



Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

**Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Προηγμένα Συστήματα Πληροφορικής»**

Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	Αξιοπιστία και Κοινωνική Ανταλλαγή στο Διαδίκτυο των Αντικειμένων Trust Management and Social Exchange in the Internet of Things
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	Τσάκωνα Ευανθία
Πατρώνυμο	Αντώνιος
Αριθμός Μητρώου	ΜΠΣΠ14090
Επιβλέπων	Δουληγέρης Χρήστος, Καθηγητής

Ημερομηνία Παράδοσης: Οκτώβριος 2017

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

(υπογραφή)
Δουληγέρης Χρήστος
Καθηγητής

(υπογραφή)
Βέργαδος Δημητριος
Αναπληρωτής Καθηγητής

(υπογραφή)
Κοτζανικολάου
Παναγιώτης
Επίκουρος
Καθηγητής

Περιεχόμενα

Περίληψη	7
Abstract	10
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή	11
1.1 Σκοπός	11
1.2 Συνοπτική Περιγραφή.....	11
Κεφάλαιο 2: Επισκόπηση του <i>Internet of Things</i>	12
2.1 Γενικά για το Internet of Things	12
2.2 Ιστορικό Υπόβαθρο	13
Κεφάλαιο 3: Έξυπνα Αντικείμενα	15
3.1 Η Εξέλιξη των Έξυπνων Αντικειμένων	15
3.2 Κατηγορίες Αντικειμένων	18
Κεφάλαιο 4: Βασικές σχέσεις μεταξύ αντικειμένων	19
4.1 Το <i>Social Internet of Things</i>	19
4.1.1 Σχέσεις μεταξύ αντικειμένων στο <i>SIoT</i>	22
4.1.2 Παράγοντες εύκολης πλοήγησης στο δίκτυο.....	22
4.1.3 Επιλογή των διαδικτυακών συνδέσεων.....	23
4.1.4 Αρχιτεκτονική δικτύου <i>SIoT</i>	25
4.1.5 Κύριες διεργασίες στο <i>SIoT</i>	28
4.2 Επικοινωνίες αντικειμένων μέσα σε οικιακό περιβάλλον	30
4.2.1 Βασικοί τύποι σχέσεων στην επικοινωνία σε οικιακό περιβάλλον	30
4.2.2 Αυτόματη δημιουργία σχέσεων – Βασική Αρχιτεκτονική	32
4.3 Σχέσεις μεταξύ αντικειμένων βασισμένες στη θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής	34
4.3.1 Η Ιστορία της θεωρίας της Κοινωνικής Ανταλλαγής.....	34
4.3.2 Βασικές Έννοιες	35
4.3.3 Τρόποι Ανταλλαγής	37
4.3.4 <i>IoT</i> και θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής	37
4.3.5 Σενάρια σχηματισμού σχέσεων με βάση την κοινωνική ανταλλαγή.....	41
Κεφάλαιο 5: Διαχείριση Αξιοπιστίας	51
5.1 Το παράδειγμα των <i>P2P</i> δικτύων.....	53
5.2 Υποκειμενικό Μοντέλο Διαχείρισης Αξιοπιστίας.....	53

5.2.1	Υπολογισμός Υποκειμενικής Αξιοπιστίας.....	56
5.3	Αντικειμενικό Μοντέλο Αξιοπιστίας.....	58
5.3.1	Κατηγοριοποίηση Δικτύων	59
5.3.2	Υπολογισμός Αντικειμενικής Αξιοπιστίας	60
5.4	Μοντέλο Προσαρμοστικής Διαχείρισης Αξιοπιστίας.....	63
5.4.1	Είδη επιθέσεων	64
5.4.2	Βασικές αρχές του προσαρμοστικού μοντέλου αξιοπιστίας.....	65
5.4.3	Υπολογισμός Προσαρμοστικής Διαχείρισης Αξιοπιστίας	65
5.5	Θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής και μέθοδοι αξιολόγησης αξιοπιστίας	70
5.5.1	Μοντέλο Υποκειμενικής Αξιοπιστίας	71
5.5.2	Μοντέλο αντικειμενικής διαχείρισης αξιοπιστίας.....	72
5.5.3	Προσαρμοστικό Μοντέλο Διαχείρισης Αξιοπιστίας.....	72
Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα – Επίλογος.....		73
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		75

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Η ιδέα του Internet of Things [1]	13
Εικόνα 2: Τα κύρια χαρακτηριστικά των κατηγοριών των έξυπνων αντικειμένων [3]	17
Εικόνα 3: Αποκεντρωμένη αναζήτηση [4]	20
Εικόνα 4: Επιλογή διαδικτυακών δεσμών [4]	25
Εικόνα 5: Προτεινόμενο μοντέλο για το SIoT που ακολουθεί την αρχιτεκτονική τριών επιπέδων. [9]	26
Εικόνα 6: Τρόπος λειτουργίας του SDN cloud στο οικιακό περιβάλλον [5]	32
Εικόνα 7: Παράδειγμα χωρισμού σε τομείς ενός έξυπνου σπιτιού [5]	34
Εικόνα 8: Αποκεντρωμένη αναζήτηση παιχνιδιού στο IoT βασισμένη στη θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, από το αντικείμενο 1	43
Εικόνα 9: Γραφική απεικόνιση του σεναρίου 2	46
Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση του σεναρίου 5	50
Εικόνα 11: Διαχείριση πληροφορίας αξιοπιστίας στο αντικειμενικό μοντέλο [7]	62
Εικόνα 12: Τα συστατικά μέρη του προσαρμοστικού μοντέλου αξιοπιστίας [8]	66

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1: Προτεινόμενες τιμές του παράγοντα σχέσης [6]	55
Πίνακας 2: Προτεινόμενες τιμές για τον παράγοντα υπολογιστικών ικανοτήτων του αντικειμένου [6]	55
Πίνακας 3: Μέθοδοι συστημάτων αξιοπιστίας για αποθήκευση, μοίρασμα και επεξεργασία δεδομένων [7]	59
Πίνακας 4: Σύγκριση υποκειμενικού και αντικειμενικού μοντέλου αξιοπιστίας ως προς την αποθήκευση, το μοίρασμα και την επεξεργασία των δεδομένων αξιοπιστίας [7]	61
Πίνακας 5: Σύγκριση υποκειμενικού και αντικειμενικού μοντέλου αξιοπιστίας ως προς τις ιδιότητες της μεταβατικότητας, της σύνθεσης, της εξατομίκευσης και της ασυμμετρίας. [7]	61

Περίληψη

Το περιεχόμενο της διδακτορικής αυτής διατριβής, ασχολείται με την αναγνώριση και την παράθεση των τρόπων, μέσα από τους οποίους γίνεται η σύνθεση φιλίας ανάμεσα στα έξυπνα αντικείμενα, στα πλαίσια του διαδικτύου των πραγμάτων. Επιπλέον, εξετάζει τρόπους αξιολόγησης της αξιοπιστίας των αντικειμένων που ανήκουν στο δίκτυο αυτό, ώστε να μπορεί να προστατεύεται από κακόβουλες επιθέσεις.

Αρχικά, γίνεται μια αναφορά στον ορισμό του Διαδικτύου των πραγμάτων και στο πως αυτό εξελίχθηκε με το πέρασμα του χρόνου. Ποιες είναι οι βασικές του εφαρμογές, σε ποιους τομείς και γιατί λέμε ότι πρόκειται για επανάσταση στο χώρο της τεχνολογίας. Στη συνέχεια, ασχοληθήκαμε με τα έξυπνα αντικείμενα, την κατηγοριοποίησή τους, αλλά και το λόγο για τον οποίον μπορούμε να τα αξιοποιήσουμε στο σύγχρονο διαδίκτυο των πραγμάτων.

Έπειτα, περνάμε στην ανάλυση των βασικών μοντέλων με τα οποία γίνεται η σύνθεση των σχέσεων φιλίας ανάμεσα στα αντικείμενα, γίνεται εξήγηση των βασικών αρχών τους και δίνονται παραδείγματα για το πώς υλοποιούνται. Γίνεται αξιοποίηση της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής, ώστε σε συνδυασμό με τα ήδη υπάρχοντα μοντέλα να προκύψει μια βελτιωμένη θεωρία για την δημιουργία σχέσεων ανάμεσα στις έξυπνες συσκευές, που θα ανταποκρίνεται με καλύτερο τρόπο στις ανάγκες των ανθρώπων.

Τέλος, η μεταπτυχιακή διατριβή, ασχολείται με την ανάλυση μοντέλων διαχείρισης αξιοπιστίας των έξυπνων αντικειμένων-κόμβων ενός δικτύου πραγμάτων. Προσδιορίζεται ποια είναι τα ήδη των επιθέσεων που μπορεί να δεχτεί το σύστημα και πως ο υπολογισμός της αξιοπιστίας των αντικειμένων μπορεί να συμβάλει στην προστασία όλου του συστήματος. Εισάγεται και η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής στον τομέα της αξιοπιστίας, ώστε τα αποτελέσματα που λαμβάνονται να ανταποκρίνονται καλύτερα στα δεδομένα του κάθε χρήστη.

Abstract

The present thesis is concerned about the way, smart objects create friendship relationships between each other so as to communicate and solve problems, so as to help and relieve humans from every day simple functions. Furthermore, this thesis presents the basic models, which are used to evaluate the trust of the nodes of a system, that is composed of smart objects.

In the beginning, the thesis introduces the world of Internet of Things, by giving its definition, the main applications on which it is used and the way it was evolved throughout the years. Continuing, the smart objects are studied and the way their properties were used so as to lead to the evolution of Internet of Things.

After that, the thesis quotes the basic models on which the relationships between smart objects are constructed and examples are given so as to be well understood. Social exchange theory is introduced so as to help the above models improve and focus better on the needs of the human users.

