



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΤΜΗΜΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Πτυχιακή Εργασία

Τίτλος Πτυχιακής Εργασίας	Η Τεχνολογία του Blockchain Στα Δίκτυα 5 ^{ης} Γενιάς The Blockchain Technology in 5G Networks
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Βασιλεία Καρμανιόλα
Πατρώνυμο	Ιωάννης
Αριθμός Μητρώου	Π18062
Επιβλέπων	Δημήτριος Βέργαδος

Ημερομηνία Παράδοσης **Σεπτέμβριος 2024**

Copyright ©

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν αποκλειστικά τον συγγραφέα και δεν αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πανεπιστημίου Πειραιώς.

Ως συγγραφέας της παρούσας εργασίας δηλώνω πως η παρούσα εργασία δεν αποτελεί προϊόν λογοκλοπής και δεν περιέχει υλικό από μη αναφερόμενες πηγές.

Πίνακας περιεχομένων

Copyright ©.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
2. Τεχνολογία Blockchain: Βασικές αρχές και μηχανισμοί.	6
2.1 Ορισμός και εξέλιξη του Blockchain.....	6
2.2 Η δομή του Blockchain.....	7
2.3 Κρυπτογραφία και μηχανισμοί συναίνεσης.....	8
2.4 Βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain.....	10
2.5 Οι διάφοροι τύποι της τεχνολογίας blockchain.....	11
2.5.1 Τα Δημόσια Blockchain.....	11
2.5.2 Τα Ιδιωτικά blockchain.....	11
2.5.3 Consortium blockchain.....	12
2.5.4 Σύγκριση μεταξύ Δημόσιου , Ιδιωτικού και Consortium Blockchain.....	13
2.5.5 Εφαρμογές blockchain στον πραγματικό κόσμο.....	13
2.6 Οι Έξυπνες συμβάσεις και οι αποκεντρωμένες εφαρμογές.....	14
2.7 Ασφάλεια και απώρητο στο blockchain.....	15
Κεφάλαιο 3. Η Ενσωμάτωση του Blockchain στα δίκτυα πέμπτης γενιάς 5G.....	16
3.1 Επισκόπηση των δικτύων 5G.....	17
3.1.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 5G.....	17
3.1.2 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ 5G.....	18
3.1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 5G.....	21
3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 5G.....	24
3.2.1 Υψηλή ταχύτητα στο Δίκτυο κινητής τηλεφωνίας.....	24
3.2.2 Ψυχαγωγία και Πολυμέσα.....	25
3.2.3 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT).....	25
3.2.4 Υγειονομική περίθαλψη και εφαρμογές.....	26
3.2.5 Δορυφορικό Διαδίκτυο.....	26
3.3 ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΤΗΣ 5G ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ.....	26
3.4 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ.....	29
3.5 Η αλυσίδα μπλοκ ως καταλύτης ασφάλειας στα 5G.....	31

Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές της αλυσίδας μπλοκ στα δίκτυα 5G.....	32
4.1 Υγειονομική περίθαλψη	32
4.1.1 Μείωση δαπανών των υπηρεσιών υγείας.....	37
4.2 Διαδίκτυο των πραγμάτων - ΙΟΤ.....	37
4.3 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας	39
4.4 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV)	42
Κεφάλαιο 5: Προκλήσεις και λύσεις	44
5.1 Επεκτασιμότητα και ρυθμός μετάδοσης	45
5.2 Ιδιωτικότητα και εμπιστευτικότητα δεδομένων.....	46
5.3 Διαλειτουργικότητα.....	46
Κεφάλαιο 6: Μελέτες περίπτωσης και περιπτώσεις χρήσης.....	46
Μελέτη περίπτωσης 1: Υγειονομική περίθαλψη με δυνατότητα blockchain στο 5G	46
Περιπτώσεις χρήσης υγειονομικής περίθαλψης blockchain	48
Μελέτη περίπτωσης 2: Λειτουργίες UAV και Blockchain στο 5G.....	51
Κεφάλαιο 7: Μελλοντικές τάσεις και συμπεράσματα.....	54
Μελλοντικές τάσεις στην ενσωμάτωση της αλυσίδας μπλοκ και του 5G	54
Συμπεράσματα και ερευνητικές συνεισφορές	56
Πηγές.....	57

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η τεχνολογία Blockchain είναι ένας τομέας που μπορεί να κερδίσει πολλά από την τεχνολογία 5G, η οποία έχει ανοίξει νέες ευκαιρίες σε πολλούς άλλους βιομηχανικούς τομείς. Αυτή η διατριβή επιχειρεί να εξηγήσει την τεχνολογία Blockchain και την τεχνολογία των δικτύων πέμπτης γενιάς (5G) τον πρώτο χρόνο, ακολουθούμενη από μια λεπτομερή συζήτηση των θετικών και κακών επιπτώσεων που προκύπτουν από το συνδυασμό αυτών των δύο νέων τεχνολογιών σε διάφορους τομείς και εφαρμογές .

Αρχικά, η πτυχιακή θα αναλύσει τα πιο σημαντικά τεχνικά χαρακτηριστικά τόσο της τεχνολογίας Blockchain όσο και των δικτύων 5G. Θα διερευνήσει πώς η ασφάλεια και η ιδιωτικότητα στα δίκτυα 5G μπορεί να ενισχυθεί από την αποκεντρωμένη φύση της τεχνολογίας, καθώς και τις δυνατότητές του να επιτρέψει την εξέλιξη νέων επιχειρηματικών μοντέλων και υπηρεσιών.

Επιπλέον, αυτή η διατριβή θα αναλύσει τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που προκύπτουν από τον συνδυασμό αυτών των δύο τεχνολογιών. Θα διερευνήσει ζητήματα κλιμάκωσης, μηχανισμούς συναίνεσης, ανησυχίες διαλειτουργικότητας, κτλ .

Επίσης, αυτή η έρευνα θα μελετήσει δύο πραγματικές περιπτώσεις χρήσης όπου το Blockchain μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα πλαίσιο 5G. Τέλος, αναφέρονται μελλοντικές προκλήσεις και έρευνες που μέλλονται να αναπτυχθούν από τη συνέργεια των δικτύων 5G και της τεχνολογίας Blockchain

Μέσω μιας έρευνας της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, αυτή η διατριβή επιδιώκει να προωθήσει τη γνώση σχετικά με το πώς η τεχνολογία Blockchain μπορεί να βελτιώσει τις δυνατότητες του δικτύου 5G και να ανοίξει την πόρτα σε ένα ασφαλέστερο και πιο αποτελεσματικό ψηφιακό μέλλον.

ABSTRACT

The Blockchain technology sector stands to gain significantly from the advancements brought by 5G technology, which has opened new opportunities in various industrial fields. This thesis aims to explain Blockchain technology and fifth-generation (5G) network technology in the first year, followed by a detailed discussion of the positive and negative impacts arising from the combination of these two innovative technologies across various sectors and applications.

Initially, the thesis will analyze the most important technical characteristics of both Blockchain technology and 5G networks. It will explore how security and privacy in 5G networks can be enhanced by the decentralized nature of Blockchain technology and its potential to enable the development of new business models and services.

Moreover, this thesis will examine the challenges and opportunities resulting from the combination of these two technologies. It will delve into issues such as scalability, consensus mechanisms, interoperability concerns, and more.

Additionally, this research will study two real-world use cases where Blockchain can be applied in a 5G context. Finally, it will address future challenges and research directions arising from the synergy between 5G networks and Blockchain technology.

Through a review of existing literature, this thesis aims to advance knowledge on how Blockchain technology can enhance the capabilities of 5G networks and pave the way for a safer and more efficient digital future.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα τελευταία χρόνια, η εκθετική εξέλιξη που σημειώθηκε στον τομέα της τεχνολογίας έχει φέρει αντίστοιχη επανάσταση σε πολλαπλούς κλάδους. Ένα από τα πιο πρόσφατα αλλά και ταυτόχρονα πιο σημαντικά επιτεύγματα της εξέλιξης αυτής αποτελεί το «πάντρεμα» της τεχνολογίας του Διαδικτύου των Πραγμάτων (Internet of Things – IoT) με τα Κυψελωτά Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών Τέταρτης Γενιάς (Fourth Generation – 4G). Η αξιοποίηση και οι δυνατότητες του αναμένεται να διευρυνθούν από τα αντίστοιχα δίκτυα της πέμπτης και των επόμενων γενεών (Beyond 5G – B5G), επηρεάζοντας σημαντικά ποικίλες πτυχές της ανθρώπινης ζωής. Με την ωρίμανση και την ευρεία χρήση του IoT, ο συνεχώς αυξανόμενος όγκος της τηλεπικοινωνιακής κίνησης θα προέρχεται από την αυτόνομη και αυτόματη επικοινωνία μεταξύ ετερογενών έξυπνων συσκευών και αισθητήρων, αντί της τηλεφωνικής ή διαδικτυακής επικοινωνίας μεταξύ των ανθρώπων. Ωστόσο, το γεγονός αυτό οδηγεί σε αρκετές προκλήσεις και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της πολυπλοκότητας της αρχιτεκτονικής των σύγχρονων κυψελωτών τηλεπικοινωνιακών δικτύων, Έτσι γεννήθηκε η ανάγκη να διερευνηθούν νέες λύσεις στο πρόβλημα αυτό.

Οι σημερινοί ερευνητές αντιμετωπίζουν μια σειρά ζητημάτων, συμπεριλαμβανομένης της διασφάλισης του υψηλού βαθμού ασφάλειας και ακεραιότητας των δεδομένων που αποθηκεύονται σε συσκευές Διαδικτύου των πραγμάτων ή μεταφέρονται σε συστήματα τηλεπικοινωνιών. Το Blockchain είναι μια πολλά υποσχόμενη, σχετικά νέα τεχνολογία που αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στην επίτευξη αυτού του στόχου. Ένα αποκεντρωμένο ψηφιακό καθολικό που ονομάζεται τεχνολογία Blockchain καθιστά τις συναλλαγές ασφαλείς, διαφανείς και χωρίς να χρήζει βοήθειας από μεσάζοντες. Αυτό το δημόσιο σύστημα βάσης δεδομένων διασφαλίζει την ακεραιότητα και το απόρρητο των δεδομένων που κοινοποιούνται διευκολύνοντας αλγοριθμικά την ασφαλή σύνδεση μεταξύ των στοιχείων του δικτύου peer-to-peer. Πολλές εφαρμογές το βρίσκουν ελκυστικό λόγω της ικανότητάς του να προσφέρει αμεταβλητότητα, σταθερότητα, διαφάνεια και ασφάλεια. Τα τελευταία χρόνια, διεξάγονται συστηματικές ερευνητικές προσπάθειες ενσωμάτωσης του, μεταξύ άλλων, σε αρκετά διαφορετικά σημεία των ασύρματων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων

Παράλληλα, η τεχνολογία 5G στοχεύει σε μεγαλύτερες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων, χαμηλότερους ρυθμούς καθυστέρησης, αυξημένη χωρητικότητα δικτύου και βελτιωμένη συνδεσιμότητα. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν την τεχνολογία 5G ιδανική για την υποστήριξη εφαρμογών ταυτόνομα οχήματα, το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT), την εικονική πραγματικότητα (VR) και την τεχνητή νοημοσύνη (AI).

Ωστόσο, όπως συμβαίνει με κάθε καινοτόμο ενσωμάτωση, οι προκλήσεις είναι πολλές. Μερικές από αυτές είναι η επεκτασιμότητα, η καθυστέρηση και η διαλειτουργικότητα. Αυτή η μελέτη προσπαθεί να αποσαφηνίσει αυτές τις προκλήσεις, ερευνώντας παράλληλα τη λεπτή ισορροπία μεταξύ των αποκεντρωμένων αρχών του blockchain και των απαιτήσεων υψηλής απόδοσης των δικτύων 5G.

2. Τεχνολογία Blockchain: Βασικές αρχές και μηχανισμοί.

2.1 Ορισμός και εξέλιξη του Blockchain.

Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει την ασφαλή καταγραφή των συναλλαγών σε ένα δίκτυο υπολογιστών μέσω ενός καταμεμημένου, αποκεντρωμένου μηχανισμού τήρησης αρχείων. Η θεμελιώδης τεχνολογία στην οποία βασίζεται το Bitcoin, το blockchain, δημιουργήθηκε για πρώτη φορά το 2009 από ένα αγνώστων στοιχείων άτομο ή ομάδα με το όνομα «Satoshi Nakamoto» [1, 3].

Το Blockchain είναι ουσιαστικά μια διευρυνόμενη λίστα εγγράφων, ή αλλιώς μπλοκ, που συνδέονται τόσο χρονολογικά όσο και διαδοχικά μεταξύ τους [1,9]. Μια αλυσίδα δημιουργείται όταν χρησιμοποιείται μια ετικέτα κατακερματισμού για τη σύνδεση κάθε νέου μπλοκ με το προηγούμενο του [1,9]. Οι αλυσίδες μπλοκ δεν μπορούν να τροποποιηθούν, καθώς κάθε επόμενο μπλοκ βασίζεται σε αυτό που βρίσκεται πριν, και η αποκεντρωμένη δομή της αλυσίδας μπλοκ εμποδίζει οποιοδήποτε μέρος να ελέγχει ολόκληρη την αλυσίδα, γεγονός που το καθιστά απρόσβλητο στην απάτη και την παραποίηση [1,9].

Μετά τη μεγάλη συνεισφορά του στο Bitcoin, το ενδεχόμενο τεχνολογία blockchain να επιφέρει θετικές αλλαγές σε διάφορους κλάδους, αποκτά εκθετική απήχηση. Ενώ το bitcoin εισήγαγε την έννοια του blockchain, η εξέλιξη του έχει επεκτείνει τις πιθανές περιπτώσεις χρήσης του. Η τεχνολογία πλέον έχει εξελιχθεί αρκετά ώστε να καθίσταται σημαντική σε διάφορους τομείς όπως της υγείας, των συστημάτων ψηφοφορίας και των αλυσίδων εφοδιασμού [1,3].

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά του blockchain είναι η διαφάνεια του καθώς οι συναλλαγές που καταγράφονται σε ένα μπλοκ είναι προσβάσιμες από όλους τους χρήστες. Αυτή η διαφάνεια προωθεί την υπευθυνότητα και διασφαλίζει την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων, καθώς ο καθένας μπορεί να επαληθεύσει τις συναλλαγές καθώς και να παρακολουθήσει το ιστορικό τους [1, 6].

Η εξέλιξη της τεχνολογίας blockchain έχει επίσης οδηγήσει στην δημιουργία διαφόρων ειδών blockchain [8]. Αυτοί είναι α) οι δημόσιες αλυσίδες μπλοκ όπως το «Bitcoin» και το «Ethereum», οι οποίες είναι προσβάσιμες στο ευρύ κοινό και βασίζονται σε ένα κατακερματισμένο δίκτυο συμμετεχόντων για την επικύρωση των συναλλαγών, β) τα ιδιωτικά blockchain στα οποία η πρόσβαση προσφέρεται αποκλειστικά σε μια συγκεκριμένη ομάδα χρηστών, γ) το blockchain κοινοπραξίας (Consortium Blockchain) κατά το οποίο, μια ομάδα οργανισμών είναι υπεύθυνη για τη συντήρηση του δικτύου [3, 7,10].

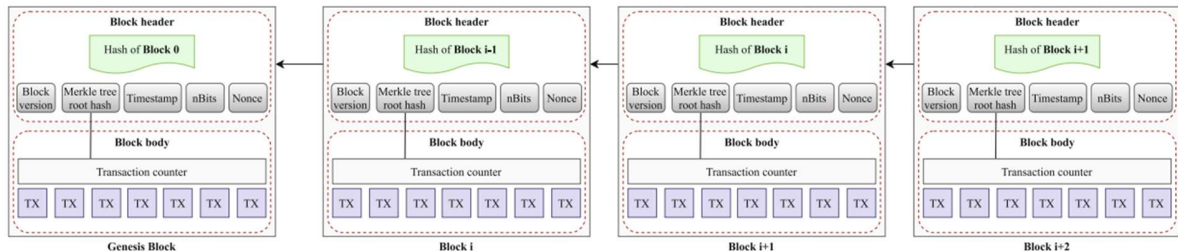
Με την κωδικοποίηση και την αποκωδικοποίηση δεδομένων, η κρυπτογραφία συμβάλλει επίσης σημαντικά στην ασφαλή διαχείριση των συναλλαγών Blockchain, διασφαλίζοντας την εμπιστευτικότητα, την ακεραιότητα και την αυθεντικότητα [9]. Η επίτευξη συναίνεσης των χρηστών του δικτύου σχετικά με τη νομιμότητα των συναλλαγών και τη σειρά με την οποία πρέπει να προστεθούν στην αλυσίδα μπλοκ αποτελεί πρόβλημα για τεχνικές συναίνεσης όπως η απόδειξη εργασίας (Proof of Work - PoW), η απόδειξη στοιχημάτων (Proof of Stakes – PoS) και η Πρακτική Συμφωνία με Βυζαντινά Σφάλματα (Practical Byzantine Fault Tolerance - PBFT) [8].

Επιπλέον, η ανάπτυξη του Blockchain σηματοδότησε την εξέλιξη των έξυπνων συμβολαίων [10]. Τα έξυπνα συμβόλαια είναι αυτοεκτελούμενες συμφωνίες με καθορισμένους όρους που κωδικοποιούνται απευθείας σε κώδικα στο Blockchain. Εξαλείφουν την ανάγκη για μεσάζοντες επιβάλλοντας και εκτελώντας αυτόματα προκαθορισμένους συμβατικούς όρους [10]. Επιπλέον, τα έξυπνα συμβόλαια έχουν διευκολύνει τη δημιουργία αποκεντρωμένων εφαρμογών ή αλλιώς «Dapps», που αξιοποιούν τις ιδιότητες ασφάλειας και αποκέντρωσης του blockchain για να δημιουργήσουν λύσεις αιχμής σε μια σειρά διαφόρων βιομηχανιών [9, 10].

2.2 Η δομή του Blockchain

Όλα τα δεδομένα συναλλαγών διατηρούνται σε μια σειρά μπλοκ που συνθέτουν το Blockchain, όπως γίνεται και σε ένα δημόσιο καθολικό. Η σύνδεση αυτών των μπλοκ είναι ουσιαστικά ένας κατακερματισμός αναφοράς από το προηγούμενο μπλοκ, που αναφέρεται επίσης ως γονικό μπλοκ, σε αντίθεση με το αρχικό μπλοκ χωρίς γονικό μπλοκ το οποίο αναφέρεται ως "Genesis Block". Όπως

φαίνεται στο σχήμα 1 παρακάτω, ένα μπλοκ στο Bitcoin αποτελείται από το σώμα του μπλοκ (32 byte) και την κεφαλίδα του μπλοκ (80 byte), το οποίο περιέχει μεταδεδομένα όπως η έκδοση μπλοκ (4 bytes), η χρονική σήμανση (4 bytes), η nonce (4 bytes), nBits (4 byte) και κατακερματισμό γονικού μπλοκ (32 byte).



Σχήμα 1 Δομή Blockchain

Για παράδειγμα, σε ένα αναξιοπίστο περιβάλλον, ας πούμε για παράδειγμα το δίκτυο Blockchain, χρησιμοποιείται μια ασύμμετρη ψηφιακή υπογραφή βασισμένη σε κρυπτογραφία για την επικύρωση και τον έλεγχο ταυτότητας των συναλλαγών. Σε αυτή τη διαδικασία, ο κάθε συμμετέχοντας έχει ένα ένα ιδιωτικό κλειδί και ένα ζεύγος δημόσιου κλειδιού ανήκουν. Από τη μία το δημόσιο κλειδί είναι ορατό από όλους στο δίκτυο, από την άλλη το ιδιωτικό κλειδί είναι αυτό που χρησιμοποιείται στην υπογραφή και αποκρυπτογράφηση της συναλλαγής, το οποίο στη συνέχεια διευκολύνει την αποκρυπτογράφηση της επόμενης συναλλαγής. [28,2,5]

2.3 Κρυπτογραφία και μηχανισμοί συναίνεσης

Οι μηχανισμοί συναίνεσης και η κρυπτογραφία είναι τα δύο πιο κρίσιμα στοιχεία της τεχνολογίας Blockchain, επειδή έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν τη συναίνεση, την ασφάλεια και την ακεραιότητα στις αποκεντρωμένες συναλλαγές δικτύου. Μια ψηφιακή υπογραφή που βασίζεται σε κρυπτογραφία ιδιωτικού κλειδιού χρησιμοποιείται σε έναν κόμβο σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο Blockchain για την έναρξη μιας συναλλαγής. Οι συναλλαγές είναι ψηφιακά στοιχεία που ανταλλάσσονται ως δομή δεδομένων μεταξύ ομότιμων στο δίκτυο. Όλες οι συναλλαγές αποθηκεύονται σε μια ομάδα μη επιβεβαιωμένων συναλλαγών και διανέμονται σε όλο το δίκτυο μέσω μιας διαδικασίας flooding που ονομάζεται πρωτόκολλο Gossip. Αυτές οι συναλλαγές πρέπει στη συνέχεια να επιλεγούν και να επαληθευτούν από ομότιμους σύμφωνα με ένα σύνολο προκαθορισμένων προτύπων [1,28].

Η λέξη «συναίνεση», ή αγγλιστί «consensus» χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει την κατάσταση στην οποία ορισμένοι στρατηγικοί είναι πρόθυμοι να εξαπολύσουν μια αιφνιδιαστική επίθεση, ενώ άλλοι προτιμούν να υποχωρήσουν. Επομένως, εάν η πλειοψηφία των στρατηγών δεν είναι προετοιμασμένη για πόλεμο, πρέπει να γίνει συναίνεση, διαφορετικά η αποστολή θα αποτύγχανε. Λόγω της κατανεμημένης δομής αυτού του δικτύου, η επίτευξη συναίνεσης σχετικά με το Blockchain παρουσιάζει σημαντική δυσκολία. Ένας υπάρχων κεντρικός κόμβος δεν μπορεί να επαληθεύσει τους κατανεμημένους κόμβους για τα δικά του λογιστικά βιβλία. Επομένως, ένα πρωτόκολλο πρέπει να εγγυάται τη συνοχή των κόμβων. Ως εκ τούτου, η συναίνεση είναι κρίσιμη σε αυτήν την κατάσταση. Η ακρίβεια και η συνέπεια των δεδομένων θα πρέπει να διατηρούνται με μια αδιαπέραστη διαδικασία συναίνεσης. Ενδέχεται να απαιτείται ένα αποκεντρωμένο δίκτυο για να συμφωνεί με κοινούς αλγόριθμους συναίνεσης (εφαρμοσμένα πρωτόκολλα) όπως Proof-of-Work (PoW), Proof-of-Stake

(PoS) και Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT). Οι λεπτομέρειες αυτών των τεχνολογιών παρέχονται παρακάτω. [5, 14, 27]

Τα συστήματα Blockchain χρησιμοποιούν επίσης ψηφιακές υπογραφές [1,11]. Βασικό στοιχείο του ελέγχου ταυτότητας συναλλαγών είναι η χρήση ψηφιακών υπογραφών. Ο αποστολέας χρησιμοποιεί το ιδιωτικό του κλειδί για να δημιουργήσει μια ψηφιακή υπογραφή κατά την έναρξη μιας συναλλαγής. Επειδή αυτή η ψηφιακή υπογραφή είναι συγκεκριμένη για κάθε συναλλαγή, επιβεβαιώνει μοναδικά την ταυτότητα του αποστολέα. Η ακεραιότητα καθώς και η αυθεντικότητα της συναλλαγής μπορεί στη συνέχεια να επιβεβαιωθεί από τον παραλήπτη μέσω της χρήσης του δημοσίου κλειδιού του αποστολέα για την επικύρωση της ψηφιακής υπογραφής.

Μία από τις παλαιότερες και πιο γνωστές τεχνικές συναίνεσης είναι η Απόδειξη Εργασίας, το Proof of Work (PoW), η οποία χρησιμοποιείται κυρίως από το Μπιτκοϊν [1] [12]. Οι συμμετέχοντες, που αναφέρονται ως «ανθρακωρύχοι», διαγωνίζονται για να λύσουν ένα δύσκολο μαθηματικό παζλ σε μια διαδικασία απόδειξης της εργασίας. Η επόμενη συναλλαγή προστίθεται στην αλυσίδα από εκείνον τον συμμετέχων - ανθρακωρύχο που λύνει το πρόβλημα πιο γρήγορα. Αυτό το σύστημα διασφαλίζει ότι απαιτείται μεγάλη επεξεργαστική ισχύς για την επικύρωση των συναλλαγών, γεγονός που καθιστά την απάτη σοβαρή πρόκληση [18,22].

Μια άλλη μέθοδος συναίνεσης που βασίζεται στην ιδιοκτησία ή τη συμμετοχή των μελών στο δίκτυο blockchain ονομάζεται Απόδειξη Πονταρίσματος – Proof of Stake (PoS) [12]. Ένα σύστημα PoS χρησιμοποιεί ένα σύστημα προνομίων για την επιλογή μελών ανάλογα με την ποσότητα των bitcoin κρυπτονομισμάτων που κατέχουν προκειμένου να επικυρώσει τις συναλλαγές και να δημιουργήσει νέα μπλοκ. Κατά τη διαδικασία τυχαίας επιλογής, συνήθως λαμβάνονται υπόψη οι κατοχές του συμμετέχοντος σε κρυπτονόμισμα. Επειδή το γεγονός ότι η τεχνολογία της Απόδειξης Πονταρίσματος δεν απαιτεί υπολογισμούς έντασης πόρων, καθίσταται και αποδεικνύεται έτσι αρκετά πιο ενεργειακά αποδοτικό από την τεχνολογία Απόδειξης εργασίας PoW.

Επιπλέον, η Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT), η οποία χρησιμοποιείται συχνά σε κοινόχρηστες αλυσίδες μπλοκ, είναι μια άλλη τεχνική συναίνεσης [12]. Η επαλήθευση των συναλλαγών και η επίτευξη συμφωνίας εξαρτάται από μια προκαθορισμένη ομάδα αξιόπιστων κόμβων - που αναφέρονται ως "επικυρωτές". Οι επικυρωτές επικοινωνούν μεταξύ τους και αποφασίζουν για την εγκυρότητα και την τάξη της συναλλαγής ως ομάδα. Η ακεραιότητα του blockchain μπορεί να διατηρηθεί χρησιμοποιώντας την PBFT σε περίπτωση παρουσίας περιορισμένης ποσότητας κακόβουλων ή δυσλειτουργικών κόμβων στο δίκτυο.

Προκειμένου να ικανοποιηθούν συγκεκριμένες ανάγκες ασφάλειας, ταχύτητας και επεκτασιμότητας σε διαφορετικά δίκτυα blockchain, άλλες τεχνικές συναίνεσης, όπως Delegated Proof of Stake (DPoS) [13], Byzantine Fault Tolerance (BFT) [14] και Directed Acyclic Graphs (DAGs) [15], έχουν επίσης δημιουργηθεί [13,14,15].

Οι μηχανισμοί συναίνεσης θα πρέπει να επιλέγονται με βάση τις απαιτήσεις της εφαρμογής blockchain, λαμβάνοντας υπόψη πτυχές όπως η αποκέντρωση, η ασφάλεια, η επεκτασιμότητα και η ενεργειακή απόδοση [13, 14]. Διαφορετικοί αλγόριθμοι συναίνεσης επιλέγονται από διαφορετικές πλατφόρμες και έργα blockchain με βάση τις ιδιαίτερες ανάγκες τους [15]. Αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται ισχυρές τεχνικές κρυπτογραφίας και διαδικασίες συναίνεσης, οι οποίες συμβάλλουν στο να γίνουν τα δίκτυα blockchain πιο ασφαλή, αξιόπιστα και αποτελεσματικά. Αυτό ανοίγει την πόρτα σε νέες εφαρμογές σε διάφορους κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των αποκεντρωμένων εφαρμογών και των έξυπνων συμβολαίων.

2.4 Βασικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας Blockchain

Παρακάτω αναλύονται τα πιο βασικά χαρακτηριστικά που απαντώνται στην τεχνολογία του Blockchain :

- **Αποκέντρωση:** Η λογική της αποκέντρωσης ακολουθεί τον τρόπο λειτουργίας των συναλλαγών σε μια τράπεζα, κατά την οποία ισχύει ο κανόνας της εμπιστευτικότητας. Με άλλα λόγια, καθίσταται πολύ σημαντικά οι συναλλαγές μέσα στα συστήματα αυτά να επικυρώνεται από πηγή έμπιστη, όπως για παράδειγμα μια κεντρική αξιόπιστη υπηρεσία. Εξαιτίας αυτού, η εμπιστοσύνη είναι απαραίτητη. Η εμπιστοσύνη είναι το πρωταρχικό πρόβλημα όσον αφορά την αποκέντρωση, σε συνδυασμό με τη διαθεσιμότητα, το fail over και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας, για τα οποία μια αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική P2P Blockchain θα μπορούσε να προσφέρει καλύτερη και πιο ωφέλιμη λύση. Οποιοσδήποτε δύο επιχειρήσεις P2P μπορούν να συναλλάσσονται στο δίκτυο Blockchain χωρίς να απαιτείται έλεγχος ταυτότητας από τον κεντρικό πάροχο, σε αντίθεση με τα κεντρικά συστήματα. Το Blockchain μπορεί επομένως να χρησιμοποιήσει μια ποικιλία τεχνικών συναίνεσης για να κατευνάσει τις ανησυχίες σχετικά με την εμπιστοσύνη. Επιπλέον, τα έξοδα διακομιστή και τα γενικά έξοδα απόδοσης στον κεντρικό διακομιστή μπορούν να ελαχιστοποιηθούν. Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν συχνά ανταλλαγές που σχετίζονται με το blockchain. Οι τεχνικές συναίνεσης, όπως για παράδειγμα η απόδειξη εργασίας (PoW) του Bitcoin και του Ethereum, έχουν μικρότερη απόδοση και υψηλότερο κόστος για διακομιστές και ενέργεια.
- **Επιμονή:** Το Blockchain παρέχει μια αρχιτεκτονική για την ποσοτικοποίηση της αλήθειας και την επικύρωση των δεδομένων παραγωγών και καταναλωτών. Υποθέτοντας ότι έχουμε ένα σύστημα αλυσίδας το οποίο περιέχει δέκα μπλοκ, λογικά, το δέκατο στη σειρά μπλοκ περιέχει τον κατακερματισμό του προηγούμενου (ένατου) μπλοκ ενώ παράλληλα οι πληροφορίες στο τρέχον μπλοκ χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός νέου μπλοκ. Ως αποτέλεσμα, όλα τα μπλοκ στην υπάρχουσα αλυσίδα συνδέονται όλα μεταξύ τους. Οι τρέχουσες συναλλαγές συνδέονται ακόμη και με την προηγούμενη συναλλαγή. Τώρα, η απλή ενημέρωση μιας συναλλαγής θα τροποποιήσει δραστικά τον κατακερματισμό του μπλοκ. Εάν τροποποιηθεί οποιαδήποτε πληροφορία, τα δεδομένα κατακερματισμού για όλα τα προηγούμενα μπλοκ πρέπει αναγκαστικά να τροποποιηθούν και αυτά βάζει το σχεδιασμού του Blockchain, κάτι που αποτελεί μια αρκετά περίπλοκη και χρονοβόρα εργασία. Επιπλέον, άλλοι χρήστες του δικτύου επικυρώνουν ένα μπλοκ που δημιουργήθηκε από έναν εξορύκτη. Ως αποτέλεσμα, οποιαδήποτε πιθανή (προσπάθεια για) παραποίηση και αλλαγή των δεδομένων θα εντοπιστεί άμεσα από το δίκτυο. Έτσι, θα μπορούσε να πει κανείς πως η τεχνολογία του Blockchain είναι συγκρίσιμη με ένα αμετάβλητο καταμεμημένο καθολικό, το οποίο είναι ουσιαστικά αδιάβροχο.
- **Ανωνυμία:** Η αλληλεπίδραση που δύναται και προβλέπεται να γίνει μέσα σε ένα δίκτυο – σύστημα Blockchain, περιέχει τη χρήση πολλών και τυχαία δημιουργημένων διευθύνσεων εντός του δικτύου, με απώτερο σκοπό έτσι να αποτραπεί η αποκάλυψη ταυτότητας. Επειδή το σύστημα είναι αποκεντρωμένο, καμία κεντρική αρχή δεν μπορεί να παρακολουθεί ή να συλλέγει προσωπικά δεδομένα των χρηστών. Το Blockchain έχει τη δυνατότητα να προσφέρει κάποια ανωνυμία λόγω της φύσης του περιβάλλοντός του που δεν εμπιστεύεται
- **Δυνατότητα ελέγχου:** Ένα ψηφιακό καταμεμημένο καθολικό και μια ψηφιακή χρονική σήμανση υπάρχουν σε ένα σύστημα δικτύου Blockchain, ο ρόλος των οποίων περιέχει την καταγραφή και την επικύρωση όλων των συναλλαγών. Ως αποτέλεσμα, κάθε φορά που πραγματοποιείται πρόσβαση σε έναν κόμβο στο δίκτυο αυτό, οι προηγούμενες εγγραφές μπορούν εύκολα να ελεγχθούν και να εντοπιστούν. Ένα κλασικό παράδειγμα αποτελεί εκείνο του Bitcoin, στο οποίο όλες οι συναλλαγές μπορούν να ανιχνευθούν εκ νέου, καθιστώντας την κατάσταση των δεδομένων στο Blockchain εύκολα ελεγχόμενη και διαφανή. Όταν τα χρήματα διοχετεύονται σε πολλούς λογαριασμούς, ο εντοπισμός τους στην πηγή τους καθίσταται εξαιρετικά δύσκολος.

2.5 Οι διάφοροι τύποι της τεχνολογίας blockchain

Από το 2009, τη χρονιά που πρωτοεμφανίστηκε η τεχνολογία του Blockchain αυτό έχει εξελιχθεί σε μια ισχυρή πλατφόρμα με εφαρμογές που εκτείνονται πέρα από τα κρυπτονομίσματα. Πολυάριθμες νέες εκδόσεις Blockchain έχουν προκύψει και αναπτυχθεί ως αποτέλεσμα αυτού του τεχνολογικού περιβάλλοντος, όπου καθεμία από αυτές φέρει ένα μοναδικό σύνολο χαρακτηριστικών και χρήσεων στον πραγματικό κόσμο. Το δημόσιο, το ιδιωτικό και το blockchain κοινοπραξίας είναι οι τρεις κύριες μορφές blockchain που θα εξεταστούν σε αυτήν την ενότητα.

2.5.1 Τα Δημόσια Blockchain

Τα δημόσια blockchains, εκ των οποίων το Ethereum και το Bitcoin [16] είναι τα κύρια παραδείγματα, είναι ανοιχτά, αποκεντρωμένα δίκτυα που είναι διαθέσιμα σε όλους τους χρήστες. Οποιοσ χρήστης ενδιαφέρεται μπορεί και έχει τη δυνατότητα να εγγραφεί σε αυτά τα διεθνή δίκτυα, να γίνει κόμβος και να λάβει μέρος στην επαλήθευση συναλλαγών. Για τη δημιουργία ασφάλειας και διαφάνειας, η συγκεκριμένη κατηγορία αλυσίδας μπλοκ βασίζεται σε τεχνικές συναίνεσης που αναλύθηκαν σε προηγούμενη υποενότητα, όπως η απόδειξη της εργασίας ή η απόδειξη των στοιχημάτων [16] [1]. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορους σκοπούς λόγω της ανοιχτής πρόσβασής τους, συμπεριλαμβανομένων των αποκεντρωμένων εφαρμογών (DApps) και των κρυπτονομισμάτων. Η Εικόνα α απεικονίζει τη Δημόσια αλυσίδα μπλοκ [11, 24, 28].

