλένδετες, ενώ οι επιχειρηματικοί κύκλοι συρρικνώνονται, η ανάγκη για διαφάνεια και ορατότητα της ποιότητας της παραγωγής αυξάνεται. Τα περιστατικά εσφαλμένων πιστοποιήσεων ποιότητας επηρεάζουν πολλές εταιρείες και κατ' επέκταση τους ίδιους τους πελάτες.

Επιπλέον, οι νέες έξυπνες κατασκευαστικές μηχανές (όπως οι εκτυπωτές 3D και τα ρομπότ) παρέχουν αναλυτικότερα δεδομένα σε σύγκριση με τα μηχανήματα προηγούμενων γενεών. Ως εκ τούτου, οι εταιρείες αναζητούν να αξιοποιήσουν τα συστήματα παρακολούθησης της παραγωγής, που βασίζονται στο IoT για την αποτύπωση διάφορων μετρήσεων παραγωγής. Αυτά τα δεδομένα χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση της ποιότητας της παραγωγής και την ακρίβεια των διεργασιών καθώς και για τον εντοπισμό αποκλίσεων και περιστατικών κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας, που μπορεί να επηρεάσουν την ποιότητα και την ασφάλεια των μητρικών τους προϊόντων. Το blockchain χρησιμοποιείται για την κοινοποίηση αυτών των δεδομένων στα συναφή μέρη που χρειάζονται επαληθευμένη, αμετάβλητη πρόσβαση στις πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων των εμπορικών εταίρων, των ρυθμιστικών αρχών, των ασφαλιστικών εταιρειών κλπ. Επίσης, αυτό το είδος παρακολούθησης και διαφάνειας βοηθάει στις αναλύσεις εντοπισμού των ριζικών αιτιών για τη βελτιστοποίηση των διεργασιών παραγωγής, τη βελτίωση των αποδόσεων και των ανακλήσεων.

Παρακολούθηση πορείας προϊόντος

Η κλοπή, η κακή διαχείριση και η ακατάλληλη αποθήκευση των προϊόντων είναι κοινοί κίνδυνοι όταν τα προϊόντα βρίσκονται στο στάδιο της μεταφοράς. Στο νέο μοντέλο της ψηφιακής εφοδιαστικής αλυσίδας οι αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι στα προϊόντα στέλνουν προειδοποιήσεις, εάν υπάρχει πρόβλημα με την θερμοκρασία των προϊόντων ή ακόμη και πιθανή παραποίηση αυτών.

Οι εταιρίες μπορούν να ενημερωθούν πλήρως για την κατάσταση του προϊόντος κατά την μετακίνηση μέσω της διαδικασίας αποστολής. Από την παραγωγή έως και την διανομή συνδέονται με το δίκτυο blockchain έχοντας πρόσβαση σε ένα αδιαμφισβήτητο αρχείο της διαδρομής του προϊόντος και της κατάστασής του. Για τα αγαθά υψηλής αξίας, οι εταιρείες θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν συστήματα με δυνατότητα GPS για να λαμβάνουν ειδοποιήσεις εάν μια αποστολή μετακινείται εκτός της προβλεπόμενης διαδρομής της.

Αλλαγή κυριότητας και έλεγχος επιμέλειας

Το IoT και το blockchain μπορούν να βοηθήσουν στον εντοπισμό του μέρους ή των μερών που ήταν υπεύθυνα για τυχόν προβλήματα κατά τη μεταφορά ενός προϊόντος. Η επιμέλεια και η παρακολούθηση της μεταφοράς των προϊόντων είναι σημαντικός παράγοντας από τη μεριά της διαχείρισης του κινδύνου και της ασφάλειας, ιδίως με τα αγαθά υψηλής αξίας. Εάν τα προϊόντα καταστραφούν ή χαθούν, οι εταιρείες πρέπει να καθορίσουν τον υπεύθυνο, ώστε να αποζημιωθούν αντί να καταγράψουν την απώλεια.

Το IoT λοιπόν μαζί με το blockchain παρέχουν μια πιο λεπτομερή παρακολούθηση από τις παραδοσιακές μεθόδους οι οποίες συχνά εξακολουθούν να βασίζονται σε μη αυτόματες διεργασίες ή συστήματα IT.

Ψηφιακά Logistics

Οι καθυστερήσεις και τα λάθη που σχετίζονται με τη γραφειοκρατία βάζουν σε κίνδυνο τις αποστολές. Είτε λόγω προβλημάτων με φορτωτικές ή τελωνειακά έγγραφα πολλές αποστολές κάθονται αδρανείς για εκτεταμένες περιόδους καθώς οι μεταφορείς πρέπει να επιβεβαιώσουν διάφορα έγγραφα.

Τα δεδομένα σε ένα καθολικό Blockchain, θα μπορούσαν να παρέχουν άμεση, ηλεκτρονική επαλήθευση μιας αποστολής. Για παράδειγμα, καθώς μια αποστολή μετακινείται από τη μία θέση στην άλλη, το blockchain θα μπορούσε να δημιουργήσει αυτόματα μια ψηφιακή φορτωτική και να τη προωθεί στα μέλη της αλυσίδας. Αυτό θα παρείχε έναν τρόπο για τη διασφάλιση της γνησιότητας του

εγγράφου και την εξάλειψη της παραποίησης ή πλαστογράφησης. Επιπλέον, οι «έξυπνες συμβάσεις» μπορούν να βοηθήσουν στην επικύρωση και την αυτοματοποίηση πολλών πτυχών των ρυθμιστικών επαληθεύσεων ελαχιστοποιώντας τα ανθρώπινα σφάλματα.

Με την αξιοποίηση του IoT και των τεχνολογιών blockchain, το επόμενο κύμα ψηφιοποίησης της εφοδιαστικής αλυσίδας θα ανταποκριθεί στις σημερινές και αυριανές διαρκώς αυξανόμενες ανταγωνιστικές απαιτήσεις για διαφάνεια, ταχύτητα και ακρίβεια, ώστε να συμβάλει στη μείωση του χρόνου, του κόστους και του κινδύνου σε όλη την αλυσίδα.