In the end, there are presented the models which are used to calculate and manage the trust of each smart object in the network. Many problems can arise, when the systems is under attack by a malicious node, so it is of utmost importance for it to be protected. The social exchange theory can be used to the above models so as to customize better the experience for each special user.

Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή

1.1 Σκοπός

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθεί το θέμα της δημιουργίας σχέσεων φιλίας μεταξύ έξυπνων αντικειμένων. Στην σημερινή εποχή, κατασκευάζονται πληθώρα από τεχνολογικά αντικείμενα, που δεν χρησιμοποιούνται απλώς για την εκτέλεση απλών πράξεων και εντολών του χρήστη. Τα αντικείμενα αυτά, πλέον, έχουν την δυνατότητα να πραγματοποιούν σύνθετες λειτουργίες χάρη στην ανάπτυξη των υπολογιστικών τους ικανοτήτων, αλλά και στην ανάπτυξη συστημάτων με τα οποία υπάρχει η δυνατότητα, με την λήψη κάποιων ερεθισμάτων, να γίνει αλληλεπίδραση με το περιβάλλον τους, φυσικό ή τεχνολογικό. Ταυτόχρονα, το μέγεθος των συσκευών αυτών τείνει να γίνεται όλο και μικρότερο με αποτέλεσμα οι αλληλεπιδράσεις αυτές να έχουν την δυνατότητα να είναι συνεχείς, καθώς οι άνθρωποι μπορούν να τις έχουν μαζί τους ανά πάσα στιγμή.

Χρήσιμο, λοιπόν, είναι, αξιοποιώντας αυτές τις συσκευές, να διευκολυνθούν κάποιες από τις εργασίες των ανθρώπων, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής τους και να μειωθεί ο χρόνος τον οποίον αφιερώνουν σε καθημερινές, επίπονες ή χρονοβόρες διαδικασίες. Σε αυτό μπορεί να συμβάλει η διασύνδεση των συσκευών αυτών, η δημιουργία δικτύων, μέσα από τα οποία θα ανταλλάσσονται πληροφορίες και υπηρεσίες, που θα συμβάλουν στην επίτευξη ενός στόχου για λογαριασμό του ανθρώπου. Η δημιουργία των δικτύων αυτών ανάμεσα στα αντικείμενα, για το οποίο έχει επικρατήσει η ορολογία *Internet of Things*, θα μελετηθεί στην παρούσα εργασία. Με βάση ποιες συνθήκες μπορούμε να έχουμε σχέση μεταξύ «έξυπνων» αντικειμένων, πού βασίζονται και με βάση ποια μοντέλα γεννιούνται. Επίσης, θα μελετηθούν τρόποι διαχείρισης της αξιοπιστίας των σχέσεων μεταξύ των αντικειμένων και το πως μπορεί να γίνει η αξιολόγηση της αξιοπιστίας ενός αντικειμένου, προκειμένου εξελιχθεί μια φιλία ανάμεσα σε δύο αντικείμενα ή όχι.

1.2 Συνοπτική Περιγραφή

Στο παρακάτω κείμενο, αρχικά γίνεται μια εισαγωγή στο θέμα του *Internet of Things*, με την παράθεση κάποιων στατιστικών και ιστορικών στοιχείων, αλλά και στοιχείων που αφορούν στην χρησιμότητά τους και στις λειτουργίες, που είναι σε θέση να πραγματοποιήσουν. Στη συνέχεια, προχωράμε σε παρουσίαση κάποιων βασικών στοιχείων σχετικά με τα αντικείμενα και το πως

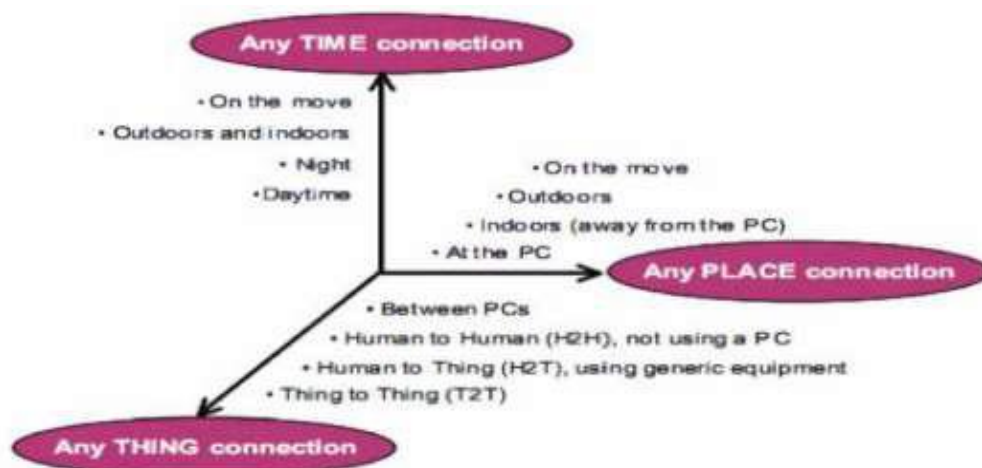
αυτά εξελίχθηκαν με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, ώστε να φτάσουν στο σημείο να μπορούν να δημιουργήσουν σχέσεις μεταξύ τους, ακόμα και κοινότητες, για λογαριασμό του ανθρώπου και να προσφέρουν λύσεις σε προβλήματα της καθημερινότητάς του. Έπειτα, αναλύονται κάποια βασικά στοιχεία της αρχιτεκτονικής συστημάτων *Internet of Things*, όπου περιγράφονται κάποιες βασικές δομές, ανάλογα με τον τύπο της σχέσης που αναπτύσσεται. Στη συνέχεια, γίνεται η επισκόπηση των συστημάτων του *Social Internet of Things* και των επικοινωνιών μέσα σε οικιακό περιβάλλον, όπου περιγράφονται οι συνθήκες και τα κριτήρια βάση των οποίων τα έξυπνα αντικείμενα δημιουργούν φιλίες. Αξιοποιείται, επιπρόσθετα, η κοινωνιολογική θεωρία της Κοινωνικής Ανταλλαγής, που συνδυάζεται με την κοινωνική πτυχή των αντικειμένων και γίνεται μία προσπάθεια σύνθεσης μιας νέας θεωρίας σχηματισμού σχέσεων μεταξύ αντικειμένων, που βασίζεται στις αρχές της συγκεκριμένης θεωρίας. Τέλος, αναλύεται η διαχείριση αξιοπιστίας των συστημάτων αυτών και τα θέματα ασφάλειας που υπάρχουν για το δίκτυο, αλλά και πως η εκτίμηση της αξιοπιστίας μιας συσκευής μπορεί να συμβάλει στη δημιουργία της σχέσης και κατ' επέκταση του δικτύου.

Κεφάλαιο 2: Επισκόπηση του *Internet of Things*

2.1 Γενικά για το *Internet of Things*

Το λεγόμενο "Διαδίκτυο των Πραγμάτων" είναι ένα εγχείρημα, μία ιδέα, που έχει την βάση του στην σύνδεση διάφορων μικρών και μεγάλων συσκευών ή και οχημάτων με ενσωματωμένους αισθητήρες και εξοπλισμό διασύνδεσης (*tablets*, τηλέφωνα, ρηξία, *wearables*, κάμερες, αισθητήρες, λευκές συσκευές, αυτοκίνητα και αναρίθμητες άλλες συσκευές) τόσο μεταξύ τους όσο και με τον κατασκευαστή, για να λαμβάνουν και να μεταδίδουν σχετικά δεδομένα, με στόχο να προσφέρουν περισσότερες υπηρεσίες και πρόσθετη αξία. Δηλαδή, πρόκειται για ένα αναπτυσσόμενο δίκτυο των καθημερινών αντικειμένων - από τις βιομηχανικές μηχανές έως τα καταναλωτικά αγαθά -που μπορεί να μοιράζεται πληροφορίες και να ολοκληρώνει εργασίες, ενώ ο άνθρωπος είναι απασχολημένος με άλλες δραστηριότητες. Πρόκειται, για μια επανάσταση στον χώρο της τεχνολογίας, αφού προσφέρει τόσο καλύτερη λειτουργικότητα και ευκολία με την αυτόματη εκτέλεση εργασιών που προσφέρει, όσο και οικονομικό όφελος. Κάθε αντικείμενο είναι μοναδικά αναγνωρίσιμο στον κόσμο του δικτύου αυτού και είναι σε θέση να επικοινωνεί με άλλα αντικείμενα για να φέρουν σε πέρας στόχους που τους έχουν ανατεθεί. Η εκτίμηση των ειδικών είναι ότι στο IoT το 2020 θα είναι συνδεδεμένες περίπου πενήντα δισεκατομμύρια συσκευές.

Με αυτό τον τρόπο γίνεται αντιληπτό, ότι πλέον ο εικονικός κόσμος της τεχνολογίας της πληροφορικής, πλέον ενσωματώνεται στον πραγματικό κόσμο και τον καθιστά πιο προσιτό. Επίσης, οι επιχειρήσεις επωφελούνται από την τεχνολογία αυτή, καθώς πλέον αρκετές από τις λειτουργίες τους μπορούν να σχεδιάζονται και να πραγματοποιούνται απομακρυσμένα. Συνοψίζοντας, η τεχνολογία του IoT μπορεί να επιτρέψει σε τεράστιο βαθμό την καλύτερη διαχείριση, όχι μόνο των επιχειρήσεων, αλλά και της γενικότερα της καθημερινότητας των ανθρώπων και να οδηγήσει σε ένα ποιοτικότερο τρόπο ζωής.