Ο κύριος παράγοντας που ώθησε την ανάπτυξη των κρυπτονομισμάτων ήταν τα δημόσια συστήματα αλυσίδας μπλοκ. Η ιδέα του ψηφιακού νομίσματος έχει υποστεί σημαντικό μετασχηματισμό χάρη στο Bitcoin, το οποίο, όπως εξηγήσαμε και παραπάνω αποτελεί το πρώτο κρυπτονομίσμα που βασίζεται σε τεχνολογία Blockchain [1]. Ένα άλλο γνωστό δημόσιο blockchain, το Ethereum, έκανε δημοφιλή την ιδέα των έξυπνων συμβολαίων [16], επιτρέποντας στους προγραμματιστές να σχεδιάζουν αποκεντρωμένες εφαρμογές που λειτουργούν χωρίς μεσάζοντες.

Οι δημόσιες αλυσίδες μπλοκ παρέχουν ένα περιβάλλον όπου οι συναλλαγές ρυθμίζονται αυστηρά από ένα κατακεντρωμένο δίκτυο κόμβων, εξαλείφοντας την απαίτηση για εμπιστοσύνη των μελών [1]. Λόγω αυτής της αποκεντρικής, τα κενά της λογοκρισίας και της ασφάλειας ματαιώνονται και έτσι, καθίσταται πιο δύσκολο για ένα άτομο να αποκτήσει τον έλεγχο του δικτύου. Ένα τρανταχτό παράδειγμα αποτελεί το Bitcoin το οποίο έχει αναδείξει πόσο αξιολογικά ανθεκτικά είναι τα δημόσια blockchain σε εξωτερικούς χειρισμούς [4].

2.5.2 Τα Ιδιωτικά blockchain.

Η έννοια της ιδιωτικότητας στα συστήματα Blockchain, σε αντίθεση με τα δημόσια Blockchain, κατά κύριο λόγο έγκειται στον περιορισμό της πρόσβασης σε μικρό αριθμό χρηστών και παράλληλα χρησιμοποιούνται μόνο για ορισμένους, συχνά εσωτερικούς, στόχους. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας σε μια επιχείρηση ή σε έναν οργανισμό είναι ένα πολύ συνηθισμένο παράδειγμα. Αυτού του τύπου οι αλυσίδες μπλοκ δίνουν προτεραιότητα στην αποτελεσματικότητα, τον έλεγχο και την ιδιωτικότητα έναντι της αποκεντρικής και της διαφάνειας. Η εικόνα β εμφανίζει το ιδιωτικό blockchain.

Έτσι, οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ χαρακτηρίζονται από την επιτρεπόμενη αρχιτεκτονική τους, η οποία περιορίζει την πρόσβαση στο δίκτυο μόνο σε εγκεκριμένους χρήστες ή επιχειρήσεις. Περισσότερος έλεγχος σχετικά με το ποιος μπορεί να ενταχθεί στο οικοσύστημα blockchain και τι μπορούν να κάνουν παρέχεται από αυτόν τον σκόπιμο περιορισμό [16, 18]. Οι ιδιωτικές αλυσίδες μπλοκ είναι

ιδιαίτερα χρήσιμες σε εταιρικές ρυθμίσεις όπου η διατήρηση του απορρήτου των δεδομένων, η τήρηση των κανονισμών και η εγγύηση της ασφάλειας είναι υψίστης σημασίας.

Μια εξέχουσα περίπτωση χρήσης ιδιωτικών αλυσίδων μπλοκ είναι η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Εξέχουσες εταιρείες όπως η Walmart και η IBM έχουν βασιστεί στην υπόσχεση των ιδιωτικών blockchains να βελτιώσουν την ιχνηλασιμότητα και τη διαφάνεια στις περίπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού τους [24, 28]. Καταγράφοντας σχολαστικά κάθε βήμα της διαδρομής ενός προϊόντος σε μια αλυσίδα μπλοκ, οι επιχειρήσεις είναι σε θέση να εντοπίζουν και να επιλύουν άμεσα προβλήματα όπως μολυσμένα τρόφιμα ή ψεύτικα προϊόντα [28].

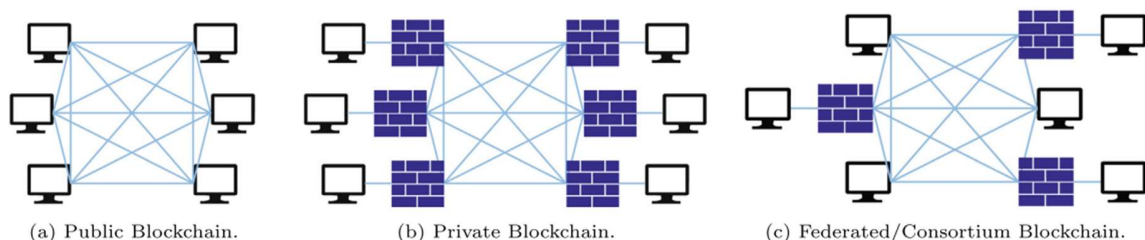
Μια αξιοσημείωτη εφαρμογή των ιδιωτικών αλυσίδων μπλοκ περιστρέφεται γύρω από τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Μεγάλες εταιρείες όπως η IBM και η Walmart έχουν αξιοποιήσει τις δυνατότητες των ιδιωτικών αλυσίδων μπλοκ για να ενισχύσουν τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα στις περίπλοκες αλυσίδες εφοδιασμού τους [24,28].

2.5.3 Consortium blockchain.

Μεταξύ της αποκλειστικότητας των ιδιωτικών blockchain και της διαφάνειας των δημόσιων blockchain, βρίσκονται τα κοινοπρακτικά blockchain τα οποία παρέχουν μια μέση λύση. Μια ομάδα οργανισμών συνήθως επιβλέπει μια συγκεκριμένη ομάδα κόμβων που καλλιεργούν και διατηρούν αυτά τα ημι-αποκεντρωμένα δίκτυα. Τα consortium blockchain παρέχουν έναν βαθμό αποκέντρωσης ενώ παράλληλα διευκολύνουν τη συνεργασία. Τομείς όπως η χρηματοδότηση και η υγειονομική περίθαλψη, που απαιτούν συνεργασία μεταξύ αξιόπιστων μερών, έχουν συνειδητοποιήσει τις τεράστιες δυνατότητες των κοινοπρακτικών blockchain. Στην εικόνα c, βλέπουμε τα Κοινοπρακτικά Blockchain [11, 28]

Στον κόσμο των συνεργατικών blockchain, πολλές εταιρείες ενώνονται για να διαχειριστούν και να προστατέψουν το δίκτυο συλλογικά. Οι συναινετικές μπλοκ αλυσίδες, σε αντίθεση με τις πλήρως δημόσιες αλυσίδες μπλοκ, οι οποίες είναι ανοιχτές σε όλους τους χρήστες, επιτρέπουν μόνο επαληθευμένους χρήστες που εκτελούν κόμβους και επικυρώνουν συναλλαγές. Αυτή η επιλεκτική προσέγγιση συμβάλλει καθοριστικά στη διατήρηση του ελέγχου του οικοσυστήματος, ενώ ταυτόχρονα διευκολύνει τη συνεργασία και ενισχύει την εμπιστοσύνη μεταξύ των συμμετεχόντων.

Το R3 Corda [26], το οποίο δημιουργήθηκε με συγκεκριμένο σκοπό να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των χρηματοπιστωτικών ιδρυμάτων [27], αποτελεί ένα λαμπρό παράδειγμα της τεχνολογίας κοινοπραξίας (consortium) Ethereum. Με τη χρήση του Corda, οι τράπεζες μπορούν να συνεργαστούν με ασφάλεια και εξαιρετικά αποτελεσματικά σε μια σειρά οικονομικών εργασιών, από τη χρηματοδότηση του εμπορίου έως την επαλήθευση ταυτότητας [26,27]. Τα ενδιαφερόμενα μέρη ενθαρρύνονται να αισθάνονται εμπιστοσύνη λόγω της χρήσης τα τεχνολογίας Corda επειδή η προσέγγιση της κοινοπραξίας διασφαλίζει ότι μόνο άτομα που έχουν ελεγχθεί σε βάθος μπορούν να συμμετέχουν ενεργά στο δίκτυο [10].



Σχήμα 2 : Τύποι Blockchain

2.5.4 Σύγκριση μεταξύ Δημόσιου , Ιδιωτικού και Consortium Blockchain

Οι δημόσιες αλυσίδες μπλοκ αποδίδουν καλύτερα σε περιβάλλοντα τα οποία δίνουν προτεραιότητα στην αποκέντρωση, την ασφάλεια και τη διαφάνεια. Η λειτουργία τους θεωρείται εξαιρετική όσον αφορά εφαρμογές που χρειάζονται ανοιχτή και παγκόσμια συμμετοχή, όπως είναι το Bitcoin [1, 5].

Από την άλλη πλευρά, η αποτελεσματικότητα, η ανωνυμία και ο έλεγχος αποτελούν κυρίαρχη προτεραιότητα στα ιδιωτικά blockchain. Οι επιχειρήσεις τα εφαρμόζουν για περιπτώσεις χρήσης, όπως η εσωτερική τήρηση αρχείων, όπου η περιορισμένη πρόσβαση στα δεδομένα είναι απαραίτητη για να διασφαλιστεί ότι αυτά θα παραμείνουν στα χέρια εξουσιοδοτημένων ατόμων. Αυτή η στρατηγική βελτιώνει τη λειτουργική αποτελεσματικότητα των κλειστών οικοσυστημάτων [6].

Οι κοινοπραξιακές αλυσίδες μπλοκ (Consortium Blockchain) είναι ένας έξυπνος τρόπος καθώς συνδυάζει ταυτόχρονα τα οφέλη των ιδιωτικών και των δημόσιων blockchain. Επωφελούνται από την ασφάλεια και τη διαφάνεια που συνοδεύουν τις αποκεντρωμένες τεχνολογίες και εξυπηρετούν επιχειρήσεις που εξαρτώνται από την εμπιστοσύνη των συμμετεχόντων. Η συνεργασία σε ένα ελεγχόμενο περιβάλλον διευκολύνεται επιδέξια από την ιδέα της κοινοπραξίας [27, 28].

2.5.5 Εφαρμογές blockchain στον πραγματικό κόσμο.

Η εμφάνιση μη βρώσιμων tokens (NFT) και αποκεντρωμένης χρηματοδότησης (DeFi) έχει αναπτυχθεί από δημόσιες αλυσίδες μπλοκ, όπως το Ethereum, υπογραμμίζοντας τις απεριόριστες δυνατότητες των ανοιχτών πλατφορμών [8]. Οι χρήστες μπορούν να έχουν πρόσβαση σε χρηματοοικονομικές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των συναλλαγών και του δανεισμού, χωρίς τη χρήση συμβατικών μεσάζων χάρη στις εφαρμογές DeFi. Από την άλλη πλευρά, τα NFT, τα οποία αντιπροσωπεύουν την ιδιοκτησία διακριτικών ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, γίνονται όλο και πιο κοινά σε βιομηχανίες όπως η ψυχαγωγία, τα παιχνίδια και οι τέχνες [2].

Τα ιδιωτικά Blockchain έχουν γίνει ευρέως γνωστά στον εμπορικό τομέα. Για παράδειγμα, η Walmart και η IBM τα χρησιμοποιούν για να βελτιώσουν την ιχνηλασιμότητα και τη διαφάνεια της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας [28]. Χάρη σε αυτά τα δίκτυα που λειτουργούν με γνώμονα το σκοπό, οι οργανισμοί είναι σε θέση να παρακολουθούν και να επικυρώνουν τη θέση ενός προϊόντος καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής του, από το σημείο της επεξεργασίας της πρώτης ύλης έως το σημείο της διανομής. Αυτή η διαφάνεια μειώνει τον κίνδυνο απάτης, ενισχύει την εμπιστοσύνη των πελατών και βελτιώνει την ποιότητα των προϊόντων. [28.2]

Το R3 Corda χρησιμοποιείται ως παράδειγμα του τρόπου με τον οποίο τα συνεργατικά blockchain έχουν εγκατασταθεί στον χρηματοπιστωτικό κλάδο, καθώς οι τράπεζες συνεργάζονται για να βελτιώσουν την εμπιστοσύνη των συμμετεχόντων και να επισπεύσουν τις διαδικασίες [26]. Το Corda άλλαξε πλήρως τον τρόπο διεξαγωγής των χρηματοοικονομικών συναλλαγών, επιτρέποντας ασφαλείς και αποτελεσματικές ανταλλαγές, μηδενίζοντας με αποτέλεσμα την ανάγκη για συμβατικούς μεσάζοντες και καθιστώντας την πιθανότητα για λάθη και απάτη εξαιρετικά μικρή.

Η κατανόηση των λεπτών διαφορών ,θα έλεγε κανείς, αυτών των τύπων blockchains εξακολουθεί να είναι απαραίτητη και ίσως υποχρεωτική για τους ανθρώπους και τις εταιρείες που ελπίζουν να επωφεληθούν από τις δυνατότητες της τεχνολογίας καταμεμημένου καθολικού σε διάφορους κλάδους καθώς η τεχνολογία αυτή εξελίσσεται ολοένα και περισσότερο σε εκθετικό βαθμό.

2.6 Οι Έξυπνες συμβάσεις και οι αποκεντρωμένες εφαρμογές

Λόγω της προόδου στην τεχνολογία Blockchain, τα Έξυπνα Συμβόλαια και οι Αποκεντρωμένες Εφαρμογές (αγγλιστί DApps) έχουν αναδειχθεί ως νέες πρωτοποριακές εξελίξεις [1,18]. Αυτά μπορούν να αλλάξουν δραστικά τις τυπικές επιχειρηματικές διαδικασίες επιτρέποντας την αυτοματοποίηση των συμβάσεων και την ανάπτυξη αξιόπιστων, αυτόνομων αποκεντρωμένων εφαρμογών.

Στην ουσία, τα έξυπνα συμβόλαια αποτελούν αυτοδιαχειριζόμενα συμβόλαια με όρους που έχουν προκαθοριστεί και που καταγράφονται στο Blockchain [2,17]. Το μοναδικό τους χαρακτηριστικό είναι η αυτόνομη λειτουργία τους, η οποία αφαιρεί την ανάγκη για μεσάζοντες και αυξάνει σημαντικά τη διαφάνεια και την εμπιστοσύνη [20]. Λειτουργούν σύμφωνα με ένα σύνολο κατευθυντήριων γραμμών που είναι εγγεγραμμένες στο blockchain, διασφαλίζοντας ότι όλα τα εμπλεκόμενα μέρη αποδέχονται αυτούς τους «νόμους» [1, 2, 17]. Όπως όλα τα δεδομένα στο blockchain, ένα έξυπνο συμβόλαιο δεν μπορεί να τροποποιηθεί μετά τη δημοσίευσή του, διασφαλίζοντας την ακεραιότητα και την αξιοπιστία του συμβολαίου. Επιπλέον, η διαφάνεια που προσφέρει η τεχνολογία blockchain επιτρέπει σε όλους τους συμμετέχοντες να παρακολουθούν και να επαληθεύουν την τήρηση του συμβολαίου, δημιουργώντας έτσι αλληλοεμπιστοσύνη μεταξύ των εμπλεκόμενων [1,17].

Υπάρχουν πολλά πεδία και βιομηχανίες όπου μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα έξυπνα συμβόλαια. Για παράδειγμα, μπορούν να αυτοματοποιήσουν την επεξεργασία χρηματοοικονομικών συναλλαγών, όπως ασφαλιστήρια συμβόλαια και δάνεια, εξαλείφοντας έτσι την αναγκαστική παρουσία μεσαζόντων. Μπορούν επίσης να εξορθολογίσουν τις χρηματοοικονομικές συναλλαγές μεταξύ ατόμων, απελευθερώνοντας πόρους από τα τραπεζικά συστήματα [2, 17].

Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι ένας άλλος τομέας όπου τα έξυπνα συμβόλαια εφαρμόζονται με επιτυχία. Μπορούν να εξορθολογίσουν τις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας, όπως την παρακολούθηση της κίνησης των προϊόντων, τον έλεγχο ταυτότητας προϊόντων και την τεκμηρίωση του τόπου προέλευσής τους. Αυτή η διαφάνεια μειώνει τους κινδύνους απάτης και παραποίησης/απομίμησης, ενώ παράλληλα ενθαρρύνει ένα μεγαλύτερο αίσθημα εμπιστοσύνης [1, 2, 17, 15].

Χρησιμοποιώντας τα βασικά χαρακτηριστικά αποκέντρωσης και ασφάλειας του blockchain, οι αποκεντρωμένες εφαρμογές ή DApps εφαρμόζονται και εδώ. Τα DApps παρέχουν μια σειρά υπηρεσιών σε πολλούς κλάδους, συμπεριλαμβανομένων των κοινωνικών δικτύων, των παιχνιδιών, της υγειονομικής περίθαλψης, των οικονομικών και άλλων [10,22].

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα των DApps είναι η αυτονομία τους από κεντρικές οντότητες. Τα DApps λειτουργούν σε ένα αποκεντρωμένο δίκτυο κόμβων, γεγονός που τους καθιστά ανθεκτικούς στη λογοκρισία και ανθεκτικούς έναντι πιθανών σημείων αστοχίας, σε αντίθεση με τις παραδοσιακές εφαρμογές που συχνά βασίζονται σε κεντρικούς διακομιστές [10,22].

Τα DApps ανοίγουν επίσης το δρόμο για ευκαιρίες χρηματοοικονομικής ένταξης επιτρέποντας συναλλαγές χρηστών, παραχωρώντας πρόσβαση σε χρηματοοικονομικές υπηρεσίες και διαφοροποιώντας τις επιλογές για ανταλλαγή χρημάτων, όλα αυτά χωρίς την εξάρτηση από μεσάζοντες [10]. Επιπλέον, ενθαρρύνουν εφευρετικά επιχειρηματικά μοντέλα όπως αποκεντρωμένα χρηματιστήρια, πλατφόρμες δανεισμού και πληθοχρηματοδότηση, τα οποία λειτουργούν αυτόνομα και με διαφάνεια εντός του blockchain [10,22].

Στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, τα DApps έχουν τη δυνατότητα να ενισχύσουν την ασφάλη και διαφανή ανταλλαγή ιατρικών αρχείων, προστατεύοντας το απόρρητο και διασφαλίζοντας την ακεραιότητα των δεδομένων [22]. Οι ασθενείς αποκτούν πλήρη έλεγχο των ιατρικών τους πληροφοριών, επιτρέποντάς τους να παρέχουν επιλεκτικά πρόσβαση σε παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, όπως απαιτείται. Επιπλέον, τα DApps μπορούν να εισαγάγουν νέες λύσεις, όπως η παροχή κινήτρων για την κοινή χρήση δεδομένων υγείας και ο εξορθολογισμός των κλινικών δοκιμών μέσω σαφών και επαληθεύσιμων μηχανισμών συναίνεσης [12,22].

Παρόλο που τα DApps και τα έξυπνα συμβόλαια έχουν πολλά πλεονεκτήματα, παρουσιάζουν επίσης μειονεκτήματα. Η κωδικοποίηση έξυπνων συμβολαίων είναι περίπλοκη και πρέπει να σχεδιαστεί προσεκτικά για να προστατεύεται από ελαττώματα ασφαλείας και πιθανή εκμετάλλευση [14,20]. Επιπλέον, η επεκτασιμότητα είναι ένα πρόβλημα επειδή οι πρόσφατες γενιές blockchain ενδέχεται να μην είναι σε θέση να χειριστούν αρκετά υψηλούς όγκους συναλλαγών [20].

2.7 Ασφάλεια και απόρρητο στο blockchain.

Η τεχνολογία Blockchain καθίσταται ιδανική για μια ποικιλία εφαρμογών, καθώς έχει ενσωματωμένα μέτρα ασφαλείας [30, 31]. Το ζήτημα των ευαίσθητων δεδομένων όπως και αυτό της αδιάκοπης διατήρησης της εμπιστοσύνης των συμμετεχόντων, καθιστά επιτακτική και εξαιρετικά σημαντική την ανάγκη να κατανοήσουμε τα ζητήματα ασφάλειας και απορρήτου που σχετίζονται με την ανάπτυξη της αλυσίδας μπλοκ [31].

Το αμετάβλητο του blockchain είναι ένα από τα κύρια οφέλη ασφαλείας του [30]. Μια συναλλαγή είναι πολύ δύσκολο να αλλάξει ή να κατασκευαστεί μόλις προστεθεί στο blockchain. Επειδή τα δίκτυα blockchain διανέμονται, πολλά αντίγραφα του καθολικού διατηρούνται σε αρχείο σε κάθε κόμβο, γεγονός που μειώνει σημαντικά την πιθανότητα χειραγώγησης δεδομένων και μεμονωμένων σημείων αποτυχίας [32].

Ωστόσο, το Blockchain δεν διασφαλίζει αυτόματα το απόρρητο των δεδομένων, ακόμη και αν διασφαλίζει την ακεραιότητα των δεδομένων [30]. Συγκεκριμένα, τα δεδομένα συναλλαγών αποθηκεύονται δημόσια και με διαφάνεια σε δημόσιες αλυσίδες μπλοκ, καθιστώντας τα διαθέσιμα σε όλους τους χρήστες. Ως αποτέλεσμα, το είδος των δεδομένων που διατηρούνται στο blockchain και το απαραίτητο επίπεδο απορρήτου δεδομένων πρέπει να ληφθούν προσεκτικά υπόψη [31].

Σε ιδιωτικές και συνεργατικές αλυσίδες μπλοκ, όπου η ορατότητα δεδομένων περιορίζεται σε μια ομάδα συγκεκριμένων και προκαθορισμένων συμμετεχόντων, τα προβλήματα απορρήτου γίνονται ακόμη πιο σημαντικά [30]. Σε τέτοιου είδους καταστάσεις χρησιμοποιούνται μηχανισμοί όπως τα στοιχεία ελέγχου πρόσβασης και η τεχνολογία κρυπτογράφησης για να διατηρηθούν τα προσωπικά δεδομένα ασφαλή από ανεπιθύμητη πρόσβαση [33].

Επιπλέον, η ανωνυμία των χρηστών σε δημόσιες αλυσίδες μπλοκ μπορεί να διατηρηθεί με τη χρήση ψευδώνυμων ή κρυπτογραφικών μεθόδων [30]. Οι συμμετέχοντες μπορούν να πραγματοποιούν συναλλαγές χρησιμοποιώντας κρυπτογραφικές διευθύνσεις ή ψευδώνυμα χωρίς να αποκαλύπτουν την πραγματική τους ταυτότητα σε τρίτους.

Η πρόληψη παράνομων συναλλαγών είναι ένα κρίσιμο στοιχείο της ασφαλείας του blockchain [30]. Το έργο των κακόβουλων προσπαθειών που έχουν ως σκοπό να πάρουν τον έλεγχο του δικτύου ή να χειραγωγήσουν τις συναλλαγές καθίσταται εξαιρετικά δύσκολο, επειδή οι μηχανισμοί συναίνεσης όπως PoW και το PoS εγγυώνται ότι οι συναλλαγές επαληθεύονται και προστίθενται στο blockchain από εξουσιοδοτημένους συμμετέχοντες [34].

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε, ωστόσο, ότι ορισμένες διαδικασίες συναίνεσης θα μπορούσαν να είναι ανοιχτές σε συγκεκριμένα είδη επιθέσεων. Στις αλυσίδες μπλοκ PoW, για παράδειγμα, μια επίθεση 51% μπορεί να συμβεί όταν ένα μέρος ελέγχει το μεγαλύτερο μέρος της επεξεργαστικής ισχύος του δικτύου, δίνοντάς του τη δυνατότητα να αλλάξει πιθανώς το ιστορικό συναλλαγών [34]. Τα δίκτυα blockchain αναπτύσσονται συνεχώς και προσθέτουν νέες, πιο ανθεκτικές σε επιθέσεις τεχνικές συναίνεσης για τη μείωση αυτών των τρωτών σημείων [35].

Η ασφάλεια των έξυπνων συμβολαίων είναι μια άλλη σημαντική ανησυχία [30]. Ακόμα κι αν αυτοματοποιούν και επιβάλλουν συμβάσεις, τα έξυπνα συμβόλαια εξακολουθούν να είναι επιρρεπή σε ελαττώματα ή σφάλματα κώδικα. Ενδέχεται να αξιοποιηθούν ελαττώματα κώδικα έξυπνων συμβολαίων, τα οποία ενδέχεται να οδηγήσουν σε μη εγκεκριμένη πρόσβαση ή σε χρηματικές απώλειες [31]. Κατά συνέπεια, για να μειωθούν αυτοί οι κίνδυνοι, απαιτούνται διεξοδικές αναθεωρήσεις κώδικα, δοκιμές και συμμόρφωση με τις βέλτιστες πρακτικές [35].

Επιπλέον, τα δίκτυα blockchain μπορεί ακόμα να είναι ευάλωτα σε εξωτερικές απειλές, όπως κακόβουλο λογισμικό, απόπειρες hacking και απάτες κοινωνικής μηχανικής [30]. Οι κακόβουλοι παράγοντες έλκονται από την τεχνολογία blockchain καθώς χρησιμοποιείται ευρύτερα. Για το λόγο αυτό, απαιτούνται ισχυρά μέτρα κυβερνοασφάλειας για την προστασία των δικτύων blockchain και των δεδομένων που αποθηκεύουν, όπως η παρακολούθηση δικτύου, η κρυπτογράφηση και η ασφαλής διαχείριση κλειδιών [32].

Ένας άλλος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain είναι η συμμόρφωση με τους κανονισμούς, ιδιαίτερα σε τομείς όπου η νομοθεσία περί προστασίας δεδομένων και απορρήτου είναι πολύ αυστηρή [31]. Είναι επιτακτική η ανάγκη για τους οργανισμούς να εγυηθούν ότι τα συστήματα blockchain συμμορφώνονται με τα σχετικά νομικά και ρυθμιστικά πλαίσια, τα οποία περιλαμβάνουν εντολές προστασίας δεδομένων, πρότυπα KYC και πρωτόκολλα κατά της νομιμοποίησης εσόδων από παράνομες δραστηριότητες (AML) [33].

Επιπλέον, τα δίκτυα blockchain ενδέχεται να έχουν ζητήματα ασφάλειας λόγω επεκτασιμότητας και απόδοσης [30]. Το δίκτυο πρέπει να διαχειριστεί την επιπλέον πίεση καθώς αυξάνεται ο όγκος των συναλλαγών χωρίς να θυσιάζεται η αποτελεσματικότητα ή η ασφάλεια. Ενώ διατηρείται η ασφάλεια της υποκείμενης αλυσίδας μπλοκ, η κλιμάκωση λύσεων όπως τα πρωτόκολλα του επιπέδου δύο και οι συναλλαγές εκτός αλυσίδας μπορούν να βοηθήσουν στην επίλυση αυτών των ζητημάτων [35].

Συμπερασματικά, παρόλο που η τεχνολογία blockchain έχει πολλά να προσφέρει όσον αφορά την ασφάλεια, οφείλουμε να μην αγνοούμε το γεγονός πως η εφαρμογή της επιφυλάσσει κινδύνους και μοναδικές προκλήσεις ασφάλειας και απορρήτου που πρέπει να αντιμετωπιστούν [30]. Με στόχο τη διασφάλιση της εμπιστευτικότητας, ακεραιότητας και της διαθεσιμότητας των δεδομένων, οι οργανισμοί θα πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά το είδος του Blockchain, τους κανονισμούς απορρήτου δεδομένων και τα μέτρα ασφαλείας που απαιτείται να ληφθούν [31]. Επιπλέον, για την προληπτική αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων και αδυναμιών, είναι απαραίτητη η συνεργασία με επαγγελματίες της ασφάλειας στον κυβερνοχώρο [32].

Κεφάλαιο 3. Η Ενσωμάτωση του Blockchain στα δίκτυα πέμπτης γενιάς 5G

Σε πρώτη ανάγνωση, μπορεί να μην φαντάζει απαραίτητο να ενσωματωθεί η τεχνολογία Αλυσίδας μπλοκ στα δίκτυα πέμπτης γενιάς. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματά του, η ενσωμάτωση της σε αυτά δικαιολογείται πλήρως, καθώς επιλύει μια σειρά από σημαντικά ζητήματα, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης δικτύου και της αποκέντρωσης. Η υπόσχεση της επικείμενης επανάστασης στον ψηφιακό κόσμο είναι σίγουρο πως αντιπροσωπεύεται μερικώς και από τον συνδυασμό τεχνολογίας Blockchain και των δικτύων πέμπτης γενιάς 5G. Αυτό το κεφάλαιο προσφέρει μια λεπτομερή ανάλυση των τρόπων με τους οποίους το 5G και το blockchain μπορούν

να συνεργαστούν, δίνοντας έμφαση στον συλλογικό αντίκτυπό τους σε διάφορους τομείς και στην αντιμετώπιση σημαντικών ζητημάτων όπως η ασφάλεια, η επεκτασιμότητα και η απόδοση.

3.1 Επισκόπηση των δικτύων 5G

Ένα βήμα παραπάνω από τα δίκτυα 2G, 3G και τα δίκτυα 4G βρίσκεται η πέμπτη γενιά ασύρματων δικτύων ή αλλιώς δικτύων 5G. Διακρίνεται από τους προκατόχους του για τις εκπληκτικές δυνατότητες που παρέχουν ένα κβαντικό άλμα στην ασύρματη σύνδεση. Αναπτύχθηκαν ως απάντηση στην αυξανόμενη ανάγκη για μια ποικιλία νέων υπηρεσιών, όπως τα αυτόνομα αυτοκίνητα και το τεράστιο Διαδίκτυο των πραγμάτων IoT. Προκειμένου να διερευνήσει τη σκοπιμότητα του 5G, η 3GPP ξεκίνησε την έρευνα των 5G στο Rel-14. Μια επισκόπηση της αρχιτεκτονικής 5G, των τεχνολογιών ενεργοποίησης και των απαιτήσεων σχεδιασμού παρέχεται σε αυτήν την ενότητα. Η επόμενη γενιά ασύρματης τεχνολογίας 5G θα έχει 10-100 φορές υψηλότερους ρυθμούς δεδομένων, εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση, βελτιωμένη αξιοπιστία και μεγαλύτερη διαθεσιμότητα σύνδεσης.

Ως αποτέλεσμα, ενώ η αυξημένη και βελτιωμένη απόδοση αναμένεται να βελτιώσει τις εμπειρίες των χρηστών, η ανάπτυξη δικτύου 5G υποστηρίζεται και από άλλους παράγοντες. Η ανάπτυξη μιας ενοποιημένης υποδομής που θα επιτρέπει την καλύτερη δυνατή αξιοποίηση των πόρων και την παροχή νέων υπηρεσιών είναι ο πρωταρχικός στόχος των δικτύων πέμπτης γενιάς. Το δίκτυο αυτό θα είναι ουσιαστικά μια πλήρως προγραμματιζόμενη ψηφιακή πλατφόρμα που θα προσφέρει μια πληθώρα υπηρεσιών, ενισχύοντας την «γέννηση» εφαρμογών αιχμής και δημιουργώντας νέους τομείς στο ψηφιακό οικοσύστημα. Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται να προωθήσει ένα περιβάλλον τεχνολογικής και εμπορικής καινοτομίας που θα υποστηρίξει βιομηχανίες όπως οι δημόσιες συγκοινωνίες, η υγειονομική περίθαλψη, η ενέργεια, τα τρόφιμα και η γεωργία, η αυτοκινητοβιομηχανία και η δημοτική διοίκηση. Ταυτόχρονα, θα οδηγήσει στην αναπόφευκτη βελτίωση και ανάπτυξη της απόδοσης μιας πληθώρας νέων τεχνολογικών εφαρμογών και υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων της εικονικής πραγματικότητας, της επαυξημένης πραγματικότητας, των έξυπνων πόλεων, του Διαδικτύου των πραγμάτων και της τεχνητής νοημοσύνης.

3.1.1 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ 5G

Η μετατόπιση της τεχνολογίας από την πρώτη στην τέταρτη γενιά έχει προχωρήσει τις τελευταίες δεκαετίες λόγω της συνεχούς ανάπτυξης των δικτύων επικοινωνίας σε παγκόσμια κλίμακα. Η εμφάνιση των δικτύων 5G είναι αποτέλεσμα της τρέχουσας και αναμενόμενης αύξησης της παγκόσμιας ζήτησης κίνησης επικοινωνιών. Το 5G σημαίνει πέμπτη γενιά τηλεπικοινωνιακών δικτύων. Ο στόχος του 5G είναι να διευρύνει το εύρος αυτής της συνεχώς αυξανόμενης χωρητικότητας δικτύου και να λύσει τις ελλείψεις που οι προηγούμενες τεχνολογίες ασύρματων δικτύων δεν ήταν σε θέση να επιλύσουν. Πέρα από την ενεργοποίηση της πλήρους παγκόσμιας δικτύωσης, το δίκτυο 5G έχει τη δυνατότητα να ξεπερνά τις προηγούμενες εκδόσεις της τεχνολογίας ασύρματων επικοινωνιών και να παρέχει ένα ευρύ φάσμα δυνατοτήτων εξυπηρέτησης. Επιπλέον, τα δίκτυα 5G προσφέρουν τρόπους για γρήγορη και οικονομικά προσιτή εισαγωγή μιας πληθώρας νέων υπηρεσιών που είναι προσαρμοσμένες για διάφορες κάθετες αγορές με ένα ευρύ φάσμα αναγκών υπηρεσιών. Πιο συγκεκριμένα, οι εξελίξεις στην κινητή επικοινωνία δικτύων 5G αναμένεται φέρουν την επανάσταση για νέες εφαρμογές που θα επηρεάσουν σημαντικά σχεδόν κάθε τομέα της ζωής μας, συμπεριλαμβανομένων του IoT, του έξυπνου δικτύου, της έξυπνης πόλης, της έξυπνης υγειονομικής περίθαλψης και των δικτύων αυτοκινήτων. [27] Ακολουθούν ορισμένες από τις κύριες λειτουργίες που μπορεί να προσφέρει η τεχνολογία 5G, όπως αναφέρονται στα 3GPP και IMT-2020:

- Παροχή συνδέσεων 1-10 Gbps σε τερματικά σημεία στο πεδίο και μπορεί να φτάσει έως και 20 Gbps σε ορισμένα σενάρια.
- Παροχή υπηρεσιών εξαιρετικά χαμηλού λανθάνοντος χρόνου (1ms ή λιγότερο από 1ms).

- Υψηλή κινητικότητα στο δίκτυο (έως 500 χλμ./ώρα).
- Ενεργοποίηση μαζικής επικοινωνίας τύπου μηχανής και υποστήριξη δικτύου υψηλής πυκνότητας.
- Ενεργοποίηση Αντίληψης 99,999% διαθεσιμότητας και 90% μείωσης στη χρήση ενέργειας του δικτύου.
- Ενεργοποίηση 10-100x αριθμού συνδεδεμένων συσκευών με δυνατότητα επίτευξης διάρκειας δέκα ετών μπαταρίας για συσκευές χαμηλής ισχύος, τύπου μηχανής.
- Ενεργοποίηση εύρους ζώνης 1000x ανά μονάδα επιφάνειας [27]

Ο στόχος της τεχνολογίας 5G είναι να μειώσει σημαντικά την καθυστέρηση και την κατανάλωση ενέργειας, παρέχοντας παράλληλα υψηλές ταχύτητες δεδομένων, κάλυψη, συνδεσιμότητα και εύρος ζώνης. Ο Πίνακας 1 παρακάτω παρέχει μια επισκόπηση ορισμένων από τα χαρακτηριστικά που δύναται να παρέχει το δίκτυο 5G. Οι προδιαγραφές είναι πολύ καλύτερες από αυτές που καθορίζονται για το 4G δίκτυο και είναι εξαιρετικά αυστηρές. Ο απαιτούμενος ρυθμός δεδομένων είναι δέκα φορές υψηλότερος από τον υψηλότερο θεωρητικό ρυθμό δεδομένων του συμβατικού δικτύου LTE 1 Gbps και η μείωση της καθυστέρησης είναι επίσης δέκα φορές υψηλότερη.

Metric	Minimum Requirement	Use case	Enabling Technology
Peak Data rate	Downlink peak data rate - 20Gbps	eMBB	Millimeter wave communications; Massive MIMO;
	Uplink peak data rate - 10Gbps		
Peak Data rate (dense deployment)	Downlink : 100Mbps	eMBB	Ultra-densification Beamforming
	Uplink : 50Mbps		
Peak Spectral Efficiency	Downlink : 30 bit/s/Hz	eMBB	
	Uplink : 15 bit/s/Hz		
Latency (User Plane)	4 ms	eMBB	D2D communications;
	1 ms	URLLC	Big data; MEC, SDN, NFV
Density	connection density is 1,000,000 devices per km ²	mMTC	Ultra-densification;
			D2D communications; Software-defined networking

Πίνακας 1.