4.4 Blockchain και Έξυπνες συμβάσεις

4.4.1 Έξυπνες συμβάσεις (smart contracts)

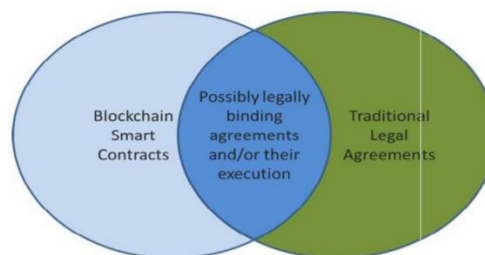
Οι έξυπνες συμβάσεις είναι βασικά δεδομένα σε κώδικα τα οποία κωδικοποιούνται και αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές συμφωνίες στον κυβερνοχώρο. Η έξυπνη σύμβαση είναι λοιπόν, ένα πρόγραμμα λογισμικού το οποίο προσθέτει επίπεδα πληροφοριών στις συναλλαγές, που εκτελούνται σ' ένα blockchain. Η χρήση της τεχνολογίας blockchain στις έξυπνες συμβάσεις, τις καθιστά ασφαλείς και διαφανείς.

Μια βασική προϋπόθεση των συμβάσεων είναι ότι αποτελούν μια συμφωνία μεταξύ δύο ή περισσότερων μερών, όπου κάθε μέλος πρέπει να εκπληρώνει τις υποχρεώσεις του σύμφωνα με τη συμφωνία. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι ότι η συμφωνία είναι εφαρμόσιμη από το νόμο, συνήθως μέσω μιας νόμιμης κεντρικής οντότητας (Οργανισμός). Ωστόσο, οι έξυπνες συμβάσεις αντικαθιστούν τους μεσάζοντες μεταξύ των μελών της σύμβασης. Αυτό το πετυχαίνουν με τη βοήθεια της αυτόματης εκτέλεσης κώδικα που διανέμεται και επαληθεύεται από τους κόμβους σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο Blockchain.

Επίσης, παρέχουν τη δυνατότητα συναλλαγών μεταξύ μη αξιόπιστων μελών χωρίς καμία προμήθεια, την ανεξαρτησία από τρίτους και την ανάγκη αμοιβαίας και απευθείας αλληλεπίδρασης των αντισυμβαλλομένων (Swan, 2015). Η σχέση μεταξύ των παραδοσιακών συμβάσεων και των έξυπνων συμβάσεων απεικονίζεται στην εικόνα 4.6.

Η μεγαλύτερη και δημοφιλέστερη πλατφόρμα κωδικοποίησης έξυπνων συμβάσεων, που βασίζονται στην τεχνολογία του Blockchain είναι το Ethereum (Szabo N., 1996). Το Ethereum είναι ένα κατακεντρωμένο δίκτυο, που σχηματίζεται από χιλιάδες κόμβους παγκοσμίως. Ενώ, το Bitcoin καταγράφει τη δημιουργία και τη μεταφορά των Bitcoin στο καθολικό βιβλίο, το Ethereum εκτός από την καταγραφή της δημιουργίας και της μεταφοράς του Ether⁸, αποθηκεύει σενάρια ενεργειών υπολογιστών (οι λεγόμενες έξυπνες συμβάσεις και «αποκεντρωμένες εφαρμογές», «dapps») καταγράφοντας την κατάστασή τους. Ο καθένας μπορεί να δημιουργήσει μια σύμβαση Ethereum. Μόλις αυτό δημιουργηθεί θα υπάρχει μόνιμα και δημοσίως στο blockchain (με ένα αντίγραφο υποθηκευμένο σε κάθε κόμβο στο δίκτυο).

Η κατακεντρωμένη φύση του Ethereum καθιστά πολύ δύσκολο, αν όχι αδύνατο, να αποτρέψουν ή να παρέμβουν με άλλο τρόπο τα άτομα που δημιουργούν συμβάσεις του Ethereum. Οι χρήστες έχουν πρόσβαση ή αλληλοεπιδρούν με τα δεδομένα που σχετίζονται με τις συμβάσεις του Ethereum και την αυτόματη εκτέλεση της κάθε σύμβασης σύμφωνα με τον κώδικα (Subassandran, 2018).



Εικόνα 4. 6: Σχέση μεταξύ των παραδοσιακών συμβάσεων και των έξυπνων (Πηγή: Kelechi E., 2018).

4.4.2 Η αρχιτεκτονική μιας έξυπνης σύμβασης και ο ρόλος της στην αλυσίδα εφοδιασμού

Αρχιτεκτονική της έξυπνης σύμβασης

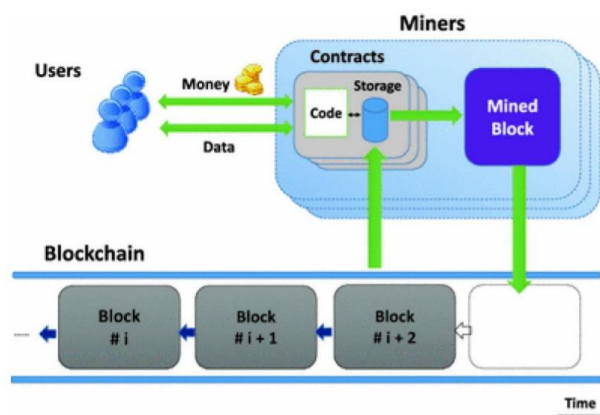
Η έξυπνη σύμβαση είναι ένα πρόγραμμα το οποίο καθορίζεται από το χρήστη και εκτελείται στην κορυφή ενός Blockchain (Savelyev, 2017). Οι έξυπνες συμβάσεις επιτρέπουν την εκτέλεση αξιόπιστων συναλλαγών μεταξύ κοινών πρακτόρων χωρίς την συμμετοχή τρίτων μερών. Ο στόχος της έξυπνης σύμβασης είναι η παροχή

⁸ Το Ether είναι ένα απαραίτητο στοιχείο για τη λειτουργία της πλατφόρμας κατακεντρωμένων εφαρμογών Ethereum. Είναι μια μορφή πληρωμής που πραγματοποιούνται από τους πελάτες της πλατφόρμας στα μηχανήματα που εκτελούν τις αιτούμενες εργασίες.