Εικόνα 1: Η ιδέα του Internet of Things [1]

2.2 Ιστορικό Υπόβαθρο

Η εξέλιξη και η ανάπτυξη του Διαδικτύου είναι μία συνεχιζόμενη διαδικασία. Πριν μόλις 25 χρόνια, στην τότε μορφή του διαδικτύου, ήταν συνδεδεμένοι περίπου 1000 υπολογιστές. Από τότε έως σήμερα, το διαδίκτυο εξελίσσεται ραγδαία και επεκτείνεται συνεχώς, συνδέοντας δισεκατομμύρια ανθρώπους μέσω υπολογιστών και κινητών συσκευών. Επιπλέον, η συνεχής σμίκρυνση των ηλεκτρονικών συσκευών και η ταχεία ανάπτυξη του διαδικτύου, οδηγούν σε μια μεγάλη αύξηση του αριθμού των διαδικτυακά συνδεδεμένων αντικειμένων. Ένα σημαντικό επόμενο βήμα της ανάπτυξης του διαδικτύου, αποτελεί η σταδιακή εξέλιξη, καθώς επίσης και η προοδευτική διαμόρφωσή του από ένα μεγάλο δίκτυο διασυνδεδεμένων υπολογιστών, σε ένα δίκτυο το οποίο διασυνδέει μεταξύ τους, πολλών ειδών διαφορετικά αντικείμενα. Από βιβλία έως αυτοκίνητα κι από ηλεκτρικές συσκευές έως είδη ευρείας κατανάλωσης, είναι πλέον ικανά να συνδεθούν στο διαδίκτυο και να αλληλεπιδράσουν με ανθρώπους, υπολογιστές, αλλά και μεταξύ τους δημιουργώντας έτσι το **Διαδίκτυο των πραγμάτων (Internet Of Things)**.

Το διαδίκτυο των πραγμάτων ή *IoT* είναι η νέα επανάσταση στο χώρο της τεχνολογίας. Όταν τα αντικείμενα μπορούν όχι μόνο να αντιληφθούν το περιβάλλον, αλλά και να επικοινωνήσουν μεταξύ τους, τότε μετατρέπονται σε εργαλεία τα οποία είναι ικανά να κατανοήσουν διάφορα προβλήματα, καθώς και να δώσουν άμεσα απαντήσεις σε αυτά. Αυτό που καθιστά επαναστατικό το *IoT*, είναι ότι τα συστήματα πληροφοριών από τα οποία απαρτίζεται, ουσιαστικά τώρα ξεκινούν να θέτονται σε εφαρμογή και για μερικά από αυτά, μάλιστα, δεν απαιτείται καν η ανθρώπινη συμμετοχή.

Χαρακτηριστικό είναι το πλήθος των υπηρεσιών που παρέχονται στους χρήστες του διαδικτύου. Αυτοί καλούνται να χρησιμοποιήσουν μια ή περισσότερες υπηρεσίες συνδυαστικά, προκειμένου να εκτελέσουν την επιθυμητή διεργασία. Οι τεχνολογικές τάσεις όμως, οδηγούν το διαδίκτυο και τους χρήστες του στο να αξιοποιούν πιο αποδοτικά τους διαθέσιμους πόρους. Είναι ευρέως γνωστό πως τα πιο επιτυχημένα τεχνολογικά επιτεύγματα είναι αυτά που παραμένουν αφανή, και η χρήση τους θεωρείται ως φυσιολογική λειτουργία στο πλαίσιο της κοινωνίας. Σημαντικό παράδειγμα αποτελεί η κινητή τηλεφωνία, που έχει εισχωρήσει στην καθημερινότητα των ανθρώπων και είναι το πλέον απαραίτητο εργαλείο, με εφαρμογές σε όλους τους τομείς της επαγγελματικής και προσωπικής ζωής.

Για το *internet*, παρόμοια εξέλιξη θα αποτελούσε η μετάβαση στην εποχή του *IoT*. Συγκεκριμένα, στο πλαίσιο αυτό κεντρικό ρόλο θα κατέχουν τα ξεχωριστά αντικείμενα του περιβάλλοντος, που θα είναι συνδεδεμένα σε ένα δίκτυο και θα αλληλεπιδρούν μεταξύ τους. Με το τρόπο αυτό, οι χρήστες δεν θα χρειάζεται να αποτελούν το ενδιάμεσο μέλος που καλεί την υπηρεσία για να εντοπιστεί κάποιο συγκεκριμένο αντικείμενο, αλλά το ίδιο το αντικείμενο θα αλληλεπιδρά με το πληροφοριακό σύστημα που σχηματίζεται γύρω του. Τα αντικείμενα, τα οποία θα διασυνδέονται μεταξύ τους, πολλές φορές μπορεί είτε να λειτουργούν αυτόνομα και να έχουν τις δικές τους διευθύνσεις IP (*IP addresses*), είτε άλλες φορές μπορεί να είναι ενσωματωμένα σε άλλα συστήματα, περισσότερο πολύπλοκα, και να χρησιμοποιούν ακόμα και αισθητήρες (*sensors*), με σκοπό να γίνει συλλογή πληροφοριών που είναι σχετικές με το περιβάλλον τους. Το εύρος των εφαρμογών του *IoT* αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση των σημερινών κοινωνικών προκλήσεων. Παραδείγματος χάρη, καλάθια τροφίμων μπορεί να διαθέτουν αισθητήρες που καταγράφουν την θερμοκρασία του περιβάλλοντος, και στη συνέχεια αυτοί να ενεργοποιούν αν χρειάζεται το κλιματιστικό του χώρου, έτσι ώστε να διατηρούνται όσο το δυνατόν καλύτερα τα τρόφιμα. Με τη χρήση των εφαρμογών του μελλοντικού διαδικτύου αναμένεται να βελτιωθούν σε σημαντικό βαθμό οι καθημερινές συνθήκες ζωής. Σε μία κοινωνία όπου ο ηλικιακός μέσος όρος συνεχώς αυξάνεται, τα διασυνδεδεμένα συστήματα που θα ελέγχουν την κατάσταση της υγείας των ασθενών θα μπορούν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα. Ακόμη και η διασύνδεση οχημάτων είναι κάτι το οποίο μπορεί κάλλιστα να μειώσει την κυκλοφοριακή συμφόρηση στα μεγάλα αστικά κέντρα, καθώς επίσης να συμβάλει και στην ελάττωση των ρυπογόνων ουσιών, μειώνοντας έτσι το ίχνος άνθρακα που συνεπάγεται η χρήση τους. Συνεπώς, με βάση τα παραπάνω παραδείγματα η εν

λόγω διασύνδεση και επικοινωνία μεταξύ των παραπάνω φυσικών αντικειμένων, μπορεί να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό το βιοτικό επίπεδο μιας κοινωνίας, αλλά και να βρει άπειρες εφαρμογές, αφού πολλές διαδικασίες πλέον θα αυτοματοποιηθούν, κάτι που θα έχει σαν αποτέλεσμα και τη μείωση του κόστους τους.

Για να συμπληρωθεί η παραπάνω εικόνα, αξίζει να επικεντρώσουμε την προσοχή μας σε τρία σημεία που αναδεικνύουν την περίπλοκη φύση του *IoT*. Αρχικά, **δεν θα ήταν ορθό να θεωρήσουμε το μελλοντικό διαδίκτυο ως μία επέκταση του σημερινού διαδικτύου αλλά κυρίως ως ένα νέο διαδίκτυο**, στο οποίο ένας αριθμός από ανεξάρτητα μεταξύ τους συστήματα, θα λειτουργούν αυτόνομα, χρησιμοποιώντας τις δομές και τις τεχνολογίες του διαδικτύου, με σκοπό την ανταλλαγή πληροφοριών. Δεύτερον, **θα πρέπει οι τεχνολογίες που θα ενισχύσουν το μελλοντικό διαδίκτυο, να είναι διαμορφωμένες έτσι ώστε να μπορούν να «συμβιώσουν» με τις ήδη υπάρχουσες, αλλά και με αυτές που πρόκειται να αναπτυχθούν στο μέλλον**. Τέλος, **τα πρωτόκολλα επικοινωνίας τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, θα ξεπερνούν σε αριθμό αυτά του σημερινού διαδικτύου** (το οποίο χρησιμοποιεί κατά κόρον το πρωτόκολλο *TCP/IP*), αφού οι διασυνδεδεμένες συσκευές δεν θα είναι μόνο υπολογιστές και κινητά τηλέφωνα. Για τον λόγο αυτό έχουν ήδη αναπτυχθεί πολλά διαφορετικά πρωτόκολλα επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών μηχανών (*Machine-to-Machine Communication – M2M*). Η επικοινωνία αυτή αφορά δυνητικά 50-70 δισεκατομμύρια «μηχανές», από τις οποίες μόνο το 1% είναι σήμερα συνδεδεμένο. Αυτές οι συνδέσεις μπορούν να αποκατασταθούν σε ζώνες περιορισμένης πρόσβασης («ενδοδίκτυο των πραγμάτων») ή να είναι προσβάσιμες στο κοινό («*Ιντερνετ των πραγμάτων*»).