3.1.2 Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ 5G

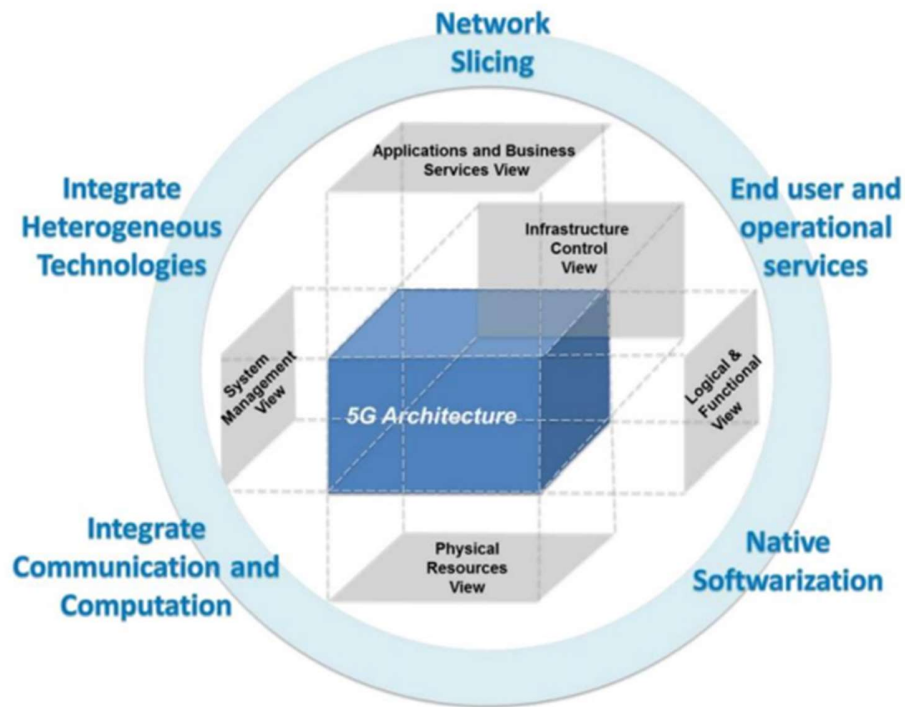
Σε αυτή την ενότητα επικεντρωνόμαστε και έχουμε ως στόχο την επεξήγηση, την παρουσίαση και τη γενική αποσαφήνιση της αρχιτεκτονικής των δικτύων πέμπτης γενιάς, ενώ παράλληλα επεξηγείται ο τρόπος με τον οποίο επηρεάζει τη φυσική δικτύωση και τις εγκαταστάσεις υπολογιστών, τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, τα συστήματα φιλοξενίας και ανάπτυξης, τη διαχείριση και εννοχρήστρωση υπηρεσιών και υποδομής και τη φυσική δικτύωση. Τα δίκτυα πέμπτης γενιάς αποτελούν υποδομές που διαθέτουν σημαντική ευελιξία και εξαιρετικά προγραμματισμό σύνδεσης και υπολογισμού E2E οι οποίες είναι προσανατολισμένες στην εφαρμογή και στην παροχή υπηρεσιών με γνώμονα το χρόνο, τον τόπο και το περιεχόμενο του αιτήματος του κάθε τελικού χρήστη. Πρόκειται για συστήματα που φέρουν α) μια σημαντική τεχνολογική πρόοδο όσον αφορά, την απόδοση, τη χωρητικότητα και την πρόσβαση στο φάσμα σε τμήματα δικτύων ραδιοκυμάτων και β) μια εξέλιξη της μετατροπής εγγενούς ευελιξίας και προγραμματισμού σε όλα τα τμήματα του δικτύου πέμπτης γενιάς εκτός εμβέλειας.

Εφαρμόζοντας τη διαδικασία διαχωρισμού δικτύου με οικονομικά αποδοτικό τρόπο, αντιμετωπίζοντας ταυτόχρονα και τους τελικούς χρήστες όπως και τις λειτουργικές, υποστηρίζοντας εγγενώς το λογισμικό, κάνοντας πραγματικότητα την σύνδεση της επικοινωνίας και του τομέα της

πληροφορικής και τέλος, συνδυάζοντας τις ετερογενείς τεχνολογίες (συμπεριλαμβανομένων των σταθερών και ασύρματων τεχνολογιών), η Αρχιτεκτονική των δικτύων 5G ανοίγει νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες και καθιστά το 5G ανθεκτικό όσον αφορά το μέλλον. Θα χρειαστούν νέες διαδικασίες και τροποποιήσεις παραδειγμάτων σε όλα τα τμήματα του δικτύου (δηλαδή, δίκτυο ραδιοπρόσβασης, δίκτυο μεταφορών και πυρήνας) για να πραγματοποιηθούν αυτές οι προοπτικές. Η εννοχήστρωση, η ανάπτυξη και η διαχείριση των υπηρεσιών σε δίκτυα 5G θα απαιτήσει επίσης μια νέα μεθοδολογία (5GPPP Architecture Working Group, 2017).

Προκειμένου να πληρούνται οι προδιαγραφές που δίνονται στον Πίνακα 1 και να ξεπεραστούν τα μειονεκτήματα της συμβατικής αρχιτεκτονικής ασύρματων δικτύων, τα μελλοντικά κυψελωτά δίκτυα θα είναι ετερογενή δίκτυα πολλαπλών επιπέδων που θα αποτελούνται από κυψέλες διαφορετικών μεγεθών : μακρο/μικρο/πικο/φερμο κυψέλες. Ένας τεράστιος αριθμός κόμβων χαμηλής κατανάλωσης, συμπεριλαμβανομένων μικρών κυψελών, ρελέ και ραδιοφωνικών κεφαλών απομακρυσμένης λειτουργίας (RRHs), θα συμπληρώσει την αρχιτεκτονική του δικτύου που βασίζεται σε κυψέλες εκτός από την ενεργοποίηση της επικοινωνίας D2D και M2M. Αυτή η πρόοδος θα οδηγήσει σε ένα εξαιρετικά πυκνό δίκτυο το οποίο παρουσιάζει βελτίωση στην απόδοση φάσματος και μεταβλητότητα στην περιοχή κάλυψης. Η τεχνολογία Cloud RAN χρησιμοποιείται στα 5G για τη διαχείριση πυκνής ανάπτυξης και χαμηλότερου CAPEX και OPEX. Εκτός από το CLOUD RAN, η παροχή διαφορετικών υπηρεσιών κατά παραγγελία θα καταστεί δυνατή μέσω λογισμικοποίησης και εικονικοποίησης δικτύου. Με τη λογική κοινή χρήση της φυσικής υποδομής, η εικονικοποίηση δικτύου επιτρέπει σε πολλές υπηρεσίες να μοιράζονται τους ίδιους φυσικούς πόρους. Από την άλλη πλευρά, η λογισμικοποίηση του δικτύου θα το κάνει προγραμματιζόμενο, ευέλικτο και προσαρμόσιμο χρησιμοποιώντας προγραμματισμό λογισμικού για τη δημιουργία, αποδοτικότητα, διαχείριση και συντήρηση στοιχείων δικτύου, συσκευών και υπηρεσιών. Για την παροχή διαχείρισης υπηρεσιών E2E, την κάλυψη των απαιτήσεων δικτύου 5G και τη βελτίωση της ποιότητας εμπειρίας του τελικού χρήστη, τόσο η εικονικοποίηση δικτύου όσο και η δημιουργία λογισμικού είναι ζωτικής σημασίας. Οι τεχνολογίες SDN, NFV και αυτή του υπολογιστικού νέφους θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με το λογισμικό δικτύου και την εικονικοποίηση για την επίτευξη της ενοποίησης της πλατφόρμας υπηρεσιών E2E. Η χρήση των τεχνολογιών λογισμικοποίησης και εικονικοποίησης θα επιτρέψει στους χειριστές να δημιουργήσουν γρήγορα δίκτυα με γνώση εφαρμογών και εφαρμογές με επίγνωση δικτύου για την παροχή υπηρεσιών που προσφέρουν εξατομικευση και επιχειρηματικών μοντέλων.

Έχοντας επόψιν τους νέους μηχανισμούς στους οποίους αναφερθήκαμε πιο πάνω, τα δίκτυα πέμπτης γενιάς δύνανται να παρουσιάσουν μια πληθώρα από πλεονεκτήματα σε διάφορους τομείς. Αρχικά, ο υψηλός βαθμός ευελιξίας αποτελεί ένα από αυτά. Εξυπηρετούν ποικίλους και διαφορετικούς τύπους επικοινωνίας – για παράδειγμα, επιτυγχάνεται η επικοινωνία μεταξύ ανθρώπων, μηχανών, συσκευών και αισθητήρων – με διαφορετικά χαρακτηριστικά απόδοσης. Επιβάλλουν επίσης τον απαραίτητο βαθμό ευελιξίας, όπου και όταν χρειάζεται, όσον αφορά την ικανότητα, την ασφάλεια, την ελαστικότητα και την προσαρμοστικότητα. Τα δίκτυα γενιάς 5G αναμφισβήτητα αποτελούν μια αλλαγή στα πρότυπα δικτύωσης: μια μετάβαση από το σημερινό «δίκτυο οντότητας» σε «δίκτυο λειτουργιών». Αυτό το «δίκτυο (εικονικών) λειτουργιών» θα χρησιμεύσει, στην πραγματικότητα, ως το στοιχείο δικτύωσης των συστημάτων επόμενης γενιάς, οδηγώντας σε ορισμένες περιπτώσεις στη διάλυση των σημερινών μονολιθικών οργανισμών δικτύου. Αυτά τα χαρακτηριστικά θα πρέπει να είναι "κατ' απαίτηση" και "on-the-fly" συνθέσιμα. Ενώ επί του παρόντος εφαρμόζεται ως μονολιθικές λύσεις, μια ερευνητική πρόκληση συνίσταται στην κατασκευή λύσεων που περιγράφουν ένα σύνολο στοιχειωδών συναρτήσεων ή μπλοκ για τη σύνθεση λειτουργιών δικτύου.



Εικόνα 1 Αρχιτεκτονική 5G

Υπάρχουν περαιτέρω οφέλη αναφορικά της διαχείρισης πόρων και του ελέγχου του συστήματος. Οι αρχιτεκτονικές λογισμικού που σχεδιάζονται δυναμικά μπορούν να έχουν συνεπείς λειτουργίες διαχείρισης και ελέγχου που γίνονται δυνατές από τα δίκτυα 5G. Ένα ή περισσότερα slices μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να φιλοξενήσουν εκτελέσεις υπηρεσιών. Οι διαφορετικές σχετικές προοπτικές για τα τρέχοντα σχέδια δικτύων πέμπτης γενιάς φαίνονται στο Σχήμα 1. Επιπλέον, ο διαχωρισμός δικτύου παίζει σημαντικό ρόλο στην περαιτέρω βελτίωση διαφόρων λογικών δικτύων ως ξεχωριστές επιχειρηματικές υπηρεσίες σε μια κοινή φυσική υποδομή, η οποία αντιμετωπίζεται από τη συνολική σχεδίαση 5G. Ένα "slice 5G" μπορεί να αποτελείται από μια ποικιλία ρυθμίσεων τεχνολογίας ραδιοπρόσβασης 5G (RAT) και λειτουργιών δικτύου (NF) που συγχωνεύονται κατά κανόνα για μια και μόνο μία περίπτωση χρήσης ή επιχειρηματική στρατηγική κάθε φορά.

Δευτερευόντως, αν και το αρχικό πλάνο είχε ως επιδιωκόμενο στόχο το κεντρικό δίκτυο 5G (CN) για την υιοθέτηση της ιδέας του τεμαχισμού δικτύου, το NGMN αναφέρεται στη γενική ιδέα του σχεδιασμού του συστήματος ως «από άκρο σε άκρο (E2E) τεμαχισμός δικτύου» για να περιλαμβάνει τόσο τα SO όσο και τα RAN συστατικά. Τα τμήματα δικτύου πρέπει να πληρούν ορισμένες απαιτήσεις σε αυτό το πλαίσιο, συμπεριλαμβανομένης της ανάγκης για διαφοροποίηση της κυκλοφορίας τμημάτων, κοινή χρήση και αποτελεσματικότητα όσον αφορά την επαναχρησιμοποίηση πόρων (όπως ραδιοφάσμα, υποδομές και δίκτυα μεταφοράς), ορατότητα τμημάτων, μηχανισμούς προστασίας μεταξύ τμημάτων (επίσης γνωστή ως απομόνωση τμημάτων), και υποστήριξη για διαχείριση συγκεκριμένου τμήματος. Προβλέπεται μια νέα αρχιτεκτονική δικτύου κινητής τηλεφωνίας πέμπτης γενιάς που προσφέρει τα εργαλεία για την αποτελεσματική λειτουργία της αναμενόμενης ποικιλίας υπηρεσιών, ευέλικτες βελτιώσεις και κατακερματισμό του δικτύου προκειμένου να πληρούνται τα υποχρεωτικά πρότυπα 5G. Υπάρχει μια κοινή αντίληψη ότι ο έλεγχος δικτύου κινητής τηλεφωνίας μέσω λογισμικού, η προσαρμοστική σύνθεση και διανομή λειτουργιών δικτύου κινητής

τηλεφωνίας, η κοινή βελτιστοποίηση πρόσβασης σε κινητά και η προσαρμογή και ευαισθητοποίηση της λειτουργίας δικτύου πολλαπλών υπηρεσιών είναι οι βασικές τεχνολογικές εναλλακτικές λύσεις για ευελιξία, τηλεφωνικά συστήματα και θεμελιώδεις λειτουργίες δικτύου.

Η αρχιτεκτονική του δικτύου κινητής τηλεφωνίας 5G, θα αποτελείται από τη λειτουργία εικονικών και φυσικών δικτύων, ενώ παράλληλα οι αναπτύξεις edge-cloud και central-cloud, θα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι επίσης. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί επιβλητική η ενσωμάτωση του LTE- στα δίκτυα επόμενης γενιάς. Το τωρινό RAN απαιτεί μια εξέλιξη με νέες τεχνολογίες 5G σε επίπεδο RAN, όπου η ενσωμάτωση σε επίπεδο RAN θα υπερέβαινε πολύ την τρέχουσα διαλειτουργικότητα μεταξύ τεχνολογιών πρόσβασης, υλοποιώντας τον στόχο της «οικογένειας RAT 5G» όπως περιγράφεται από το NGMN. Μέχρι τώρα γνωρίζουμε πως θα εφαρμοστεί λογική διαίρεση μεταξύ του κεντρικού δικτύου και του RAN (πιθανώς με κάποια παραλλαγή στην ακριβή λογική διαίρεση μεταξύ αυτών των δύο.), ανοίγοντας το δρόμο έτσι σε μια γενική βελτίωση της λειτουργικότητας τόσο του κεντρικού δικτύου όσο και του RAN, ενώ παράλληλα αναμένονται βελτιστοποιήσεις πολλαπλών επιπέδων σε συγκεκριμένες αναπτύξεις όταν οι συναρτήσεις είναι συντοποθετημένες. Επιπλέον, οι έννοιες και οι μέθοδοι του SDN και της Εικονικοποίησης Λειτουργιών Δικτύου (NFV) θα υποστηρίζονται από το δίκτυο μεταφορών προκειμένου να επιτραπεί αποτελεσματικά ο τεμαχισμός του δικτύου από το δίκτυο μεταφορών. Για παράδειγμα, αυτό θα επιτευχθεί με το διαχωρισμό των επιπέδων ελέγχου και δεδομένων μέσω μιας κοινής αφαίρεσης διαδρομής δεδομένων που βασίζεται σε πακέτα. Η κατανομημένη ραδιοπρόσβαση 5G και οι βασικές λειτουργίες δικτύου, που φιλοξενούνται σε υποδομή cloud εντός δικτύου, συνδέονται μέσω αυτού του ενοποιημένου επιπέδου δεδομένων και ελέγχου. Η υποδομή ασύρματου και οπτικού δικτύου θα ενσωματωθεί στο δίκτυο μεταφορών 5G. Η ερευνητική κοινότητα εξετάζει επίσης τη δυνατότητα χρήσης δορυφορικής συνδεσιμότητας για ορισμένες περιπτώσεις χρήσης 5G.

3.1.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΣΤΑ ΔΙΚΤΥΑ 5G

Παρακάτω επεξηγούνται διάφορες τεχνολογίες που παίζουν ρόλο ενισχυτικό στη λειτουργία των δικτύων πέμπτης γενιάς και άρα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι τους.

1. Ενίσχυση με το Υπολογιστικό Νέφος

Πολύ απλώς εξηγούμενο, η κοινή χρήση πόρων μπορεί να γίνει πραγματικότητα με τη βοήθεια του υπολογιστικού νέφους. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της εικονικοποίησης της φυσικής υποδομής που μπορεί να παρασχεθεί δυναμικά για την κάλυψη αιτημάτων για πλατφόρμες, εφαρμογές και ετερογενείς υποδομές υπολογιστών. Είναι δυνατή η κοινή χρήση διακομιστών, δικτύων, αποθήκευσης, υπηρεσιών και εφαρμογών μεταξύ άλλων φυσικών πόρων. Οι πάροχοι υπηρεσιών (SP) και οι πάροχοι υποδομής (InP) συνθέτουν το περιβάλλον υπολογιστικού νέφους. Ενώ ο τελικός χρήστης μισθώνεται για τους πόρους από τον πάροχο υπηρεσιών, η εκτέλεση και ταυτόχρονα η διατήρηση της φυσικής υποδομής πραγματοποιείται από τον πάροχο υποδομής. Με στόχο τη δημιουργία εικονικών ασύρματων δικτύων στα οποία ο χειριστής του δικτύου θα έχει τη δυνατότητα να μισθώσει τον πόρο από τον πάροχο υποδομής, αντίστοιχα η ίδια ιδέα μπορεί να επεκταθεί και να ενσωματωθεί και στα δίκτυα πέμπτης γενιάς. Για παράδειγμα, οι ραδιοφωνικοί πόροι και η πραγματική υποδομή κινητής τηλεφωνίας μπορούν να ανήκουν σε πάροχο υποδομής. Ο πάροχος υποδομής μισθώνει τους πόρους στον φορέα εκμετάλλευσης εικονικού δικτύου κινητής τηλεφωνίας (MVNO), ο οποίος επίσης αναπτύσσει και διαχειρίζεται εικονικούς πόρους και πληρώνει τους συνδρομητές για να προσφέρουν διαφορετικές υπηρεσιακές δυνατότητες. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω, οδηγούμαστε στη γέννηση νέων ευκαιριών για καινοτομία, ταχεία ανάπτυξη και παροχή υπηρεσιών που δεν ήταν δυνατές πριν. Επιπλέον, η ενσωμάτωση του υπολογιστικού νέφους στην αρχιτεκτονική RAN οδηγεί σε βελτιωμένη

προσαρμοστικότητα, επεκτασιμότητα και αποτελεσματική χρήση των πόρων. Χρησιμοποιώντας το υπολογιστικό νέφος, ένα «νεφώδες (από τη λέξη cloud)» RAN, γνωστό και ως κεντρικό RAN (C-RAN), προορίζεται να προσφέρει επεκτάσιμα και προσαρμοσίμα RAN που αντιμετωπίζουν αποτελεσματικά προβλήματα χωρητικότητας και κάλυψης. Στο C-RAN, η μονάδα επεξεργασίας ζώνης βάσης του σταθμού βάσης, ή αλλιώς ομάδα BBU, μεταφέρεται στο νέφος και χωρίζεται από την αναλογική μονάδα RRHs. Μια πισίνα BBU παρέχει υπηρεσίες σε ένα υποσύνολο RRH σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Η μετάδοση και η λήψη του σήματος γίνεται με τη βοήθεια της αναλογικής μονάδας RRH που περιλαμβάνει ψηφιακή επεξεργασία, μετατροπή ψηφιακού σε αναλογικό και αντιστρόφως, ενίσχυση ισχύος και φιλτράρισμα. Από την άλλη, η επεξεργασία των σημάτων όπως αποτελεί η κωδικοποίηση, η διαμόρφωση, ο γρήγορος μετασχηματισμός Φουριέρ FFT γίνεται στην ομάδα – πισίνα BBU μέσα στο νέφος. Η χρήση πυκνά αναπτυγμένων RRH και C-RAN ενισχύει την επεκτασιμότητα, βελτιώνει τη χωρητικότητα του δικτύου και επεκτείνει την κάλυψη των μελλοντικών συστημάτων 5G.

2. Λογισμική Δικτύωση SDN:

Με το SDN, δίνεται η δυνατότητα στους χρήστες να χειρίζονται εξοπλισμό δικτύου εκτελώντας λογισμικό σε υλικό βασικών προϊόντων αντί κατευθείαν σε διακόπτες ή δρομολογητές. Στην περίπτωση των δικτύων πέμπτης γενιάς, το SDN είναι σε θέση να ενορχηστρώνει και να ελέγχει εφαρμογές, ή γενικά υπηρεσίες, με λεπτόκοκκο. Για να γίνει αυτό, το κεντρικό επίπεδο ελέγχου, το οποίο επιβλέπει πολλές συσκευές, διαχωρίζεται από το επίπεδο δεδομένων για να χειριστεί τον έλεγχο δικτύου. Έχοντας μια συνολική εικόνα του πλήρους δικτύου σαν σύνολο και την ευελιξία και τον κεντρικό έλεγχο που προσφέρει ο διαχωρισμός αυτός, το δίκτυο μπορεί να αντιδράσει γρήγορα στις μεταβαλλόμενες απαιτήσεις του τελικού χρήστη και στις συνθήκες δικτύου.

3. Εικονικοποίηση λειτουργιών δικτύου (NFV):

Με τη χρήση της τεχνολογίας NFV, οι λειτουργίες ολόκληρου του δικτύου —τείχος προστασίας, VPN, δρομολογητής και μεταγωγείς— των οποίων η εγκατάσταση βρίσκεται σε εξειδικευμένο υλικό, δύνανται να λειτουργήσουν σε μια υποδομή νέφους. Το εξειδικευμένο υλικό πολύ συχνά, παρουσιάζει αρκετά θέματα. Για παράδειγμα, παρουσιάζει ανεπάρκεια ως προς τον προγραμματισμό του, είναι πολύ δαπανηρό, και ας μην ξεχνάμε τη δυσκολία ως προς τη διαλειτουργικότητά του. Εξαιτίας αυτών των περιορισμών, οι κύκλοι προϊόντων του φορέα εκμετάλλευσης του δικτύου είναι μεγαλύτεροι και λιγότερο ευέλικτοι. Με την εικονικοποίηση, επιτυγχάνουμε το διαχωρισμό του φυσικού υλικού από τις σχετικές λειτουργίες δικτύου και έτσι γεννιέται η δυνατότητα λειτουργίας του σε δημόσιους διακομιστές νέφους, προσφέροντας οφέλη όσον αφορά την ευελιξία και την επεκτασιμότητα. Συμπληρωματικά μεταξύ τους, το SDN και το NFV είναι κρίσιμα στοιχεία του δικτύου 5G.

Τα SDN και το NFV παρουσιάζουν σημαντικές ομοιότητες καθώς και τα δύο χρησιμοποιούν εικονικοποίηση και αφαίρεση δικτύου. Ενώ στο NFV η λειτουργία έγκειται στην απομόνωση των λειτουργιών δικτύου από το υλικό στο οποίο λειτουργούν, στο SDN οι λειτουργίες ελέγχου δικτύου απομονώνονται από τις λειτουργίες προώθησης δικτύου. Παράλληλα, οι τρόποι με τους οποίους το SDN και το NFV διαιρούν τις συναρτήσεις και τους αφηρημένους πόρους είναι ομολογουμένως διαφορετικοί. Στο SDN, το σύστημα υπεύθυνο για τη λήψη αποφάσεων μεταφέρεται σε ένα επίπεδο ελέγχου εικονικού δικτύου και εξαλείφει φυσικά στοιχεία δικτύωσης όπως για παράδειγμα διακόπτες και δρομολογητές κ.ο.κ. Ενώ ο χειρισμός της κίνησης συνεχίζει να πραγματοποιείται από το υλικό μέρος, το επίπεδο φυσικού ελέγχου λαμβάνει αποφάσεις σχετικά με το πού θα το στείλει. Με το NFV, όλοι οι φυσικοί πόροι δικτύου θα υποβάλλονται σε εικονικοποίηση υπό έναν υπερεπτόπι, επιτρέποντας την επέκταση του δικτύου μέσω της επεκτασιμότητας της εικονικής μηχανής χωρίς την ανάγκη περαιτέρω προσθηκών συσκευών. Αν και το NFV και το SDN αυξάνουν

τον δυναμισμό και την ευελιξία του δικτύου, οι ρόλοι που πρεσβεύουν ως προς τον καθορισμό αυτών των αρχιτεκτονικών και της υποδομής που υποστηρίζουν είναι διαφορετικοί.

4. Υπολογισμός άκρων πολλαπλής πρόσβασης (MEC):

Το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Τηλεπικοινωνιακών Προτύπων δημιούργησε την ιδέα της χρήσης καταμεμημένων υπολογιστών κοντά σε εξοπλισμό χρήστη, ή αλλιώς αγγλιστί UE, με στόχο τον περιορισμό της συμφόρησης του δικτύου, που θα οδηγήσει σε ταχύτερους χρόνους απόκρισης. Ο Υπολογισμός άκρων πολλαπλής πρόσβασης καθιστά δυνατή την προσφορά υπηρεσιών υπολογιστικού νέφους στην άκρη του δικτύου στα δίκτυα πέμπτης γενιάς. Με τη βοήθεια του MEC, η απόσταση μεταξύ του χρήστη και της επεξεργασίας δεδομένων γίνεται όλο και πιο μικρή, δίνοντας τη δυνατότητα στο δίκτυο να προσφέρει σημαντικά χαμηλή έως και σχεδόν μηδαμινή καθυστέρηση, πράγμα πολύ καίριο για τις εφαρμογές των οποίων η λειτουργία περιέχει κρίσιμη αποστολή. Όταν συνδυάζεται με τοπική επεξεργασία δεδομένων, το MEC προσφέρει τη δυνατότητα δραστηκής μείωσης του κόστους μεταφοράς δεδομένων. Τα πρόσθετα οφέλη περιλαμβάνουν βελτιωμένο QoS/QoE τελικού χρήστη, βελτιστοποίηση πόρων για κινητά μέσω της εισαγωγής υπολογιστικά απαιτητικών εφαρμογών στην άκρη του δικτύου και μετατροπή ραδιοκόμβων σε έξυπνους κόμβους.

5. Από συσκευή σε συσκευή (D2D):

Γενικά, η επικοινωνία στα δίκτυα κυψέλης πραγματοποιείται μεταξύ συσκευών και σταθμών βάσης. Η επικοινωνία μεταξύ των δύο συσκευών πρέπει να γίνεται μέσω του σταθμού βάσης, ακόμη και όταν είναι κοντά η μία στην άλλη. Αυτού του είδους η επικοινωνία αποδεικνύεται ακατάλληλη ως προς την αποτελεσματικότητα, σε περιπτώσεις κατά τις οποίες οι υπηρεσίες πραγματικού χρόνου απαιτούν μεγάλους ρυθμούς δεδομένων σε όσο το δυνατόν λιγότερο λανθάνοντα χρόνο. Κατά συνέπεια, η ιδέα της επικοινωνίας από συσκευή σε συσκευή ήρθε στην επιφάνεια με στόχο τη δημιουργία αναμετάδοσης πολλαπλών βημάτων μεταξύ συσκευών, προκειμένου να αυξηθεί η φασματική απόδοση. Προκειμένου να υποστηριχθούν εφαρμογές όπως η κοινή χρήση αρχείων και η κοινωνική δικτύωση, οι σταθμοί βάσης θα βοηθήσουν ώστε να επιτρέπεται η συνδεσιμότητα D2D σε δίκτυα 5G.

Οι επικοινωνίες «από συσκευή σε συσκευή» έχουν ως αποτέλεσμα μια καλύτερη ποιότητα υπηρεσίας του δικτύου κυψέλης (QoS) επιτυγχάνοντας μια σημαντική μείωση στην ανεπιθύμητη κίνηση, και από την άλλη μια άνοδο στους ρυθμούς δεδομένων χρήστη στην άκρη της κυψέλης και εκφόρτωση της χωρητικότητα BS.

Όσον αφορά την οπτική της λειτουργίας των εφαρμογών, οι επικοινωνίες από συσκευή σε συσκευή, βοηθούν σημαντικά στη γενική καινοτομία και ανάπτυξη πολλαπλών εφαρμογών και υπηρεσιών. Για παράδειγμα, στην περίπτωση φυσικής καταστροφής, η προσβασιμότητα από τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας δεν θα ήταν εύκολα εφικτή. Σε αντίστοιχες περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επικοινωνία από συσκευή σε συσκευή με στόχο την ανακούφιση και διάσωση. Επικοινωνίες των οποίων η χρήση προβλέπεται για λήψη αναφοράς ατυχημάτων, λήψη ειδοποιήσεων σχετικά με τη διαδρομή και την πορεία, και άλλα σχετικά, και των οποίων οι απαιτήσεις περιλαμβάνουν σημαντικά χαμηλή καθυστέρηση όπως α) μηχανή με μηχανή (D2D), και β) ιδιαίτερα οι επικοινωνίες από όχημα με όχημα (V2V), θα επωφεληθούν σημαντικά από τις επικοινωνίες D2D.

6. Τεμαχισμός δικτύου:

Η βασική ιδέα πίσω από τον τεμαχισμό δικτύου είναι να δημιουργηθούν μοναδικά δίκτυα με λογικές διαιρέσεις που αποτελούνται από στοιχεία δικτύου ειδικά για κάθε τμήμα. Οι εφαρμογές με πολύ διαφορετικές ανάγκες QoS και QoE περιλαμβάνουν ροή βίντεο, χειρουργική εξ αποστάσεως και έξυπνη μέτρηση. Ως αποτέλεσμα, το δίκτυο θα πρέπει να είναι σε θέση να καλύψει αυτές τις διάφορες απαιτήσεις QoS. Μέχρι τώρα, τα δίκτυα κυψέλης

καλούνταν να επιτύχουν την παροχή συνδεσιμότητας υψηλής ταχύτητας, καθιστώντας τα άκαμπτα και χρήσιμα αποκλειστικά και μόνο για ορισμένες περιπτώσεις χρήσης. Ωστόσο, σήμερα, μπορούμε να τεμαχίσουμε τα δίκτυα αυτά με τέτοιον τρόπο ώστε η πραγματική υποδομή δικτύου να χωρίζεται σε πολλά εικονικά δίκτυα, γνωστά ως τμήματα δικτύου, χάρη σε τεχνολογίες όπως το SDN και το NFV που είδαμε πιο πάνω. Τα λογικά δίκτυα που είναι προσαρμοσμένα για να ικανοποιούν τις απαιτήσεις QoS των μεμονωμένων εφαρμογών καθίστανται δυνατά με τον λεγόμενο τεμαχισμό δικτύου. Ο σχηματισμός αυτού του λογικού δικτύου ανοίγει πόρτες για καινοτομία, νέες τεχνολογίες και υπηρεσίες που μπορούν να εισαχθούν άμεσα στη σημερινή και τωρινή αγορά και να τροποποιηθούν καταλλήλως ώστε να ανταποκριθούν στις μεταβαλλόμενες ανάγκες των καταναλωτών και του μέλλοντος. Διαφορετικές παράμετροι υπηρεσίας, συμπεριλαμβανομένου του ρυθμού δεδομένων, του εύρους ζώνης και της ζήτησης καθυστέρησης, μπορούν να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό και τη διαμόρφωση αυτών των τμημάτων δικτύου. Για παράδειγμα, μπορούν να αναπτυχθούν ξεχωριστά τμήματα δικτύου για εφαρμογές που απαιτούν υψηλά ποσοστά αξιοπιστίας και ασφάλειας, μαζική συνδεσιμότητα IoT για έξυπνους μετρητές ισχύος και εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας (AR) που απαιτούν υψηλή απόδοση και χαμηλό λανθάνοντα χρόνο.

3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ 5G

Τα ασύρματα δίκτυα πέμπτης γενιάς αποτελούν δίκτυα σημαντικά ταχύτερα από αυτά της τέταρτης γενιάς, τα οποία υπόσχονται ελάχιστες έως και μηδενικές καθυστερήσεις, ένα περιβάλλον αξιοπιστίας και τηλεχειριζόμενη λειτουργία. Η μέγιστη απόδοση κατερχόμενης σύνδεσης ανέρχεται στα 20 gbps. Τα δίκτυα αυτά, βασίζονται στο πρωτόκολλο Ίντερνετ έκτης έκδοσης, ή αλλιώς στο IPv6. Τα δίκτυα πέμπτης γενιάς έχουν τη δυνατότητα απεριόριστης σύνδεσης στο διαδίκτυο, ανεξαρτήτως των που και πότε, ενώ ταυτόχρονα η σύνδεση αυτή «συνοδεύεται» από εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες, πολύ καλή απόδοση, σχεδόν μηδαμινή καθυστέρηση, υψηλότερη αξιοπιστία και μεγαλύτερη επεκτασιμότητα και τέλος, μεγαλύτερη απόδοση όσον αφορά την ενέργεια της κινητής επικοινωνιακής τεχνολογίας.

Παρακάτω απαριθμούνται συνοπτικά οι εφαρμογές των ασύρματων δικτύων πέμπτης γενιάς:

3.2.1 Υψηλή ταχύτητα στο Δίκτυο κινητής τηλεφωνίας

Όπως αναφέρθηκε συντόμως παραπάνω, τα δίκτυα πέμπτης γενιάς έχουν καταφέρει σημαντικά πιο γρήγορες και ταυτόχρονα υψηλές ταχύτητες σε σύγκριση με τις προηγούμενες εκδόσεις ασύρματων δικτύων, οποίες κυμαίνονται μεταξύ μηδέν έως δέκα έως είκοσι gbps. Οι οπτικές ίνες είναι η λειτουργία - σήμα κατατεθέν των ασύρματων δικτύων πέμπτης γενιάς. Τα πλεονεκτήματα που επιφέρουν τα δίκτυα και η λειτουργία αυτή είναι πολλά, εκ των οποίων τα πιο σημαντικά είναι η γρήγορη ταχύτητα, συνδεσιμότητα δεδομένων και ο καθαρός ήχος. Η χαμηλή καθυστέρηση (< 1 ms) είναι ένα επιπλέον εξαιρετικά σημαντικό πλεονέκτημα των δικτύων πέμπτης γενιάς, ιδίως όταν πρόκειται για εφαρμογές κρίσιμες για αποστολή, όπως για παράδειγμα η αυτόνομη οδήγηση. Σε αντίθεση με τις χαμηλότερες ζώνες LTE, το 5G θα χρησιμοποιεί κύματα mm για μετάδοση δεδομένων, προσφέροντας τεράστιους ρυθμούς δεδομένων και αυξημένο εύρος ζώνης. Υπηρεσίες και δυνατότητες όπως η εικονική πρόσβαση με υψηλή ισχύ επεξεργασίας και η ασφαλής πρόσβαση σε υπηρεσίες νέφους και επιχειρηματικές εφαρμογές, καθίστανται εφικτές λόγω της υψηλής ταχύτητας που φέρουν τα ασύρματα δίκτυα πέμπτης γενιάς. Τέλος, η μικρή κυψέλη αποτελεί ένα μόνο από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά αυτών των ασύρματων δικτύων. Λόγω αυτού, επιτυγχάνονται μεγάλη κάλυψη, γρήγορη και εύκολη πρόσβαση στο υπολογιστικό νέφος, ενεργειακή εξοικονόμηση όπως και υψηλές ταχύτητες μετάδοσης δεδομένων

3.2.2 Ψυχαγωγία και Πολυμέσα

Σύμφωνα με μια έρευνα που έγινε το 2015, η λήψη βίντεο αντιπροσώπευε το μεγαλύτερο ποσοστό (ποσοστό μεγαλύτερο από το μισό) της συνολικής κίνησης στο Διαδίκτυο για κινητά. Είναι σίγουρο πως η ροή βίντεο θα γίνει πολύ πιο διαδεδομένη στο μέλλον ως αποτέλεσμα αυτής της τάσης, η οποία είναι βέβαιο ότι θα αυξήσει την ταχύτητα. Με το 5G, οι χρήστες θα μπορούν να μεταδίδουν βίντεο 4K σε υψηλές ταχύτητες, να απολαμβάνουν κρυστάλλινη μουσική και να βιώνουν έναν εικονικό κόσμο υψηλής ευκρίνειας στην κινητή συσκευή τους. Με το υψηλότερο δυναμικό εύρος και την ικανότητά του να μεταδίδει βίντεο υψηλής ευκρίνειας στα 120 καρέ ανά δευτερόλεπτο, το 5G θα είναι επωφελές για τον τομέα της ψυχαγωγίας. Θα παρέχει επίσης αδιάλειπτη πρόσβαση σε τηλεοπτικά κανάλια HD σε κινητές συσκευές. Οι μελλοντικές εφαρμογές της επαυξημένης και εικονικής πραγματικότητας θα είναι αρκετά απλές λόγω των δυνατοτήτων συνδεσιμότητας υψηλής ευκρίνειας και χαμηλής καθυστέρησης του 5G. Αυτές τις μέρες, τα παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας είναι πράγματι πολύ δημοφιλείς και πολλές επιχειρήσεις επενδύουν ενεργητικά στα παιχνίδια αυτά με απόδοση HD, ή μάλλον πιο σωστά, το έχουν ήδη κάνει. Ένα δίκτυο 5G θα προσφέρει ταχύτερη πρόσβαση στο Διαδίκτυο και βελτιωμένη εμπειρία παιχνιδιού.