ασφάλειας παράλληλα με, τη μείωση του κόστους συναλλαγής. Οι έξυπνες συμβάσεις παρουσιάζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά:

- Υφίστανται αποκλειστικά σε ηλεκτρονική μορφή
- Εφαρμόζονται μέσω ενός λογισμικού
- Έχουν αυξημένη βεβαιότητα
- Παρουσιάζουν έναν χαρακτήρα υπό όρους
- Εμφανίζουν αυτοπεραίωση
- Είναι αυτόματες

Στην εικόνα 4.7, απεικονίζεται το έξυπνο σύστημα συμβάσεων.



Εικόνα 4. 7: Η αρχιτεκτονική μιας έξυπνης σύμβασης (Πηγή: Delmolino K., 2016).

Για την ανάπτυξη μιας έξυπνης σύμβασης στο Ethereum, χρειάζεται να εκτελεστεί μια ειδική συναλλαγή. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η σύμβαση αποκτά μια μοναδική διεύθυνση και ο κώδικάς της αποστέλλεται στο blockchain. Μέσω της ορθής δημιουργίας μιας έξυπνης σύμβασης προσδιορίζεται και η διεύθυνση της (Wöhler and U. Zdun, 2018). Έπειτα, η διεύθυνση ταυτότητας του Ethereum γνωστοποιείται σε κάθε άτομο που συμμετέχει στη συναλλαγή.

Κάθε σύμβαση περιέχει ένα συγκεκριμένο ποσό εικονικών κερμάτων και συσχετίζεται με τον προκαθορισμένο εκτελέσιμο κώδικα. Σε αυτήν την διαδικασία λοιπόν, παίζει σημαντικό ρόλο η κρυπτογράφηση. Ο αρχικός συμμετέχων μιας συναλλαγής καταβάλλει ένα τέλος (fee) για την εκτέλεσή της, το οποίο συχνά μετριέται σε μονάδες αερίου (Gaz). Οι έξυπνες συμβάσεις εκτελούν αυτόματα τους συμβατικούς όρους σύμφωνα με, τις πληροφορίες που λαμβάνουν. Τα μέρη της σύμβασης συνάπτουν συμφωνία σχετικά με, το περιεχόμενο της σύμβασης και εκτελούν τις συμβάσεις. Οι έξυπνες συμβάσεις αυτόπερατώνονται και

αυτόεπαληθεύονται, έτσι ώστε να μην μπορούν να αλλαχτούν όταν αναπτυχθούν στο Blockchain. Η έξυπνη σύμβαση ελέγχει αν οι συμμετέχοντες σε μια συναλλαγή συμμορφώνονται με τους κανόνες της σύμβασης. Εάν το κάνουν, η συναλλαγή επικυρώνεται. Εάν όχι, η συναλλαγή απορρίπτεται. Οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να μεταφέρουν σημαντικής αξίας δεδομένα. Ως εκ τούτου, είναι ζωτικής σημασίας να είναι ασφαλής η εφαρμογή τους.

Ο ρόλος των συμβάσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού

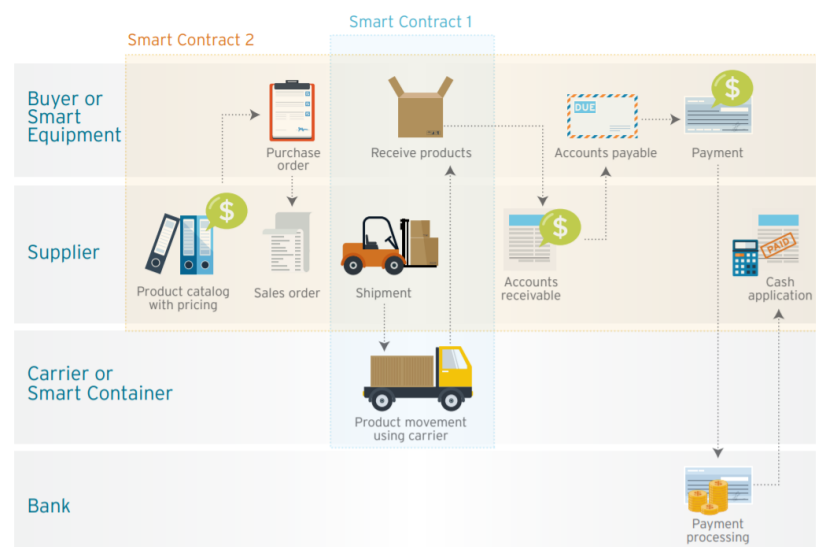
Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας περιλαμβάνει τη ροή αγαθών και προϊόντων από το αρχικό στάδιο μέχρι το τελικό στάδιο. Η εύρυθμη λειτουργία μιας αλυσίδας εφοδιασμού είναι ζωτικής σημασίας για τις επιχειρήσεις. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας δεν μπορεί να εκτελεστεί από ένα άτομο, γι' αυτό τον λόγο υπάρχουν διαφορετικές οντότητες που εμπλέκονται σε αυτό. Οι έξυπνες συμβάσεις στην εφοδιαστική αλυσίδα μπορούν να καταγράψουν τα δικαιώματα ιδιοκτησίας, ενώ τα προϊόντα μεταφέρονται μέσω της εφοδιαστικής αλυσίδας. Όλοι οι συμμετέχοντες στο δίκτυο μπορούν να παρακολουθούν τη θέση του προϊόντος σε οποιαδήποτε δεδομένη στιγμή.

Το τελικό προϊόν μπορεί να ελεγχθεί σε κάθε στάδιο καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας παράδοσης μέχρι να φτάσει στον τελικό πελάτη. Εάν ένα είδος χαθεί στη πορεία οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον εντοπισμό της τοποθεσίας του. Επίσης, εάν κάποιος ενδιαφερόμενος δεν εκπληρώσει τους συμβατικούς όρους μέσω της διαφάνειας της διαδικασίας ενημερώνεται όλο το σύστημα. Οι έξυπνες συμβάσεις φέρουν διαφάνεια στο συνολικό σύστημα της εφοδιαστικής αλυσίδας.

Επίσης, έχουν ορισμένα πλεονεκτήματα για πολλούς βιομηχανικούς κλάδους, όπως τη μείωση του κόστους των γενικών εξόδων, τη παροχή διαφάνειας και τη εξοικονόμηση χρόνου. Παρόλο, που είναι πιο αξιόπιστες, ασφαλείς και αποτελεσματικές σε σύγκριση με τις συμβάσεις χαρτιού, πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι κίνδυνοι διαφθοράς στον κώδικα και η ευαισθητοποίηση σε αυτούς καθώς οι επιχειρήσεις κινούνται προς τα εμπρός και αποδέχονται τις ψηφιακές διαδικασίες.