Κεφάλαιο 3: Έξυπνα Αντικείμενα

3.1 Η Εξέλιξη των Έξυπνων Αντικειμένων

Το μέλλον του Internet θα συμπεριλαμβάνει ένα μεγάλο αριθμό αντικειμένων, τα οποία, μέσα από καθορισμένα πρωτόκολλα επικοινωνίας και σχήματα διευθυνσιοδότησης, θα παρέχουν πληροφορίες και υπηρεσίες στους τελικούς χρήστες. Στην πραγματικότητα, δισεκατομμύρια αντικείμενα αναμένεται να παίξουν ενεργό ρόλο στο μελλοντικό αυτό δίκτυο, φέρνοντας δεδομένα από τον φυσικό κόσμο στον ψηφιακό. Το διαδίκτυο των πραγμάτων (*IoT*) θα είναι σε θέση να προσφέρει τεράστιες ευκαιρίες σε χρήστες, κατασκευαστές και παρόχους υπηρεσιών με εφαρμογές σε πολλούς παραγωγικούς τομείς, όπως η παρακολούθηση του

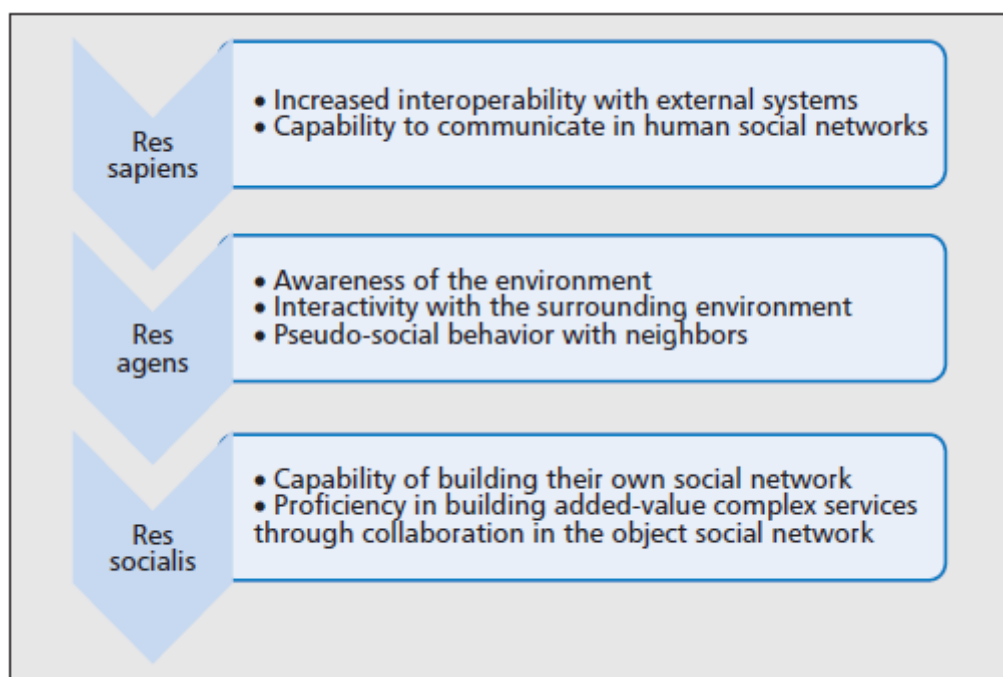
περιβάλλοντος, το σύστημα υγείας, η διαχείριση προϊόντων, το έξυπνο σπίτι και χώρος εργασίας, ασφάλεια και παρακολούθηση χώρων κ.α.

Στο IoT, καθετί πραγματικό γίνεται εικονικό: για κάθε άτομο και κάθε αντικείμενο υπάρχει ένα εντοπίσιμο, προσπελάσιμο, και ευανάγνωστο «αντίγραφο» του στο Διαδίκτυο. Σε αυτό το σενάριο, τα αντικείμενα μπορούν να παράγουν και να καταναλώνουν υπηρεσίες και να συνεργάζονται με άλλα «αντίγραφα», ώστε να επιτύχουν κοινούς στόχους. Αυτό μπορεί να γίνει εφικτό μέσα από συχνές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα που συνεργάζονται, ώστε να υλοποιήσουν σύνθετα έργα. Για αυτό το λόγο, έγινε αναγκαίος ο σχεδιασμός μιας νέας γενιάς έξυπνων αντικειμένων που είναι ικανά να ανακαλύψουν νέες υπηρεσίες, να κάνουν νέες «γνωριμίες», να ανταλλάξουν πληροφορίες και να συνδεθούν σε εξωτερικές υπηρεσίες, να εκμεταλλευτούν δυνατότητες άλλων αντικειμένων και να συνεργαστούν για την επιτυχία ενός κοινού στόχου.

Για να επιτύχουν όλα τα παραπάνω είναι σίγουρο ότι απαιτείται καλή επικοινωνία ανάμεσα στα αντικείμενα, καθώς, όσο «έξυπνο» και να είναι ένα αντικείμενο δεν μπορεί να αντιμετωπίσει ένα σύνθετο έργο από μόνο του. Με βάση τα παραπάνω, χρειάζεται τα αντικείμενα να:

- i. Είναι ικανά να αλληλεπιδρούν με άλλα αντικείμενα, σύμφωνα με τις οδηγίες του ιδιοκτήτη τους
- ii. Να «περιδιαβαίνουν» μέσα στο IoT, ώστε να ανακαλύπτουν αξιόπιστα δεδομένα και υπηρεσίες
- iii. Να «διαφημίζουν» την παρουσία τους, ώστε να παρέχουν δεδομένα και υπηρεσίες στο υπόλοιπο δίκτυο.

Τα έξυπνα αντικείμενα είναι μόνο το πρώτο βήμα μιας εξελικτικής διαδικασίας που επηρεάζει τις σύγχρονες συσκευές επικοινωνίας και η έναρξή της έγινε με την άφιξη του *IoT*, που έπρεπε να αποτελέσει μέρος των τηλεπικοινωνιών. **Αυτή τη στιγμή παρατηρείται ένα άλμα από την γενιά των αντικειμένων με έναν ορισμένο βαθμό «εξυπνάδας», στη γενιά των αντικειμένων με «κοινωνική αντίληψη».** Σε αναλογία με την ανθρώπινη εξέλιξη, από τον *homo sapiens* στον *homo agens* που μελετάται στις κοινωνικοοικονομικές επιστήμες, υπάρχει μία αντίστοιχη εξέλιξη από το *res sapiens* (έξυπνο αντικείμενο) στο *res agens* (πράτων αντικείμενο), το οποίο είναι σε θέση να μεταφράσει την γνώση σε πράξεις, με βάση την επίγνωση της αλλαγής και της εξέλιξης του περιβάλλοντος του. Υπάρχει και συντελείται ένα ακόμα πιο σημαντικό άλμα στην εξέλιξη των αντικειμένων, χωρίς το οποίο η ανάπτυξη του *IoT* δεν μπορεί να υλοποιηθεί. Το άλμα αυτό, είναι η δημιουργία αντικειμένων *res socialis* (κοινωνικό αντικείμενο). Ο όρος αυτός αναφέρεται σε αντικείμενα τα οποία είναι μέρος και δρουν στα πλαίσια μια κοινότητας αντικειμένων και συσκευών.



Εικόνα 2: Τα κύρια χαρακτηριστικά των κατηγοριών των έξυπνων αντικειμένων [3]

Αρχικά, οι πρώτες προσπάθειες για σχεδιασμό έξυπνων αντικειμένων ήταν με αντικείμενα που λειτουργούσαν αυτόνομα, αλλά ήταν απομονωμένα μεταξύ τους. Αυτό εμπόδισε την δημιουργία ενός συστήματος δικτύου των πραγμάτων που πραγματοποιεί σύνθετες εργασίες. Σαν αντίμετρο της απομόνωσης των έξυπνων αντικειμένων (*res sapiens*), προτάθηκε η απευθείας επικοινωνία με τον έξω κόσμο, που να βασίζεται στα ήδη υπάρχοντα πρωτόκολλα δικτύου που είναι καθολικά αναγνωρισμένα. Σαν πρώτη καινοτομία, θεωρήθηκε αυτό που αναφέρεται σαν *Web of Things (WoT)*, το οποίο στηρίζεται στην εφαρμογή των δικτυακών πρωτόκολλων στα ίδια τα αντικείμενα, είτε στους *proxies/gateways* τους. Παρόλα αυτά, το παράδειγμα του *WoT* είχε κάποια όρια, λόγω της δυσκολίας των αντικειμένων στο να «διαφημίζουν» τις υπηρεσίες τους, να ανακαλύπτουν, να έχουν πρόσβαση και να εκμεταλλεύονται άλλα αντικείμενα και τις υπηρεσίες τους.

Ένα άλλο στοιχείο που είναι επιθυμητό να έχουν τα αντικείμενα, είναι η ικανότητα που επιτρέπει στους χρήστες του *Internet* και στις υπηρεσίες, να αντιλαμβάνονται τον φυσικό κόσμο και να ενεργούν σε αυτόν. Μία προσέγγιση προς αυτή την κατεύθυνση, θα ήταν και η δημιουργία μιας πλατφόρμας, όπου τα αντικείμενα θα μπορούν εύκολα να εντοπιστούν, να αναζητηθούν και να χρησιμοποιηθούν (π.χ. *SenseWeb*, *Xively*). Η κύρια ιδέα πάνω σε αυτό, είναι η βελτίωση της συμπεριφοράς των χρηστών ως προς το μοίρασμα των δεδομένων από τα έξυπνα αντικείμενα, με άτομα που γνωρίζουν και εμπιστεύονται. Όπως και στα μέσα κοινωνικής δικτύωσης, όταν ένας χρήστης επιθυμεί να μοιραστεί δεδομένα, μπορεί να το κάνει ανεβάζοντάς τα, για παράδειγμα στο *facebook*, και επιτρέπει σε συγκεκριμένα άτομα να το δουν. Μια ακόμη

προσέγγιση μπορεί να θεωρηθεί η ενσωμάτωση φυσικού περιεχομένου στα ανθρώπινα κοινωνικά δίκτυα, με τη δημιουργία κοινωνικών δικτύων που βασίζονται σε αντικείμενα, με συνδέσεις ανάμεσα σε ανθρώπους που έχουν κοινές εμπειρίες.