3.2.3 Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT)

Το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) αναπτύσσεται γρήγορα με την πάροδο του χρόνου και η τεχνολογία 5G είναι ζωτικής σημασίας για την πρόοδο αυτή. Οι συσκευές, οι αισθητήρες, τα αντικείμενα και οι εφαρμογές αποτελούν μερικά μόνο από τα πράγματα – οντότητες με τα οποία θα συνδεθεί το Διαδίκτυο των πραγμάτων (IoT). Πολλά πακέτα δεδομένων από διάφορες συσκευές και αισθητήρες θα συγκεντρώνονται από αυτές τις εφαρμογές. Για τους σκοπούς της συλλογής, μεταφοράς, ελέγχου και επεξεργασίας δεδομένων, το δίκτυο πέμπτης γενιάς θα προσφέρει εξαιρετικά γρήγορες συνδέσεις στο Διαδίκτυο. Το 5G θεωρείται ότι είναι η πιο αποτελεσματική τεχνολογία για το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, καθώς είναι ένα ευέλικτο δίκτυο με διαθέσιμο αχρησιμοποίητο φάσμα και πολύ φθινό κόστος εγκατάστασης [24]. Τα πλεονεκτήματα του 5G στο IoT είναι πολλά και περιλαμβάνουν τα ακόλουθα:

- **Έξυπνα σπίτια** : Πράγματι, υπάρχει μεγάλη ζήτηση και ενδιαφέρον στις μέρες μας για έξυπνα γκαζετάκια και συσκευές για το σπίτι. Με τη γρήγορη συνδεσιμότητα και την εξελιγμένη παρακολούθηση συσκευών, το δίκτυο πέμπτης γενιάς καθιστά την ιδέα των έξυπνων κατοικιών περισσότερο πραγματική παρά ουτοπία. Το ασύρματο δίκτυο πέμπτης γενιάς, όπως είδαμε και προηγουμένως, παρέχει σύνδεση εξαιρετικά γρήγορης ταχύτητας με σημαντικά χαμηλή καθυστέρηση, καθιστώντας εύκολη την πρόσβαση και τη διαμόρφωση έξυπνων οικιακών συσκευών από μακρινές τοποθεσίες.
- **Έξυπνες πόλεις**: Τα ασύρματα δίκτυα πέμπτης γενιάς, βοηθούν στην ανάπτυξη μιας πληθώρας εφαρμογών που υλοποιούνται στα πλαίσια των έξυπνων πόλεων. Κάποιες από αυτές τις εφαρμογές είναι η αυτοματοποίηση στα πλαίσια του κυκλοφοριακού ελέγχου, ενημερώσεις σχετικά με τον καιρό, τοπική μετάδοση, ενεργειακή εξοικονόμηση, αποτελεσματική παροχή ρεύματος, έξυπνος φωτισμός, πληθυσμιακός έλεγχος, διαχείριση υδάτινων πόρων και έλεγχος έκτακτης ανάγκης.
- **Βιομηχανικό IoT**: Πολυάριθμα χαρακτηριστικά, όπως η ασφάλεια, η παρακολούθηση διαδικασιών, η έξυπνη συσκευασία, η αποστολή, η ενεργειακή απόδοση, ο αυτοματισμός εξοπλισμού, η προγνωστική συντήρηση και η υλικοτεχνική υποστήριξη, θα διατεθούν από την ασύρματη τεχνολογία πέμπτης γενιάς σε μελλοντικές επιχειρήσεις. Επιπλέον, η τεχνολογία έξυπνων αισθητήρων που χρησιμοποιούν ασύρματα δίκτυα τελευταίας γενιάς παρέχει βιομηχανικές εφαρμογές IoT που είναι ασφαλέστερες, πιο οικονομικές, έξυπνες και ενεργειακά αποδοτικές.
- **Έξυπνη γεωργία**: Η χρήση της τεχνολογίας 5G στην έξυπνη γεωργία θα είναι απαραίτητη. Στον αγροτικό τομέα, οι εργάτες έχουν τη δυνατότητα να επιτηρούν από μακριά με

αποτέλεσμα να δύνανται να ανταποκρίνονται άμεσα στις απειλές των καλλιέργειών σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια αισθητήρων και τεχνολογίας GPS. Εκτός από την ισχύ, αυτοί οι έξυπνοι αισθητήρες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άρδευση, έλεγχο σφαλμάτων και διαχείριση παρασίτων. Ένα κλασικό παράδειγμα αποτελεί ο όμιλος Centaur.

- **Αυτόνομη οδήγηση:** Όπως εξηγήσαμε και παραπάνω, τα ασύρματα δίκτυα τελευταίας γενιάς επιφέρουν εξαιρετικά επιτεύγματα, εκ των οποίων κάποια από τα πιο σημαντικά αποτελούν οι σημαντικά υψηλές ταχύτητες όσον αφορά την επικοινωνία, όπως και τα χαμηλά επίπεδα καθυστέρησης. Αυτά τα χαρακτηριστικά χρήζουν εξαιρετικής σημαντικότητας, όταν πρόκειται για την γενική λειτουργική και συστηματική αποτελεσματικότητα της αυτόνομης οδήγησης. Αυτό σημαίνει ότι με τη βοήθεια των ασύρματων δικτύων πέμπτης γενιάς, τα αυτοοδηγούμενα αυτοκίνητα θα γίνουν σύντομα ολοκληρωτικά πραγματικότητα. Τα αυτόνομα οχήματα εξοπλισμένα με αυτήν την ασύρματη τεχνολογία μπορούν να αλληλοεπιδρούν αβίαστα με έξυπνα σήματα κυκλοφορίας, ακίνητα αντικείμενα και άλλα κινούμενα οχήματα στο δρόμο. Δεδομένου ότι τα αυτόνομα οχήματα εξαρτώνται από χιλιοστά του δευτερολέπτου για τη λήψη αποφάσεων και την αποφυγή ατυχημάτων, η λειτουργία χαμηλής καθυστέρησης του 5G καθιστά την αυτόνομη οδήγηση πιο απτή [24].

3.2.4 Υγειονομική περίθαλψη και εφαρμογές

Τα ασύρματα δίκτυα τελευταίας γενιάς, με τη βοήθεια και άλλων τεχνολογιών, δίνουν τη δυνατότητα στους ιατρούς να πραγματοποιούν πρωτοποριακές χειρουργικές επεμβάσεις, εκσυγχρονίζοντας και φέροντας την καινοτομία στον ιατρικό τομέα. Η παρακολούθηση σεμιναρίων και διαλέξεων θα είναι πολύ πιο απλή καθώς τα δίκτυα πέμπτης γενιάς θα συνδέουν ασύρματα όλες τις τάξεις, με εξαιρετική ταχύτητα και ελάχιστη καθυστέρηση επικοινωνίας. Παράλληλα, οι ασθενείς θα έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν άμεσα με τους γιατρούς (τους) και να λαμβάνουν συμβουλές ακαριαία χάρη στην στα δίκτυα αυτά. Επιπλέον, οι ερευνητές βρίσκονται εδώ και καιρό σε διαδικασία ανάπτυξης έξυπνων ιατρικών γκάτζετ για να υποστηρίξουν άτομα με μακροχρόνιες ασθένειες. Με τη βοήθεια των έξυπνων συσκευών, του ιατρικού διαδικτύου των πραγμάτων, των έξυπνων αισθητήρων, των τεχνολογιών ιατρικής απεικόνισης που υποστηρίζεται από ανάλυση HD και των έξυπνων συστημάτων ανάλυσης, το δίκτυο πέμπτης γενιάς θα συμβάλει σημαντικά στην εξέλιξη και βελτίωση τον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης. Η πρόσβαση στο χώρο αποθήκευσης στο νέφος θα είναι ευκολότερη, επιτρέποντας εύκολη, γρήγορη και αξιόπιστη πρόσβαση σε δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης, ανεξαρτήτως του πότε και πού. Οι γιατροί θα μπορούν εύκολα να αποθηκεύουν και να μοιράζονται μεγάλα αρχεία όπως αναφορές μαγνητικής τομογραφίας μέσα σε δευτερόλεπτα χρησιμοποιώντας το δίκτυο πέμπτης γενιάς. Συνεπώς, θα δημιουργηθεί ένα δίκτυο ιατρών, στο οποίο θα υλοποιούνται γνωματεύσεις, συνεργατικές και μη, θα ανταλλάσσονται απόψεις, με στόχο την πιο στοχευμένη ιατρική περίθαλψη μιας χώρας.

3.2.5 Δορυφορικό Διαδίκτυο

Συνήθως, δεν υπάρχουν επίγειοι σταθμοί βάσης σε απομονωμένες τοποθεσίες. Για αυτόν τον λόγο, τα ασύρματα δίκτυα τελευταίας γενιάς, τίθενται απαραίτητα για την παροχή συνδεσιμότητας σε αυτά τα μέρη. Τα δορυφορικά συστήματα, τα οποία χρησιμοποιούν έναν αστερισμό πολυάριθμων μικροσκοπικών δορυφόρων για να παρέχουν συνδεσιμότητα σε αστικές και αγροτικές περιοχές παγκοσμίως, θα χρησιμοποιηθούν από το δίκτυο 5G για την παροχή συνδεσιμότητας.

3.3 ΣΥΝΕΡΓΕΙΑ ΤΟΥ BLOCKCHAIN ΚΑΙ ΤΗΣ 5G ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τα ασύρματα δίκτυα πέμπτης γενιάς όταν συνδυάζονται με την τεχνολογία Blockchain, είναι βέβαιο πως δημιουργούν ένα τεχνολογικό δίδυμο το οποίο θα μπορούσε να περιγραφεί ως ανατρεπτική δύναμη στον συνεχόμενα εξελισσόμενο κόσμο της τεχνολογίας, με τη δυνατότητα να αλλάξει εντελώς τη βιομηχανική πραγματικότητα των τηλεπικοινωνιών. Ο συνδυασμός 5G και τεχνολογίας Blockchain

ανοίγει νέους δρόμους για την αντιμετώπιση σημαντικών ζητημάτων με την αποτελεσματικότητα του δικτύου, την ασφάλεια και την εμπιστοσύνη.

Με την εισαγωγή του 5G, η σύνδεση θα εισέλθει σε μια νέα, τεχνολογικά προηγμένη εποχή που χαρακτηρίζεται από απaráμιλλους ρυθμούς δεδομένων, εξαιρετικά χαμηλή καθυστέρηση και ένα άνετο ασφαλές καταφύγιο για τη σύνδεση πολλών συσκευών ταυτόχρονα. Επαναστατικές εφαρμογές όπως η επαυξημένη και η εικονική πραγματικότητα θα καταστούν δυνατές από το 5G, ενώ το Διαδίκτυο των Πραγμάτων θα χρησιμεύσει ως ο ακρογωνιαίος λίθος της ψηφιακής υποδομής. Ωστόσο, υπάρχουν μειονεκτήματα σε αυτή την εξέλιξη, ειδικά όσον αφορά τη διατήρηση της αξιοπιστίας, της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας του δικτύου.

Η βασική ιδέα είναι να χρησιμοποιηθεί η τεχνολογία blockchain για τη βελτίωση της ασφάλειας των καναλιών επικοινωνίας, την επαλήθευση της ταυτότητας της συσκευής και την εγγύηση της ακεραιότητας της διαμόρφωσης του δικτύου. Τα έξυπνα συμβόλαια είναι αμετάβλητα, αυτοεκτελούμενα προγράμματα με δυνατότητα αυτοματοποίησης περίπλοκων εργασιών διαχείρισης δικτύου 5G, συμπεριλαμβανομένης της κατανομής πόρων, της χρέωσης και της επιβολής QoS.

Το Blockchain είναι επίσης ενσωματωμένο στον τομέα συναλλαγών του οικοσυστήματος 5G. Οι αποκεντρωμένες αγορές για δικτυακούς πόρους καθίστανται δυνατές μέσω του blockchain, το οποίο διευκολύνει τις μικροσυναλλαγές και ανοίγει τη δυνατότητα δημιουργικών επιχειρηματικών μοντέλων επιτρέποντας ασφαλείς και διαφανείς συναλλαγές.

Με άλλα λόγια, το 5G είναι ένας κρίσιμος σύμμαχος στη χρήση της τεχνολογίας blockchain για να γίνουν οι αλυσίδες εφοδιασμού πιο έξυπνες και πιο αξιόπιστες. Λειτουργεί ως ένα είδος ενισχυτή Διαδικτύου και επικοινωνίας. Ο συνδυασμός του 5G με την τεχνολογία blockchain μπορεί να παράγει συνέργειες που βελτιώνουν έναν αριθμό στοιχείων δικτύου επικοινωνίας. Αφού μάθουμε περισσότερα για το blockchain και το 5G, ας δούμε πώς λειτουργούν αυτές οι δύο ισχυρές τεχνολογίες σε αξιοσημείωτη αρμονία:

1) Ενισχυμένη ασφάλεια:

- **Immutable Ledger** : Ένα ασφαλές και διαφανές αρχείο συναλλαγών παρέχεται από το αποκεντρωμένο, αδιάψευστο καθολικό της τεχνολογίας blockchain. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διασφάλιση ακεραιότητας και αξιοπιστίας δεδομένων δικτύου πέμπτης γενιάς, έλεγχο ταυτότητας συσκευής και ασφαλή κανάλια επικοινωνίας.
- **Έλεγχος ταυτότητας και διαχείριση ταυτότητας** : Η τεχνολογία Blockchain δύναται να οδηγήσει σε σημαντική βελτίωση της ασφάλειας ελέγχου ταυτότητας συσκευών δικτύου 5G. Τα αναγνωριστικά συσκευών αποθηκεύονται σε μια αλυσίδα μπλοκ, καθιστώντας πιο δύσκολο για τους απατεώνες να παραποιήσουν ή να τροποποιήσουν ταυτότητες.

2) Ενίσχυση των αλυσίδων εφοδιασμού:

Σκεφτείτε μια αλυσίδα εφοδιασμού στην οποία τα αγαθά παρακολουθούνται από τη στιγμή που κατασκευάζονται μέχρι να φτάσουν στην κατοχή σας. Αυτά τα δεδομένα μπορούν να ενημερωθούν σε πραγματικό χρόνο λόγω της γρήγορης μεταφοράς δεδομένων του 5G και του ελάχιστου λανθάνοντος χρόνου. Πιο συγκεκριμένα ακόμη:

- **Ιχνηλασιμότητα και αυθεντικότητα** : Η διαφάνεια και η ιχνηλασιμότητα μπορούν να διασφαλιστούν στην αλυσίδα εφοδιασμού εξοπλισμού 5G με τη χρήση blockchain. Αυτό είναι απαραίτητο για την επιβεβαίωση της νομιμότητας των συσκευών και την αποτροπή εισβολής στο δίκτυο περιεχομένου που έχει παραβιαστεί.

- **Παρακολούθηση προέλευσης :** Οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να έχουν μια διαφάνεια ως αναφορά την κατανόηση της προέλευσης και του ιστορικού κάθε αντικειμένου παρακολουθώντας τη διαδρομή των συσκευών μέσω της αλυσίδας εφοδιασμού σε ένα σύστημα αλυσίδας μπλοκ, γεγονός που μειώνει την πιθανότητα παραβίασης ή πλαστού εξοπλισμού..

Το Blockchain διασφαλίζει ότι αυτά τα δεδομένα είναι ασφαλή και αμετάβλητα. Έτσι, γνωρίζετε πάντα πού ήταν το προϊόν σας και ότι είναι γνήσιο.

3) Η αποκέντρωση συναντά τη συνδεσιμότητα:

- **Αποκεντρωμένες συναλλαγές:** Οι λύσεις blockchain για τις αλυσίδες εφοδιασμού επωφελούνται από την αποκέντρωση. Κάθε συμμετέχων έχει ένα κομμάτι παζλ στα χέρια του. Όλοι αυτοί οι παίκτες συνδέονται γρήγορα και αξιόπιστα μέσω 5G, ακόμα κι αν είναι διασκορπισμένοι σε όλο τον κόσμο. Για τις επιχειρήσεις, αυτός ο συνδυασμός παράγει ένα αξιόπιστο και αποτελεσματικό δίκτυο.
- **Ευκαιρίες δημιουργίας εσόδων:** Οι υπηρεσίες pay-as-you-go και οι αποκεντρωμένες αγορές πόρων δικτύου είναι δύο παραδείγματα νέων μοντέλων δημιουργίας εσόδων που έγιναν εφικτά μέσω του blockchain. Ως αποτέλεσμα, οι χρήστες και οι πάροχοι υπηρεσιών ενδέχεται να επωφεληθούν από ένα πιο προσαρμόσιμο και δυναμικό οικοσύστημα.

4) Δημόσιες λύσεις blockchain:

Οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση σε δημόσιες αλυσίδες μπλοκ όπως το Ethereum ή το Bitcoin. Αν και χρησιμοποιούνται συχνά σε σχέση με τα κρυπτονομίσματα, οι αλυσίδες εφοδιασμού ενδέχεται να ωφεληθούν από τη διαφάνειά τους. Οι επιχειρήσεις θα το θεωρήσουν πιο απλό να χρησιμοποιήσουν τις δημόσιες αλυσίδες μπλοκ, καθώς το 5G εγγυάται ομαλή και γρήγορη πρόσβαση σε αυτούς τους πόρους.

5) Έξυπνα συμβόλαια αυτοματισμού:

- **Αυτοματοποιημένη διαχείριση δικτύου:** Η αμεταβλητότητα που συναντάμε σε ένα σύστημα αλυσίδας μπλοκ, διασφαλίζει την αξιοπιστία καθώς επίσης και την ακεραιότητα των δεδομένων που αποθηκεύονται στο δίκτυο. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό για ευαίσθητες πληροφορίες σε δίκτυα 5G, όπως δεδομένα χρήστη, όπου η διατήρηση της ακεραιότητας των δεδομένων είναι ζωτικής σημασίας.
- **Ενδυνάμωση χρήστη:** Το Blockchain μπορεί να ενδυναμώσει κατά κάποιον τρόπο τους χρήστες δίνοντάς τους μεγαλύτερο ποσοστό ελέγχου στα προσωπικά τους δεδομένα. Οι χρήστες μπορούν να έχουν μεγαλύτερη ορατότητα και έλεγχο σχετικά με το ποιος έχει πρόσβαση στα δεδομένα τους και πώς χρησιμοποιούνται στο οικοσύστημα 5G

6) Ακεραιότητα και απόρρητο δεδομένων:

- **Αμετάβλητη αποθήκευση δεδομένων:** Η ακεραιότητα των δεδομένων που αποθηκεύονται στο δίκτυο είναι εγγυημένη και σίγουρη λόγω του αμετάβλητου χαρακτηριστικού που διακατέχει την αλυσίδα Blockchain. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό όταν πρόκειται ευαίσθητα δεδομένα σε δίκτυα 5G, εκ των οποίων , δεδομένα χρήστη, όπου επιβάλεται να διατηρηθεί η ακεραιότητα των δεδομένων.
- **Ενδυνάμωση χρήστη:** Παρέχοντας στα άτομα μεγαλύτερο έλεγχο στα προσωπικά τους δεδομένα, το blockchain μπορεί να ενδυναμώσει τους χρήστες. Στο οικοσύστημα του 5G, οι χρήστες θα έχουν μεγαλύτερη ορατότητα και έλεγχο σχετικά με το ποιος μπορεί να έχει πρόσβαση στα δεδομένα τους και πώς αυτά χρησιμοποιούνται..

7) Μειωμένη απάτη και απειλές στον κυβερνοχώρο:

- **Ανθεκτικότητα κατά των επιθέσεων:** Καθώς η φύση του Blockchain είναι αποκεντρωμένη, το γεγονός αυτό το κάνει ανθεκτικό σε ορισμένα είδη κυβερνοεπιθέσεων. Τα δεδομένα κατανέμονται σε όλους τους κόμβους σε ένα δίκτυο, καθιστώντας πιο δύσκολο για ένα μόνο σημείο αστοχίας να θέσει σε κίνδυνο το σύστημα ως σύνολο..
- **Πρόληψη απάτης:** Λόγω των διαδικασιών διαφάνειας και συναίνεσης, το blockchain μπορεί να μειώσει την πιθανότητα δόλιων ενεργειών και μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης, κάτι που μπορεί να βοηθήσει στην πρόληψη της απάτης στο οικοσύστημα 5G..

Ενώ υπάρχουν πολλά πιθανά πλεονεκτήματα σε αυτές τις συνέργειες, προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματικά η ενσωμάτωση των τεχνολογιών Blockchain στα δίκτυα 5G, χάρει σημασίας να εντοπιστούν και να αντιμετωπιστούν ζητήματα όπως η επεκτασιμότητα, ο λανθάνοντας χρόνος και η διαλειτουργικότητα. Για την επιτυχή εφαρμογή είναι απαραίτητη η ισορροπία μεταξύ των απαιτήσεων υψηλής απόδοσης των δικτύων 5G και των αποκεντρωμένων αρχών της τεχνολογίας Blockchain.

3.4 ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ ΕΠΕΚΤΑΣΙΜΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΕΠΙΔΟΣΕΩΝ

Ακόμη και με τα πλεονεκτήματα του blockchain, τα ενσωματωμένα οικοσυστήματα blockchain-5G αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα απόδοσης και επεκτασιμότητας. Η επίτευξη μιας επιτυχημένης ανάπτυξης της τεχνολογίας blockchain στα δίκτυα 5G απαιτεί την αντιμετώπιση πολλών προβλημάτων απόδοσης. Αν και το 5G και το blockchain έχουν και τα δύο τη δυνατότητα να μεταμορφώσουν πλήρως έναν αριθμό βιομηχανιών, υπάρχουν πολλές προκλήσεις λόγω των προβλημάτων απόδοσης και επεκτασιμότητας.

Γενικά, οι διαδικασίες συναίνεσης της τεχνολογίας Blockchain, η οποία είναι γνωστή ως αποκεντρωμένη και αμετάβλητη, παρουσιάζουν ζητήματα κλιμάκωσης. Η επίτευξη υψηλής απόδοσης συναλλαγών είναι πρόκληση, καθώς το δίκτυο επιβραδύνεται καθώς αποστέλλονται περισσότερες συναλλαγές στο Blockchain. Όταν πρόκειται για εφαρμογές μεγάλης κλίμακας, όπως η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ή οι οικονομικές συναλλαγές, αυτό το πρόβλημα είναι πολύ πιο αισθητό. Παρόμοια με αυτό, η τεχνολογία 5G υπόσχεται εξαιρετικά γρήγορες ταχύτητες μεταφοράς δεδομένων και μικρή καθυστέρηση, ανοίγοντας έναν κόσμο τεχνολογικών δυνατοτήτων. Ωστόσο, η υποδομή του δικτύου βρίσκεται υπό τεράστια πίεση καθώς η αύξηση των συνδεδεμένων συσκευών και της κίνησης δεδομένων είναι επαυξημένα απότομη. Τα τρέχοντα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας ενδέχεται να δυσκολεύονται να διαχειριστούν αυτήν την αύξηση της ζήτησης. [24, 25]

Ακολουθούν ορισμένες αξιολογούμενες προκλήσεις απόδοσης και επεκτασιμότητας στο πλαίσιο του συνδυασμού Blockchain και 5G από την προοπτική της απόδοσης, της αποθήκευσης και της δικτύωσης.

1. **Απόδοση:** Στην πραγματικότητα, οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τεχνολογία Blockchain έχουν πολύ χειρότερη απόδοση από αυτές που δεν το κάνουν. Για παράδειγμα, η Visa και η PayPal επεξεργάζονται 1667 και 193 συναλλαγές/S, αντίστοιχα, ενώ το Bitcoin και το Ethereum μπορούν να επεξεργαστούν μόνο 4 και 20 συναλλαγές/S. Ο αριθμός των αντιγράφων στο δίκτυο και άλλα όρια κλιμάκωσης στα τρέχοντα συστήματα Blockchain είναι προφανή, όπως και προβλήματα απόδοσης όπως χαμηλή απόδοση (συναλλαγές/S) και καθυστέρηση (χρόνος που χρειάζεται για να προστεθεί ένα μπλοκ συναλλαγών στο Blockchain). Λόγω των περιορισμών στα μεγέθη μπλοκ, πολλές αλυσίδες μπλοκ παρουσιάζουν σημαντικά χρονοβόρα αναμονή πριν προστεθούν οι συναλλαγές στην αλυσίδα. Ως αποτέλεσμα, ο χρόνος σχηματισμού μπλοκ αυξάνεται γρήγορα, περιορίζοντας τη συνολική απόδοση του συστήματος. Ως εκ τούτου, είναι σημαντική μα και επιβλητική σε ορισμένες περιπτώσεις η προσεκτική αξιολόγηση όσον αφορά τις σχετικές τεχνολογίες

- βελτίωσης προκειμένου να υποστηρίζεται μεγάλος όγκος συναλλαγών σε πραγματικό χρόνο για υπηρεσίες και εφαρμογές 5G.
2. **Αποθήκευση:** Η ανάλυση τεράστιου όγκου δεδομένων που παράγονται από συσκευές IoT για υπηρεσίες και εφαρμογές 5G, όπως η διαχείριση πόρων, η κοινή χρήση δεδομένων και η παρακολούθηση συναλλαγών χρήστη, είναι πολύ πιο σημαντική για τη χρησιμότητα της τεχνολογίας Blockchain σε ασύρματα δίκτυα πέμπτης γενιάς από την ίδια τη συναλλαγή. Σε ένα συμβατικό σύστημα Blockchain, κάθε κόμβος θα πρέπει να επεξεργάζεται και να παρακολουθεί κάθε συναλλαγή. Για συσκευές IoT με χαμηλή χωρητικότητα, αυτό μπορεί να επιβαρύνει το δίκτυο Blockchain με επιπλέον κόστος αποθήκευσης και επεξεργασίας όταν ενταχθούν σε αυτό. Επειδή όλα τα δεδομένα συναλλαγών αποθηκεύονται στην αλυσίδα, η χωρητικότητα σε αυτά τα δίκτυα θα «αναγκαστεί» τελικά να αυξηθεί αντιστοίχως.
 3. **Δικτύωση:** Η επεκτασιμότητα των συστημάτων Blockchain επηρεάζεται (θετικά και αρνητικά) και από τη δικτύωση συστήματος. Η υπολογιστική εξόρυξη σε αυτά τα συστήματα αλυσίδας απαιτούν σχεδόν ογκώδεις ποσοστά και πόρους εύρους ζώνης, γεγονός που επιβαρύνει σημαντικά το σύστημα από υπολογιστική απόψη. Ωστόσο, υπάρχει η περίπτωση κατά την οποία να μην δύναται να καλύψει τις ανάγκες αυτές σε πόρους για το Blockchain για την εκτέλεση επεξεργασίας συναλλαγών μεγάλης κλίμακας σε εφαρμογές 5G, όπως εξαιρετικά πυκνά δίκτυα όπου οι πόροι είναι σοβαρά περιορισμένοι λόγω απαιτήσεων από συσκευές IoT και παρόχους υπηρεσιών. Επιπλέον, οι λειτουργίες Blockchain πρέπει να χρησιμοποιούν κατασκευαστικά πολλούς πόρους δικτύου (όπως εύρος ζώνης, ισχύ εξόρυξης και ισχύ μετάδοσης) λόγω του χαρακτηριστικού των μηχανισμών συναίνεσης Blockchain που απαιτούν πολλαπλές μεταδόσεις συναλλαγών μεταξύ κόμβων για την επικύρωση ενός μπλοκ. Αυτό έχει επίσης ως αποτέλεσμα υψηλή καυστήρηση δικτύου.
 4. **Consensus Overhead :** Η επίτευξη συναίνεσης σε ένα δίκτυο blockchain εισάγει γενικά έξοδα και η ενσωμάτωση αυτού με το 5G δύναται να προσθέσει ένα επιπλέον επίπεδο πολυπλοκότητας.
 5. **Διαλειτουργικότητα:** Η διασφάλιση απρόσκοπτης διαλειτουργικότητας μεταξύ διάφορων πλατφορμών Blockchain και δικτύων 5G κρύβει σημαντική πολυπλοκότητα.

Δεδομένης της περίπλοκης φύσης των σεναρίων 5G IoT ή των έξυπνων πόλεων, ο όγκος του φόρτου εργασίας και των δεδομένων του IoT είναι τεράστιος. Ως αποτέλεσμα, το Blockchain IoT μέλλεται να μεγαλώσει γοργά κατά πολύ σε μέγεθος, καθιστώντας δύσκολη τη διαχείριση τεράστιου όγκου δεδομένων. Λιγότερο από 1 χιλιοστό του δευτερολέπτου είναι ο στόχος από άκρο σε άκρο καθυστέρηση για ωφέλιμο φορτίο και μεταδόσεις δεδομένων σε δίκτυα 5G. Κατά την κατασκευή πλατφορμών blockchain, αυτό το όραμα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη πριν ενσωματωθούν σε δίκτυα 5G. Έχουν διεξαχθεί πολυάριθμες μελέτες για τη βελτίωση της επεκτασιμότητας και της απόδοσης του blockchain από διάφορες γωνίες σχεδιασμού, συμπεριλαμβανομένων λύσεων εντός και εκτός αλυσίδας, υβριδικών μεθόδων συναίνεσης και σχεδίασης εξοπλισμού εξόρυξης. Πρόσφατα, έγινε συζήτηση για μια λύση εικονικοποίησης δικτύου 5G για την αντιμετώπιση ζητημάτων επεκτασιμότητας του Blockchain διαχωρίζοντας την επεξεργασία συναλλαγών και τη διαχείριση Blockchain για τη βελτίωση της ποιότητας υπηρεσιών (QoS) των λειτουργιών Blockchain. Αναμένεται ότι τα αρχικά ευρήματα θα παρέχουν πληροφορίες για την έρευνα Blockchain με στόχο την επίλυση προβλημάτων επεκτασιμότητας και τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος μπλοκ σε ασύρματα δίκτυα τελευταίας γενιάς.

Απαιτείται μια διεπιστημονική στρατηγική, συμπεριλαμβανομένων των εξελίξεων στους αλγόριθμους συναίνεσης, στην αρχιτεκτονική δικτύων και στις συνεργατικές δραστηριότητες εντός των κοινοτήτων blockchain και 5G, για την αντιμετώπιση αυτών των ζητημάτων απόδοσης. Ο στόχος είναι να επιτευχθεί μια ομαλή ενοποίηση που μεγιστοποιεί τα πλεονεκτήματα και των δύο τεχνολογιών χωρίς να θυσιάζεται η αξιοπιστία ή η απόδοση.

3.5 Η αλυσίδα μπλοκ ως καταλύτης ασφάλειας στα 5G

Οι ενσωματωμένες λειτουργίες του Blockchain θεωρούνται καταλύτες όσον αφορά τη γενική καλύτερη ασφάλεια των ασύρματων δικτύων τελευταίας γενιάς. Στο πλαίσιο του 5G, μπορεί να λειτουργήσει ως καταλύτης ασφάλειας εισάγοντας νέα μέτρα ασφαλείας και ενισχύοντας τη συνολική ανθεκτικότητα του δικτύου επικοινωνίας. Ακολουθούν μερικοί τρόποι με τους οποίους το Blockchain μπορεί να συμβάλει στην ασφάλεια του 5G:

1. Αποκεντρωμένη Αρχιτεκτονική Ασφαλείας:

- Πώς λειτουργεί: Η κατανεμημένη και συνάμα αποκεντρωμένη φύση του συστήματος Blockchain, λειτουργεί με τέτοιο τρόπο που ο έλεγχος και η επαλήθευση των συναλλαγών «ταξιδεύουν» ή πιο σωστά κατανέμονται σε πολλούς κόμβους του δικτύου.
- Πλεονέκτημα ασφαλείας για το 5G: Αυτή η αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική λοιπόν αποτελεί ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημα όσον αφορά την ασφάλεια στα συστήματα ασύρματων δικτύων τελευταίας γενιάς, καθώς έτσι, το σύστημα αυτό έχει ένα μόνο σημείο αποτυχίας ή κακόβουλο παράγοντα το οποίο να δύναται να θέσει σε κίνδυνο ολόκληρο το δίκτυο. Προσθέτει ένα επίπεδο ασφαλείας στα παραδοσιακά κεντρικά μοντέλα. Με την αποκέντρωση της υποδομής ασφαλείας, το blockchain μετριάζει τον αντίκτυπο των στοχευμένων επιθέσεων και ενισχύει τη συνολική ευρωστία του δικτύου 5G.

2. Εγγραφές αμετάβλητων και ανθεκτικών σε παραβίαση:

- Πώς λειτουργεί: Μόλις πραγματοποιηθεί η εισαγωγή των δεδομένων σε ένα μπλοκ και μετέπειτα προστεθούν στο σύστημα Blockchain, καθίσταται εξαιρετικά δύσκολο να αλλοιωθούν ή να παραβιαστούν αυτά τα δεδομένα λόγω κρυπτογραφικών συναρτήσεων κατακερματισμού και μηχανισμών συναίνεσης.
- Πλεονέκτημα ασφαλείας για το 5G: Αυτή η αμετάβλητη διασφάλιση της ακεραιότητας των κρίσιμων πληροφοριών, όπως οι ταυτότητες συσκευών, τα δεδομένα ελέγχου ταυτότητας και οι διαμορφώσεις δικτύου στο 5G. Οποιαδήποτε προσπάθεια παραβίασης αυτών των πληροφοριών θα ήταν ανιχνεύσιμη, ενισχύοντας την ακεραιότητα του οικοσυστήματος 5G.

3. Ασφαλής ταυτότητα και έλεγχος ταυτότητας συσκευής:

- Πώς λειτουργεί: Το «αλυσιδιακό» σύστημα μπλοκ μπορεί να εκμεταλλευτεί για την ασφαλή φύλαξη και διαχείριση των ταυτοτήτων συσκευών. Τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία ελέγχου ταυτότητας με βάση προκαθορισμένους κανόνες.
- Πλεονέκτημα ασφαλείας για το 5G: Διασφαλίζοντας την ασφαλή ταυτότητα και τον έλεγχο ταυτότητας των συσκευών, το blockchain βοηθά στην αποτροπή μη εξουσιοδοτημένης πρόσβασης στο δίκτυο 5G. Αυτό χρήζει μεγάλης σημαντικότητας για τη γενική διατήρηση της ακεραιότητας και της ασφαλείας της επικοινωνιακής υποδομής.