Όπως απεικονίζεται λοιπόν στην εικόνα 4.8, ένας προμηθευτής ή κατασκευαστής εκδίδει μια έξυπνη σύμβαση (Smart contract 1) σε ένα blockchain περιλαμβάνοντας τον προσδιορισμό του προϊόντος, τη ποσότητα, τη τιμή, την ημερομηνία διαθεσιμότητας καθώς και τους όρους αποστολής και πληρωμής. Ένας

αγοραστής αναζητώντας το προϊόν μπορεί να χρησιμοποιήσει το blockchain αυτό για να εντοπίσει την έξυπνη σύμβαση επαληθεύοντας τη φήμη του κατασκευαστή/προμηθευτή για την ποιότητα και την έγκαιρη διεξαγωγή της διαδικασίας, ώστε να ολοκληρώσει τη συναλλαγή. Αυτή η ενέργεια αντικαθιστά την δυσκολότερη αλλά και δαπανηρή χειροκίνητη επεξεργασία που απαιτείται για την έκδοση της παραγγελίας αγοράς από τον προμηθευτή. Στη συνέχεια, ένας προμηθευτής θα αναζητήσει μια έξυπνη σύμβαση (Smart contract 2) από ένα φορέα που δίνει λεπτομέρειες όπως: η προέλευση, ο προορισμός, η δυναμικότητα, οι συνθήκες αποστολής, τα τέλη και ο χρόνος αποστολής. Ο προμηθευτής θα δεχθεί την έξυπνη σύμβαση από τον μεταφορέα. Όταν το προϊόν παραδοθεί στον αγοραστή, αυτή η παράδοση θα κλείσει το δεύτερο έξυπνο συμβόλαιο και ο πάροχος θα καταβάλει στον μεταφορέα τα τέλη αποστολής σε κρυπτονομίσματα. Η επιβεβαίωση παράδοσης θα ενεργοποιήσει επίσης έναν οικονομικό διακανονισμό στην έξυπνη σύμβαση 1 ανάμεσα σε προμηθευτή και αγοραστή. Στις παραδοσιακές διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας οι τράπεζες χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσοι διαμεσολαβητές πληρωμών. Με τις έξυπνες συμβάσεις η χρήση κρυπτονομισμάτων εντός ενός blockchain βοηθάει στο χειρισμό των κονδυλίων.



Εικόνα 4. 8: Order To cash διαδικασία μέσω μιας έξυπνης συμβάσης (Πηγή: Satyavolu, Sangamnerkar).

4.4.3 Πλεονεκτήματα εφαρμογής των έξυπνων συμβάσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού

Οι έξυπνες συμβάσεις συνδέουν το Blockchain με τον πραγματικό κόσμο. Είναι καθοριστικής σημασίας για τη διασφάλιση των συναλλαγών μέσω της δημιουργίας μιας διαφανής και μη χειραγωγημένης πλατφόρμας. Με της χρήση των έξυπνων συμβάσεων, όλα τα είδη των συναλλαγών και των υπηρεσιών μπορούν να πραγματοποιηθούν μέσω του Blockchain. Παρακάτω θα αναλυθούν οι τρόποι με τους οποίους οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να ωφελήσουν ένα ευρύ φάσμα συναλλαγών:

Αυτοματισμός

Όπως προαναφέρθηκε, οι έξυπνες συμβάσεις εκτελούνται από μόνες τους εφόσον πληρούνται όλες οι καθορισμένες προϋποθέσεις, αλλιώς επιβάλλονται κυρώσεις. Δεδομένου του μεγέθους της γραφειοκρατίας στην αλυσίδα εφοδιασμού η χρήση των έξυπνων συμβάσεων παρέχει έναν ταχύτερο τρόπο για την αποτελεσματική εκτέλεση όλων των δραστηριοτήτων, εξαλείφοντας όλους τους λόγους συμφόρησης.

Εμπιστοσύνη και ασφάλεια

Ένας από τους παράγοντες που εμποδίζει την αποτελεσματικότητα οποιασδήποτε συναλλαγής είναι ο χρόνος που δαπανάται για να διασφαλιστεί ότι οι συμφωνίες γίνονται με αξιόπιστα άτομα ή εταιρίες. Μέσω της χρήσης των έξυπνων συμβάσεων λοιπόν, το blockchain ενισχύει την εμπιστοσύνη και την ασφάλεια ιδίως σε ευαίσθητες δραστηριότητες, όπως η μεταφορά περιουσιακών στοιχείων στην εφοδιαστική αλυσίδα. Μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά τις εταιρείες που ξεκινάνε την λειτουργία τους να εμπλακούν και να διατηρήσουν τις βάσεις των πελατών τους καθώς οι διαδικασίες πληρωμής γίνονται ταχύτερα και πιο άνετα.

Κατάργηση βημάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα

Επειδή το blockchain αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο γίνεται η συναλλαγή των δεδομένων στην εφοδιαστική αλυσίδα είναι σε θέση να αφαιρέσει όλα τα σημαντικά μέτρα που διαφορετικά θα είχαν πάρει ένα τεράστιο χρονικό διάστημα. Επίσης, εξαλείφει την ανάγκη για μεσάζοντες αποφεύγοντας συνεπώς όλες τις οδούς σφάλματος ή χειραγώγησης.

Επιτάχυνση συμφωνιών με πολλά μέλη

Σε εκδηλώσεις όπου η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελείται από διαφορετικές ενέργειες και άτομα οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να προσφέρουν μια απλούστερη

και αποτελεσματικότερη οδό για την εκτέλεση της σύμβασης. Για παράδειγμα, σε συμβάντα όπου μια συγκεκριμένη συναλλαγή απαιτεί την έγκριση ενός μεγάλου φάσματος ατόμων, οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να λειτουργούν ως λογαριασμός "πολλαπλής υπογραφής", όπου τα κεφάλαια θα δαπανηθούν μόνο εάν ένα προκαθορισμένο ποσοστό ατόμων συμφωνήσει.