Η καινοτομία που εισάγεται με το *res socialis* έχει περισσότερο να κάνει με ένα κοινωνικό δίκτυο των αντικειμένων. Δηλαδή, τα αντικείμενα στα οποία απευθυνόμαστε και είναι στην κατοχή ανθρώπων που μπορεί να μην γνωρίζονται μεταξύ τους, δημιουργούν ένα δίκτυο ανταλλάσσοντας δεδομένα και υπηρεσίες. **Αυτό δεν αποτελεί ένα δίκτυο ανθρώπων που μοιράζονται αντικείμενα, αλλά είναι ένα δίκτυο που βασίζεται στις σχέσεις ανάμεσα στα αντικείμενα, τα οποία μπορούν να προσφέρουν τις υπηρεσίες τους στους ανθρώπους με αποτελεσματικότητα ανταλλάσσοντας πληροφορίες μέσα από τις κοινωνικές σχέσεις που έχουν αναπτύξει. Αυτό αναμένεται να δώσει νέα ώθηση και δυναμική στα συστήματα IoT.**

3.2 Κατηγορίες Αντικειμένων

Με βάση τα χαρακτηριστικά τους, τα αντικείμενα διαχωρίζονται σε κλάσεις, ώστε να είναι εύκολη η κατηγοριοποίησή τους καθώς διαφορετικές είναι οι απαιτήσεις από κάθε είδος αντικειμένου. Έτσι έχουμε τις παρακάτω κλάσεις:

-*Κλάση 1: κινητά* αντικείμενα με μεγάλες υπολογιστικές δυνατότητες και δυνατότητες επικοινωνίας. Μερικά παραδείγματα αυτής της κατηγορίας είναι τα smartphones, τα tablet καθώς και μονάδες ελέγχου οχημάτων.

-*Κλάση 2: στατικά* αντικείμενα με μεγάλες υπολογιστικές και επικοινωνιακές δυνατότητες. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν οθόνες, αποκωδικοποιητές, έξυπνες κάμερες.

-*Κλάση 3:* αντικείμενα που έχουν μόνο δυνατότητες αίσθησης, όπως για παράδειγμα αντικείμενα ικανά πάρουν μετρήσεις του περιβάλλοντος.

-*Κλάση 4:* στα αντικείμενα αυτής της κλάσης συμπεριλαμβάνονται τα RFID και NFC αντικείμενα

Κάθε κλάση χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένες ιδιότητες, όπως: **κατηγορία αντικειμένου**, η οποία στη συνέχεια προσδιορίζει την τυπολογία του αντικειμένου μέσα στην κλάση, **ταυτότητα ιδιοκτήτη, θέση του αντικειμένου**, η οποία μπορεί να αλλάζει σε συνάρτηση με τον χρόνο και τα χαρακτηριστικά κινητικότητας του αντικειμένου, **το επίπεδο ενέργειας** του αντικειμένου καθώς και αν αυτό τροφοδοτείται από κάποια μπαταρία, από το δίκτυο ή τροφοδοτείται με ενέργεια από το περιβάλλον, **ποσότητα κίνησης** που δημιουργείται σε σχέση με τις διαθέσιμες συνδέσεις του και **συνολικό bit-rate**.

Κεφάλαιο 4: Βασικές σχέσεις μεταξύ αντικειμένων

4.1 To *Social Internet of Things*

Όπως αναλύθηκε και παραπάνω, η αναζήτηση της κάθε υπηρεσίας που παρέχει κάθε ένα αντικείμενο στο *IoT*, έρχεται αντιμέτωπη με ένα καίριο ζήτημα: ο αριθμός των αντικειμένων που συνδέονται στο δίκτυο αυξάνεται εκθετικά, πράγμα που οδηγεί σε εξαιρετικά μεγάλο χώρο αναζήτησης. Ο αριθμός μόνο και μόνο των συσκευών *RFID* είναι της τάξεως των εκατοντάδων δισεκατομμυρίων. Η διαδικτυακή κίνηση, τόσο από την άποψη του αριθμού των προσβάσεων στις συσκευές, όσο και από την άποψη των αναζητήσεων που γίνονται για τις υπηρεσίες που αυτές προσφέρουν, θα γίνει πολύ σύντομα υπερβολικά μεγάλη, ώστε να μπορεί να είναι αποτελεσματικά διαχειρίσιμη από τις υπάρχουσες πλατφόρμες.

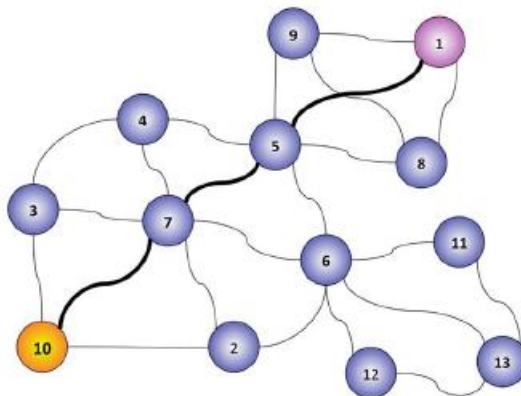
Επιπρόσθετα, το μοντέλο που ισχύει σήμερα, είναι άνθρωποι που αναζητούν πληροφορίες που παρέχονται από αντικείμενα (αλληλεπίδραση ανθρώπου – αντικειμένου). Στο κοντινό μέλλον, αυτό το μοντέλο θα μετακυλήσει σε αλληλεπιδράσεις μεταξύ αντικειμένων, όπου αντικείμενα αναζητούν υπηρεσίες από άλλα αντικείμενα για λογαριασμό των ανθρώπων. Με αυτό τον τρόπο αυξάνεται όμως η δυσκολία των αλληλεπιδράσεων. Συνεπώς, θέματα επεκτασιμότητας θα προκύψουν από την αναζήτηση του κατάλληλου αντικειμένου που θα προσφέρει την ζητούμενη υπηρεσία.

Σε αυτό το μοτίβο, προτάθηκαν πολλές προσεγγίσεις για αναζήτηση σε πραγματικό χρόνο. Ένα κοινό χαρακτηριστικό τους όμως είναι ότι τα συστήματα αυτά είναι κεντροποιημένα, πράγμα που δυσκολεύει την διαχείριση του συστήματος όταν πληθαίνουν οι συσκευές ή οι υπηρεσίες. **Προκειμένου να λυθούν αυτές οι δυσλειτουργίες προτάθηκε το Κοινωνικό Δίκτυο των πραγμάτων (*SIoT*), το οποίο προτείνει την ενσωμάτωση εννοιών της κοινωνικής δικτύωσης στο πεδίο του *IoT*. Χρησιμοποιώντας αυτό τον τρόπο επικοινωνίας τα αντικείμενα μπορούν να εγκαθιστούν σχέσεις με άλλα αντικείμενα με αυτόνομο τρόπο, σύμφωνα με κανόνες που ορίστηκαν από τους ιδιοκτήτες τους.**

Βασικό θέμα στο *SIoT* είναι το ότι η «χρησιμότητα» μιας φιλίας ποικίλει από «φίλο» σε «φίλο», οπότε και θα πρέπει να αποφασιστεί ποιο αντικείμενο είναι αυτό που θα προωθηθεί έναντι κάποιου άλλου υποψήφιου. Η επιλογή του σωστού «φίλου» είναι κρίσιμης σημασίας για την ανάπτυξη του *SIoT*, καθώς είναι σημαντικός παράγοντας για την επίδοση του συστήματος.

Ο τρόπος με τον οποίον τα αντικείμενα χτίζουν σχέσεις είναι παρόμοιος με τον τρόπο των ανθρώπων. Τα αντικείμενα κληρονομούν ικανότητες από τους ανθρώπους και μιμούνται την συμπεριφορά τους, όταν ψάχνουν για νέους φίλους. Οι νέες αυτές σχέσεις που δημιουργούνται μεταξύ των αντικειμένων ακολουθούν ανθρωπολογικά και κοινωνικά πρότυπα, μια και ο ιδιοκτήτης θέτει τα κριτήρια για την δημιουργία τους. Σε μια τέτοια σχέση, ένα αντικείμενο ρωτάει τους «φίλους» του αν μπορούν να του παρέχουν την υπηρεσία που ζητάει ή αν έχουν σύνδεση

με κάποιον κόμβο που να την παρέχει. Έτσι, για να φτάσει το αντικείμενο στην υπηρεσία που χρειάζεται, δεν στέλνει αίτημα σε κάποια κεντρική μηχανή αναζήτησης, αλλά ψάχνει με αποκεντρωμένο τρόπο ρωτώντας φίλους και φίλους φίλων. Αυτός ο τρόπος αναζήτησης παρουσιάζεται και στην παρακάτω εικόνα.



Εικόνα 3: Αποκεντρωμένη αναζήτηση [4]

Το *IoT* ενσωματώνει ένα μεγάλο αριθμό από τεχνολογίες και οραματίζεται ένα σύστημα, όπου μια ποικιλία πραγμάτων και αντικειμένων γύρω μας, μέσα από μοναδικά σχήματα διευθυνσιοδότησης και τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας, θα είναι ικανά να αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και να συνεργάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνουν κοινούς στόχους.

Το σύστημα αυτό της επικοινωνίας μεταξύ των έξυπνων αντικειμένων θα μπορούσε να δημιουργηθεί εφαρμόζοντας τις γενικές αρχές που διέπουν τα κοινωνικά δίκτυα. Αυτό μπορεί να οδηγήσει στα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Η δομή ενός κοινωνικού δικτύου των πραγμάτων μπορεί να εγγραφεί την ευελιξία εντός του, καθώς αντικείμενα και υπηρεσίες θα μπορούν να ανακαλύπτονται με ευκολία, αλλά και επεκτασιμότητα, όπως ακριβώς στα ανθρώπινα κοινωνικά δίκτυα.
- Ένα επίπεδο αξιοπιστίας μπορεί να καθοριστεί για την αλληλεπίδραση μεταξύ αντικειμένων που είναι «φίλοι».
- Μοντέλα που είναι ήδη σχεδιασμένα για τα ανθρώπινα κοινωνικά δίκτυα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για την διαχείριση θεμάτων που έχουν να κάνουν με το *IoT*.

Για να πετύχουμε ένα πραγματικό κοινωνικό δίκτυο των πραγμάτων, χρειάζονται, σε αναλογία και με τα ανθρώπινα κοινωνικά δίκτυα, τα παρακάτω:

- Ο ορισμός της έννοιας της κοινωνικής σχέσης μεταξύ αντικειμένων

- Ο σχεδιασμός ενός κοινωνικού μοντέλου αναφοράς που να υλοποιεί το κοινωνικό Internet των πραγμάτων, βασισμένο στις κωδικοποιημένες σχέσεις μεταξύ των αντικειμένων.
- η ανάλυση της δομής του κοινωνικού δικτύου, το οποίο προέρχεται από τις αλληλεπιδράσεις των αντικειμένων με βάση καθορισμένες κοινωνικές σχέσεις.