4. Έξυπνες συμβάσεις για αυτοματοποιημένες πολιτικές ασφαλείας:

- Πώς λειτουργεί: Τα έξυπνα συμβόλαια / ή αλλιώς οι έξυπνες συμβάσεις, καθώς και τα αυτοεκτελούμενα κομμάτια κώδικα που έχουν προγραμματιστεί με τέτοιο τρόπο ώστε να αυτοεκτελούνται (δηλαδή αυτοματοποίηση κώδικα) στο Blockchain, μπορούν να αυτοματοποιήσουν τις πολιτικές και τις ενέργειες ασφαλείας με βάση προκαθορισμένες συνθήκες.
- Οφέλη ασφαλείας για το 5G: Η αυτοματοποιημένη εκτέλεση πολιτικών ασφαλείας μπορεί να βελτιώσει την απόκριση του δικτύου σε απειλές ασφαλείας. Για παράδειγμα, τα έξυπνα συμβόλαια μπορούν να επιβάλουν αυτόματα κανόνες ελέγχου πρόσβασης ή να ενεργοποιήσουν μέτρα ασφαλείας ως απάντηση σε ανωμαλίες που ανιχνεύονται. [28.26]

5. Διαφανείς και ελεγχόμενες συναλλαγές:

- Πώς λειτουργεί: Η διαφάνεια του Blockchain επιτρέπει σε όλους τους συμμετέχοντες στο δίκτυο να προβάλλουν και να ελέγχουν το ιστορικό συναλλαγών.
- Πλεονέκτημα ασφάλειας για το 5G: Αυτή η διαφάνεια διασφαλίζει τη λογοδοσία και βοηθά στον εντοπισμό τυχόν κακόβουλων δραστηριοτήτων εντός του δικτύου. Μπορεί να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την παρακολούθηση της ροής των συναλλαγών, τις αλλαγές στις διαμορφώσεις δικτύου και την παρακολούθηση για οποιαδήποτε ασυνήθιστη συμπεριφορά. [28.26]

6. Ασφάλεια Εφοδιαστικής Αλυσίδας:

- Πώς λειτουργεί: Το σύστημα Blockchain έχει την ευχέρεια να παρακολουθεί αποτελεσματικά την εφοδιαστική αλυσίδα εξοπλισμού 5G, διασφαλίζοντας τη διαφάνεια και την ιχνηλασιμότητα από την κατασκευή έως την ανάπτυξη.
- Οφέλη ασφαλείας για το 5G: Το Blockchain βοηθά στην ασφάλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας, η οποία είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της γενικής ασφαλείας των δικτύων 5G, επιβεβαιώνοντας τη νομιμότητα των συσκευών και εμποδίζοντας την εισαγωγή παραβιασμένου εξοπλισμού. [28.26]

7. Ασφαλείς και διαφανείς συναλλαγές:

- Πώς λειτουργεί: Στο οικοσύστημα 5G, το Blockchain διασφαλίζει την ακεραιότητα των συναλλαγών, οικονομικών και μη, ενσωματώνοντας και βελτιώνοντας την ασφάλεια και τη διαφάνεια στις συναλλαγές, μειώνοντας έτσι την πιθανότητα απάτης.
- Όφελος ασφαλείας για το 5G: Αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικό για χρεώσεις, οικονομικούς διακανονισμούς και μικροσυναλλαγές εντός του δικτύου 5G. Οι κρυπτογραφικοί μηχανισμοί του Blockchain συμβάλλουν στην προστασία από μη εξουσιοδοτημένες ή δόλιες συναλλαγές. [28.26]

Παρά τα πλεονεκτήματα ασφάλειας που προσφέρει το blockchain, είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι η αποτελεσματική ανάπτυξή του απαιτεί προσεκτική εξέταση στοιχείων όπως η επεκτασιμότητα, η διαλειτουργικότητα και συγκεκριμένες περιπτώσεις χρήσης στο πλαίσιο του 5G. Η ενσωμάτωση των απαιτήσεων υψηλής απόδοσης των δικτύων 5G με τη βοήθεια των εσωτερικών χαρακτηριστικών του Blockchain φαίνεται να υπόσχεται ένα πιο αξιόπιστο και ασφαλές σύστημα επικοινωνίας. Συμπερασματικά, φέρνοντας αποκεντρωμένα, διαφανή και αυτοματοποιημένα μέτρα ασφαλείας, το blockchain χρησιμεύει ως καταλύτης για την ασφάλεια στο 5G. Αυτά τα χαρακτηριστικά αντιμετωπίζουν σημαντικά ζητήματα ασφαλείας στον κυβερνοχώρο στην ταχέως μεταβαλλόμενη αγορά τηλεπικοινωνιών και βελτιώνουν τη συνολική ασφάλεια, την ακεραιότητα και την ανθεκτικότητα του δικτύου 5G.

Κεφάλαιο 4: Εφαρμογές της αλυσίδας μπλοκ στα δίκτυα 5G

4.1 Υγειονομική περίθαλψη

Το σύστημα υγείας ενός έθνους είναι ένα από τα πιο κρίσιμα συστατικά της όλης ανάπτυξής του. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της γενικής ευημερίας μιας κοινωνίας. Η ψηφιακή αποθήκευση αρχείων υγείας ασθενών από αρκετούς γιατρούς, νοσοκομεία και ιατρικό εξοπλισμό είναι μια πρόσφατη εξέλιξη στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης. Τα ψηφιοποιημένα ιατρικά δεδομένα μπορούν εύκολα να ανακτηθούν και να κοινοποιηθούν, κάτι που είναι πολύ χρήσιμο για νομική τεκμηρίωση όταν απαιτούνται «ad hoc» αποφάσεις που βασίζονται σε ιστορικές ιατρικές καταστάσεις. Ωστόσο, υπάρχει σοβαρή πιθανότητα η ψηφιοποίηση των ιατρικών δεδομένων να θέσει σε κίνδυνο το απόρρητο των ασθενών. Ως αποτέλεσμα, η τεχνολογία blockchain έχει σημαντικά υψηλές δυνατότητες να μεταμορφώσει τον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης μέσω των εφαρμογών της

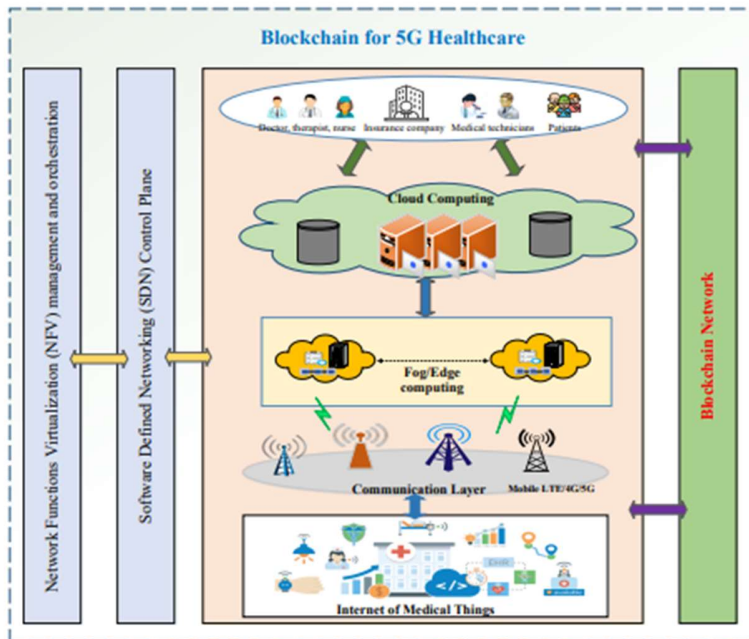
που θα είναι καλά προσαρμοσμένες σε διάφορους τομείς, όπως η αυτοματοποιημένη εκδίκαση ισχυρισμών υγείας, η διαδικτυακή πρόσβαση ασθενών, η ιατρική ακριβείας, οι κλινικές δοκιμές, η παραχάραξη φαρμάκων, η έρευνα με γνώμονα τον χρήστη, διαχείριση δημόσιας υγειονομικής περίθαλψης και διαχρονικά αρχεία υγειονομικής περίθαλψης. Για να είμαστε πιο συγκεκριμένοι, προβλήματα με την ενημερωμένη συγκατάθεση του ασθενούς και την επιστημονική εγκυρότητα των ευρημάτων (εναλλαγή τελικού σημείου, εξόρυξη δεδομένων, επιλεκτική δημοσίευση και απόκρυψη δεδομένων κατ' επιλογή) σε κλινικές δοκιμές θα μπορούσαν να επιλυθούν με έξυπνες συμβάσεις εφαρμογή της τεχνολογίας Blockchain [12 , 30, 28, 24]

Επομένως, τα δεδομένα υγειονομικής περίθαλψης πρέπει να είναι πιο ιδιωτικά και πιο ασφαλή. Πρέπει να απαγορεύεται η μεταποίηση, απόκρυψη ή η ολική καταστροφή δεδομένων που έχουν αποθηκευτεί. Τα προσβάσιμα από οποιοδήποτε μη εξουσιοδοτημένο άτομο, είτε θα πουληθούν είτε θα χρησιμοποιηθούν με σκοπό την κατάχρηση. Λόγω της συμβολής των δικτύων 5G, θα υπάρξει αύξηση στον αριθμό των αρχείων υγείας. Ως εκ τούτου, πρέπει επίσης να ληφθούν μέτρα ασφαλείας για τη διαφύλαξη των πληροφοριών. Ο κλάδος της υγειονομικής περίθαλψης χειρίζεται ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων, καθώς περιλαμβάνει ένα διαφοροποιημένο φάσμα καθηκόντων και διαδικασιών. Εδώ θα εξετάσουμε τις προκλήσεις που μπορεί να λύσει η τεχνολογία της πληροφορίας, ειδικά το blockchain, με βάση τη βιβλιογραφία. Ένα οποιοδήποτε υγειονομικό σύστημα αποτελεί έναν τρόπο οργάνωσης της υγειονομικής περίθαλψης όσον αφορά μηχανισμούς που βοηθούν στη διαχείριση και την ανάκτηση δεδομένων, την προσβασιμότητα, την ασφάλεια και τα οικονομικά του συστήματος. Η σημαντικότητα ενός τέτοιου συστήματος έγκειται στο απλό γεγονός ότι πρέπει να είναι σε θέση να συμβάλει περισσότερο θετικά παρά αρνητικά στην ιατρική ευημερία και περίθαλψη ενός έθνους και των ανθρώπων που το περιβάλλουν. Τα δημόσια πρότυπα και τα προσβάσιμα ακίνητα αποτελούν τη βάση ενός συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Πληροφορίες που χρήζουν πρωταρχικής σημασίας σε ιατρικές υποθέσεις όπως έγγραφα σχετικά με τη γενική υγεία ενός ασθενούς, διοικητικά δεδομένα και λοιπά επίσημα έγγραφα οφείλουν να συμπεριλαμβάνονται στον προσωπικό ηλεκτρονικό φάκελο υγείας EHR κάθε ασθενούς. Έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος σε διάφορους τομείς της υγείας, συμπεριλαμβανομένης της τηλευγείας, της τηλεχειρουργικής, και της διάγνωσης ασθενειών. [30]

Η πρόοδος της υγειονομικής περίθαλψης θα προχωρήσει ταυτόχρονα σε πολλά μέτωπα. Είμαστε μπροστά σε μια ιστορική αλλαγή κατά την οποία ο ασθενής είναι αυτός που πρώτο - μετατοπίζει την προσωπική του ιατρική φροντίδα (ή / και την ασθένεια) σε ένα αποκεντρωμένο περιβάλλον υγειονομικής περίθαλψης γιατρού, το οποίο επίσης ξεπερνά τα εμπόδια που είναι μοναδικά για ορισμένους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Δεύτερον, η διαθεσιμότητα της ανάλυσης δεδομένων θεραπείας και ευεξίας αλλάζει τελείως μορφή, εννοώντας ότι καθίσταται πλέον προσβάσιμη περιφερειακά. Η προσέγγιση στη διαχείριση της υγείας αλλάζει από γενική και απλοϊκή σε περισσότερο επικεντρωμένη στον συγκεκριμένο ασθενή. Επίσης, σημαντικό θεωρείται το γεγονός πως πλέον τα υγειονομικά συστήματα λειτουργούν με πρωτεύων γνώμονα την πρόληψη.

Τα τρέχοντα ασύρματα δίκτυα πέμπτης γενιάς είναι σαφώς πολύ πιο γρήγορα (για την ακρίβεια, εκατό φορές πιο γρήγορα) από αυτά της προηγούμενης γενιάς, και παράλληλα παρουσιάζουν τη δυνατότητα διαχείρισης μεγάλου (μεγαλύτερου) αριθμού χρηστών ταυτόχρονα [22,30]. Οι ανέσεις αυτές αποδεικνύονται από τις εξαιρετικά χαμηλές καθυστερήσεις, τη χρονική διάρκεια με άλλα λόγια που απαιτείται για την επεξεργασία ενός αιτήματος από το δίκτυο. Η δημιουργία τεχνολογίας αιχμής είναι απαραίτητη για αυτή τη νέα προσέγγιση, γνωστή ως ιατρική «4P» (την οποία διέπουν εξατομίκευση, πρόληψη, πρόγνωση και συμμετοχή), προκειμένου να προσφέρει στους ασθενείς περισσότερη αξία. Αυτές οι τεχνολογίες θα περιλαμβάνουν τεχνικές εικονικοποίησης και προηγμένες έννοιες ψηφιοποίησης που βασίζονται στις αρχές Industry 4.0. Και οι δύο αυτές τεχνολογίες θα βασίζονται κυρίως σε προηγμένες δυνατότητες μετάδοσης δεδομένων, όπως αυτές που προσφέρει η τεχνολογία 5G, για την υποστήριξη της νέας υγείας.[30]

Πρόσφατα , έχει σημειωθεί αύξηση στην πίεση στα σύγχρονα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης , κυρίως λόγω της αύξησης του πληθυσμού και των ιατρικών διαταραχών. Ένας πιθανός τρόπος για να μειωθεί αυτή η πίεση στο υγειονομικό σύστημα είναι η αξιοποίηση της τεχνολογίας του IoT με δυνατότητα 5G. Μια προσέγγιση είναι η απομακρυσμένη παρακολούθηση της υγείας, η οποία μετρά και αναλύει τις πολυάριθμες μετρήσεις υγείας ενός χρήστη εξ αποστάσεως χρησιμοποιώντας συσκευές αισθητήρων Internet of Things (IoT). Για παράδειγμα, σε μια μελέτη, προσδιορίστηκαν τα βασικά στοιχεία ενός ολοκληρωμένου συστήματος υγειονομικής περίθαλψης βασισμένο στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων για την από άκρο σε άκρο εξέταση της υγείας των ασθενών σε κρίσιμη κατάσταση. Οι έξυπνες εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης που πληρούν νέα κριτήρια υγειονομικής περίθαλψης, όπως για παράδειγμα η νέα βελτιωμένη έκδοση QoS, η πιο ευνοϊκή πυκνότητα και η σημαντικά πλέον υψηλή αξιοπιστία μπορούν να ευημερήσουν λόγω της αναδυόμενης τεχνολογίας των δικτύων πέμπτης γενιάς. Τα τρέχοντα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης μπορούν να βελτιωθούν ενώ παράλληλα, μπορούν να επιτευχθούν μεγαλύτερα οφέλη απόδοσης, όπως είναι η καλύτερη αποκεντρωμένη φύση των συστημάτων αυτών, η ασφάλεια, το απόρρητο και η αποτελεσματικότητα υπηρεσιών, καθώς και απλότητα συστήματος για χαμηλότερο λειτουργικό κόστος, ενσωματώνοντας την τεχνολογία Blockchain με τεχνολογίες 5G. Όπως φαίνεται στο Σχ. 2, το Blockchain μπορεί να συνδυαστεί με τεχνολογίες 5G όπως η εικονικοποίηση και το cloud/edge computing για τη δημιουργία νέων έξυπνων υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης. Ψηφιακά αντίγραφα των αρχείων υγείας των ασθενών συγκεντρώνονται σε ηλεκτρονικά αρχεία υγείας ή ΗΜΥ. Αντίθετα, το ψηφιακό αρχείο ενός ασθενούς συνδέεται με τον προσωπικό του φάκελο υγείας (PHR). Το ιατρικό ιστορικό και το ιστορικό θεραπείας των ασθενών μπορούν να σταλούν με ασφάλεια σε πραγματικό χρόνο σε συγκεκριμένους εξουσιοδοτημένους ιατρούς χάρη στο EHR [60]. Χρησιμοποιώντας τεχνολογία blockchain, οι Ekblaw et al. πρότειναν το MedRec, ένα αποκεντρωμένο σύστημα διαχείρισης αρχείων για τη διαχείριση ΗΜΥ. Διαχειρίζεται ευαίσθητα δεδομένα και κρίσιμα ζητήματα όπως η κοινή χρήση δεδομένων, η λογοδοσία, η εμπιστευτικότητα και ο έλεγχος ταυτότητας. Προκειμένου να προσφέρει συγκεκριμένα κίνητρα, ενθαρρύνει τους ιατρικούς οργανισμούς, συμπεριλαμβανομένων των αρχών δημόσιας υγείας, των ερευνητών και των γιατρών, να ενταχθούν στο δίκτυο blockchain ως «εξορύκτες». Η επικοινωνία IoT μπορεί να βελτιωθεί από την υποδομή λογισμικού που εκτελεί λειτουργίες δικτύου μέσω NFV και το υπλογιστικό νέφος επιτρέπει γρήγορα στις υπηρεσίες παροχής υγειονομικής περίθαλψης τον έγκαιρο εντοπισμό των προβλημάτων υγείας των ασθενών. Ένα ΣΒΔ peer-to-peer που μπορεί να επικυρώνει και να καταγράφει όλες τις συναλλαγές (όπως αιτήματα υγειονομικής περίθαλψης και δεδομένα ασθενών) και να τις αποθηκεύει αμετάβλητα σε αποκεντρωμένα βιβλία καθολικού δημιουργείται σε ένα σενάριο υγειονομικής περίθαλψης 5G χρησιμοποιώντας τεχνολογία Blockchain. Για να επιταχυνθεί η κοινή χρήση δεδομένων σε όλες τις λειτουργίες φαρμακευτικής αγωγής και θεραπείας, όλα τα μπλοκ υπεύθυνα λειτουργικά για συναλλαγές είναι επίσης ορατά σε κλινικούς ιατρούς, γιατρούς και ασθενείς εντός του δικτύου υγειονομικής περίθαλψης.



Εικ. 2

Τα δίκτυα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται σε SDN και το Blockchain συνδέονται για υπολογιστές και δικτύωση υγειονομικής περίθαλψης. Η προδιαγραφή των οικιακών υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης γίνεται ευκολότερη από μια υποδομή που καθορίζεται από λογισμικό και αναμένονται ευέλικτες ετερογενείς υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης από ένα μοντέλο αιχμής νέφους. Για παράδειγμα, διευκολύνει αποτελεσματικές εξουσιοδοτημένες αλληλεπιδράσεις μεταξύ γιατρών και ασφαλιστικών εταιρειών και μεταφέρει με ασφάλεια δεδομένα ασθενών σε διαφορετικούς οργανισμούς και συσκευές. Σε τέτοιου είδους συστήματα όπου μία κακόβουλη πρόσβαση σε πόρους υγειονομικών δεδομένων φαντάζει το ελάχιστο χερίστο σενάριο. Έτσι, λόγω της σημαντικότητας που φέρει η επιβλητικά ασφαλής κοινή χρήση τέτοιων δεδομένων μέσω επαληθευμένης πάντα πρόσβασης, επιβάλλεται να μπει σε ισχύ ένας μηχανισμός ελέγχου πρόσβασης ο οποίος επιτυγχάνεται μέσω έξυπνων συμβολαίων - συμβάσεων. [27,28]

Σε μια υγειονομική εγκατάσταση, η αποτελεσματικότητα όσον αφορά την κοινή χρήση δεδομένων μεγάλης κλίμακας και την αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών, μπορεί να επιτευχθεί με μια αρχιτεκτονική υποστηριζόμενη από επικοινωνίες D2D. Ωστόσο, είναι άξιο περαιτέρω έρευνας καθώς υπάρχουν σοβαρές ανησυχίες σχετικά με το απόρρητο λόγω μη αξιόπιστων πλαισίων κοινής χρήσης. Ασφαλείς μέθοδοι είναι απαραίτητες για χαρακτηριστικά εικόνας που ανακτώνται από την αποθήκευση δεδομένων ατομικών στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης, καθώς περιέχουν ευαίσθητες πληροφορίες ασθενών. Το Blockchain θα μεταφέρει δεδομένα σε καθολικά με αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική, τα οποία θα ενημερώνονται από όλα εν γένει τα άτομα που συμμετέχουν στην κοινή αυτή χρήση δεδομένων, διασφαλίζοντας την ασφαλή αποθήκευσή τους. Επειδή όλα τα δεδομένα σε αυτά τα συστήματα αλυσίδας είναι φέρουν ψηφιακή υπογραφή και αναγνωρίζονται μοναδικά από τις τιμές κατακερματισμού, το ζήτημα περί παραβίασης και διαρροής απορρήτου επιλύεται επίσης.[24, 30]

Πρόσφατα, εφαρμογές υγειονομικής περίθαλψης με δυνατότητα φορητού υπολογιστικού άκρου (MEC) εξετάζουν επίσης και διερευνούν το blockchain. Ένα υπερσύγχρονο blockchain για εφαρμογές τηλεϊατρικής διερευνήθηκε σε πρόσφατη μελέτη, με πρωταρχικό στόχο την ασφαλή ανταλλαγή και επεξεργασία ιατρικών δεδομένων. Υπάρχει ένας αριθμός κινητών χρηστών και ένας σταθμός βάσης στο δίκτυο υγείας κυψέλης που βασίζεται στο MEC. Σε αυτό το σενάριο, οι χρήστες κινητών μπορούν να κάνουν κοινή χρήση της επεξεργαστικής ισχύος ενός διακομιστή MEC που είναι συνδεδεμένος με έναν σταθμό βάσης σε μια μικροσκοπική κυψέλη και να έχουν πρόσβαση στο Διαδίκτυο μέσω του κυψελοειδούς δικτύου. Ο «αριθμός» των ασύρματων πόρων που απαιτούνται για έναν χρήστη για να υπολογίσει την προτεραιότητα του ασθενούς έχει καθοριστεί και το Blockchain προσφέρει έναν μηχανισμό συναίνεσης για την επιβεβαίωσή του. Με αυτόν τον τρόπο οδηγούμαστε επιτυχώς σε βελτιστοποιημένη κατανομή των πόρων με στόχο τη διασφάλιση της ποιότητας μετάδοσης δεδομένων ολόκληρου του δικτύου – συστήματος, ενώ ταυτόχρονα, επιτυγχάνεται ακεραιότητα και ασφάλεια όσον αφορά τις πληροφορίες των χρηστών χάρη στην αποθήκευση σε καθολικά στα συστήματα αλυσίδας μπλοκ. Ο τεράστιος όγκος δεδομένων δοκιμών πολυμέσων IoT που έχει ληφθεί και αποθηκευτεί στα συστήματα αυτά οδήγησε εύλογα στην (επαν)εξέταση και την ενσωμάτωση μιας επιπλέον λύσης αποθήκευσης εκτός σύνδεσης με ένα σύστημα Blockchain που διατηρεί κρυπτογραφικούς κατακερματισμούς δεδομένων υγείας. Καθώς το πρωτόκολλο Blockchain είναι ανοιχτό και διαφανές, δίνεται «οργανικά» στους ασθενείς η «τύχη» ή αλλιώς η ευθύνη και συνάμα η δύναμη σχετικά με τις πληροφορίες τους όταν συμμετέχουν σε διαδικασίες που περιλαμβάνουν υγειονομική περίθαλψη, από μια τυπική επίσκεψη σε γιατρό μέχρι μια κλινική δοκιμή. [24,31]

Επιπλέον, το υπολογιστικό νέφος, το οποίο αποτελεί τη σημαντικότερη, θα έλεγε κανείς, τεχνολογία που συμβάλλει στην «ενεργητική ενδυνάμωση» των δικτύων τελευταίας γενιάς, προσφέρει πολλές ευεργετικές επιλογές αναφορικά με υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης. Η τεχνολογία Blockchain έχει μελετηθεί εκτενώς σε σχέση με τα δίκτυα υγειονομικής περίθαλψης που βασίζονται σε σύννεφο. Το Blockchain έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά του στην ενίσχυση της ασφάλειας των κοινών ηλεκτρονικών αρχείων υγείας (EHR) στην υγειονομική περίθαλψη υποβοηθούμενη από το νέφος μέσω αντίστοιχης μελέτης. Το κρυπτογραφημένο EHR αποθηκεύεται στο υπολογιστικό νέφος και τα αρχεία κρυπτογραφημένου κειμένου λέξεων-κλειδιών διατηρούνται ενημερωμένα για αναζήτηση και ανταλλαγή δεδομένων στο Blockchain της κοινοπραξίας. Απαιτείται ένας μηχανισμός συναίνεσης για την επαλήθευση του χρήστη κατά την εκτέλεση μιας ιατρικής δοκιμής, ωστόσο όλα τα ιατρικά προσωπικά δεδομένα ασθενών και τα αποτελέσματα των δοκιμών μπορούν να συλλεχθούν και να εξεταστούν μέσω Blockchain. [24, 30, 31]

Μια αντίστοιχη αρχιτεκτονική νέφους για συστήματα διαχείρισης υγείας διερευνήθηκε και δημιουργήθηκε σε μια πρόσφατη μελέτη. Προτείνεται η χρήση μιας κινητής υποδομής cloud Blockchain για να επιτραπεί η δυναμική ανταλλαγή EHR μεταξύ των συμμετεχόντων (δηλαδή ασθενών και παροχών υγειονομικής περίθαλψης). Το Blockchain και το υπολογιστικό νέφος συνεργάζονται για τη διευθέτηση των συναλλαγών των χρηστών για πρόσβαση σε δεδομένα με δυνατότητα έξυπνης σύμβασης. Συγκεκριμένα, σε σύγκριση με τα κεντρικά συστήματα νέφους, η κοινή χρήση δεδομένων γίνεται πιο αποτελεσματική «παντρέυοντας» το υπολογιστικό νέφος με ένα αποκεντρωμένο αποθηκευτικό IPFS που υποστηρίζεται από blockchain, το οποίο προσφέρει χαμηλή καθυστέρηση, απλότητα ως προς τη διευθέτηση δεδομένων και καλύτερη ασφάλεια όσον αφορά το απόρρητο δεδομένων. Οι ασθενείς και οι κλινικοί γιατροί που χρησιμοποιούν το Διαδίκτυο των Πραγμάτων μπορούν να προβούν σε ασφαλή κοινή χρήση δεδομένων χρησιμοποιώντας τις προσωπικές τους κινητές συσκευές, οι οποίες παρέχουν εξαιρετικά ασφαλείς και προσαρμοσίμες υπηρεσίες κοινής χρήσης δεδομένων.

4.1.1 Μείωση δαπανών των υπηρεσιών υγείας

Ο κλάδος της πληροφορικής εξακολουθεί να βοηθά να μειώνει τα κόστη υγειονομικής περίθαλψης προσφέροντας κατανομημένη ιατρική περίθαλψη, αποκεντρωμένες υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης εξατομικευμένες και εύκολα προσβάσιμες παντού, ακόμη και σε εξαιρετικά μεγάλη απόσταση από τις εγκαταστάσεις. Η βελτίωση της ποιότητας των προσφερόμενων αγαθών και υπηρεσιών, καθιστώντας τα δεδομένα των ασθενών πιο πολύπλοκα, είναι ένας άλλος στόχος στην προσπάθεια αύξησης της συνέπειας και της αξιοπιστίας. Εξατομικευμένες και προγραμματισμένες νοσοκομειακές θεραπείες μπορούν πλέον να προσφέρονται σε οίκους ευγηρίας ή γενικά άλλου είδους κλινικές, λόγω της ικανότητας του 5G να ψηφιοποιεί την υγειονομική περίθαλψη. Αυτή η ανακάλυψη ενισχύει τη δυνατότητα περαιτέρω εσόδων ενώ παράλληλα συμβάλει σε μια καλύτερη ποιότητα ζωής των ασθενών και του οικογενειακού περιβάλλοντός τους.

4.2 Διαδίκτυο των πραγμάτων - IOT

Ο όρος «Διαδίκτυο των Πραγμάτων» περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μύρια αντικείμενα - συσκευές με αισθητήρες και ενεργοποιητές συνδέονται με το Διαδίκτυο προκειμένου να συλλέξουν, να μοιραστούν και να ελέγξουν πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον μας. Χωρίς να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση, τα δεδομένα μπορούν να συλλεχθούν και να συνδυαστούν για να διευκολυνθούν οι συνδέσεις σε όλο το ψηφιακό και φυσικό «κόσμο». [31] Λόγω των τεράστιων δυνατοτήτων του να προσφέρει ενδιαφέρουσες υπηρεσίες σε μια ποικιλία εφαρμογών, το IOT έχει μετατραπεί σε ένα κρίσιμο μέλος του Διαδικτύου του μέλλοντος και έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον των επιχειρήσεων και του ακαδημαϊκού κόσμου. Προκειμένου να δημιουργηθεί ένα πραγματικό περιβάλλον όπου οι λειτουργίες ανίχνευσης, επεξεργασίας και επικοινωνίας διεξάγονται χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, το IOT συνδέει απρόσκοπτα συσκευές και αντικείμενα που παρουσιάζουν ετερογένεια μεταξύ τους. Η ανάπτυξη δικτύων 5G θα είναι απαραίτητη για την πρόοδο του IoT. Προκειμένου να υποστηριχθεί το μελλοντικό IoT, αναπτύσσονται πολλές κρίσιμες τεχνολογίες 5G, εκ των οποίων των υπολογιστών ακμής/σύννεφου, SDN, NFV και D2D. Αυτό θα οδηγήσει σε ένα πρωτοπόρο τεχνολογικό σύστημα γνωστό ως 5G IoT, το οποίο αναμένεται να φέρει τα πάνω κάτω στην παγκόσμια επιχειρησιακή κοινότητα. [24]

Στον τομέα της τεχνολογίας της πληροφορίας και των επικοινωνιών, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων κερδίζει ραγδαία έλξη. Τα συστήματα IoT χρησιμοποιούν το μοντέλο πελάτη-διακομιστή για να συνδέσουν πράγματα (έξυπνα αντικείμενα) με διακομιστές cloud στο διαδίκτυο, προσφέροντας στους πελάτες μια σειρά από υπηρεσίες στη διαδικασία. Η επεκτασιμότητα της τεχνολογίας blockchain και IoT είναι πλέον τεράστια. Ωστόσο, οι συνδέσεις μεταξύ αυτών των δύο πεδίων είναι πολύ στενότερες. Για παράδειγμα, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων κατανομημένης αρχιτεκτονικής (WSN), πυλώντας τόσο της τεχνολογικής όσο και της ανθρώπινης προόδου, έχουν μειονεκτήματα. Σύμφωνα με τους «Kumar» και «Mallick», βελτιστοποιώντας τις δυνατότητές του και αποφεύγοντας τις ελλείψεις του, τα ισχυρά σχέδια Blockchain μπορούν να βελτιώσουν την αρχιτεκτονική IOT τους. Οι επενδύσεις στην εφαρμογή αποκεντρωμένων πλατφορμών IOT βασίζονται κυρίως στην τεχνολογία αλυσίδας μπλοκ και στις εγγενείς «δυνάμεις» της. Άξιο εστίασης είναι ότι τα ασφαλή και ελεγχόμενα δεδομένα μοιράζονται με μυριάδες διασυνδεδεμένες έξυπνες συσκευές σε ετερογενή σενάρια ανάλογα με το πλαίσιο (contextware). Επιπλέον, οι αποκεντρωμένες και αυτοματοποιημένες λειτουργίες του δικτύου επιτρέπουν αποτελεσματική διαχείριση και υψηλή επεκτασιμότητα. [28]

Οι λύσεις IoT που βασίζονται σε blockchain μπορούν να μειώσουν σημαντικά το κόστος, να βελτιώσουν την ικανοποίηση των πελατών και να εξορθολογίσουν τις εταιρικές λειτουργίες. Σύμφωνα με μια προηγούμενη μελέτη διαπιστώθηκε ότι επειδή οι εφαρμογές IoT διανέμονται από τη φύση τους, το blockchain παρουσιάζει σημαντικές προοπτικές για λύσεις IoT. Επιπλέον, το blockchain

προορίζεται να χρησιμεύσει ως πλατφόρμα για εφαρμογές που περιλαμβάνουν ανταλλαγές και αλληλεπιδράσεις. [31] Μετά από βιβλιογραφική ανασκόπηση, συμπαιρνούμε πως τα συστήματα με αλυσίδες μπλοκ διευκολύνουν κυρίως αρκετές σημαντικές εφαρμογές IOT, όπως τα έξυπνα : δίκτυο, υγειονομική περίθαλψη, πόλη, μεταφορές και τα UAV. [24]

1) Έξυπνο Υλικό (Smart Hardware) :

Μια σημαντική ιδέα στις εφαρμογές IoT είναι ο αυτοματισμός. Οι έξυπνες διαδικτυακά συνδεδεμένες συσκευές οφείλουν να δύνανται να εκτελούν προκαθορισμένες εργασίες χωρίς την ανάγκη της ανθρώπινης παρέμβασης. Το συγκεκριμένο κριτήριο είναι ιδανικό για έξυπνες συμβάσεις που λειτουργούν σε blockchains. Διαφορετικά μέλη - συμμετέχοντες σε ένα «οικοσύστημα» IoT μπορούν να πραγματοποιήσουν σχέσεις αλληλο-εμπιστοσύνης χωρίς περίπλοκες συζητήσεις ή κανόνες, χάρη σε διαφανή και έξυπνα συμβόλαια τα οποία δεν αναστρέφονται. Στο μέλλον, ένας επισκέπτης θα μπορεί να κάνει «τσεκ ιν» σε ένα ξενοδοχείο χωρίς να χρειάζεται να περάσει από τη ρεσεψιόν. Αντίθετα, μπορούν εκτελέσουν την πληρωμή για τη διαμονή τους μέσω ενός έξυπνου συμβολαίου, το οποίο θα κατευθύνει την πόρτα και όλα τα έξυπνα gadget στο κατάλυμα για τη διαμονή τους. Ωστόσο, ο πελάτης που έχει εξαντλήσει τα χρήματά του δεν θα επιτρέπεται να χρησιμοποιήσει το κατάλυμα ή τις ανέσεις του .

2) Εφοδιαστική αλυσίδα (Supply Chain) :

Οι αλυσίδες εφοδιασμού επηρεάζονται σημαντικά από το IoT. Το «πάντρεμα» έξυπνων συμβολαίων με αλυσίδες εφοδιασμού θα εξελιξει περαιτέρω τα συστήματα στην εποχή του Blockchain. Η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι αρκετά περίπλοκη και περιλαμβάνει μεγάλο αριθμό «παικτών». Η διαχείριση αρχείων και η επικοινωνία είναι αναποτελεσματική λόγω των πολυάριθμων επιπέδων διανομέων, κατασκευαστών, παρόχων υπηρεσιών, προμηθευτών και εμπόρων λιανικής. Τα IoT και τα έξυπνα συμβόλαια, τα οποία συντονίζουν τα δεδομένα αισθητήρων, την τεκμηρίωση και το ρυθμιστικό άνοιγμα, μπορούν να εξορθολογίσουν την όλη διαδικασία. Το δίκτυο IoT μπορεί, για παράδειγμα, να εντοπίσει καθυστερήσεις στην παράδοση συγκεκριμένων πρώτων υλών και να δημιουργήσει αυτόματα το τελικό του σχέδιο, όπως περιγράφεται σε μια δημόσια έξυπνη σύμβαση, για παραγγελίες μακιγιάζ, ελαχιστοποιώντας έτσι τον αντίκτυπο στη διαδικασία παραγωγής. Εδώ, ένα έξυπνο συμβόλαιο που έχει συμφωνηθεί από κοινού αντικαθιστά πολλά μηνύματα ηλεκτρονικού ταχυδρομείου και τηλεφωνικές κλήσεις, εξοικονομώντας δυνητικά ένα σημαντικό ποσό χρημάτων και χρόνου.