Αναφορά συντήρησης του ποιοτικού ελέγχου

Τέλος, το blockchain εξασφαλίζει την άμεση παράδοση των ποιοτικών υπηρεσιών, χρησιμοποιώντας τις ως πλατφόρμα βοήθειας ώστε να βρεθούν και να βελτιωθούν όλες οι δραστηριότητες που διεξάγονται στο σύστημα.

Κεφάλαιο 5^ο : Συμπεράσματα

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή έγινε προσπάθεια μελέτης του οφέλους από την ενσωμάτωση του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT) σε κάθε στάδιο της εφοδιαστικής αλυσίδας από την αρχική αγορά των πρώτων υλών, τους προμηθευτές, την παραγωγή, την διανομή, την αποθήκευση προϊόντων έως τις μετέπειτα υπηρεσίες πωλήσεων.

Το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT) είναι το πιο γρήγορα αναπτυσσόμενο δίκτυο φυσικών συσκευών και αντικειμένων που συνδέονται με το διαδίκτυο και σε ορισμένες περιπτώσεις μεταξύ τους. Αυτές οι συσκευές είναι συχνά εξοπλισμένες με αισθητήρες οι οποίοι μπορούν να συγκεντρώνουν και να μοιράζονται δεδομένα σχετικά με το πώς χρησιμοποιούνται και για το περιβάλλον γύρω τους. Οι

σημαντικότερες αρχιτεκτονικές δομές του IoT είναι η αρχιτεκτονική δομής τριών και πέντε επιπέδων, η cloud/ Fog και η αρχιτεκτονική Social. Το IoT παρέχει ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών σε διάφορους τομείς όπως: η κοινωνία, η υγεία, η γεωργία και η εφοδιαστική αλυσίδα.

Με την πάροδο των χρόνων το IoT ενσωματώθηκε στις αλυσίδες εφοδιασμού επιτρέποντας την επικοινωνία οποιαδήποτε στιγμή και οπουδήποτε. Οι κύριοι λόγοι αυτής την ενσωμάτωσης ήταν η βελτίωση της διαχείρισης των αποθεμάτων και των αλυσίδων εφοδιασμού σε πραγματικό χρόνο αλλά και η μεγιστοποίηση της διαφάνειας της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι πιο διαδεδομένοι τύποι τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο IoT είναι αρχικά, η τεχνολογία RFID η οποία αποτελεί μια σημαντική καινοτομία στον τομέα της επικοινωνίας, διότι μέσω μικροτσίπ επιτρέπει την ασύρματη μετάδοση των δεδομένων. Η τεχνολογία ασύρματων δικτύων WSN που αποτελείται και αυτή από διασκορπισμένους αυτόνομους αισθητήρες για την παρακολούθηση φυσικών ή περιβαλλοντολογικών συνθηκών όπως: η θερμοκρασία, ο ήχος, η ατμοσφαιρική πίεση κτλ. μεταφέροντας μέσω δικτύου τα δεδομένα σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Το σύστημα URN, η αποθήκευση/ανάλυση των δεδομένων καθώς και τέλος οι τεχνολογίες απεικόνισης, αποτελούν σημαντικό κομμάτι για την εφαρμογή του IoT δεδομένου ότι επιτρέπει την αλληλεπίδραση του χρήστη με το περιβάλλον. Με την πάροδο των χρόνων, κρίθηκε αναγκαία η αυτοματοποίηση της αποθήκης μέσω της χρήσης ετικετών RFID και της επαυξημένης πραγματικότητας AR. Με την τεχνολογία RFID στις ετικέτες των προϊόντων ενημερώνεται ο χρήστης για την διαθεσιμότητα, τον εντοπισμό και τη τοποθέτηση των προϊόντων στην αποθήκη, έτσι ώστε να μπορεί αναζητήσει οποιοδήποτε προϊόν μέσα σε αυτήν.

Ενώ παράλληλα, κρίθηκε αναγκαία η ενσωμάτωση της επαυξημένης πραγματικότητας στις τέσσερις κύριες λειτουργίες της αποθήκευσης των εμπορευμάτων, δηλαδή της λήψης, της αποθήκευσης αυτών, της επιλογής του σημείου παραλαβής και της διανομής. Επίσης, η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην αλυσίδα εφοδιασμού μπορεί να βελτιστοποιήσει το σημείο παραλαβής των προϊόντων, το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων, τη φόρτωση φορτίου στα κοντέινερ και τη δυναμική υποστήριξη κίνησης μέσω της χρήσης ειδικού εξοπλισμού (βλ. γυαλιά Google lens). Η εφαρμογή της σε μεγάλες επιχειρήσεις

αφορά κυρίως τους τομείς της παραγωγής, της ελαχιστοποίησης του χρόνου διακοπής των μηχανών και της επίτευξης υψηλότερων κύκλων πωλήσεων.

Η αυτοματοποίηση των συστημάτων IoT, μέσω του τρόπου απόκτησης και επεξεργασίας των δεδομένων μπορεί να οδηγήσει σε βελτιώσεις στα επίπεδα ολοκλήρωσης της αλυσίδας μεταφορών, της ικανότητας υποστήριξης και αποδοτικότητας στους τρόπους μεταφορών, καθώς και στην αλλαγή του τρόπου λήψης αποφάσεων που λαμβάνονται στον τομέα των logistics. Παρουσιάστηκαν δυο εφαρμογές στο στάδιο των μεταφορών που αφορούσαν την παρακολούθηση παλετών και εμπορευματοκιβωτίων βασιζόμενα σε Gps και σε ένα σύστημα IoT.

Με την ενσωμάτωση του Διαδικτύου των πραγμάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μέθοδοι, συστήματα και αρχιτεκτονικές για την βελτίωση της ορατότητας των προϊόντων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού. Οι τεχνολογίες αυτές αφορούν συστήματα αυτόματης αναγνώρισης (auto-ID) ή αυτόματης αναγνώρισης και καταγραφής δεδομένων (AIDC) και περιλαμβάνουν ένα γραμμωτό κώδικα ή αλλιώς barcode, το RFID, τα βιομετρικά στοιχεία, τους χαρακτήρες οπτικής αναγνώρισης (OCR), τις έξυπνες κάρτες και τεχνολογίες αισθητήρων για την τοποθεσία, τη θερμοκρασία, την πίεση, την υγρασία, τους κραδασμούς κλπ.