Η διερεύνηση των παραπάνω θεμάτων θα επιτρέψουν την διεύρυνση των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν για τα κοινωνικά δίκτυα των ανθρώπων, ώστε να χρησιμοποιηθούν στο *social Internet of things*.

Στο μέλλον, τα αντικείμενα θα σχετίζονται με τις υπηρεσίες που θα μπορούν να παρέχουν. Έτσι, μέσα σε ένα δοσμένο κοινωνικό δίκτυο αντικειμένων, το κύριο είναι να μπορούν να δημοσιεύονται πληροφορίες/ υπηρεσίες, να τις βρίσκει κανείς εύκολα, αλλά και να εφαρμόζονται εύκολα οι υπηρεσίες αυτές, μέσω και της γνώσης του περιβάλλοντος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την πλοήγηση μέσα σε ένα δίκτυο από αντικείμενα-φίλους, αντί να βασίζεται σε ένα τυπικό σχήμα δικτύου, με εργαλεία εύρεσης όπως στο *Internet*, που δεν μπορεί να κλιμακωθεί στην περίπτωση που υπάρχουν μελλοντικά, τρισεκατομμύρια συσκευές.

Μπορεί κανείς να ισχυριστεί, ότι τα μοτίβα των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ανθρώπων είναι εφαρμόσιμα και δυνατό να περιγράψουν την κοινωνική συμπεριφορά των έξυπνων αντικειμένων. Δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι πολλές εφαρμογές και υπηρεσίες θα πρέπει στο μέλλον να συνδέονται με ομάδες αντικειμένων των οποίων η ατομικότητα θα «θυσιάζεται» προς το γενικό συμφέρον της παροχής υπηρεσιών προς όλους τους χρήστες (όπως είναι η περίπτωση, για παράδειγμα, των εφαρμογών που περιλαμβάνουν τη χρήση νοημοσύνης σμήνους και ρομποτική σμήνους). Αντίστοιχα, θα υπάρχουν και εφαρμογές, που θα περιλαμβάνουν τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε αντικείμενα που θα εκτελούνται βοηθητικά, όπου το κάθε αντικείμενο θα είναι ο φορέας μια εξειδικευμένης υπηρεσίας στην κοινότητα.

Σημειωτέον, η δημιουργία και η διαχείριση τέτοιων σχέσεων θα πρέπει να γίνεται χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό δεν έρχεται σε αντίθεση με τα συμφέροντα των ανθρώπων που θέλουν να ελέγχουν τις ενέργειες τους στο διαδίκτυο. Αντίθετα, οι τελευταίοι δημιουργούν κανόνες με τους οποίους, τα αντικείμενα να αλληλεπιδρούν σωστά μεταξύ τους και τα αποτελέσματα των αλληλεπιδράσεων αυτών να τα απολαμβάνουν οι χρήστες. Αυτή είναι η προσέγγιση, κατά την οποία τα αντικείμενα και οι συσκευές συμμετέχουν στο ανθρώπινο κοινωνικό δίκτυο, που έφτιαξαν οι ιδιοκτήτες τους.

Ακολουθώντας αυτή την προσέγγιση, που είναι εμπνευσμένη από τα τις ανθρώπινες κοινωνικές σχέσεις και τα μοντέλα τους, **τα αντικείμενα ακολουθούν την ανθρώπινη συμπεριφορά**, ώστε να αλληλεπιδράσουν αποτελεσματικά μεταξύ τους. Ένα καθαρό πλεονέκτημα ως προς αυτή την πρακτική είναι, ότι κάνοντας αυτό, το οποίο έχει ήδη αποδειχτεί αποτελεσματικό για να ανθρώπινα δίκτυα, μπορεί να επεκταθεί και στις «κοινότητες» των

πραγμάτων. Έτσι, δημιουργούνται δίκτυα πραγμάτων που είναι εύκολα διαχειρίσιμα και προσπελάσιμα.

4.1.1 Σχέσεις μεταξύ αντικειμένων στο *Slot*

Βασικά σχεσιακά μοντέλα που χρησιμοποιεί η διασύνδεση σε κοινωνικό δίκτυο των πραγμάτων είναι τα παρακάτω:

- **Γονική σχέση αντικειμένων (*Parental object relationship-POR*):** Η σχέση αυτή αναπτύσσεται ανάμεσα σε αντικείμενα που ανήκουν στην ίδια παρτίδα παραγωγής (συνήθως ομογενή αντικείμενα που δημιουργήθηκαν την ίδια περίοδο από τον ίδιο κατασκευαστή).
- **Συνεγκαταστατική σχέση αντικειμένων (*Co-location Object Relationship-CLOR*):** Η σχέση αυτή αναπτύσσεται ανάμεσα σε αντικείμενα (ομογενή ή ετερογενή) που βρίσκονται πάντα στο ίδιο μέρος (π.χ σένσορες, ενεργοποιητές και αντικείμενα που έχουν το ίδιο περιβάλλον, όπως ένα έξυπνο σπίτι ή μια έξυπνη πόλη). Σχέσεις τύπου *CLOR* μπορεί να δημιουργηθούν ακόμα και ανάμεσα σε αντικείμενα που είναι σχεδόν απίθανο να συνεργαστούν μεταξύ τους για να επιτύχουν ένα κοινό σκοπό. Ωστόσο, είναι χρήσιμο να υπάρχει ένας σύνδεσμος μεταξύ τους ώστε να ορίζεται καλύτερα το δίκτυο.
- **Συνεργατική σχέση αντικειμένων (*Co-work Object Relationship-CWOR*):** Είναι η σχέση που χτίζεται όταν τα αντικείμενα συνεργάζονται για την παραγωγή μιας κοινής εφαρμογής (όπως για παράδειγμα τα αντικείμενα που χρησιμοποιούνται μαζί και συνεργάζονται για εφαρμογές όπως η τηλεϊατρική κ.α)
- **Σχέση Ιδιοκτησίας (*Ownership Object Relationship-OOR*):** Η σχέση αυτή εμφανίζεται ανάμεσα σε ετερογενή αντικείμενα που ανήκουν στον ίδιο χρήστη (κινητά τηλέφωνα, συσκευές αναπαραγωγής μουσικής, κονσόλες παιχνιδιών κτλ)
- **Κοινωνική σχέση αντικειμένων (*Social Object Relationship-SOR*):** Η σχέση αυτή υπάρχει ανάμεσα σε αντικείμενα όταν αυτά έρχονται σε επαφή, σποραδικά ή συνεχόμενα, επειδή οι ιδιοκτήτες τους έρχονται σε επαφή κατά την διάρκεια της καθημερινότητάς τους (π.χ. συσκευές και σένσορες που ανήκουν σε φίλους, σε συμμαθητές, σε συναδέλφους, κτλ).

4.1.2 Παράγοντες εύκολης πλοήγησης στο δίκτυο

Για να είναι ένα δίκτυο εύκολα πλοηγήσιμο, θα πρέπει να πληρούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Όταν περιέχει σύντομους δρόμους ανάμεσα σε όλα ή σχεδόν σε όλα τα ζεύγη κόμβων.
2. Όλοι (ή σχεδόν όλοι) οι κόμβοι θα πρέπει να ενώνονται, ενώ μια σύνδεση μεγάλου μήκους θα πρέπει να υπάρχει σαν κύριο συστατικό του δικτύου η οποία θα έχει μικρή διάμετρο.
3. Η μεγαλύτερη απόσταση μεταξύ δύο κόμβων να μην ξεπερνά το $\log_2(N)$, όπου N είναι ο αριθμός των κόμβων του δικτύου.

Στο παραπάνω παράδειγμα, της αποκεντρωμένης αναζήτησης (εικόνα 4), ο κόμβος που αναζητά πληροφορία, έχει να επιλέξει ανάμεσα από 3 πιθανά μονοπάτια για την κατεύθυνση κατά την οποία θα αναζητήσει την πληροφορία. Υπάρχουν κάποιες ιδιότητες των κόμβων, όμως, που κάνουν ένα «γείτονα» του κόμβου πιο χρήσιμο σε σχέση με έναν άλλο. Για παράδειγμα, ο κόμβος 5 έχει υψηλότερο **βαθμό εκκεντρότητας**, σε σχέση με τους άλλους γείτονες, δηλαδή έχει περισσότερες συνδέσεις σε σχέση με τους άλλους κόμβους. Η ικανότητα να φτάνει ένας κόμβος γρήγορα ένα κεντρικό σημείο με πολλές διασυνδέσεις διασφαλίζεται με την ύπαρξη διακτυακών ομάδων, οι οποίες είναι ισχυρά διασυνδεδεμένες μεταξύ τους. Ένας δείκτης εκκεντρότητας με βάση τον οποίο υπολογίζεται πόσο κεντρικό είναι ένα σημείο είναι ο παρακάτω:

$$C_{local(n)} = \frac{2 * e_n}{k_n * (k_n - 1)}$$

όπου k_n ο αριθμός των γειτόνων και e_n ο αριθμός των αιχμών ανάμεσα σε γείτονες. Και πάλι, όμως, μόνο η εκκεντρότητα δεν αρκεί σαν κριτήριο. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που επηρεάζει στη λήψη απόφασης για την επιλογή του ενός κόμβου έναντι του άλλου είναι κάποιες επιπλέον πληροφορίες σχετικά με τους κόμβους. Στο *SIOT*, οι κόμβοι διαφοροποιούνται και με βάση την υπηρεσία που ζητείται, αλλά και με τους τύπους των εμπλεκόμενων σχέσεων. Έτσι, το πρόβλημα της πλοήγησης στο παγκόσμιο δίκτυο, μετατοπίζεται στην πλοήγηση σε τοπικά δίκτυα, όπου γειτονικά αντικείμενα-κόμβοι δημιουργούν, διατηρούν ή απορρίπτουν τις σχέσεις τους, ώστε να δημιουργήσουν δικτυακές ομάδες.