3) Ανίχνευση πηγών :

Η προέλευση των πωλούμενων προϊόντων και πόρων είναι ένα ζήτημα που αποκτά όλο και περισσότερη ζήτηση και έρευνα από πολλές κοινωνικές βαθμίδες, από απλούς καταναλωτές μέχρι και κυβερνητικά σώματα . Η διαφάνεια και η εμπιστευτικότητα αποτελούν δύσκολα ζητήματα όσον αφορά τα ανταλλασσόμενα έγγραφα ή συμφωνίες περί πορείας των προϊόντων ,που παίρνουν μέρος μεταξύ προμηθευτών και πελατών, καθώς οι διαδικασίες και τα άτομα υπεύθυνα για την παραγωγή και διανομή των προϊόντων, είναι ομολογουμένως πολλά. Επειδή ένα αλυσιδιακό σύστημα μπλοκ μπορεί να καταγράψει με ακεραιότητα και αμεταβλητότητα το ιστορικό συναλλαγών, μπορεί εύκολα να αναδημιουργήσει το παρελθόν και να προσδιορίσει την προέλευση ενός προϊόντος, καλύπτοντας το κενό στην παροχή δυνατότητας ιχνηλασιμότητας για πράγματα. Παρόλο που ένα κεντρικό σύστημα μπορεί να ολοκληρώσει την ίδια εργασία πιο γρήγορα, σε πολλές περιπτώσεις είναι δύσκολο να εντοπιστεί η πηγή επειδή συνήθως δεν υπάρχει αξιόπιστη κεντρική υπηρεσία ή εάν υπάρχει, δεν υποστηρίζεται η διαφάνεια στην συλλογή δεδομένων στην κεντρική υπηρεσία. Επιπλέον, διαφορετικά συστήματα που χρησιμοποιούνται από διαφορετικά μέρη δεν έχουν κίνητρο τη συστηματική διαλειτουργικότητα, δηλαδή, οι άνθρωποι δεν διατίθενται ή λόγω έλλειψης πόρων, διαπροσωπικών και μη, δεν δύνανται να εισχωρήσουν δεδομένα απευθείας σε μια κεντρική υπηρεσία, ακόμη και αν αυτή υπάρχει. [31,24]

Συνοψίζοντας, οι εταιρίες μπορούν να επωφεληθούν τα όσα φέρει η τεχνολογία Blockchain, για την αποθήκευση δεδομένων σε μορφή εξαιρετικά ανθεκτική σε παραβιάσεις και για την αποτροπή της εισόδου εχθρικών συσκευών IoT στα δίκτυά μας. Η δημιουργία εκατομμυρίων δικτυωμένων συσκευών χαμηλού κόστους με ελάχιστες ή καθόλου ενσωματωμένες δικλείδες ασφαλείας αυξάνει τις απειλές για το δίκτυο. Οι επιθέσεις DDoS μεγάλης κλίμακας έχουν εξαπλωθεί σε τεράστιες περιοχές του Διαδικτύου λόγω της ανάπτυξης αυτών των συσκευών. Λόγω της αυξημένης εξάρτησής τους από ενσωματωμένες συσκευές δικτύου για τακτικές λειτουργίες, τα σπίτια μας (όπως το Nest) και τα αυτόκίνητά μας (όπως τα αυτόνομα οχήματα) κινδυνεύουν επίσης από αυτά τα ελαττώματα. Είναι σημαντικό να διατηρηθεί αυτό το δίκτυο συσκευών ασφαλές, προκειμένου να προστατεύονται ευαίσθητα δεδομένα από κακόβουλες προσπάθειες και να διασφαλίζεται ότι τα δικαιώματα των ανθρώπων στην ιδιωτική ζωή τηρούνται. Μια συσκευή IoT μπορεί να εγγραφεί σε μια αλυσίδα μπλοκ, η οποία επιτρέπει σε άλλες οντότητες στο όλο δίκτυο να γνωρίζουν με βεβαιότητα ότι μια συσκευή είναι αυτή που ισχυρίζεται ότι είναι. Αυτό εξαλείφει την παρουσία από έναν κεντρικό διακομιστή, ο οποίος μερικές φορές είναι πιο εύκολο να επιτεθεί. Με αυτόν τον τρόπο, οι προσεγγίσεις blockchain μπορούν να κάνουν το 5G IoT καλύτερο.

4.3 Διαχείριση εφοδιαστικής αλυσίδας

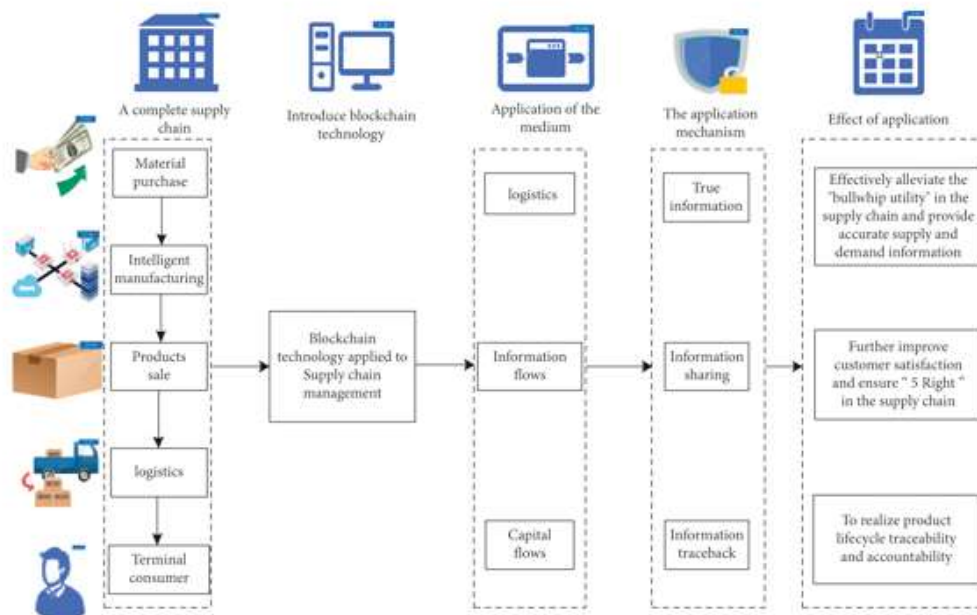
Η εφοδιαστική αλυσίδα και η διαχείρισή της περιγράφεται μέσω μιας σειράς στενής συνεργασίας με εμπορικούς εταίρους για τον συντονισμό, τη λειτουργία, τη ρύθμιση και τη βελτιστοποίηση του πλήρους συστήματος εφοδιαστικής αλυσίδας προκειμένου να επιτυγχάνεται υπηρεσιακά το βέλτιστο αποτέλεσμα με το χαμηλότερο δυνατό κόστος. Τα "5 δικαιώματα" πρέπει να τηρούνται από την αποτελεσματική διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας: το κατάλληλο προσωπικό, ποσότητα, ποιότητα, χρονοδιάγραμμα και τοποθεσία. Η δημιουργία μιας αποτελεσματικής αλυσίδας εφοδιασμού και η αύξηση της αξίας για τους τελικούς πελάτες είναι οι δύο κύριοι στόχοι της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας. Εφαρμόζοντας τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, οι επιχειρήσεις προσπαθούν να ενσωματωθούν από διοικητική σκοπιά εκτός από τη διαμόρφωση στρατηγικών σχέσεων. Το γνωστό «φαινόμενο Bullwhip» περιγράφει πώς ενισχύονται οι διακυμάνσεις της ζήτησης στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ο πιο ανασταλτικός παράγοντας όσον αφορά την αύξηση της αποτελεσματικότητας σε λειτουργία της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η αυξανόμενη διακύμανση των δεδομένων ζήτησης που προκύπτει από την αναποτελεσματική μετάδοση πληροφοριών από τον τελικό χρήστη στον πρώτο προμηθευτή. Αυτό συμβαίνει επειδή τα πραγματικά δεδομένα δεν μπορούν να κοινοποιηθούν αποτελεσματικά και αντ' αυτού σταδιακά παραμορφώνονται και ενισχύονται. Συνεπώς, δημιουργήθηκε η ανάγκη για εισαγωγή καινοτόμων τεχνολογιών με σκοπό την επίτευξη έγκαιρης και κοινής πραγματικής πληροφόρησης. [35]

Σήμερα, η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί βασικό μέρος της παραγωγικής στρατηγικής για τις εταιρίες που ασχολούνται με τη διακίνηση προϊόντων από και προς διαφορετικά μέρη. Το ζήτημα ωστόσο έγκειται στο ότι το μέγεθός του ενδεχομένως μπορεί να επιφέρει άλλα προβλήματα εκτός από τις προεπιλογές και τις καθυστερήσεις στην παράδοση των αγαθών. Με σκοπό τη δρομολόγηση, αλλά πολύ πιο σημαντικά την επίλυση όλων των ζητημάτων που αντιμετωπίζουν τα καταστήματα, οι μεγάλοι διανομείς απαιτούν επίσης σημαντικό αριθμό ατόμων. Αυτά τα στοιχεία ενδέχεται να κάνουν τις παραγγελίες πιο πιθανό να χαθούν και να οδηγήσουν σε παρατεταμένες καθυστερήσεις στην επεξεργασία των παραγγελιών. Οι εταιρίες έχουν αρχίσει να αυτοματοποιούν κάθε στάδιο των εργασιών τους ως απάντηση στα προαναφερθέντα προβλήματα, γεγονός που οδήγησε σε ποσοτική αύξηση του αριθμού των προμηθευτών και των διανομών στην εφοδιαστική αλυσίδα. Ωστόσο, με την ποσοτική άνοδο της ψηφιακής πληροφορίας και της ταυτόχρονης ανάπτυξης του IOT, τα συστήματα βάσεων δεδομένων αποτελούν εύκολη λεία και στόχος για κυβερνοεπιθέσεις. Επιθέσεις από τέτοια άτομα έχουν στόχο την κλοπή, αλλοίωση, ακόμη και διαγραφή των δεδομένων. [33]

Σε παγκόσμιο επίπεδο, τα δίκτυα πέμπτης γενιάς αλλάζουν πολλούς κλάδους και οι αλυσίδες εφοδιασμού δεν αποτελούν επ' ουδενί εξαίρεση. Χρησιμοποιώντας τις δυνατότητες του 5G, οι επιχειρήσεις μπορούν να συνδέσουν πολλές πηγές δεδομένων και να προσφέρουν βελτιωμένη

διαχείριση και προβολή της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό γίνεται όλο και πιο σημαντικό σε έναν κόσμο όπου η πολυπλοκότητα αυξάνεται μόνο ως αποτέλεσμα της ανόδου των διεθνών οικονομιών και της γρήγορης ανάπτυξης της τεχνολογίας. Η τεχνολογία Blockchain θεωρείται ταυτόχρονα ως επαναστατική στον κλάδο της εφοδιαστικής αλυσίδας. Σε όλη αυτή την αλυσίδα εφοδιασμού, το blockchain παρέχει ασφάλεια, ακεραιότητα, σταθερότητα και αποτελεσματική παρακολούθηση προϊόντων και γενικά υποστηρίζει πολλές εσωτερικές υπηρεσίες. Κάνοντας αυτό, οι επιχειρήσεις είναι σε θέση να δημιουργήσουν μια ενιαία πηγή αλήθειας, να απλοποιήσουν τις διαδικασίες τους και να παρακολουθήσουν και να πιστοποιήσουν την προέλευση των προϊόντων τους. Το blockchain σε συνδυασμό με τα δίκτυα επόμενης γενιάς δημιουργούν συναρπαστικές νέες ευκαιρίες για τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Οι επιχειρήσεις μπορούν να εγγυηθούν ότι οι πληροφορίες που τροφοδοτούν ψηφιακά το Blockchain τους είναι σωστές και ενημερωμένες σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας το 5G για τη σύνδεση πολλαπλών πηγών δεδομένων. Κατά συνέπεια, αυτό θα επιτρέψει την ακριβέστερη παρακολούθηση προϊόντων, υπηρεσιών και οικονομικών δραστηριοτήτων.[32]

Η αποτελεσματικότητα της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας έχει αυξηθεί σημαντικά με την ανάπτυξη και τη συγχώνευση του 5G και της τεχνολογίας blockchain. Η τεχνολογία Blockchain επιτρέπει την καταγραφή κάθε λεπτομέρειας του από την αρχή έως το τέλος της «ζωής» ενός προϊόντος και την χρονικά ακέραια κοινή χρήση αυτών των πληροφοριών με όλους τους συμμετέχοντες στην εφοδιαστική αλυσίδα. Το "φαινόμενο bullwhip" στην αλυσίδα εφοδιασμού μειώνεται επιτυχώς λόγω της αμετάβλητης ροής πληροφοριών, η οποία επίσης εγγυάται ότι οι ακριβείς πληροφορίες σχετικά με τη τοποθεσία (κτλ) προϊόντων μεταφέρονται από τα σημεία κατανάλωσης στην παραγωγή. Εκτός από το γεγονός ότι υποβοηθά στην παραμόρφωση και τροποίηση των πληροφοριών της αλυσίδας εφοδιασμού, η τεχνολογία Blockchain είναι ζωτικής σημασίας για τον εντοπισμό της προέλευσης των προϊόντων που παρουσιάζουν κάποιο ελάττωμα. Η αρμόδια εταιρεία στην αλυσίδα εφοδιασμού πρέπει να θεωρηθεί υπεύθυνη εάν ο τελικός πελάτης λάβει ένα ελαττωματικό προϊόν. Οι πληροφορίες που απαιτούνται για τη λογοδοσία απουσιάζουν από αλλοιωμένα δεδομένα της αλυσίδας εφοδιασμού. Καθώς τα πράγματα κινούνται στην αλυσίδα εφοδιασμού, οι λεπτομέρειες καταγράφονται σε ένα δημόσιο βιβλίο που δημιουργείται από την τεχνολογία Blockchain. Παρέχει μια νομική βάση για την ιχνηλασιμότητα και τη λογοδοσία προϊόντων που θέτουν σε κίνδυνο την αλυσίδα εκτός από τη βοήθεια δεδομένων. Οι πελάτες έχουν καλύτερη εμπειρία αγορών όταν κοινοποιούνται πληροφορίες για την αλυσίδα εφοδιασμού και η ιχνηλασιμότητα των προϊόντων τους επιτρέπει να αγοράζουν ασφαλέστερα και πιο φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα. Μια πληθώρα χρήσεων και η αυξημένη ανταγωνιστικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας παρέχονται από την ενσωμάτωση της τεχνολογίας Blockchain στη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει τον μηχανισμό δράσης της διαχείρισης της εφοδιαστικής αλυσίδας χρησιμοποιώντας τεχνολογία Blockchain:



Εικόνα 4

Έχουμε ήδη αναφερθεί στις έξυπνες συμβάσεις. Τα δίκτυα πέμπτης γενιάς και το Blockchain μπορούν να χρησιμοποιήσουν την τεχνολογία αυτή με στόχο την αυτοματοποίηση ορισμένων διαδικασιών ώστε οι εταιρείες, όμιλοι κτλ, να πετύχουν κοστολογική και χρονική μείωση. Τα έξυπνα συμβόλαια θα μπορούσαν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία κινήτρων στους προμηθευτές ώστε να πληρούν ορισμένα πρότυπα και να διασφαλίζουν τον ποιοτικό έλεγχο.[32]

Οι αλυσίδες εφοδιασμού μπορούν να επωφεληθούν από την ακεραιότητα των αρχείων ή του καθολικού ενός blockchain, εφόσον είναι πρακτικά δύσκολο να αλλάξουν όταν κατασκευαστούν σωστά, όταν συνδέονται σε ένα ασφαλές δίκτυο 5G/IoT. Βγάζοντας υποθετικά από την συνάρτηση τον παράγοντα - ακεραιότητα, θα υπάρχουν πολύ περισσότερες αμφιβολίες σχετικά με την ακρίβεια των κατά τα άλλα ωφέλιμων πληροφοριών σχετικά με προϊόντα υπό μεταφορά ή τον τρόπο μεταφοράς τους. Οι εταιρείες χρηματοδότησης του εμπορίου μπορεί επίσης να επηρεαστούν από αυτό, καθώς συχνά πρέπει να είναι σε θέση να πουν με κάποιο βαθμό βεβαιότητας εάν πληρούνται ή όχι κάποιες επικυρωμένες απαιτήσεις. Για παράδειγμα, απαιτείται ένα προσχέδιο που να επαληθεύει ότι ο αγοραστής έχει διαπραγματευτεί τη φορτωτική ή άλλη σχετική μορφή τίτλου πριν να εκπληρωθεί μια πιστωτική επιστολή. Αυτό επιτυγχάνεται, προσωρινά, με την παρουσίαση εγγράφων φυσικά που έχουν εκτυπωθεί με υγρή μελάνη. Για τους δανειστές, τους πωλητές και τους αγοραστές, αυτές οι μη αυτόματες διαδικασίες και έλεγχοι μπορεί να είναι μια χρονοβόρα και αχρείασα «επίπληξη» διαδικασία που μπορεί να οδηγήσει σε απάτη, παραποίηση εγγράφων, ανάγκη για άσκοπες συμφωνίες, και γενικά μη διατήρηση του όρου του μυστικού ιδιωτικού συμφωνητικού. Όταν ο επιχειρηματικός και νομικός συλλογισμός πίσω από τις συναλλαγές χρηματοδότησης εμπορίου κατοχυρώνεται σε αυτοματοποιημένα ψηφιακά συμβόλαια, ο αγοραστής εν συνεχεία μπορεί να λάβει αμέσως μια ψηφιακή φορτωτική κατά την άφιξη του πλοίου για παράδειγμα στο λιμάνι και ο πωλητής μπορεί να λάβει την τιμή αγοράς αυτόματα χωρίς να είναι αναγκαία η φυσική παρουσίαση. Οι επιχειρήσεις θα εξοικονομήσουν εκατομμύρια δολάρια χρησιμοποιώντας την τεχνολογία blockchain, η οποία ενισχύεται από το 5G, για να απαλλαγθούν από λειτουργικά κόστη και πιθανώς νομικά έξοδα από διαφορές. [34]

4.4 Μη επανδρωμένα εναέρια οχήματα (UAV)

Η εκθετική πρόοδος του ΤΠΕ κλάδου καθιστά τους τελικούς χρήστες ικανούς και απολύτως ελεύθερους να χρησιμοποιούν με αποτελεσματικότητα διαφορετικές υπηρεσίες, όπως η ηλεκτρονική φροντίδα υγείας, οι έξυπνες μεταφορές, τα αυτόνομα οχήματα, η έξυπνη μέτρηση, η διαχείριση της κυκλοφορίας κ.ο.κ. Η παροχή σε όλους τους πολίτες ποιότητας εμπειρίας και υπηρεσιών (QoE και QoS) είναι ένας από τους πρωταρχικούς στόχους της σύγχρονης έξυπνης κοινωνίας. Τα UAV δημιουργήθηκαν αρχικά για στρατιωτική επιτήρηση, αλλά όπως αναφέρθηκε ήδη, χρησιμοποιούνται πλέον σε πολλά διαφορετικά πλαίσια. Παρέχοντας δεδομένα στις σε αυτές τις υπηρεσίες, τα UAV διευκολύνουν την απρόσκοπτη λειτουργία των εφαρμογών τελικού χρήστη και είναι απλά και εύκολα στην ανάπτυξη.

Η γρήγορη ανάπτυξη μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων παρουσιάζει πολυάριθμες νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες για τους παρόχους υπηρεσιών. Οι τομείς του στρατού, της ασφάλειας, της υγειονομικής περίθαλψης, της επιτήρησης και της παρακολούθησης αυτοκινήτων είναι μόνο μερικές από τις βιομηχανίες που επωφελούνται από την ανάπτυξη αυτών των εναέριων συστημάτων, γνωστών και ως εναέριες συσκευές Internet of Things. Ο συνεχώς αυξανόμενος όγκος της διαδικτυακής κίνησης στα σημερινά δίκτυα επικοινωνίας 5G καθιστά πολύ δύσκολο για τους στατικούς σταθμούς βάσης (σημείο πρόσβασης, δρομολογητές) να εκμεταλλευτούν τον τεράστιο όγκο πληροφοριών που προέρχονται από δεκάτομμυρια συσκευές IOT. Ως αποτέλεσμα, η χρήση UAV σε οικοσυστήματα IOT αποτελεί ένα μελλοντικό σενάριο εξέλιξης. Λόγω της κινητικότητάς του και της ευελιξίας του, το UAV μπορεί στην πραγματικότητα να χρησιμεύσει ως ιπτάμενος σταθμός βάσης για να επιτρέψει άγνωστες μέχρι τώρα υπηρεσίες IOT, όπως δυναμική εκφόρτωση δεδομένων, κοινή χρήση δεδομένων ή συνεργασία υπηρεσιών. Ωστόσο, υπάρχει ένας αριθμός απειλών για το απόρρητο και την ασφάλεια που στοχεύουν στη λογοδοσία δεδομένων, την ακεραιότητα των δεδομένων, την εξουσιοδότηση δεδομένων και την αξιοπιστία των δεδομένων. [24.28].

Οι λειτουργίες ελέγχου δικτύου (NCF) συμπεριλαμβανομένων τα τείχη προστασίας, εξισορροπητές φορτίου, εκχώρηση IP και εύρους ζώνης, τείχη προστασίας κ. α. , συνδέονται στενά με συσκευές δικτύου σε κλειστό δικτυακό σύστημα, όπως UAV που είναι συνδεδεμένα με WiFi (4G/LTE-A), δίνοντάς τους τη δυνατότητα να παίρνουν δυναμικές αποφάσεις. Αποτρέπει τις δυναμικές τροποποιήσεις στις επιλογές διαμόρφωσης για υπολογιστές και χώρο αποθήκευσης. Οι προγραμματιστές συστημάτων βρίσκουν εξαιρετικά δύσκολο να τροποποιήσουν το NCF, καθώς για να το κάνουν αυτό απαιτεί από αυτούς να τερματίσουν πλήρως το σύστημα κατά τη συντήρηση, γεγονός που μειώνει την αξιοπιστία του συστήματος [3]. Οι προγραμματιστές συστημάτων αντιμετωπίζουν προκλήσεις στη διαχείριση αυτών των αερομεταφερόμενων συστημάτων λόγω: (i) της αυξημένης κινητικότητάς τους, με αποτέλεσμα τη σποραδική συνδεσιμότητα. (ii) την κυμαινόμενη τοπολογία δικτύου που επηρεάζεται από τη υπό λειτουργία κάθε φορά εφαρμογή. (iii) την ενσωμάτωση διαφορετικών αισθητήρων Internet of Things για τον καθορισμό προτεραιοτήτων δικτύου και στρατηγικών δρομολόγησης· και (iv) τις σημαντικές οικονομικές επενδύσεις και τα λειτουργικά έξοδα που συνδέονται με ενσωματωμένες συσκευές λογισμικού. [4,5, 39].

Ένα νέο κύμα έρευνας έχει εμφανιστεί τα τελευταία χρόνια που στοχεύει στην αντιμετώπιση μεγάλων προβλημάτων στα δίκτυα εναέριων μη επανδρωμένων συστημάτων και στην ενεργοποίηση νέων εφαρμογών δικτύων πέμπτης γενιάς με IoT και τεχνολογία Blockchain σε UAV. Για παράδειγμα, μια μελέτη ασχολήθηκε με την ανάπτυξη ενός πλαισίου για την κοινή χρήση φάσματος μεταξύ αερομεταφερόμενων και επίγειων επικοινωνιακών συστημάτων για δίκτυα κυψέλης που βασίζονται σε εναέρια μη επανδρωμένα συστήματα χρησιμοποιώντας τεχνολογία blockchain κοινοπραξίας. Το βασικό κόνσεπτ περιλαμβάνει τη δημιουργία μιας αποκεντρωμένης κοινής βάσης δεδομένων για τη διευκόλυνση των ασφαλών συναλλαγών και της κοινής χρήσης φάσματος μεταξύ των κατόχων UAV

και των φορέων εκμετάλλευσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας (MNO). Για παράδειγμα, ένα προτεινόμενο πλαίσιο έχει την ικανότητα να αντιμετωπίσει δύο βασικά ζητήματα: τους κινδύνους ασφαλείας που συνδέονται με την εμπορία φάσματος που βασίζεται σε UAV λόγω μη εξουσιοδοτημένης χρήσης κακόβουλου φάσματος UAV και τις παραβιάσεις της ιδιωτικής ζωής που προκύπτουν από μια κοινή κεντρική αρχιτεκτονική με εξωτερικά στοιχεία [24, 39].

Οι προαναφερθείσες δυσκολίες με τη διαχείριση δικτύου ενός μη επανδρωμένου UAV μπορούν να επιλυθούν με λογισμικό δικτύου (NS), το οποίο προσφέρει προγραμματισμό NCF για συσκευές που σχετίζονται με το υλικό. Το SDN και το NFV είναι δύο παραδείγματα τεχνολογιών 5G 3GPP που είναι τεχνικές βασισμένες σε λογισμικό για αποτελεσματική επικοινωνία σε δίκτυα μη επανδρωμένων αεροσκαφών. Χρησιμοποιώντας ανοιχτές διεπαφές όπως το OpenFlow και το OpenDaylight (ODL), το SDN επιδιώκει να διαχωρίσει το επίπεδο διαχείρισης δικτύου από τη λειτουργία πρόωθησης (επίπεδο δεδομένων). Το NFV, από την άλλη πλευρά, επιχειρεί να βελτιώσει τις υπηρεσίες δικτύου χωρίς να προσθέτει επιπλέον υλικό, εικονικοποιώντας NCF που λειτουργούν σε εξειδικευμένο υλικό και ελέγχονται από τον υπερεπόπτη. Για σενάρια που περιλαμβάνουν επικοινωνία UAV υψηλής κινητικότητας με σποραδική συνδεσιμότητα και παροδικούς κόμβους συστημάτων UAV, η χρήση λογισμικού SGI με δυνατότητα 5G είναι μια λογική επιλογή. Επιπλέον, το NS στην επικοινωνία UAV προσφέρει πολλά άλλα πλεονεκτήματα:

- Δημιουργεί προγραμματιζόμενα UAV NCF μέσω λογικής συγκέντρωσης νοημοσύνης δικτύου.
- Προγραμματίζει τον έλεγχο δικτύου, ο οποίος επιτρέπει αλλαγές σε πολιτικές και υπηρεσίες δικτύου χωρίς να διακόπτεται πλήρως το σύστημα.
- Παρέχει οικονομική και ευέλικτη ανάπτυξη για UAV, καθιστώντας τα προσαρμόσιμα σε μια σειρά από κρίσιμες για την αποστολή εφαρμογές.
- Επιτρέπει στα UAV να προσαρμόζονται δυναμικά τις διαδρομές τους σε περίπτωση αποτυχίας κόμβου UAV ή τοπολογικών αλλαγών.
- Παρέχει αδιάλειπτη επικοινωνία με UAV σε λειτουργία. [39,9,10]

Παρά τα προαναφερθέντα οφέλη, ένα σημαντικό εμπόδιο στο δίκτυο λογισμικού SGI με δυνατότητα 5G είναι η διατήρηση της ασφάλειας επικοινωνίας με μη επανδρωμένα UAV. Η ασφαλής επικοινωνία γίνεται η νούμερο ένα προτεραιότητα, καθώς τα εναέρια μη επανδρωμένα αεροσκάφη χρησιμοποιούνται σε ζωτικές υπηρεσίες, συμπεριλαμβανομένων των προαναφερθέντων, στρατιωτικών επιχειρήσεων, του ελέγχου της κυκλοφορίας και της ανακούφισης από καταστροφές. Οποιαδήποτε κακόβουλη συμπεριφορά ή ευπάθεια στο δίκτυο μπορεί να επιτρέψει παράνομη είσοδο σε συστήματα μη εναέριων UAV που μεταφέρουν σημαντικά δεδομένα, γεγονός που θα μπορούσε να επηρεάσει αρνητικά την αποτελεσματικότητα των λύσεων που τίθενται σε εφαρμογή σε αυτό το πλαίσιο. Για παράδειγμα, για να αποκτήσουν τον έλεγχο, Αμερικανοί ερευνητές δημιούργησαν το εργαλείο *hacking Skyjack* το 2016, το οποίο αναζητά τις αδύναμες διευθύνσεις MAC των παρακείμενων UAV. Σε μια διαφορετική περίπτωση, το λογισμικό *SkuGrabber* χρησιμοποιήθηκε για την αεροπειρατεία ενός Drone Predator και την αποκάλυψη των κρυπτογραφημένων δεδομένων του. Η τεχνολογία Blockchain τίθεται σε εφαρμογή για την παροχή υπηρεσιών αποθήκευσης περιεχομένου των οποίων το περιβάλλον είναι κατανεμημένο και τον αποτελεσματικό εντοπισμό εμπιστευτικών πληροφοριών κατά τη διάδοση υλικού. Αυτή η υιοθέτηση υποστηρίζει την ακεραιότητα της επικοινωνίας εναέριων μη επανδρωμένων συστημάτων σε *ad hoc* δίκτυα (UAANET). Στα συγκεκριμένα δίκτυα, η κοινή χρήση και αποθήκευση περιεχομένου στα πλαίσια ενός περιβάλλοντος με χαρακτηριστικά αποκεντρωμένου συστήματος χωρίς την επιβλητική ανάγκη μιας κεντρικής αρχής (η οποία ισχύει για τα περίπλοκα και ευάλωτα δίκτυα), αποτελούν ουσιαστικά τον κύριο μοχλό πίσω

από την υιοθέτηση της Blockchain σε αυτά. Επιπλέον, προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα μειονεκτήματα των συμβατικών μοντέλων blockchain, τα οποία παρουσιάζουν κακή απόδοση και υπερβολική χρήση πόρων, η μέθοδος Adaptive Delegate Consensus (ADCA), μια επεκτάσιμη και αποτελεσματική μέθοδος, είναι ενσωματωμένη για την επίτευξη συναίνεσης χωρίς την ανάγκη για διαδικασίες εξόρυξης. Με παρόμοιο τρόπο, προτείνεται η χρήση υπηρεσιών Blockchain για την ασφαλή διανομή δεδομένα μέσω δικτύων UAV. Για να μειωθεί ο φόρτος αποθήκευσης στα μη επανδρωμένα UAV, τα δεδομένα που αποθηκεύονται μπορούν να συλληφθούν και να διατηρηθούν σε βάσεις δεδομένων ενός καθολικού με αποκεντρωμένη αρχιτεκτονική. Οποιοσδήποτε χρήστης δικτύου UAV μπορεί να λάβει μέρος σε διαδικασίες συναίνεσης και να πραγματοποιήσει επαλήθευση χάρη στο Blockchain, το οποίο αναιρεί την ανάγκη για εξωτερική αρχή όπως οι διακομιστές νέφους. Προβλήματα όπως η πλαστογράφιση, το DoS, η υποκλοπή και η πληροφοριακή χειραγώγηση, μπορούν να επιλυθούν με το προτεινόμενο παράδειγμα.[24, 39, 40]

Επιπλέον, μετά από αρκετές μελέτες και προσπάθειες το Blockchain συνεργάζεται αποτελεσματικά με το υπολογιστικό νέφος, και το υπολογιστικό αιχμής, για τη διευκόλυνση νέων εφαρμογών που βασίζονται σε εναέρια μη επανδρωμένα συστήματα. Στην [36] εξετάστηκε ένα ασφαλές σύστημα συλλογής δεδομένων για δίκτυα μη επανδρωμένων UAV σε σμήνη που ενεργοποιείται από το Blockchain και χρησιμοποιεί τα σμήνη αυτά για τη συλλογή δεδομένων από συσκευές Internet of Things. Για να επιταχυνθεί η επικοινωνία με συσκευές που λειτουργούν με τεχνολογία IOT κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ασφαλείας (υπογραφή, επαλήθευση, κρυπτογράφιση, αποκρυπτογράφιση), κάθε UAV όχημα παρακολουθεί ένα μοναδικό κοινόχρηστο κλειδί. Οι αποστολές συλλογής δεδομένων και οι συσκευές IOT διαχειρίζονται επίσης έξυπνα συμβόλαια. Ένας σχεδιασμός Blockchain Hyperledger Fabric για δίκτυα μη επανδρωμένων εναέριων συστημάτων σε σμήνος διερευνάται στην εργασία στο [37]. Κάθε αίτημα επικοινωνίας μεταξύ των εναέριων μη επανδρωμένων αεροσκαφών τεκμηριώνεται ως συναλλαγή, που υποβάλλεται σε επικύρωση και επαλήθευση μέσω της διαδικασίας εξόρυξης, χρησιμοποιώντας την υπολογιστική ικανότητα όλων των οντοτήτων εντός του δικτύου για να διατηρήσουν αλυσίδα μπλοκ.[24,37,38]

Στο [38] προτείνεται ένα μοντέλο μεταφοράς το οποίο χρησιμοποιεί τεχνολογία αλυσίδας μπλοκ βασισμένη σε νευρωνικά δίκτυα για να εγγυηθεί την επικοινωνιακή ακεραιότητα μεταξύ των εναέριων μη επανδρωμένων UAV και συνάμα να επιτρέψει την «έξυπνη» πληροφοριακή κοινή χρήση κατά τη διάρκεια της προσωρινής αποθήκευσης συστημάτων UAV μέσω UE με χρήση MEC στοχεύοντας την καλύτερη ασφάλεια των δικτύων εναέριων μη επανδρωμένων UAV αιχμής. Χρησιμοποιώντας δημόσια κλειδιά ως αναγνωριστικά, το blockchain λειτουργεί ως μια βάση δεδομένων καθολικού που παρουσιάζει κατανομημένη αρχιτεκτονική που είναι κοινή από όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, συμπεριλαμβανομένων των χρηστών, των διακομιστών MEC και των UAV. Ενώ η κοινή χρήση και η μεταφορά δεδομένων μεταξύ UE και διακομιστών κρυφής μνήμης διευκολύνονται από το blockchain, το έξυπνο συμβόλαιο είναι υπεύθυνο να ελέγχει την πρόσβαση των χρηστών και να πραγματοποιεί επαλήθευση.[24, 38]

Κεφάλαιο 5: Προκλήσεις και λύσεις

Η τεχνολογία Blockchain έχει συγκεντρώσει την προσοχή πολλών εταιρικών ηγετών, προκαλώντας ενθουσιασμό για τα πλεονεκτήματά της και ανησυχία σχετικά με πιθανά ζητήματα και κινδύνους που σχετίζονται με το αυτό. Ενώ οι εταιρείες που υιοθέτησαν τα πρώτα χρόνια βιώνουν τα οφέλη αυτής της τεχνολογίας, υπάρχει μια αυξανόμενη ευαισθητοποίηση του κοινού για την τεχνολογία. Παρακάτω προβαίνουμε σε μια εμβάθυνση στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι χρήστες όταν χρησιμοποιούν το blockchain και προτείνει στρατηγικές για την αντιμετώπισή τους.

5.1 Επεκτασιμότητα και ρυθμός μετάδοσης

Παρά τα οφέλη του blockchain, τα ενσωματωμένα οικοσυστήματα blockchain-5G αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα απόδοσης και επεκτασιμότητας. Εδώ, εξετάζουμε τις πτυχές απόδοσης, αποθήκευσης και δικτύωσης των ανησυχιών για την κλιμάκωση της αλυσίδας μπλοκ.