Η χρήση έξυπνων συμβάσεων στις συναλλαγές που γίνονται στην εφοδιαστική αλυσίδα ανάμεσα στους προμηθευτές και στους αγοραστές αποτελεί ζήτημα καίριας σημασίας. Οι έξυπνες συμβάσεις είναι ένα πρόγραμμα λογισμικού το οποίο προσθέτει επίπεδα πληροφοριών στις συναλλαγές που εκτελούνται σ' ένα blockchain. Η χρήση της τεχνολογίας blockchain στις έξυπνες συμβάσεις τις καθιστά ασφαλείς και διαφανείς. Οι έξυπνες συμβάσεις μπορούν να ωφεληθούν ένα ευρύ φάσμα συναλλαγών όπως αυτό του αυτοματισμού, της ασφάλειας, της κατάργησης βημάτων στην εφοδιαστική αλυσίδα, της επιτάχυνσης συμφωνιών με πολλά μέλη και της συντήρησης του ποιοτικού ελέγχου.

Το IoT είναι ένας συνεχώς διευρυνόμενος κόσμος που παρουσιάζει απεριόριστες ευκαιρίες για τις επιχειρήσεις ώστε να αυξήσουν το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα μέσω της σύνδεσης αισθητήρων, προηγμένων αναλύσεων, ενσωματωμένων πληροφοριών και ανθρώπινης εμπειρογνωμοσύνης. Στο μέλλον, οι αλυσίδες εφοδιασμού που θα χρησιμοποιήσουν αυτήν την νέα τεχνολογία θα επωφεληθούν από την βελτίωση της απόδοσης της επιχείρησης χρησιμοποιώντας

αξιόπιστες και εφαρμόσιμες πηγές δεδομένων και ως εκ τούτου θα κερδίσουν περισσότερους πελάτες και κέρδος. Παρά αυτά θα χρειαστεί να αντιμετωπίσουν ζητήματα και προκλήσεις όπως το τρίπτυχο μυστικότητα/προστασία/ασφάλεια, τον όγκος των δεδομένων καθώς και την ευκολία συνδεσιμότητας.

Τέλος, θα ήταν σκόπιμο να αναφερθούμε σε μια σειρά από προτάσεις για περαιτέρω έρευνα, σχετικά με το θέμα της εργασίας.

Θα ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον μελλοντικά να ψηφιοποιηθούν οι αλυσίδες εφοδιασμού μέσω αυτοματοποιημένων συστημάτων, αναφορικά με την τροφική αλυσίδα. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω της χρήσης υπαρχόντων αισθητήρων σε ψυκτικές μονάδες, μονάδες θέρμανσης και συστήματα κλιματισμού καθώς και τεχνολογιών προληπτικής συντήρησης που θα βοηθούσε στην αποφυγή διακοπής λειτουργίας του εξοπλισμού. Μέσω της επίτευξης της αύξησης των ειδοποιήσεων σε περίπτωση που προκύπταν προβλήματα στην αλυσίδα, θα επέφερε ένα σημαντικό αντίκτυπο στη μείωση των αποβλήτων τροφίμων. Κατά συνέπεια δεν θα παράγονται μόνο λιγότερα απόβλητα αλλά θα γινόταν μια δικαιότερη κατανομή των τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο παράλληλα με την δημιουργία μιας καλύτερης καταναλωτικής εμπειρίας με πρόσβαση σε πιο φρέσκα, υγιέστερα και λιγότερο επεξεργασμένα τρόφιμα.

Αναφορικά με το ζήτημα του τρίπτυχου μυστικότητα/προστασία/ασφάλεια στις συσκευές IoT υπάρχουν τρεις βασικές πτυχές που θα μπορούσαν να ληφθούν υπόψη για την βελτίωση του. Αρχικά, η σχεδίαση προηγμένης ασφάλειας από το αρχικό σχεδιασμό στις φάσεις λειτουργίας της συσκευής, συμπεριλαμβανομένων: την ασφαλής εκκίνηση, τον έλεγχο πρόσβασης, τον έλεγχο ταυτότητας και την ενημέρωση του κώδικα, επίσης, μια άλλη πτυχή αφορά την ελαχιστοποίηση των δεδομένων η οποία θα μπορούσε να βοηθήσει και στη μείωση των μεγάλων βάσεων δεδομένων. Οι οργανισμοί θα πρέπει να λαμβάνουν τα δεδομένα που απαιτούνται για συγκεκριμένο σκοπό και χρονική περίοδο διαγράφοντας τα με ασφάλεια μετά την χρησιμοποίησή τους. Ενώ τέλος, η τρίτη πτυχή αφορά την παροχή ειδοποιήσεων και επιλογών στους χρήστες για μη αναμενόμενες υπηρεσίες από την συσκευή. Αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στην αύξηση της ασφάλειας. Ωστόσο, εξακολουθούν να υπάρχουν πολλά πιθανά κενά στο συνολικό πλαίσιο της ασφάλειας. Περαιτέρω έρευνα θα ήταν δυνητικά επωφελής.

Μια τελευταία πρόταση, αφορά την περαιτέρω χρήση της τεχνολογίας του Blockchain συνδυαστικά με του IoT στις αλυσίδες εφοδιασμού. Το blockchain μαζί με το IoT προσφέρουν μοναδικές ευκαιρίες σε μια επιχείρηση, μπορούν να παρέχουν δυνατότητες στην αλυσίδα εφοδιασμού όπως δυναμικό ανεφοδιασμό της αποθήκης, προγνωστική συντήρηση του εξοπλισμού και διάχυτη ορατότητα στην αλυσίδα. Οριοθετώντας έτσι μελλοντικά θεμέλια για παραδόσεις παραγγελιών μέσω drones, τηλεκατευθυνόμενα φορτηγά ακόμη και πωλήσεων μέσω ρομπότ.

Βιβλιογραφία

Abdel-basset, M., Manogaran, G. and Mohamed, M. (2018). Internet of Things (IoT) and its impact on supply chain: A framework for building smart, secure and efficient systems, Future Generation Computer Systems. Elsevier B.V., 86, : 614–628.

Afzal, Bilal, et al. (2017). Enabling IoT Platforms for Social IoT Applications: Vision, Feature Mapping, and Challenges, Future Generation Computer Systems Elsevier B.V, 92, : 718–31.

Ahmad, M. and Salah, K. (2018). IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges, Future Generation Computer Systems. Elsevier B.V., 82, : 395–411.