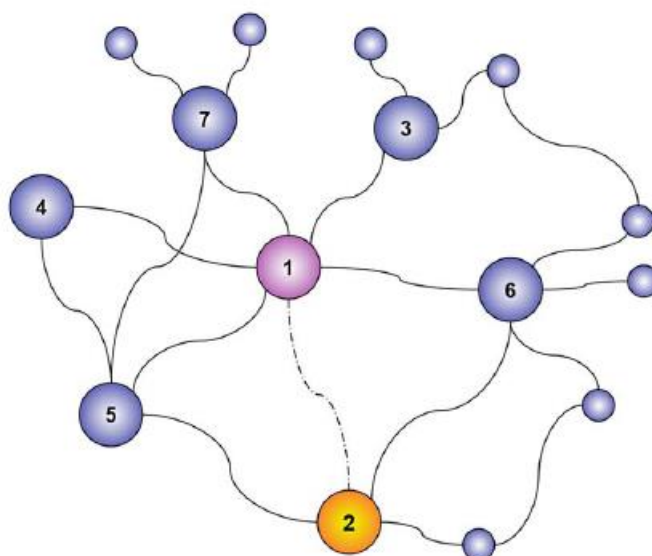
4.1.3 Επιλογή των διαδικτυακών συνδέσεων

Όπως περιγράφηκε και παραπάνω, τα αντικείμενα, αντιγράφοντας την συμπεριφορά των ιδιοκτητών τους, δημιουργούν σχέσεις διάφορων τύπων, ενώ αργότερα μπορούν να προστεθούν και νέοι, αφήνοντας στο ίδιο το αντικείμενο την σκληρή δουλειά της διαχείρισης ενός τεράστιου όγκου συνδέσεων. Για να γίνει η διαδικασία της αναζήτησης μιας υπηρεσίας πιο αποτελεσματική και εύκολα κλιμακούμενη, προτείνονται πέντε ευρετικές μέθοδοι, ώστε να βοηθήσουν τους κόμβους στην επιλογή των «καλύτερων φίλων» τους.

Αρχικά, ο κόμβος-αντικείμενο κάνει αποδεκτά όλα τα αιτήματα φιλίας που του γίνονται μέχρι να φτάσει το ανώτερο επιτρεπτό όριο N_{max} . Αυτή η παράμετρος, έχει σκοπό να μην περιορίσει τις υπολογιστικές δυνατότητες που χρειάζεται ένας κόμβος, ώστε να φέρει σε πέρας το αίτημα αναζήτησης υπηρεσίας που του έχει γίνει. Έπειτα, προκειμένου να διαχειριστεί τα επόμενα αιτήματα φιλίας, ο κόμβος κατατάσσει όλες τις υπάρχουσες φιλίες και τα αιτήματα φιλίας με βάση μία από τις παρακάτω μεθόδους.

1. Ο κόμβος απορρίπτει όλα τα νέα αιτήματα φιλίας και έτσι οι συνδέσεις είναι στατικές.
2. Ο κόμβος σορτάρει τους φίλους του με φθίνουσα σειρά με βάση τον αριθμό των συνδέσεών τους, έτσι ώστε να έχει πρόσβαση σε όσο το δυνατόν περισσότερους κόμβους διαμέσου των φίλων του.
3. Ο κόμβος κατατάσσει τους φίλους του με αύξουσα σειρά με βάση τον αριθμό των συνδέσεών τους, με σκοπό να κρατήσει αυτούς με τις λιγότερες συνδέσεις, ώστε να μειωθεί ο αριθμός των κόμβων που μπορεί να φτάσει διαμέσου των φίλων του.
4. Κατατάσσει τους φίλους του με φθίνουσα σειρά με βάση τους κοινούς φίλους που διαθέτουν, με σκοπό να μεγιστοποιηθεί ο συντελεστής τοπικής δικτυακής ομάδας.
5. Κατατάσσει τους φίλους του με αύξουσα σειρά με βάση τους κοινούς φίλους που διαθέτουν, με σκοπό να ελαχιστοποιηθεί ο συντελεστής τοπικής δικτυακής ομάδας.

Από την λίστα της παραπάνω κατάταξης προκύπτει ότι ένας κόμβος αποδέχεται σαν φίλους του μόνο τους πρώτους N_{max} κόμβους που θα του κάνουν αίτημα φιλίας. Ένας δεσμός με έναν άλλο κόμβο, από την στιγμή που έχει δημιουργηθεί παραμένει ενεργός μέχρι την στιγμή που θα δημιουργηθεί ένας άλλος δεσμός με έναν νέο κόμβο, οπότε η φιλία με την μικρότερη αξία διακόπτεται.



Εικόνα 4:Επιλογή διαδικτυακών δεσμών [4]

Ένα παράδειγμα για τις παραπάνω ευρετικές μεθόδους, φαίνεται στην παραπάνω εικόνα. Έστω, ότι ο μέγιστος αριθμό συνδέσεων είναι $N_{max}=5$ συνδέσεις και έστω ότι ο κόμβος 2 στέλνει αίτημα φιλίας στον 1 (διακεκομμένη γραμμή). Με βάση την πρώτη τεχνική, εφόσον ο κόμβος 1 έχει φτάσει τις N_{max} συνδέσεις, απλώς θα αρνηθεί την φιλία του 2. Με την δεύτερη μέθοδο, ο 1 θα ελέγξει τις συνδέσεις που έχουν όλοι του οι φίλοι και τις συνδέσεις που έχει ο κόμβος 2 και έτσι θα επιλέξει να τερματίσει την φιλία του με τον 4, ώστε να συνάψει φιλία με τον 2, που έχει περισσότερες συνδέσεις. Χρησιμοποιώντας την τρίτη μέθοδο, ο κόμβος 1 τερματίζει την σχέση του με τον 6, ο οποίος διαθέτει και αυτός N_{max} συνδέσεις, ώστε να συνάψει σχέση με τον 2. Με την τέταρτη στρατηγική, ο κόμβος 1 συγκρίνει τους κοινούς φίλους που υπάρχουν ανάμεσα σε αυτόν και τους φίλους του, καθώς και με τον υποψήφιο φίλο του (κόμβο 2), και επιλέγει να διακόψει την φιλία με τον κόμβο 3, με τον οποίο δεν έχει κανένα κοινό φίλο. Με τον ίδιο τρόπο, χρησιμοποιώντας την στρατηγική 5, ο 1 σταματάει την σχέση του με τον 5 με τον οποίο έχει τον μεγαλύτερο αριθμό κοινών φίλων.

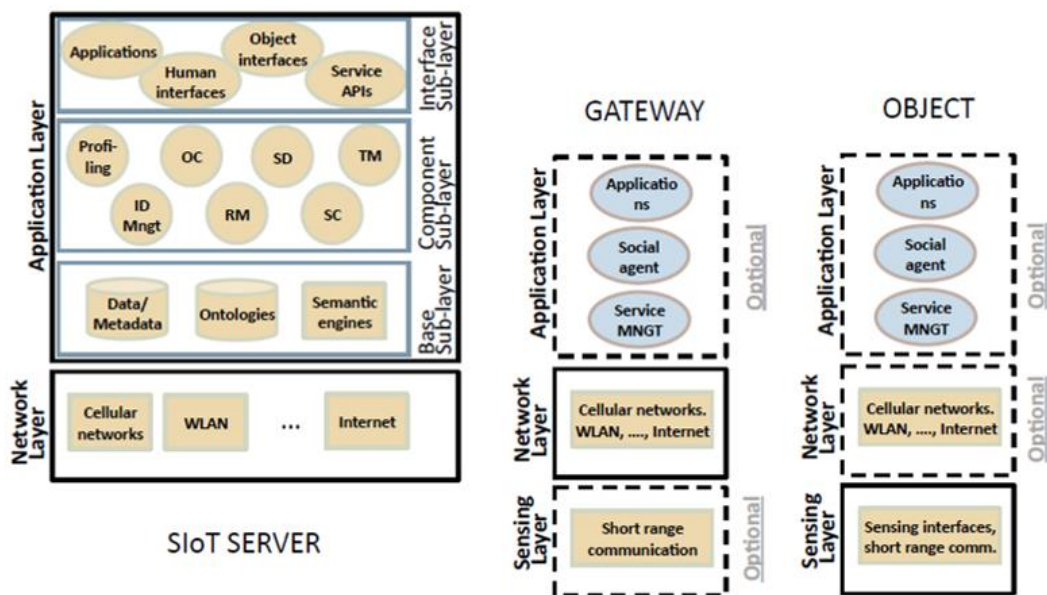
4.1.4 Αρχιτεκτονική δικτύου SlOT

Για να περιγράψουμε ένα προτεινόμενο σύστημα αρχιτεκτονικής καταφεύγουμε σε ένα απλό αρχιτεκτονικό μοντέλο τριών επιπέδων. Αποτελείται από:

- (i) **Το επίπεδο των αισθητήρων**, το οποίο είναι αφιερωμένο στην απόκτηση δεδομένων και στη συνεργασία μεταξύ των κόμβων σε τοπικά και μικρής εμβέλειας δίκτυα

- (ii) **Το επίπεδο του δικτύου**, που στοχεύει στην μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε διαφορετικά δίκτυα
- (iii) **Το επίπεδο των εφαρμογών**, όπου οι εφαρμογές του IoT αναπτύσσονται μαζί με τις λειτουργίες middleware.

Τα τρία αυτά επίπεδα εμφανίζονται στην παρακάτω εικόνα. Τα τρία βασικά στοιχεία της προτεινόμενης αυτής αρχιτεκτονικής είναι: **ο SloT Server, η Πύλη και το αντικείμενο**.