- **Παραγωγικότητα:** Στην πραγματικότητα, σε σύγκριση με τις εφαρμογές που δεν χρησιμοποιούν τεχνολογία blockchain, η απόδοση του blockchain είναι πολύ χειρότερη. Για παράδειγμα, η Visa και η PayPal επεξεργάζονται 1667 και 193 συναλλαγές / S αντίστοιχα, ενώ το Bitcoin και το Ethereum μπορούν να επεξεργαστούν το πολύ 4 και 20 συναλλαγές / S. Ο αριθμός των αντιγράφων στο δίκτυο και άλλες δυσκολίες κλιμάκωσης στα τρέχοντα συστήματα blockchain είναι εμφανείς, όπως και τα προβλήματα απόδοσης όπως είναι η χαμηλή απόδοση (συναλλαγές / S) και καθυστέρηση (χρονική περίοδος που μετράει πόσο γρήγορα προστίθεται ένα μπλοκ συναλλαγών στο blockchain). Λόγω των περιορισμών στα μεγέθη μπλοκ, πολλά αλλοσιδωτά συστήματα μπλοκ παρουσιάζουν σημαντικά μεγάλη αναμονή πριν προστεθούν οι συναλλαγές στην αλυσίδα. Ως αποτέλεσμα, ο χρόνος σχηματισμού μπλοκ αυξάνεται γρήγορα, περιορίζοντας τη συνολική απόδοση του συστήματος. Ως εκ τούτου, οι κατάλληλες τεχνολογίες βελτίωσης της απόδοσης θα πρέπει να αξιολογηθούν προσεκτικά, πράγμα που θα υποστηρίξει μελλοντικά ογκώδη πακέτα συναλλαγών (σε πραγματικά σενάρια και συνθήκες) για εφαρμογές 5G.
- **Αποθήκευση:** Η εφαρμογή της τεχνολογίας blockchain σε δίκτυα 5G περιλαμβάνει την ανάλυση εκτεταμένων δεδομένων που παράγονται από πολλαπλές και διάχυτες συσκευές IoT για διάφορες υπηρεσίες 5G, όπως διαχείριση πόρων, κοινή χρήση δεδομένων και παρακολούθηση συναλλαγών χρήστη. Σε ένα συμβατικό σύστημα blockchain, κάθε κόμβος blockchain απαιτείται να επεξεργάζεται και να διατηρεί ένα «κλώνο» όλων των δεδομένων συναλλαγών. Για συσκευές IoT με περιορισμένους πόρους, η ενσωμάτωση στο δίκτυο blockchain μπορεί να οδηγήσει σε πρόσθετα έξοδα αποθήκευσης και επεξεργασίας. Επιπλέον, ο χώρος αποθήκευσης δεδομένων και χώρος λειτουργικότητας του συστήματος αλυσίδας μπλοκ θα γίνει αναπόφευκτα πολύ εκτεταμένη για να διατηρηθεί στην αλυσίδα εάν το σύνολο των δεδομένων συναλλαγών διατηρηθεί με αυτόν τον τρόπο.
- **Δικτύωση:** Το παζλ αλγοριθμικής εξόρυξης στο αλλοσιδωτό σύστημα μπλοκ υποστηρίζεται αποκλειστικά και μόνο από σημαντικούς πόρους εύρους ζώνης και συνεπάγεται υψηλό υπολογιστικό κόστος. Ωστόσο, σε περιβάλλοντα 5G όπως τα «πυκνοκατοικημένα» δίκτυα με περιορισμένους πόρους λόγω των απαιτήσεων από συσκευές IoT και παρόχους υπηρεσιών, η ικανοποίηση των προϋποθέσεων πόρων για την διευκόλυνση της επεξεργασίας συναλλαγών μεγάλης κλίμακας μέσω της τεχνολογίας blockchain θα μπορούσε να καταστεί ανέφικτη. Επιπλέον, οι λειτουργίες Blockchain πρέπει να χρησιμοποιούν πολλούς πόρους δικτύου (εύρος ζώνης, ισχύ εξόρυξης και μετάδοσης) λόγω του χαρακτηριστικού των μηχανισμών συναίνεσης που λειτουργούν αποτελεσματικό μόνο με την τροφοδότηση από πολυάριθμες μεταδόσεις συναλλαγών μεταξύ κόμβων με στόχο την ακεραιότητα των συστημάτων μπλοκ. Εδώ βέβαια οδηγούμαστε πάλι σε σημαντική καθυστέρηση δικτύου.

Λιγότερο από ένα ms είναι ο στόχος καθυστέρησης για ωφέλιμο φορτίο και μεταδιδόμενα δεδομένα σε δίκτυα 5G. Αυτή η αυστηρή ζήτηση απαιτεί συναλλαγές ρύθμισης και διαμόρφωσης με εξαιρετικά υψηλή απόδοση. Αν και ορισμένες ιδιωτικές υλοποιήσεις

Blockchain μπορούν να διαχειριστούν έως και 3.000–20.000 TPS, δημόσια δίκτυα blockchain όπως το Ethereum και τα Bitcoins μπορούν επί του παρόντος να χειριστούν 10–14 TPS. Κατά συνέπεια, διεξάγεται έρευνα για νέες τοπολογίες Blockchain, στρατηγικές διαμοιρασμού, βελτιώσεις μεγέθους μπλοκ και αλγόριθμους συναίνεσης με στόχο τη βελτίωση της λειτουργικότητας των τρεχόντων δικτύων Blockchain.

5.2 Ιδιωτικότητα και εμπιστευτικότητα δεδομένων

Το απόρρητο δεδομένων έχει γίνει η νούμερο ένα προτεραιότητα για οργανισμούς, εταιρείες και εν γένει χρήστες. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τους φορείς εκμετάλλευσης της τεχνολογίας δικτύων 5G που χειρίζονται ευαίσθητα δεδομένα καταναλωτών, τα οποία μπορεί να περιλαμβάνουν στοιχεία αναγνώρισης και προσωπικής ταυτοποίησης, όπως αριθμούς πιστωτικών καρτών και το ιστορικό τους, λεπτομέρειες διεύθυνσης, αρχεία καταγραφής υπηρεσιών και χρήσης, κ.α. . Με την εφαρμογή του ευρωπαϊκού νόμου «Γενικός Κανονισμός για την Προστασία των Δεδομένων» , θεσπίστηκαν περισσότεροι κανονισμοί απορρήτου για την προστασία των αρχείων και των δεδομένων των χρηστών, παραχωρώντας παράλληλα στους χρήστες την ιδιοκτησία και τον έλεγχο των δεδομένων τους. Λόγω της μη μεταβλητότητας των δεδομένων Blockchain, οι πληροφορίες που έχουν αποθηκευτεί ή καταγραφεί σε ένα Blockchain δεν μπορούν να υποβληθούν σε οποιαδήποτε επεξεργασία / μορφοποίηση / αλλοίωση. Ωστόσο, όταν πρόκειται για σχεδιασμό απορρήτου Blockchain, μόνο αναφορές σε προσωπικά δεδομένα θα υπάρχουν στο Blockchain αντί να αποθηκεύονται εκεί πραγματικά προσωπικά δεδομένα. [27, 41, 44]

5.3 Διαλειτουργικότητα

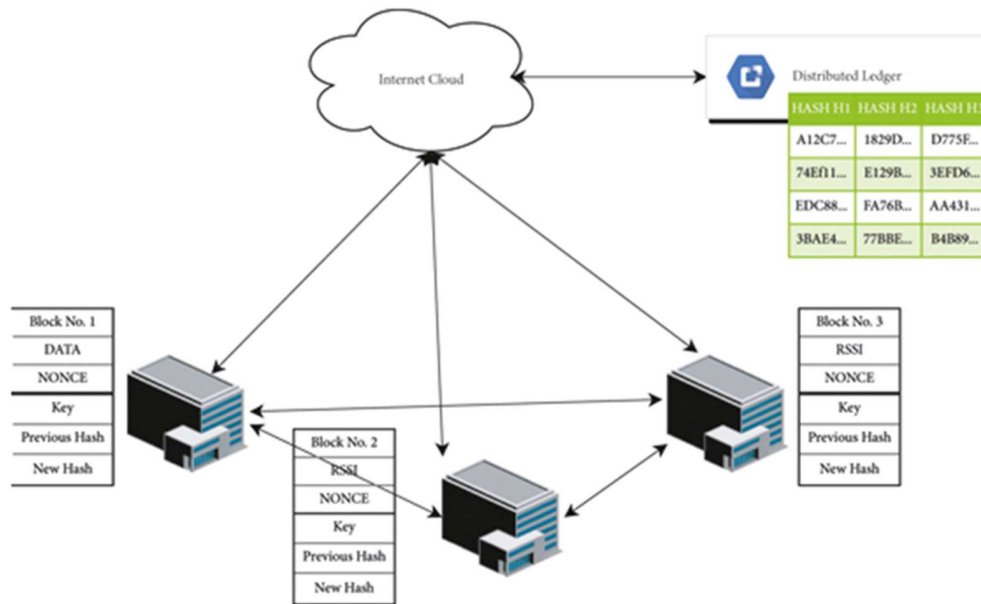
Εξακολουθεί να είναι δύσκολο να συνεργαστούν απρόσκοπτα πολλές πλατφόρμες Blockchain. Τα ενδιαφερόμενα μέρη του 5G μπορούν να συνδεθούν με μια ποικιλία συστημάτων Blockchain που είναι προς το παρόν προσβάσιμα. Αυτό είναι ένα σημαντικό εμπόδιο που πρέπει να αντιμετωπίσουν οι ερευνητές και να το ξεπεράσουν. Επιπλέον, μια άλλη δυσκολία στα δίκτυα 5G είναι η διαλειτουργικότητα. Μια σειρά από νέες τεχνολογίες περιλαμβάνονται στο 5G, όπως η διαμόρφωση δέσμης η τεχνολογία πολλαπλών εισόδων και εξόδων, οι μικροσκοπικές κυψέλες, το FD(X) που βοηθάει την ταυτόχρονη πληροφοριακή λήψη και μετάδοση, το SDN και το mmWave. Αυτές οι τεχνολογίες λειτουργούν διαφορετικά η μία από την άλλη. [41,27]

Κεφάλαιο 6: Μελέτες περίπτωσης και περιπτώσεις χρήσης

Ας διερευνήσουμε ορισμένες πρακτικές περιπτώσεις χρήσης για να καταδείξουμε πώς μπορεί να αξιοποιηθεί το blockchain για την αντιμετώπιση των προκλήσεων ασφαλείας στα δίκτυα 5G.

Μελέτη περίπτωσης 1: Υγειονομική περίθαλψη με δυνατότητα blockchain στο 5G

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 3, όπου κάθε μονάδα υγειονομικής περίθαλψης συνδέεται με κάθε άλλη εγκατάσταση υγειονομικής περίθαλψης, το blockchain μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διασυνδεδεμένες εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Κάθε μονάδα υγειονομικής περίθαλψης λειτουργεί ως μια ενιαία μονάδα και η ανάπτυξη ενός δικτύου IoT που βασίζεται στην τεχνολογία blockchain επιτρέπει την ακριβή μεταφορά δεδομένων. Για παράδειγμα, η δημιουργία μιας τιμής κατακερματισμού και η σύγκρισή της με κάθε τιμή κατατεμαχισμού στο καθολικό μπορεί να επιβεβαιώσει τη γνησιότητα του ιατρικού φακέλου ενός ασθενούς που μεταφέρεται σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης.

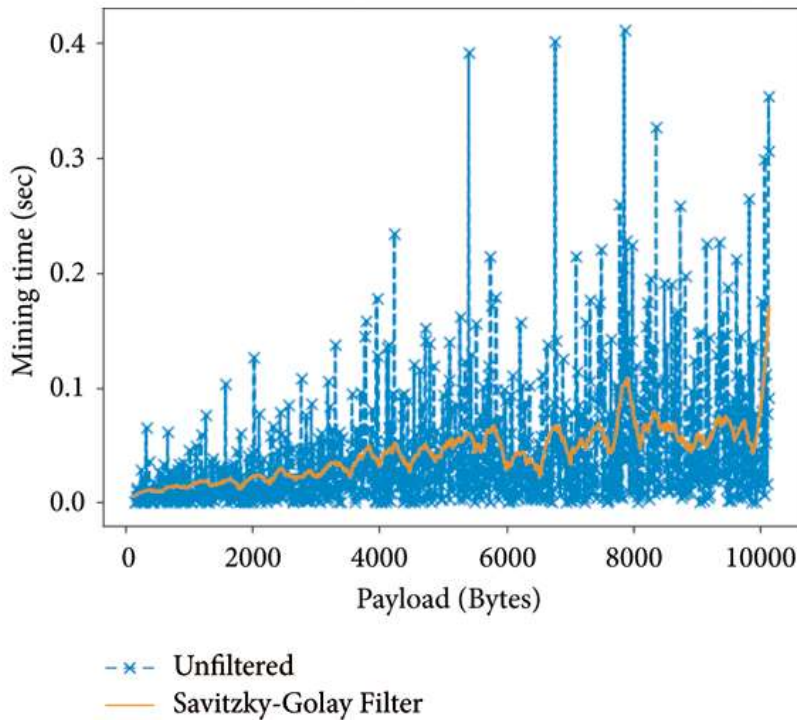


Εικόνα 3

Η ασφάλεια των δεδομένων από άκρο σε άκρο μπορεί επίσης να επιτευχθεί με την τεχνολογία αλυσίδας μπλοκ. Η συνέργεια μεταξύ των IoT και της τεχνολογία αλυσίδας block εγγυάται την ασφάλεια και την ανωνυμία. Οποιοσδήποτε υπάλληλος μπορεί να επαληθεύσει ζωτικές πληροφορίες από ιατρικά αρχεία, αρχεία όλων των διαθέσιμων υγειονομικών εργαλείων, αρχεία άλλων πόρων, προσδιορίζοντας εάν το αρχείο είναι αυθεντικό ή ψεύτικο. Τα δεδομένα υποβάλλονται στη μέθοδο SHA2 σε συνδυασμό με το nonce(), την προηγούμενη τιμή κατακερματισμού και το ιδιωτικό κλειδί () που συνδέονται με τη μονάδα ιατρικής υγειονομικής περίθαλψης. Έτσι αναπαρίσταται μαθηματικά :

$$\text{«HASH} = \text{SHA1}(\text{Data}, K_i, N_i, \text{HASH}_p) \text{.»}$$

Ανάλογα με το επιλεγόμενο επίπεδο δυσκολίας () οι εξορύκτες εξορύσσουν τα δεδομένα και τα προσθέτουν στην αλυσίδα μπλοκ Στο 1, επαναλαμβάνεται μέχρι να επιτευχθεί η τιμή κατακερματισμού σύμφωνα με το d. Παρακάτω βλέπουμε γραφικά ότι οι μεταβλητές α) μέγεθος ωφέλιμου φορτίου και β) χρόνος εξόρυξης είναι ποσά ανάλογα . Με την αυξομείωση του ενός, έχουμε αντίστοιχα αυξομείωση εν συνεχεία και του άλλου. Για δεδομένα 10 kB, εάν το d ισούται με 3 , ο χρόνος εξόρυξης ενός μεμονωμένου εξορύκτη είναι μικρότερος από 0,2 s. Για να υπάρχει ισορροπία, αναγκαστικά θα πρέπει να έχουμε δυσανάλογη μεταβλητότητα επίσης. Έτσι εδώ, όταν το μέγεθος δεδομένων είναι υψηλό, το d θα πρέπει αναγκαστικά να είναι χαμηλό. Όλες οι τιμές κατακερματισμού μεταφέρονται στο νέφος όπου δημιουργείται ένα καθολικό κατακερματισμένο αρχιτεκτονικής. Η αυθεντικοποίηση των δεδομένων δεν απαιτεί άμεσο έλεγχο, αντιθέτως αυτά μπορούν να επικυρωθούν σε δεύτερο χρόνο. Ο κατακερματισμός είναι τόσο «ευαίσθητος» στις μεταβλητότητα, που έστω και μια ποσοστιαία αλλαγή στην αναφορά οδηγεί σε διαφορετικό κατακερματισμό. Λόγω αυτού, μπορεί να εντοπιστεί οποιαδήποτε πληροφοριακή αλλοίωση.



Περιπτώσεις χρήσης υγειονομικής περίθαλψης blockchain

1. Διαφάνεια στην εφοδιαστική αλυσίδα :

Όπως και σε πολλούς άλλους κλάδους, ο καθορισμός της προέλευσης των ιατρικών προϊόντων με στόχο την επαλήθευση της εγκυρότητάς αυτών αποτελεί σπουδαία πρόκληση για τον κλάδο της υγείας. Οι πελάτες μπορούν να γνωρίζουν πλήρως και απολυτά διαφανώς τα πράγματα που αγοράζουν χρησιμοποιώντας ένα σύστημα Blockchain για τον (ανεξαρτήτου χρονικού σταδίου) εντοπισμό αντικειμένων με τη βοήθεια της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό είναι μια σημαντική ανησυχία για τη βιομηχανία, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες χώρες όπου δεκάδες χιλιάδες θάνατοι προκαλούνται από πλαστά συνταγογραφούμενα φάρμακα κάθε χρόνο. Γίνεται επίσης όλο και πιο σημαντικό για τα ιατρικά gadget, τα οποία πολλαπλασιάζονται γρήγορα καθώς πραγματώνεται όλο και πιο συχνά η παρακολούθηση ασθενών «από μακριά» , που κατά συνέπεια, προσελκύει την προσοχή αδίστακτων ατόμων.

Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός συστήματος αλυσίδας μπλοκ που βοηθά τις επιχειρήσεις στην αλυσίδα εφοδιασμού συνταγογραφούμενων φαρμάκων να επικυρώσουν τη νομιμότητα των φαρμάκων καθώς και τις ημερομηνίες λήξης και άλλες κρίσιμες πληροφορίες είναι το «MediLedger».

Πλεονεκτήματα του blockchain σε συνδυασμό με την τεχνητή νοημοσύνη:

- Εμπιστοσύνη πελατών: Δυνατότητα εντοπισμού της πλήρους προέλευσης κάθε συσκευασίας, ενσωμάτωση με κατασκευαστές, χονδρεμπόρους, εταιρείες μεταφορών κ.λπ.
- Συμμόρφωση: Ο συνδυασμός δεδομένων της αλυσίδας εφοδιασμού σε ένα ενιαίο σύστημα διευκολύνει τις απαιτήσεις αναφοράς που πρέπει να πληρούν οι φαρμακευτικές εταιρείες και

οι κατασκευαστές ιατροτεχνολογικών προϊόντων για να εγγυηθούν την ασφάλεια των ασθενών. Για παράδειγμα, παρέχονται αυτοματοποιημένες ειδοποιήσεις για την επιβολή του νόμου μέσω του συστήματος που βασίζεται σε blockchain της FarmaTrust, εάν εντοπιστεί κάποιο πρόβλημα.

- Βελτιστοποίηση της αλυσίδας εφοδιασμού: Οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν τεχνητή νοημοσύνη (AI) για να προβλέψουν καλύτερα τη ζήτηση και να προσαρμόσουν την προσφορά όταν όλα τα δεδομένα βρίσκονται σε κεντρική τοποθεσία.

Μια πρωτοποριακή χρήση της τεχνολογίας Blockchain πέρα από τις χρηματοπιστωτικές αγορές περιλαμβάνει τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας και την προώθηση της διαφάνειας. Ένα αξιοσημείωτο παράδειγμα αποτελεί η γνωστή συνεργασία μεταξύ της Walmart και της IBM για την εγγύηση της ασφάλειας των τροφίμων σε όλη την αλυσίδα εφοδιασμού. Αναμένεται ότι αυτή θα είναι η μεγαλύτερη άμεση επίδραση του Blockchain στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης, επειδή η τεχνολογία και η απόδοση της επένδυσης έχουν ήδη αποδειχθεί.

1. Ηλεκτρονικοί φάκελοι υγείας :

Τα υγειονομικά συστήματα περίθαλψης παντού έρχονται αντιμέτωπα με το ζήτημα των σιλό δεδομένων, δημιουργώντας έτσι καταστάσεις όπου οι ασθενείς και οι πάροχοι υγείας έχουν ελλιπή πρόσβαση ο ένας στο ιατρικό ιστορικό του άλλου. Σύμφωνα με μελέτη που κυκλοφόρησε το 2016 από το Πανεπιστήμιο Johns Hopkins, τα λάθη που λαμβάνουν χώρα στα πλαίσια ιατρικών υποθέσεων, και προκύπτουν λόγω ελλιπούς ακέραιου συντονισμού περί παροχής φροντίδας -όπως η περίπτωση κατά την οποία ένα μέλος παραλείπει να αναφέρει κρίσιμες λεπτομέρειες στα αρχεία ασθενών- αποτελούν μεγάλο ποσοστό στο συνολικό διάγραμμα που σχετίζεται με πιο μεγάλες αιτίες θανάτου στις Ηνωμένες Πολιτείες.

Η ανάπτυξη μιας εν δυνάμει βάσης δεδομένων ιατρικών αρχείων που βασίζεται σε αλυσιδωτή τεχνολογία μπλοκ που μπορεί να ενσωματωθεί με το λογισμικό EMR και να πάρει τη μορφή ενός ολοκληρωμένου, ενοποιημένου αρχείου ενός ασθενούς , αποτελεί έναν πιθανό τρόπο αντιμετώπισης αυτού του θέματος. Είναι επιτακτική η ανάγκη να διαλευκανθεί ότι δεν αποθηκεύονται αυτούσιες πληροφορίες ασθενών στο Blockchain. Κάθε νέα εγγραφή που εισχωρεί στο σύστημα—είτε είναι συνταγή, αποτέλεσμα δοκιμής ή σημείωση γιατρού— μετατρέπεται σε μια ξεχωριστή συνάρτηση κατακερματισμού, η οποία είναι απλώς μια σύντομη σειρά χαρακτήρων. Κάθε συνάρτηση κατακερματισμού είναι ξεχωριστή και μπορεί να αποκρυπτογραφηθεί μόνο με άδεια από τον κάτοχο των δεδομένων, δηλαδή εδώ, τον ασθενή. Σε αυτήν την περίπτωση, όταν ένας ασθενής συμφωνεί να «δώσει» μερικώς το ιατρικό του αρχείο ή γίνεται αλλαγή σε ένα, αυτό εισχωρεί ως συναλλαγή στο Blockchain. Η Medicalchain αποτελεί ένα τέτοιο παράδειγμα επιχείρησης που συνεργάζεται με τον τομέα υγείας με στόχο την ανέλιξη των EMR με τη βοήθεια των Blockchain.

Τα βασικά πλεονεκτήματα των EMR με χρήση Blockchain είναι:

- Ένα ενιαίο και έγκυρο αποθετήριο ιατρικών αρχείων, που βελτιώνει τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ ασθενών και επαγγελματιών υγείας
- Οι ασθενείς μπορούν να συμφωνούν ρητά κάθε φορά που τα ιατρικά τους αρχεία μοιράζονται με επαγγελματίες υγείας ή άλλα μέρη και μπορούν να βλέπουν πότε αλλάζουν τα αρχεία τους. Επιπλέον, οι ασθενείς μπορούν να καθορίσουν χρονικούς περιορισμούς για οποιαδήποτε εξωτερική οντότητα που αναζητά πρόσβαση στα ιατρικά τους αρχεία και να επιλέξει να μοιραστεί είτε το σύνολο είτε συγκεκριμένα τμήματα με τους ερευνητές.
- Η ιατρική ασφάλιση μπορεί να λάβει αμέσως επικυρωμένη επιβεβαίωση των υπηρεσιών υγειονομικής περίθαλψης απευθείας από τους ασθενείς, παρακάμπτοντας τις καθυστερήσεις και τα κόστη που σχετίζονται με τους μεσάζοντες.

Η Medicalchain δουλεύει προς την ολοκλήρωση μια πλατφόρμας που θα επιτρέψει σε τρίτους να αναπτύσσουν ψηφιακές λύσεις υγείας. Αυτές οι επιλογές περιλαμβάνουν μια ανταλλαγή ιατρικών πληροφοριών, προσφέροντας στους ασθενείς την ευκαιρία να ανταλλάξουν τα ανώνυμα ιατρικά τους δεδομένα για «Medtokens». Τα έσοδα από αυτήν την ανταλλαγή θα συμβάλουν στην πρόοδο των ψηφιακών εφαρμογών υγείας, ειδικά στον «τομέα των εργαλείων ανάλυσης σε επίπεδο πληθυσμού». Η πρόσβαση στον τομέα αυτόν εξυπηρετεί αποτελεσματικά μια ενισχυμένη κατάτμηση και βαθιά ανάλυση των αποτελεσμάτων στοχευμένης θεραπείας.

Η προηγμένη ανάλυση θα τροφοδοτηθεί από τη δημιουργία πολύ πιο ολοκληρωμένων, ψηφιακών και κοινών αρχείων υγείας ασθενών, τα οποία θα έχουν σημαντική επίδραση στον υγειονομικό τομέα. Για παράδειγμα, η απουσία επαρκών δεδομένων υψηλής ποιότητας εμποδίζει σοβαρά την ανάπτυξη εξατομικευμένης ιατρικής, παρά το γεγονός ότι είναι ένα πολλά υποσχόμενο θέμα.

Η FarmaTrust δημιούργησε ένα σύστημα που επιτρέπει θεραπείες γονιδιακής και κυτταρικής θεραπείας εκτός από τη λύση εφοδιαστικής αλυσίδας και άλλα ερευνητικά προγράμματα διερευνούν τρόπους συγχώνευσης blockchain και AI για την προώθηση της εξατομικευμένης ιατρικής.

1. Ευφυείς συμβάσεις για διακανονισμούς σε ασφαλίσεις και εφοδιαστική αλυσίδα:

Η Chronicled και η Curisium είναι μεταξύ των εταιρειών που προσφέρουν συστήματα που βασίζονται σε Blockchain που επιτρέπουν σε διάφορους συμμετέχοντες στη βιομηχανία υγειονομικής περίθαλψης - φαρμακευτικές εταιρείες, OEM ιατρικών συσκευών, παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, κ.α. - να καθορίσουν την οργανωσιακή τους ταυτότητα. Αυτά τα συστήματα επιτρέπουν την καταγραφή των λεπτομερειών της σύμβασης και την παρακολούθηση της ανταλλαγής αγαθών και υπηρεσιών, συμπεριλαμβανομένων των πληροφοριών διακανονισμού πληρωμών. Αυτού του είδους το τεχνολογικό οικοσύστημα βοηθά τις ασφαλιστικές εταιρείες και στους εμπορικούς εταίρους στον κλάδο της υγειονομικής περίθαλψης να λειτουργούν χρησιμοποιώντας εξ ολοκλήρου ψηφιακούς και συχνά αυτοματοποιημένους όρους συμβολαίου.

Αντί κάθε μέλος να τροφοδοτείται με το δικό του αντίγραφο της σύμβασης, τα άτομα υπεύθυνα για την κατασκευή, διανομή και γενικά οι υγειονομικοί οργανισμοί μπορούν να αποφύγουν κατά κάποιον τρόπο τις διαφωνίες σχετικά με τις αιτήσεις για επιστροφή εξόδων εν γένει ιατρικών αγαθών αγαθά, με την καταγραφή κοινών ψηφιακών συμβολαίων σε ένα καθολικό Blockchain. Το Chronicled αναφέρει ότι πάνω από ένα εκατομμύριο αξιώσεις αντιστροφής χρέωσης δημιουργούνται ετησίως μεταξύ αυτών των παικτών λόγω των συχνά μεταβαλλόμενων συστημάτων τιμολόγησης. Πάνω από το 5% αυτών των αξιώσεων αμφισβητούνται και απαιτούν χρονοβόρο μη αυτόματο διακανονισμό.

Με παρόμοιο τρόπο, τα συμβόλαια ιατρικής ασφάλισης των ασθενών μπορούν να διαχειρίζονται με κοινά έξυπνα συμβόλαια, καθώς το 10% των απαιτήσεων, σύμφωνα με την Curisium, αμφισβητείται. Όταν τα δεδομένα είναι ψηφιοποιημένα και εύκολα προσβάσιμα, οι ασφαλιστικές εταιρείες δύνανται να προβούν σε εκμετάλλευση προηγμένων αναλύσεων για τη βελτίωση των αποτελεσμάτων υγείας και τη βελτιστοποίηση του κόστους, παρόμοια με άλλα σενάρια.

1. Επαλήθευση διαπιστευτηρίων ιατρικού προσωπικού

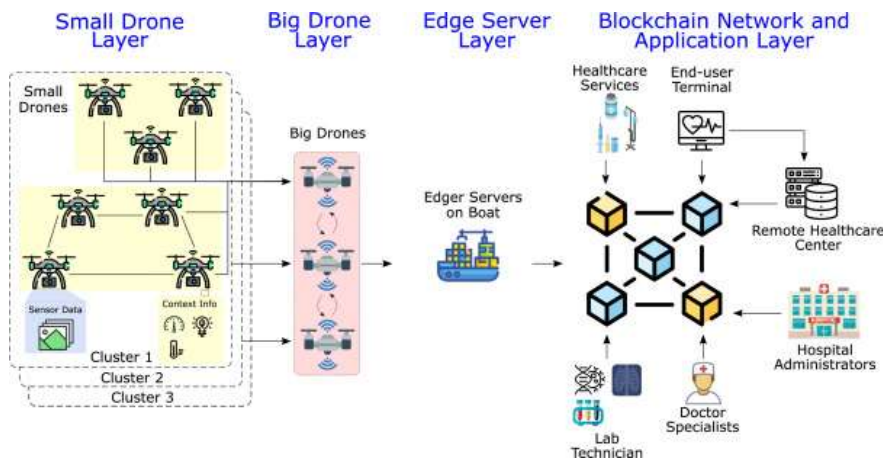
Η επικύρωση των προσόντων του προσωπικού υγειονομικής περίθαλψης μέσω της αλυσιδωτής τεχνολογίας μπλοκ αντικατοπτρίζει την «ιχνηλασία» της προέλευσης των ιατρικών προϊόντων. Αξίοιμα ιδρύματα και οργανισμοί στον ιατρικό τομέα έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν ψηφιακά τις πιστοποιήσεις των ατόμων που ανήκουν στο προσωπικό τους σώμα, απλοποιώντας τη όλη διαδικασία πρόσληψης. Η «ProCredEx», που στεγάζεται στην Αμερική, έχει αναπτύξει ένα σύστημα επαλήθευσης ιατρικών πειστηρίων που χρησιμοποιεί το πρωτόκολλο Blockchain R3 Corda.

Τα πιο σημαντικά οφέλη:

- Ταχεία διαπίστευση καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας πρόσληψης για οργανισμούς υγειονομικής περίθαλψης
- Μια ευκαιρία υγειονομικούς και ασφαλιστικούς φορείς να επωφεληθούν από τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα πιστοποιήσεων τους για το προσωπικό που ήδη δουλεύει ή πρόκειται να εργαστεί
- Σαφήνεια, σιγουριά για τους εταίρους, όπως οι όμιλοι που αναθέτουν υπεργολαβία, ή σε υπό τωρινή εξέλιξη υγειονομικά εικονικά πρότυπα για την εκπαίδευση των ασθενών σχετικά με τις εμπειρίες του ιατρικού σώματος

Μελέτη περίπτωσης 2: Λειτουργίες UAV και Blockchain στο 5G

Η αρχιτεκτονική συστήματος στο παρακάτω Σχήμα απαρτίζεται από τέσσερα κυρίως επίπεδα: (1) ένα μικρό στρώμα εναέριου μη επανδρωμένου συστήματος, (2) ένα μεγάλο στρώμα εναέριου μη επανδρωμένου συστήματος (3) ένα στρώμα διακομιστή άκρων και (4) ένα στρώμα δικτύου και εφαρμογής αλυσίδας μπλοκ.



1. Το στρώμα (1) απαρτίζεται από μικρά εναέρια μη επανδρωμένα συστήματα που αποτελούν συσκευές με περιορισμένες πηγές. Παρουσιάζουν χαμηλά ποσοστά σε χωρητικότητα μπαταρίας, μνήμη και ικανότητα επεξεργασίας και αποθήκευσης. Αυτά τα drones αναφέρονται ως "mini drones" και συνοδεύονται από μια ποικιλία από κάμερες και αισθητήρες. Για την παρακολούθηση κατά τη διάρκεια ημέρας και νύχτας, για παράδειγμα, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες GPS, κάμερες RGB και υπερύθρων. Επίσης, οι αισθητήρες Lidar, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένες καταστάσεις, όπως η αυτόνομη οδήγηση. Αν και είναι συχνά βαρύ και δαπανηρό, ο αισθητήρας αυτός παρουσιάζει λιγότερη μεταβλητότητα όταν συσχετίζεται με τον θόρυβο, τον φωτισμό και την ορατότητα. Ο χρόνος πτήσης του drone μειώνεται καθώς το ωφέλιμο φορτίο αυξάνεται όταν χρησιμοποιούνται πρόσθετες συσκευές όπως αισθητήρες και κάμερες. Ως αποτέλεσμα, η ορθολογική επιλογή αυτών είναι ζωτικής σημασίας. Ενδεικτικά, οι κάμερες RGB που έχουν σχεδιαστεί για συμπαγή drones έχουν συνήθως την ικανότητα να καταγράφουν εικόνες που κυμαίνονται από 10 έως 48 MP και να εγγράφουν βίντεο με ανάλυση 2K έως 8K στα 30/60 fps. Το βάρος αυτών των καμερών συνήθως πέφτει κάτω από 600–700 γραμμάρια.

Ένα συμπαγές εναέριο μη επανδρωμένο αεροσκάφος συνήθως έρχεται με μια μικρού μεγέθους πλακέτα υπολογιστή που παρουσιάζει περιορισμό σε μνήμη και ισχύ επεξεργασίας. Για παράδειγμα,

ενσωματωμένες πλακέτες με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας και φορητότητα, όπως το «Raspberry Pi 4», χρησιμοποιούνται για επεξεργασία ελαφριάς εικόνας και συμπίεση δεδομένων. Οι μονάδες Wi-Fi εμφανίζονται συχνά σε μικρά drones επειδή παρέχουν μετάδοση δεδομένων υψηλής ταχύτητας που μπορούν να ικανοποιήσουν τις ανάγκες βίντεο υψηλής ανάλυσης. Για παράδειγμα, ένα μεγάλο εναέριο μη επανδρωμένο UAV μπορεί να λάβει βίντεο από ένα μικρό με Wi-Fi. Τα drones χρησιμοποιούν WPA3 και σταθερούς κωδικούς πρόσβασης για σύνδεση και χρήση δικτύων Wi-Fi, προκειμένου να επιτύχουν ένα ορισμένο επίπεδο ασφάλειας. Μετά από κάθε λειτουργία SAR, ο κωδικός πρόσβασης μπορεί να αλλάξει σε τακτική βάση. Επιπλέον, τα κρυπτογραφικά πρωτόγωνα στοχεύει όπως το AES-256 και το ChaCha20 μπορούν να εφαρμοστούν για την κρυπτογράφηση των δεδομένων πριν σταλούν μέσω του δικτύου Wi-Fi.

1. Το (2) απαρτίζεται από μεγαλύτερα drones από τα μικρά drones, με ισχυρότερους πόρους και την ικανότητα να μεταφέρει βαρύτερα φορτία (π.χ. 5-6 kg). Για ημερήσιες και νυχτερινές λειτουργίες, ένα μεγάλο ιπτάμενο μη επανδρωμένο σύστημα μπορεί να τοποθετηθεί με RGB και θερμικές κάμερες υψηλής ανάλυσης που περιλαμβάνουν φακούς ζουμ.

Επιπλέον, ένα μεγάλο drone έχει ισχυρές ενσωματωμένες πλακέτες που είναι ικανές να εκτελούν περίπλοκους αλγόριθμους. Συγκεκριμένα, οι ενσωματωμένες πλακέτες μπορούν να είναι πολυπυρηνικές με GPU και CPU (όπως το NVIDIA Jetson Xavier NX, που έχει 384 πυρήνες GPU). Οι προηγμένες άκρες και οι υπηρεσίες Edge-AI μπορούν να ενεργοποιηθούν από αυτές τις ενσωματωμένες πλακέτες. Ωστόσο, σε σύγκριση με τα μικρά drones, τα τεράστια drones είναι πιο δαπανηρά, πιο ογκώδη και βαρύτερα. Τα μεγάλα drones συνδέονται με διακομιστές edge που βρίσκονται σε πλοία SAR και μικρά drones μέσω Wi-Fi, όπως και τα δύο τελευταία. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες τεχνικές κρυπτογράφησης, για την επίτευξη συγκεκριμένων ορίων ασφαλείας.