Alajmi, Mohammad, and Huda Farhan. (2016). Social Media: The Good, the Bad, and the Ugly, 9844, : 332–53.

Ashvini Balte, Asmita Kashid, Balaji Patil. (2015). Security Issues in Internet of Things (IoT): A Survey, 5(4).

Atlam, H. F. and Wills, G. B. (2018). Technical aspects of blockchain and IoT. 1st edn, Role of Blockchain Technology in IoT Applications. 1st edn. Elsevier Inc. doi: 10.1016/bs.adcom.2018.10.006.

Borasio E. (2015). Augmented Reality supporting Logistics, Supply Chain and Operations, Διαθέσιμο: <https://medium.com/@borisfe/augmented-reality-supporting-logistics-supply-chain-and-operations-f84f17ce8b45>, Τελευταία επίσκεψη: 10/06/19.

Caridi, M. et al. (2014). Int. J. Production Economics The benefits of supply chain visibility: A value assessment model, 151. : 1–19.

Caro, F. and Sadr, R. (2019). The Internet of Things (IoT) in retail: Bridging supply and demand, Business Horizons, Kelley School of Business, Indiana University, 62(1), : 47–54.

Chang P. (2018). AR in Logistics and Supply Chain Management, Διαθέσιμο: <https://arpost.co/2018/09/03/ar-in-logistics-and-supply-chain-management/>, Τελευταία επίσκεψη: 10/06/19.

Chen, I. J. and Paulraj, A. (2004). Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements, 22, : 119–150.

Cirulis, A. and Ginters, E. (2013). Augmented Reality in Logistics, Procedia - Procedia Computer Science. Elsevier Masson SAS, 26 (December), : 14–20.

Columbus L., (2019). Top 10 Ways Internet of Things and Blockchain Strengthen Supply Chains, Διαθέσιμο: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2019/01/13/top-10-ways-internet-of-things-and-blockchain-strengthen-supply-chains/#26364e4c5e4e>, Τελευταία επίσκεψη: 13/08/19.

Crosby M., Nachiappan, Pattanayak P., Verma S., Kalyanaraman V., (2015). Blockchain Technology, Sutardja Center for Entrepreneurship & Technology Technical Report.

D. Lee Kuo Chuen, Ed., (2015). Handbook of Digital Currency, Web page, Διαθέσιμο: <http://EconPapers.repec.org/RePEc:eee:monogr:9780128021170>, Τελευταία επίσκεψη: 10/07/19.

Delmolino K. et al., (2016). Step by step towards creating a safe smart contract: Lessons and insights from a cryptocurrency lab, Proceedings of the International Conference on Financial Cryptography and Data Security, Springer, : 79-94.

Deloitte, (no date). Continuous interconnected supply chain Using Blockchain & Internet-of-Things in supply chain traceability.

D. R. G. et al. (2015). Using Internet of Things technologies for a collaborative supply chain: Application to tracking of pallets and containers, Procedia - Procedia Computer Science. Elsevier Masson SAS, 56, : 550–557.

Elementum. (2018). 4 Ways Augmented Reality Can Transform Supply Chains, Web page, Διαθέσιμο: [Internet%20of%20Things%20\(IoT\):%20A%20vision,%20architectural%20elements,%20and%20future%20directions](#), Τελευταία επίσκεψη: 10/06/19.

Fortney L., (2019). Blockchain Explained, Web page, Διαθέσιμο: <https://www.investopedia.com/terms/b/blockchain.asp>, Τελευταία επίσκεψη: 13/08/19.

Ghosh A., S.K. Das, (2008). Coverage and connectivity issues in wireless sensor networks: a survey, Pervasive and Mobile Computing 4, : 303–334.

Gopie N., (2018). What are smart contracts on blockchain? Web page, Διαθέσιμο: <https://www.ibm.com/blogs/blockchain/2018/07/what-are-smart-contracts-on-blockchain/>, Τελευταία επίσκεψη: 24/08/19.

Gregor, T., Krajčovič, M. and Więcek, D. (2017). Smart Connected Logistics, Procedia Engineering. The Author(s), 192, : 265–270.

Gubbi, J. et al. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions, Future Generation Computer Systems. Elsevier B.V., 29(7), : 1645–1660.

Honle N., U.P. Kappeler, Nicklas D., Schwarz T., Grossmann M. (2005). Benefits of integrating meta data into a context model, : 25–29.

Kadiyala A., 5 Ways IoT and Blockchain are Transforming Supply Chains, Web page, Διαθέσιμο: <https://supply-chain.cioreview.com/cxoinsight/5-ways-iot-and-blockchain-are-transforming-supply-chains-nid-26452-cid-78.html>, Τελευταία επίσκεψη: 13/08/19.

Kalmeshwar, Mahesh, and Assoc. Professor Dr. Nandini Prasad K S. (2017). Internet Of Things: Architecture, Issues and Applications, International Journal of Engineering Research and Applications, 7, : 85–88.

Kouicem, Djamel Eddine, et al. (2018). Internet of Things Security: A Top-down Survey, Computer Networks, Elsevier B.V., 141, :199–221.

Kumar, A. and Shoghli, O. (no date). A review of IoT applications in Supply Chain Optimization of Construction Materials.

Lancioni, R. A., Smith, M. F., & Oliva, T. A. (2000). The role of the Internet in supply chain management, Industrial Marketing Management, 29, : 45-56.

Lastovetska A. (2019). Blockchain Architecture Basics: Components, Structure, Benefits & Creation, Web page, Διαθέσιμο: <https://mlsdev.com/blog/156-how-to-build-your-own-blockchain-architecture>, Τελευταία επίσκεψη: 13/08/19.

Laurence, T., (2017). Blockchain for Dummies. John Wiley & Sons.

Law, Angwei, (2017). Smart contracts and their application in supply chain management, Massachusetts Institute of Technology, System Design and Management, : 75-79.

Lu, Yang, et al. (2018). Internet of Things: A Systematic Review of the Business Literature from the User and Organizational Perspectives, Technological Forecasting and Social Change, Elsevier, 136, : 285–97.

Machado, H. and Lane, N. (no date). Internet of Things (IoT) impacts on Supply Chain, 77007(402).

Macrinici D., Cartoceanu C., GAO S, (2018). Smart contract applications within blockchain technology: A systematic mapping study, Telematics and Informatics, 35 (8), : 2337-2354.