Ένα μεγάλο ιπτάμενο μη εναέριο UAV αποθηκεύει τις διευθύνσεις MAC των εγκεκριμένων drones σε μια λίστα επιτρεπόμενων. Ένα δίκτυο Wi-Fi είναι προσβάσιμο μόνο από drones στη λίστα επιτρεπόμενων, τα οποία μπορούν στη συνέχεια να συνδεθούν με το μεγαλύτερο drone. Για να μειώσει τον κίνδυνο που ενέχουν τα μη αδειοδοτημένα drones, ένα μεγάλο drone μπορεί περιοδικά να χρησιμοποιεί Wi-Fi για να παρακολουθεί άλλα drones γύρω από το περιβάλλον. Το μεγάλο drone μπορεί να ειδοποιήσει έναν διακομιστή άκρων εάν βρει μια παράνομη συσκευή που δεν περιλαμβάνεται στη λίστα επιτρεπόμενων. Όταν συμβαίνει εμπλοκή Wi-Fi, η εμπλοκή γίνεται ευκολότερη, καθώς το σύστημα μπορεί να αναγνωρίσει την πηγή, όπως μη εξουσιοδοτημένος ασύρματος εξοπλισμός.

Η είσοδος μικρού παρακολουθείται συνεχώς από ένα μεγάλο drone. Μια εντολή μεταφέρεται σε ένα συγκεκριμένο μικροσκοπικό εναέριο μη επανδρωμένο σύστημα από το αντίστοιχο μεγαλύτερο όταν δεν μπορεί να λάβει δεδομένα από αυτό για λίγο. Το μεγάλο θα μεταδώσει έναν συναγερμό και ένα αίτημα σε έναν διακομιστή άκρων που βρίσκεται στο σκάφος ή ελικόπτερο SAR εάν το μικρό δεν ανταποκριθεί μετά από ένα προκαθορισμένο χρονικό διάστημα (π.χ. λίγα λεπτά). Ο διακομιστής άκρων/κέντρο ελέγχου μπορεί να στείλει ένα άλλο μικρό στη θέση του σπασμένου μικρού εναερίου μη επανδρωμένου συστήματος αφού λάβει το αίτημα. Αυτό το σύστημα βοηθά στον εντοπισμό μη λειτουργικών drones και στην αποτροπή της παράβλεψης περιοχών αναζήτησης. Ένα νέο μικρό drone προστίθεται την στιγμή αυτή στη λευκή λίστα. Με παρόμοιο τρόπο, οι διακομιστές edge παρακολουθούν συνεχώς μεγάλα drones. Ο διακομιστής άκρων θα αναπτύξει ένα άλλο μεγάλο drone για να εξετάσει και να αντικαταστήσει το ελαττωματικό μεγάλο drone προκειμένου να συνεχίσει τις λειτουργίες του στην περίπτωση που δεν σημειωθεί κάποια ανταπόκριση από το μεγάλο drone για λίγο.

1. Διακομιστές ισχυρής ακμής που είναι εγκατεστημένοι σε ελικόπτερα ή πλοία SAR αποτελούν το (3). Οι διακομιστές αυτοί διαθέτουν σημαντικές ποσότητες μνήμης, αποθήκευσης και

επεξεργαστικής ισχύος και τροφοδοτούνται μέσα από μια ηλεκτρική πρίζα. Ως αποτέλεσμα, οι διακομιστές αιχμής είναι σε θέση να εκτελούν μια ποικιλία από περίπλοκες εφαρμογές και αλγόριθμους, όπως αλγόριθμους βαθιάς εκμάθησης για ανίχνευση ανθρώπων. Πολλές άλλες προηγμένες υπολογιστικές δυνατότητες, όπως η κατανεμημένη συλλογή πληροφοριών, το edge-AI, τα αυτοματοποιημένα μηνύματα, η επεξεργασία δεδομένων και η συμπίεση δεδομένων, καθίστανται επίσης δυνατές από έναν διακομιστή άκρων. Μπορούν να εγκατασταθούν διαφορετικές βάσεις δεδομένων σε διακομιστές αιχμής σε κατανεμημένη αποθήκευση για να φιλοξενήσουν ταξινομημένα δεδομένα (όπως μυστικά ή μη ταξινομημένα δεδομένα). Η ικανότητα ενός χρήστη να έχει πρόσβαση σε διαφορετικές βάσεις δεδομένων εξαρτάται από τον βαθμό εξουσιοδότησής του.

Ο διακομιστής δημιουργεί μια σύνδεση Wi-Fi με ένα μεγάλο drone και μια σύνδεση 5G με έναν διακομιστή cloud. Οι διακομιστές Edge λειτουργούν επίσης ως σύνδεσμος μεταξύ των εσωτερικών δικτύων drone και των αντίστοιχων εξωτερικών ξένων οντοτήτων, (μακρινοί ιατροί ή νοσοκομεία). Κατά συνέπεια, η καθυστέρηση και η κατανάλωση μπαταρίας των drones του συστήματος δεν επηρεάζονται από το blockchain. Τελευταίο αλλά εξίσου σημαντικό, επειδή μπορούν να χειριστούν απαιτητική επεξεργασία και σημαντική κατανάλωση ενέργειας, οι διακομιστές άκρων είναι κόμβοι ενός δικτύου αλυσιδωτού συστήματος μπλοκ. Διαφορετικά, η δημόσια βάση δεδομένων του συστήματος είναι μια ενιαία αλυσίδα μπλοκ που διατηρούν και συγχρονίζουν οι διακομιστές αιχμής. Με γνώμονα αυτό οι πληροφορίες blockchain διευκολύνουν τη διαδρομή διαπειστηρίων που απαιτούνται στους ελέγχους ή αναλύσεις επικίνδυνων περιοχών. Ως αποτέλεσμα, οι διασσωστικές ομάδες δύνανται να δρουν με μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα χάρις στις βελτιστοποιημένες τακτικές που εξάγονται από το σύστημα με βάση τα υποβληθέντα σε ανάλυση δεδομένα

1. Οι διακομιστές και οι υπηρεσίες νέφους, όπως η παγκόσμια αποθήκευση δεδομένων, οι ειδοποιήσεις αυτοματοποιημένες, η διαχείριση και ανάλυση πληροφοριών, η τεχνητή νοημοσύνη και τα υποσύνολα / υποκατηγορίες της, αποτελούν μέρος του (4). Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τους εμπορικούς διακομιστές και υπηρεσίες cloud της Google, του Amazon ή της Microsoft. Πληρούν τα πρότυπα ασφαλείας των αποστολών SAR και έχουν πολλά οφέλη. Για παράδειγμα, ένα ιστορικό δεδομένων και άλλοι τεράστιοι όγκοι δεδομένων μπορούν να διατηρηθούν κατάλληλα για εκτεταμένες χρονικές περιόδους. Επιπλέον, είναι φθηνή η ανάπτυξη πόρων CPU, GPU και μνήμης σύμφωνα με τη ζήτηση. Η εφαρμογή τερματικού, που έχει τη δυνατότητα να ανακτά δεδομένα σε πραγματικό χρόνο και να παρέχει ολοκληρωμένες πληροφορίες για το σύστημα, συμπεριλαμβανομένης της καθοδήγησης από ειδικούς, αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο αυτού του επιπέδου. Η αλληλεπίδραση με το επίπεδο εφαρμογής είναι δυνατή μέσω ενός προγράμματος περιήγησης ιστού ή μιας εφαρμογής για κινητά. Για να έχει πρόσβαση στα δεδομένα, ο τελικός χρήστης πρέπει να υποβληθεί σε έλεγχο ταυτότητας, όπως σύνδεση με όνομα χρήστη και κωδικό πρόσβασης ή χρήση ανίχνευσης προσώπου.

Η δημιουργία συστημικής αλυσίδας μπλοκ επιφέρει πολλή επικοινωνία για συγχρονισμό, μεγάλη επεξεργαστική ισχύ για κρυπτογραφικούς αλγόριθμους και συναινετική επικύρωση, ακόμη και αποθήκευση. Στο Bitcoin PoW, για παράδειγμα, η απόκτηση συναίνεσης για μια νέα κατασκευή μπλοκ απαιτεί έναν εξίσου ισχυρό υπολογισμό ως μέρος της διαδικασίας συναίνεσης. Επιπλέον, οι χρήστες blockchain απαιτούν το πλήρες ιστορικό συναλλαγών για επαλήθευση, καθώς οι τρέχουσες επικυρώνουν την ακρίβεια της τωρινής συστημικής κατάστασης.

Η κύρια λειτουργία του (4) είναι να διευκολύνει τη συναίνεση και να αποτρέψει τη διαφωνία στη συλλογή δεδομένων του συστήματος. Οι διακομιστές Edge διαχειρίζονται τη δημιουργία blockchains μέσω διαδικασιών συναίνεσης και επικοινωνίας, καθώς η συντήρηση του blockchain απαιτεί μεγάλη επεξεργαστική ισχύ. Ως αποτέλεσμα, ένας συμμετέχων στο blockchain συλλέγει πολλές πληροφορίες από ιπτάμενα μη επανδρωμένα συστήματα τα οποία εν συνεχεία «μεταμορφώνει» σε ένα μπλοκ υποψήφιο για ανάπτυξη blockchain. Προτού εγγραφεί στην τρέχουσα αλυσίδα μπλοκ, ο υποψήφιος

αποκλεισμός πρέπει, ωστόσο, να εξασφαλίσει τη συγκατάθεσή του από άλλους χρήστες επιδεικνύοντας την ακρίβεια χωρίς να έρχεται σε αντίθεση με δεδομένα που έχουν επαληθευτεί προηγουμένως. Το Blockchain χρειάζεται επομένως μια συναινετική μέθοδο που είναι κατάλληλη για την περίπτωση χρήσης.

Επιπλέον, τα δεδομένα blockchain μπορούν να περιέχουν μια ποικιλία δεδομένων και λειτουργιών συστήματος που χρησιμοποιούν έξυπνες συμβάσεις για τη δημιουργία αυτόνομων διαδικασιών. Οι πιθανές πληροφορίες που δημιουργούνται στο blockchain περιλαμβάνουν δεδομένα συμμετεχόντων, εκτέλεση συναλλαγών, συμβόλαια έξυπνων συμβολαίων, δεδομένα πολυμέσων από drones και δεδομένα drone, συμπεριλαμβανομένης της ισχύος, των μεταδομένων και της τοποθεσίας. Ως αποτέλεσμα, το σύστημα προβλέπει ότι θα είναι σε θέση να δημιουργεί εύκολα και γρήγορα συνδέσεις και προτάσεις μεταξύ οντοτήτων χρησιμοποιώντας τη συλλογή δεδομένων της πλατφόρμας από άλλες οντότητες. [41]

Κεφάλαιο 7: Μελλοντικές τάσεις και συμπεράσματα

Μελλοντικές τάσεις στην ενσωμάτωση της αλυσίδας μπλοκ και του 5G

Η μελλοντική τεχνολογία θα μπορούσε να φέρει επανάσταση με τη συνοδεία των 5G και Blockchain. Το 5G υπόσχεται στους χρήστες εξαιρετικές ταχύτητες και ποιότητα υπηρεσιών (QoS), ενώ το blockchain διασφαλίζει υψηλά επίπεδα ασφάλειας και εμπιστοσύνης μεταξύ ομοτίμων. Οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν 5G θα απαιτούν διαφορετικά επίπεδα ταχύτητας, εύρους ζώνης, καθυστέρησης και άλλες παραμέτρους. Το 5G χρησιμοποιείται συνήθως για αξιόπιστη και γρήγορη επικοινωνία σε επαυξημένη πραγματικότητα, αυτοκίνητα χωρίς οδηγό και άλλες εφαρμογές Internet of Things. Μια περαιτέρω εξειδίκευση θα είναι πιο ωφέλιμη ώστε να λειτουργήσουν πιο αποτελεσματικά τέτοιες ρυθμίσεις με ευκολία και ασφάλεια. Εδώ, αναφέρουμε τους ακριβείς τομείς στους οποίους η αλυσιδωτή τεχνολογία μπλοκ μπορεί να βελτιώσει την ασφάλεια και το απόρρητο των υπηρεσιών ασύρματων δικτύων τελευταίας γενιάς που παρέχονται στους καταναλωτές. Εξετάζονται τα υπάρχοντα εμπόδια για την ανάπτυξη και την επεκτασιμότητα του 5G, μαζί με τις σχετικές θεραπείες που βασίζονται σε blockchain. Παρακάτω επισημαίνουμε συνοπτικά πιθανές μελλοντικές :

1. Ενσωμάτωση μηχανικής μάθησης με blockchain για 5G

Οι εφαρμογές τεχνητής νοημοσύνης παρουσιάζουν νέες προοπτικές λόγω των ραγδαίων βελτιώσεων στην τεχνολογία blockchain. Οι τρέχουσες υπηρεσίες 5G φέρουν επανάσταση λόγω της τεχνολογίας μηχανικής μάθησης (ML), η οποία τους επιτρέπει να μαθαίνουν από δεδομένα και να προσφέρουν προβλέψεις, βοήθεια για αποφάσεις και πληροφορίες που βασίζονται σε αυτά τα δεδομένα. Αυτά τα οφέλη της μηχανικής εκμάθησης θα αλλάξουν τις μεθόδους ανάλυσης δεδομένων για την υποστήριξη των έξυπνων υπηρεσιών του 5G. Για παράδειγμα, η ML μπορεί να επικοινωνήσει με το ασύρματο περιβάλλον για να βοηθήσει στη διαχείριση πόρων και την αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Προκειμένου να δημιουργηθούν αλγόριθμοι ελέγχου, (ενδεικτικά : η πρόβλεψη ροής πληροφοριών για την αποφυγή συμφόρησης δικτύου ή η παρακολούθηση της πρόσβασης των χρηστών για την υποσχέση του απορρήτου), η μηχανική εκμάθηση (ML) υπόσχεται επίσης σημαντική εύρεση δυνατοτήτων σε δεδομένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς χρήσης.

Ο συνδυασμός μηχανικής εκμάθησης συστημικής αλυσίδας μπλοκ για ασύρματα δίκτυα τρέχουσας γενιάς έχουν γίνει πιο δημοφιλή τα τελευταία χρόνια. Πιο ενδελεχώς, έχει γίνει έρευνα για τη βαθιά ενισχυτική μάθηση και τον συνδυασμό της με το blockchain για την παροχή ασφαλούς και ευφυούς οργάνωσης και διαχείρισης πόρων σε τέτοια δίκτυα. Η τοπολογία, η εκχώρηση καναλιών και οι παρεμβολές του τρέχοντος ασύρματου δικτύου αναλύονται με ακρίβεια από έναν προηγμένο αλγόριθμο DRL, ο οποίος στη συνέχεια επιλέγει την καλύτερη λειτουργία ασύρματης πρόσβασης (κυψελοειδές, V2V ή D2D) για να αυξήσει τον επικοινωνιακό ρυθμό, να εξοικονομήσει ενέργεια ή να

βελτιώσει την UE. Οι διαμορφώσεις δικτύου και τα λειτουργικά δεδομένα έχουν τη δυνατότητα αναπαραγωγής και συγχρονισμού μεταξύ των διακομιστών αιχμής σε ένα ασφαλές αποκεντρωμένο περιβάλλον που παρέχεται από το blockchain. Αυτό μπορεί να βοηθήσει με τη διάγνωση δικτύου και να ενεργοποιήσει την αξιόπιστη εννοχήστρωση.

1. Blockchain για μεγάλα δεδομένα στο δίκτυα τρέχουσας γενιάς

Τα μεγάλα δεδομένα αναδεικνύονται ως δημοφιλές ερευνητικό ζήτημα στα δίκτυα τελευταίας γενιάς στην εποχή της «πληροφοριακής πανδώρας» [42]. Είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί το ογκώδες μέγεθος δεδομένων πολυμέσων που προέρχονται από οντότητες IoT για τη διευκόλυνση πληροφορικών εφαρμογών, όπως η εξόρυξη δεδομένων και η ανάλυση με τη βοήθεια συστημάτων AI [42, 43]. Οι υψηλές χωρητικότητες αποθήκευσης είναι κάτι που μπορούν να παρέχουν οι υπηρεσίες υπολογιστικού νέφους για να υποστηρίξουν τον πολλαπλασιαζόμενο όγκο και την ποικιλομορφία ψηφιακών πληροφοριών από το Διαδίκτυο των Πραγμάτων. Η τεχνολογία μεγάλων δεδομένων, ωστόσο, μπορεί να αντιμετωπίσει μια πληθώρα από δυσκολίες, από ζητήματα ελέγχου πρόσβασης, παραβιάσεις του απορρήτου μέχρι ελαττώματα ασφαλείας που προκαλούνται από εξαιρετικά εξειδικευμένη κλοπή δεδομένων [42, 43, 44]. Επιπλέον, λόγω των περίπλοκων λειτουργικών και επιχειρηματικών ρυθμίσεων, τα αναλυτικά δεδομένα μεγάλων δεδομένων στην υπολογιστική αιχμή και νέφους είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε κυβερνοαπειλές.

Σε τέτοιου είδους καταστάσεις, το blockchain φαίνεται ως η καλύτερη επιλογή για την αντιμετώπιση μαζικών ζητημάτων που σχετίζονται με δεδομένα. Η αποκεντρωμένη διαχείριση σε συνδυασμό με την αξιοπιστία και τον έλεγχο ταυτότητας του blockchain μπορεί, στην πραγματικότητα, να προσφέρει τεράστιους πόρους δεδομένων εξαιρετικές διασφαλίσεις ασφαλείας. Συγκεκριμένα, το blockchain μπορεί να προσφέρει εμπιστοσύνη και διαφάνεια για την κοινή χρήση μεγάλων δεδομένων μεταξύ κατόχων δεδομένων και παρόχων υπηρεσιών. Το Blockchain μπορεί να διευκολύνει πλήρως την κοινή χρήση δεδομένων, γεγονός που επιτρέπει την ανάπτυξη μεγάλων δεδομένων 5G σε μεγάλη κλίμακα, εξαλείφοντας τον φόβο των συμφορήσεων ασφαλείας. Ορισμένα μοντέλα μεγάλων δεδομένων με δυνατότητα blockchain - όπως ο διαμοιρασμός πληροφοριών μέσω έξυπνων συμβολαίων, μέτρα ασφαλείας για τον έλεγχο της πρόσβασης σε μεγάλα δεδομένα, και η διατήρηση της ιδιωτικότητας για την ανάλυση μεγάλων δεδομένων - παρουσιάστηκαν πρόσφατα. Αυτές οι πρώιμες ενδείξεις υπογραμμίζουν πως η αλυσιδωτή τεχνολογία μπλοκ μπορεί να προσφέρει ποικίλα ωφέλη σχετικά με τη βελτίωση της ασφαλείας απόδοσης σε εφαρμογές μεγάλων δεδομένων στα δίκτυα τρέχουσας γενιάς. [44, 45, 46,47]

1. Blockchain για Δίκτυα επόμενης γενιάς 6G:

Στη δεκαετία του 2030, τα δίκτυα επόμενης γενιάς, που αναφέρονται επίσης ως 6G, θα έρθουν με σκοπό να ξεπεράσουν τα προηγούμενα και να υποστηρίξουν τις κλιμακούμενες απαιτήσεις των επερχόμενων υπηρεσιών για κινητά. Όλα τα προηγούμενα χαρακτηριστικά—όπως δικτυακή πυκνότητα, υψηλή απόδοση και αξιοπιστία, χαμηλή ενεργειακή κατανάλωση και υπέρμετρη συνδεσιμότητα—θα συνδυαστούν για να σχηματίσουν τα βασικά στοιχεία του 6G. Τα ασύρματα δίκτυα επόμενης γενιάς επρόκειτο να προσφέρουν μεταδόσεις δεδομένων πολλών gigabit σε πολύ μεγάλη απόδοση, επικοινωνίες εξαιρετικά χαμηλής καθυστέρησης (περίπου δέκα δευτερολέπτων S), υποβρύχιες - διαστημικές επικοινωνίες και μαζική συνδεσιμότητα χρηστών, σύμφωνα με το [48]. Με την προσθήκη νέας τεχνολογίας, τα δίκτυα έκτης γενιάς αναμένεται να προωθήσουν νέες ανθρωποκεντρικές αξίες που γίνονται δυνατές με τη βοήθεια μιας πληθώρας δημιουργικών υπηρεσιών. Το Διαδίκτυο των νανοπραγμάτων, η περιήγηση σε θάλασσα μεγάλου βάθους, τα έξυπνα wearables, τα εμφυτεύματα, τα αυτοκίνητα χωρίς οδηγό, οι υπολογιστές, τα gadget επταυξημένης πραγματικότητας, η έξυπνη διαβίωση και τα ταξίδια εκτός Γής είναι μερικά παραδείγματα νέων υπηρεσιών που μπορεί να προσφέρονται.

Προκειμένου να υποστηριχθούν αυτού του είδους οι εφαρμογές για το πληροφορικά ευφυές 2030, τα δίκτυα επόμενης γενιάς θα πρέπει να απαντά ορισμένες αυστηρές τεχνολογικές προδιαγραφές. Αυτό το σκεπτικό υποδηλώνει ότι η ασύρματη ερευνητική κοινότητα θα δώσει ιδιαίτερη έμφαση στην ενισχυμένη ασφάλεια και το απόρρητο ως βασικά στοιχεία του 6G. Το πιθανό χαρακτηριστικό ασφαλείας του Blockchain αναμένεται να είναι κρίσιμο για την αποτελεσματική εφαρμογή των επόμενων δικτύων 6G. Το Blockchain, σύμφωνα με την Ομοσπονδιακή Επιτροπή Επικοινωνιών (FCC), θα είναι ένα κρίσιμο συστατικό των υπηρεσιών 6G. Μια δυνητικά χρήσιμη λύση για το 6G είναι η κοινή χρήση φάσματος που βασίζεται σε blockchain, η οποία προσφέρει αποκεντρωμένη κοινή χρήση φάσματος που είναι ασφαλής, έξυπνη, οικονομικά προσιτή και εξαιρετικά αποτελεσματική. Το αλυσιδωτό σύστημα μπλοκ δύναται επίσης να επιφέρει την ασφάλεια και το απόρρητο των επικοινωνιών κβαντισμού και των υπολογιστών, των μοριακών επικοινωνιών και του Διαδικτύου των μικρόπραγμάτων μέσω ασφαλών αποκεντρωμένων λογιστικών καθολικών.

Συμπεράσματα και ερευνητικές συνεισφορές

Μια σχετικά νέα τεχνολογία, το blockchain αποτελεί έναν από τους κύριους ενισχυτές των δικτύων τρέχουσας γενιάς βάσει της ειδικής ικανότητάς του να εγγυάται την ασφάλεια και να βελτιστοποιεί την αποτελεσματικότητα του δικτύου. Σε αυτήν την πτυχιακή, ασχοληθήκαμε με το πώς η τεχνολογία blockchain μπορεί να επιτρέψει τα συστήματα και τις υπηρεσίες 5G, πραγματοποιώντας μια έρευνα αιχμής και διεξάγοντας σε βάθος συνομιλίες με βάση τις τρέχουσες μελέτες και έργα στον τομέα αυτόν. [4.27]

Παρέιχαμε μια εκτενή έρευνα σε αυτή τη μελέτη με έμφαση στις τελευταίες εξελίξεις τεχνολογίας στη συνέργεια blockchain με δίκτυα τρέχουσα γενιάς. Συγκεκριμένα, περιγράψαμε τις βασικές αρχές της τεχνολογίας αλυσιδωτών μπλοκ και των δικτύων αυτών και τονίσαμε την ανάγκη για την τομή τους. Στη συνέχεια, ερευνήσαμε διεξοδικά και εξετάσαμε πώς το blockchain θα μπορούσε να διευκολύνει σημαντικές τεχνολογίες 5G, συμπεριλαμβανομένης της επικοινωνίας D2D, των δικτύων που καθορίζονται από λογισμικό, του cloud computing, του edge computing, των εικονικών λειτουργιών δικτύου και του διαχωρισμού δικτύου.

Τέλος, στο πλαίσιο των δικτύων 5G, η τεχνολογία blockchain δύναται να είναι ένας πολύ ισχυρός παράγοντας ασφαλείας. Το ακέραιο της ασφαλείας και το πληροφοριακό απόρρητο και των συναλλαγών 5G μπορούν να βελτιωθούν λόγω της αμετάβλητης φύσης, του αποκεντρωμένου μοντέλου εμπιστοσύνης και των δυνατοτήτων κρυπτογράφησης. Ωστόσο, η επίλυση των ζητημάτων της πολυπλοκότητας, της επεκτασιμότητας και της συμμόρφωσης είναι απαραίτητη για την επιτυχή ολοκλήρωση. Η συνέργεια του Blockchain δείχνει τεράστια υπόσχεση για την επίλυση των προβλημάτων ασφαλείας του ολοένα και πιο συνδεδεμένου κόσμου μας, καθώς το 5G συνεχίζει να καινοτομεί και να επεκτείνεται. [41] Ξεκινάμε μόλις με την έρευνα blockchain για ασύρματα δίκτυα 5G. Ωστόσο, είναι βέβαιο ότι η τεχνολογία αυτή θα βελτιώσει τη δομή και την εμπειρία χρήστη των επερχόμενων εφαρμογών και υπηρεσιών για κινητά. [27, 47]

Πηγές

- [1] Nakamoto, Satoshi, and A. Bitcoin. "A peer-to-peer electronic cash system." Bitcoin.–URL: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> 4.2 (2008): 15.
- [2] Tapscott, Don, and Alex Tapscott. Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world. Penguin, 2016.
- [3] Mougayar, William. The business blockchain: promise, practice, and application of the next Internet technology. John Wiley & Sons, 2016.
- [4] Antonopoulos, Andreas M. Mastering Bitcoin: unlocking digital cryptocurrencies. " O'Reilly Media, Inc.", 2014.
- [5] Vigna, Paul, and Michael J. Casey. The truth machine: the blockchain and the future of everything. Picador, 2019.
- [6] Swan, Melanie. Blockchain: Blueprint for a new economy. " O'Reilly Media, Inc.", 2015.
- [7] Narayanan, Arvind, et al. Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction. Princeton University Press, 2016.
- [8] Zheng, Zhibin, et al. "An overview of blockchain technology: Architecture, consensus, and future trends." 2017 IEEE international congress on big data (BigData congress). IEEE, 2017.
- [9] Zohar, Aviv. "Bitcoin: under the hood." Communications of the ACM 58.9 (2015): 104-113.
- [10] Buterin, Vitalik. "Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform." (2014).
- [11] Gad, Ahmed G., et al. "Emerging trends in blockchain technology and applications: A review and outlook." Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences 34.9 (2022): 6719-6742.
- [12] Wang, Qianwen, et al. "A comparative study of blockchain consensus algorithms." Journal of Physics: Conference Series. Vol. 1437. No. 1. IOP Publishing, 2020.
- [13] Saad, Sheikh Munir Skh, and Raja Zahilah Raja Mohd Radzi. "Comparative review of the blockchain consensus algorithm between proof of stake (pos) and delegated proof of stake (dpos)." International Journal of Innovative Computing 10.2 (2020).
- [14] Shapiro, Gary, Christopher Natoli, and Vincent Gramoli. "The performance of Byzantine fault tolerant blockchains." 2020 IEEE 19th International Symposium on Network Computing and Applications (NCA). IEEE, 2020.
- [15] Živi, N., E. Kadušić, and K. Kadušić. "Directed acyclic graph as tangle: An IoT alternative to blockchains." 2019 27th Telecommunications Forum (TELFOR). IEEE, 2019.
- [16] Buterin, Vitalik. "Ethereum: A Next-Generation Cryptocurrency and Decentralized Application Platform." ethereum.org

- [17] Szabo, Nick. "Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets."
- [18] Poon, Joseph, and Thaddeus Dryja. "The Bitcoin Lightning Network: Scalable Off-Chain Instant Payments."
- [19] Benet, Juan. "IPFS - Content Addressed, Versioned, P2P File System."
- [20] Mishra, Harsh S., and Sandeep K. Shukla. "A Survey of Blockchain Security Issues and Solutions."
- [21] Bartoletti, Massimo, and Stefano Lande. "Smart Contracts: A Systematic Mapping Study." ieeexplore.ieee.org
- [22] Yue, Xiang, et al. "Decentralized Applications: The Blockchain-Empowered Software System." ieeexplore.ieee.org
- [23] MOHAMMAD TAHIR, (Member, IEEE), MOHAMED HADI HABAEBI, (Senior Member, IEEE), MOHAMMAD DABBAGH, (Member, IEEE), AMNA MUGHEES, ABDUL AHAD, AND KAZI ISTIAQUE AHMED. "A Review on Application of Blockchain in 5G and Beyond Networks: Taxonomy, Field-Trials, Challenges and Opportunities" June 17, 2020 :
- [24] Dinh C. Nguyen, Student Member, IEEE, Pubudu N. Pathirana, Senior Member, IEEE, Ming Ding, Senior Member, IEEE, Aruna Seneviratne, Senior Member, IEEE, "Blockchain for 5G and Beyond Networks: A State of the Art Survey" ,2019
- [25] Ishan Mistry , Sudeep Tanwar , Sudhanshu Tyagi , Neeraj Kumar , "Blockchain for 5G-enabled IoT for industrial automation: A systematic review, solutions, and challenges", 135 (2020) 106382
- [26] A. Panarello, N. Tapas, G. Merlino, F. Longo, and A. Puliafito, "Blockchain and IoT integration: a systematic survey," *Sensors*, vol. 18, no. 8, p. 2575, 2018.
- [27] Dinh C. Nguyen, Student Member, IEEE, Pubudu N. Pathirana, Senior Member, IEEE, Ming Ding, Senior Member, IEEE, Aruna Seneviratne, Senior Member, IEEE, "Blockchain for 5G and Beyond Networks: A State of the Art Survey", Dec 2019
- [28] Ahmed G. Gad, Diana T. Mosa, Laith Abualigah, Amr A. Abohany, "Emerging Trends in Blockchain Technology and Applications: A Review and Outlook", *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, Volume 34, Issue 9, 2022
- [29] Nail Adeeb Ali Abdu and Zhaoshun Wang, "Blockchain for Healthcare Sector-Analytical Review", 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1110 012001
- [30] Jain G, Jain A. Blockchain for 5G-enabled networks in healthcare service based on several aspects. *Blockchain Applications for Healthcare Informatics*. 2022:471–93. doi: 10.1016/B978-0-323-90615-9.00018-9. Epub 2022 Jun 17. PMID: PMC9212251.
- [31] Wei Cai et al.: Decentralized Applications: The Blockchain-Empowered Software System, DOI 10.1109/ACCESS.2018.2870644, IEEE Access
- [32] Marcin Frąckiewicz "Ο ρόλος του 5G στη Μεταμόρφωση της Διαχείρισης Εφοδιαστικής Αλυσίδας"

- [33] Roberto Casado-Vara, Javier Prieto, Fernando De la Prieta, Juan M. Corchado, "How blockchain improves the supply chain: case study alimentary supply chain", *Procedia Computer Science*, Volume 134, 2018,
- [34] Josias N. Dewey, Robert Hill and Rebecca Plasencia, " BLOCKCHAIN AND 5G-ENABLED INTERNET OF THINGS (IOT) WILL REDEFINE SUPPLY CHAINS AND TRADE FINANCE" 2018, The secured lender
- [35] Ruli Liu, Wenxue Ran, Shiwen Liu, "Blockchain Technology Applied to Supply Chain Management: A Systems' Analysis", *Mobile Information Systems*, vol. 2023, Article ID 6046503, 23 pages, 2023. <https://doi.org/10.1155/2023/6046503>
- [36] A. Islam and S. Y. Shin, "Bus: A blockchain-enabled data acquisition scheme with the assistance of UAV swarm in internet of things," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 103 231–103 249, 2019
- [37] I. J. Jensen, D. F. Selvaraj, and P. Ranganathan, "Blockchain technology for networked swarms of unmanned aerial vehicles (uavs)," in 2019 IEEE 20th International Symposium on " A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks"(WoWMoM), 2019, pp. 1–7.
- [38] V. Sharma, I. You, D. N. K. Jayakody, D. G. Reina, and K.-K. R. Choo, "Neural-blockchain-based ultrareliable caching for edge-enabled UAV networks," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 10, pp. 5723–5736, 2019
- [39] Rajesh Gupta, Sudeep Tanwar, Neeraj Kumar, Blockchain and 5G integrated softwarized UAV network management: Architecture, solutions, and challenges, *Physical Communication*, Volume 47, 2021
- [40] NogalesB. et al. A NFV system to support configurable and automated multi-UAV service deployments
- [41] Chaer, Abdulla & Salah, Khaled & Lima, Claudio & Ray, Partha & Sheltami, Tarek. (2019). Blockchain for 5G: Opportunities and Challenges. 10.1109/GCWkshps45667.2019.9024627.
- [42] M. G. Kibria, K. Nguyen, G. P. Villardi, O. Zhao, K. Ishizu, and F. Kojima, "Big data analytics, machine learning, and artificial intelligence in next-generation wireless networks," *IEEE access*, vol. 6, pp. 32 328– 32 338, 2018.
- [43] A. A. Cardenas, P. K. Manadhata, and S. P. Rajan, "Big data analytics ´ for security," *IEEE Security & Privacy*, vol. 11, no. 6, pp. 74–76, 2013
- [44] K. Sultan, H. Ali, and Z. Zhang, "Big data perspective and challenges in next generation networks," *Future Internet*, vol. 10, no. 7, p. 56, 2018
- [45] E. Karafiloski and A. Mishev, "Blockchain solutions for big data challenges: A literature review," in *IEEE EUROCON 2017-17th International Conference on Smart Technologies*, 2017, pp. 763–768
- [46] L. Yue, H. Junqin, Q. Shengzhi, and W. Ruijin, "Big data model of security sharing based on blockchain," in 2017 3rd International Conference on Big Data Computing and Communications (BIGCOM) , 2017, pp. 117–121.

- [47] K. Lampropoulos, G. Georgakakos, and S. Ioannidis, "Using blockchains to enable big data analysis of private information," in 2019 IEEE 24th International Workshop on Computer Aided Modeling and Design of Communication Links and Networks (CAMAD), 2019, pp. 1–6.
- [48] W. Saad, M. Bennis, and M. Chen, "A vision of 6G wireless systems: Applications, trends, technologies, and open research problems," arXiv preprint arXiv:1902.10265, 2019
- [49] Panarello, N. Tapas, G. Merlino, F. Longo, and A. Puliafito, "Blockchain and IoT integration: a systematic survey," *Sensors*, vol. 18, no. 8, p. 2575, 2018.
- [50] K. Leng, Y. Bi, L. Jing, H.-C. Fu, and I. van Nieuwenhuysse, "Research on agricultural supply chain system with double chain architecture based on blockchain technology," *Future Generation Computer Systems*, vol. 86, pp. 641–649, Sep. 2018.
- [51] T. Feng, X. S. Wang, C. Y. Liu, and J. L. Fang, "Secure Data Collaborative Computing Scheme Based on Blockchain," *Security and Communication Networks*, vol. 2021, Article ID 6630291, 2021.
- [52] X. Ma, C. Wang, and X. Chen, "Trusted data sharing with flexible access control based on blockchain," *Computer Standards & Interfaces*, vol. 78, no. 1, Article ID 103543, 2021.
- [53] I. Ahmad, T. Kumar, M. Liyanage, J. Okwuibe, M. Ylianttila and A. Gurtov, "Overview of 5g security challenges and solutions", *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 2, no. 1, pp. 36-43, 2018.
- [54] Panagiota D. Giotopoulou, The evolution of mobile communications: Moving from 1G to 5G, and from human-to-human to machine-to-machine communications, National and Kapodistrian University of Athens, School of Science, November 2015.
- [55] L. Castaldo and V. Cinque, "Blockchain-based logging for the cross-border exchange of ehealth data in Europe," in Proc. Int. ISCIS Secur. Workshop, 2018, pp. 46–56
- [56] K. N. Griggs, O. Ossipova, C. P. Kohlios, A. N. Baccarini, E. A. Howson, and T. Hayajneh, "Healthcare blockchain system using smart contracts for secure automated remote patient monitoring," *J. Med. Syst.*, vol. 42, no. 7, pp. 1–7, 2018
- [57] Baozhan Chen, Siyuan Qiao, Jie Zhao, Dongqing Liu, Xiaobing Shi, Minzhao Lyu, Haotian Chen, Huimin Lu, and Yunkai Zhai. A security awareness and protection system for 5g smart healthcare based on zero-trust architecture. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(13):10248–10263, 2021.