Makhdoom, I. et al. (2019). Journal of Network and Computer Applications Blockchain's adoption in IoT: The challenges, and a way forward, Journal of Network and Computer Applications. Elsevier Ltd, 125, : 251–279.

Malche, Timothy, and Priti Maheshwary. (2017). Internet of Things (IoT) for Building Smart Home System.

Manoj, N. and Kumar, P. (2018). Science Direct Blockchain technology for security issues and challenges in IoT, Procedia Computer Science. Elsevier B.V., 132, : 1815–1823.

Merlino, M. and Spro, I. (2017). The Augmented Supply Chain, 178. : 308–318.

Musa, A., Gunasekaran, A. and Yusuf, Y. (2014). Expert Systems with Applications Supply chain product visibility: Methods, systems and impacts, Expert Systems with Applications. Elsevier Ltd, 41(1), : 176–194.

Muñuzuri, J. et al. (2019). Computers & Industrial Engineering Using IoT data and applications to improve port-based intermodal supply chains, Computers & Industrial Engineering. Elsevier, : 1–15.

N. O. Sadiku, Matthew & Eze, Kelechi & M. Musa, Sarhan. (2018). Smart Contracts: A Primer, Article.

Nguyen, T. et al. (2018). Computers and Operations Research Big data analytics in supply chain management: A state-of-the-art literature review, Computers and Operations Research. Elsevier Ltd, 98, : 254–264.

NRI, (2015). Survey on blockchain technologies and related services, Tech. Rep, Web page, Διαθέσιμο: <http://www.meti.go.jp/english/press/2016/pdf/053101f.pdf>, Τελευταία επίσκεψη: 10/07/19.

Oh, J. and Jeong, B. (2019). Tactical supply planning in smart manufacturing supply chain, Robotics and Computer Integrated Manufacturing. Elsevier Ltd, 55, : 217–233.

Pratap M., (2018). Everything You Need to Know about Smart Contracts: A Beginner's Guide, Web page, Διαθέσιμο: <https://hackernoon.com/everything-you-need-to-know-about-smart-contracts-a-beginners-guide-c13cc138378a>, Τελευταία επίσκεψη: 24/08/19.

Robinson A. (2017). Augmented Reality Supply Chain Comes to Prominence,

Supply Chain, Technology, Web page, Διαθέσιμο:<https://cerasis.com/augmented-reality-supply-chain/>, Τελευταία επίσκεψη: 10/06/19.

Rwanshane, Katunzi Bernard. (2016). Structure of Typical IoT Setup, Web page, Διαθέσιμο: <https://www.iotforall.com/iot-applications-in-agriculture/>.

S. et al. (2019). An “Internet of Things” enabled dynamic optimization method for smart vehicles and logistics tasks, Journal of Cleaner Production. Elsevier Ltd, 215, : 806–820.

Savelyev A., (2017). Contract law 2.0: ‘Smart’ contracts as the beginning of the end of classic contract law, Information & Communications Technology Law, 26(2), :116-134.

Siddiqui I., (2018). What The Hell Is Blockchain and How Does It Works? , Web page, Διαθέσιμο: <https://medium.com/coinmonks/what-the-hell-is-blockchain-and-how-does-it-works-simplified-b9372ecc26ef>, Τελευταία επίσκεψη: 13/08/19

Sithole, B., Silva, S. G. and Kavelj, M. (2016). Supply chain optimization: enhancing end-to-end visibility, Procedia Engineering. Elsevier B.V., 159, : 12–18.

Sultan, K., Ruhi, U. and Lakhani, R. (2018). Conceptualizing blockchains: Characteristics and applications, 49–57.

Swalm K., (2018). What Can You Use a Smart Contract For? , Web page, Διαθέσιμο; <https://totem.vegas/2018/10/11/what-can-you-use-a-smart-contract-for/>, Τελευταία επίσκεψη: 24/08/19.

Szabo N., (1996). Smart contracts: Building blocks for digital markets.

Tapscott, D., Tapscott, A., (2017). How blockchain will change organizations, MIT Sloan Manag. Rev. 58 (2), : 10–13.

Tejesh, B. S. S. and Neeraja, S. (2018). Warehouse inventory management system using IoT and open source framework, Alexandria Engineering Journal. Faculty of Engineering, Alexandria University, 57(4), : 3817–3823.

Tian F. (2017). A supply chain traceability system for food safety based on HACCP, blockchain & Internet of things, International Conference on Service Systems and Service Management, : 1–6.

T. McCaughey, et al., (2016). A scalable blockchain database (DRAFT), BigchainDB.

V. Shermin, (2017). Disrupting governance with blockchains and smart contracts, *Strategic Change*, 26(5), : 499–509.

Viriyasitavat, W., Anuphaptrirong, T. and Hoonsopon, D. (2019). When blockchain meets Internet of Things: Characteristics, challenges, and business opportunities, *Journal of Industrial Information Integration*. Elsevier. : 0–1.

Wang, Y. et al. (2019). Making sense of blockchain technology: How will it transform supply chains? , *Intern. Journal of Production Economics*. Elsevier B.V., 211, : 221–236.

Welbourne E., Battle L., Cole G., Gould K., Rector K., Raymer, et al. (2009). Building the Internet of Things using RFID the RFID ecosystem experience, *IEEE Internet Computing*, 13, : 48–55.

Wheelock, C. (2015). EXECUTIVE SUMMARY: Augmented Reality for Mobile Devices Gaming and Entertainment, Marketing and Principal Analyst.

Y. Sang, H. Shen, Y. Inoguchi, Y. Tan, N. Xiong. (2006). Secure Data Aggregation in Wireless Sensor Networks: A Surve, : 315–320.

Yusuf Zia, Bhatia Akash, Usama Gill, Kranz Maciej, Fleury Michelle, and Nannra Anoop, (2018). Pairing Blockchain with IoT to Cut Supply Chain Costs, Boston Consulting Group.

Zhu, D. (2018). IOT and big data based cooperative logistical delivery scheduling method and cloud robot system, *Future Generation Computer Systems*. Elsevier B.V., 86, : 709–715.

Zorzi M, A. Gluhak, S. Lange, A. Bassi, (2010). From today's Intranet of Things to a future Internet of Things: a wireless and mobility related view, *IEEE Wireless Communications* 17, : 43–51.