Εικόνα 5: Προτεινόμενο μοντέλο για το SloT που ακολουθεί την αρχιτεκτονική τριών επιπέδων. [9]

Ο Server

Ο Server δεν εμφανίζεται στο επίπεδο των αισθητήρων, αλλά μόνο στο επίπεδο δικτύου και στο επίπεδο εφαρμογών. Το επίπεδο εφαρμογών αποτελείται από τρία υπό-επίπεδα. **Το υπό-επίπεδο της βάσης** περιλαμβάνει την βάση δεδομένων για την αποθήκευση και την διαχείριση των δεδομένων που αφορούν τα προφίλ των μελών των κοινωνικών δικτύων και τις σχέσεις μεταξύ τους, όπως και τις δραστηριότητες που διεξάγονται από τα αντικείμενα στον πραγματικό και στον ψηφιακό κόσμο. Τα δεδομένα για τους ανθρώπους (ιδιοκτήτες αντικειμένων αλλά και επισκέπτες) είναι επίσης διαχειρίσιμα από αυτή την βάση δεδομένων.

Με αναφορά στο παραπάνω σχήμα, το **κύριο συστατικό** του επιπέδου εφαρμογών, περιλαμβάνει τα εργαλεία για την κύρια υλοποίηση των λειτουργιών ενός συστήματος SloT. Η **διαχείριση ταυτότητας (ID management)**, στοχεύει στο να αναθέτει μία ταυτότητα, η οποία αναφέρεται μοναδικά σε όλες τις πιθανές κατηγορίες αντικειμένων. Η δημιουργία προφίλ για

κάθε αντικείμενο έχει σαν στόχο την διαμόρφωση πληροφοριών για τα αντικείμενα με χειροκίνητο ή αυτόματο τρόπο. Ο έλεγχος των ιδιοκτητών (*owner control - OC*), είναι το κομμάτι εκείνο που ενσωματώνει τις δραστηριότητες που μπορεί να πραγματοποιήσει κάθε αντικείμενο, τις πληροφορίες που μπορεί να μοιραστεί (καθώς και τις ομάδες αντικειμένων με τις οποίες μπορεί να μοιραστεί αυτές τις πληροφορίες), όπως και τα είδη των σχέσεων που μπορούν να δημιουργηθούν μεταξύ τους. Η *διαχείριση των σχέσεων (relationship management - RM)*, είναι ένα σημείο κλειδί στο δίκτυο των πραγμάτων, καθώς τα αντικείμενα δεν έχουν την νοημοσύνη των ανθρώπων ώστε να επιλέγουν φίλιες, για αυτό το λόγο η «νοημοσύνη» θα πρέπει να ενσωματώνεται μέσα στο IoT. Το κύριο έργο αυτού του συστατικού μέρους του δικτύου είναι το να επιτρέπει στα αντικείμενα να δημιουργούν, να αναβαθμίζουν και να τερματίζουν τις σχέσεις τους με άλλα αντικείμενα, ανάλογα με τις ρυθμίσεις που έχει καθορίσει ο ιδιοκτήτης. Η *ανακάλυψη των υπηρεσιών (service discovery-SD)*, είναι επίσης ένα θεμελιώδες κομμάτι από την άποψη ότι στοχεύει στην εύρεση των αντικειμένων που μπορούν να παρέχουν την ζητούμενη υπηρεσία, με τον ίδιο τρόπο που ένας άνθρωπος ψάχνει για φίλιες ή για πληροφορίες μέσα στα κοινωνικά δίκτυα. Το κομμάτι της *σύνθεσης των υπηρεσιών (service composition - SC)* είναι το κομμάτι της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αντικειμένων. Στις περισσότερες περιπτώσεις μιλάμε για αλληλεπιδράσεις στις οποίες ένα αντικείμενο επιθυμεί να ανακτήσει πληροφορίες από τον πραγματικό κόσμο ή να βρει μια συγκεκριμένη υπηρεσία που παρέχει κάποιο άλλο αντικείμενο. Για την ακρίβεια αυτός είναι και ο κύριος λόγος για τον οποίο αναπτύσσεται το SIoT. Το συστατικό της *διαχείρισης της αξιοπιστίας (trustworthiness management - TM)*, έχει σαν αντικείμενο το πώς θα επεξεργαστούν οι πληροφορίες που έχουν αποκτηθεί από άλλα μέλη του δικτύου. Η αξιοπιστία συνδέεται με την συμπεριφορά των αντικειμένων και σχετίζεται στενά με το συστατικό της διαχείρισης σχέσεων.

Το τρίτο υποεπίπεδο, **το υποεπίπεδο της διεπαφής (interface sublayer)**, είναι εκεί όπου γίνεται η συσχέτιση ανάμεσα στα αντικείμενα τους ανθρώπους και τις υπηρεσίες. Αυτό μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους για αυτό και δεν προτείνεται κάποια συγκεκριμένη λύση ανάπτυξης.

Πύλες και Αντικείμενα

Όσον αφορά στις πύλες και στα αντικείμενα, οι συνδυασμοί που μπορούν να υπάρξουν ποικίλουν ανάλογα και με τα χαρακτηριστικά των συσκευών. Τρία είναι τα συνηθέστερα σενάρια είναι αυτά που περιγράφονται παρακάτω.

Μία απλή περίπτωση είναι ένα «ανόητο» αντικείμενο (για παράδειγμα μία ετικέτα RFID ή μία συσκευή ανίχνευσης παρουσίας) που έχει μία λειτουργικότητα του κατώτερου επιπέδου, μπορεί δηλαδή να στέλνει σήματα σε μία άλλη συσκευή (την Πύλη). Η Πύλη έχει όλες τις υπόλοιπες λειτουργικότητες που ανήκουν και στα τρία επίπεδα.

Μία δεύτερη περίπτωση είναι μια συσκευή (όπως για παράδειγμα μία κάμερα), που μπορεί να παίρνει πληροφορίες από το φυσικό περιβάλλον και να στέλνει τις σχετικές πληροφορίες

μέσω ενός δικτύου IP. Σε αυτή την περίπτωση το αντικείμενο συμπεριλαμβάνει λειτουργικότητες του επιπέδου δικτύου, εκτός από αυτές του επιπέδου εφαρμογών. Αντίστοιχα, η Πύλη δεν χρειάζεται να περιλαμβάνει λειτουργικότητες από το επίπεδο των εφαρμογών. Ένα επίπεδο εφαρμογών σε ένα server, κάπου στο Διαδίκτυο, με τη λειτουργικότητα του επιπέδου της Πύλης θα ήταν αρκετό.

Η τρίτη περίπτωση είναι ένα έξυπνο αντικείμενο (π.χ. ένα smartphone). Αυτό θα μπορούσε να συμπεριλαμβάνει τις λειτουργικότητες και των τριών επιπέδων έτσι ώστε να μην χρειάζεται Πύλη, παρά μόνο για κάποιες λειτουργίες που αφορούν επικοινωνία, έτσι ώστε να διατηρείται η συνδεσιμότητα του αντικειμένου.

Όποια και να είναι η περίπτωση που έχουμε, το επίπεδο των εφαρμογών περικλείει εφαρμογές SIoT, όπως τον social agent και τον service management agent. Ο social agent είναι μια υπηρεσία που αφορά την επικοινωνία με τους server SIoT, έτσι ώστε να αναβαθμίζει το προφίλ της, να αναβαθμίζει τις φιλίες, και να ανακαλύπτει και να αναζητάει υπηρεσίες από όλο το κοινωνικό δίκτυο. Επίσης, εμπλουτίζει τις μεθόδους με τις οποίες επικοινωνεί απευθείας με άλλα αντικείμενα όταν αυτά είναι γεωγραφικά κοντά ή όταν ο σκοπός του έργου περιλαμβάνει την επικοινωνία μεταξύ αντικειμένων. Τέλος, ο service management agent είναι υπεύθυνος για την διεπαφή με τους ανθρώπους που μπορούν να καθορίσουν την συμπεριφορά των αντικειμένων όταν αυτά επικοινωνούν μέσα στο κοινωνικό δίκτυο.

4.1.5 Κύριες διεργασίες στο SIoT

Το Κοινωνικό δίκτυο των πραγμάτων δεν δημιουργήθηκε σαν λύση για την ανίχνευση και δικτύωση του IoT, αλλά για να κάνει τον κόσμο των τρισεκατομμυρίων πραγμάτων διαχειρίσιμο στην αντιμετώπιση του προβλήματος της ανακάλυψης υπηρεσιών και πληροφοριών. Στην ουσία, ανοίγει τον δρόμο για αυτόνομες αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στα αντικείμενα, έτσι ώστε να επωφελείται ο χρήστης-άνθρωπος.

Οι κύριες διεργασίες που εντοπίζονται στο κοινωνικό δίκτυο των πραγμάτων είναι οι εξής: *είσοδος νέου αντικειμένου, ανίχνευση και σύνθεση υπηρεσιών, εγκαθίδρυση σχέσης με νέο αντικείμενο, και τροφοδότηση υπηρεσιών.* Όσον αφορά, στην είσοδο νέου αντικειμένου στο σύστημα, οι σχετικές ενέργειες γίνονται κατά βάση από τον ιδιοκτήτη του αντικειμένου, ο οποίος επικοινωνεί με τον server ώστε να δημιουργήσει λογαριασμό, να εισάγει το προφίλ του αντικειμένου, και να ρυθμίσει τους παράγοντες ελέγχου. Η δημιουργία προφίλ του αντικειμένου προσθέτει πληροφορίες σχετικές με τις δυνατότητες και το ιστορικό του κάθε αντικειμένου. Δεδομένης της ανομοιομορφίας των κόμβων του IoT, τα μέλη του SIoT χωρίζονται σε κλάσεις, με βάση τα χαρακτηριστικά τους.

Πρώτα πραγματοποιείται η διαδικασία της εισόδου του νέου αντικειμένου. Μόλις η διαδικασία της δημιουργίας προφίλ του αντικειμένου ολοκληρωθεί, τότε ένας *agent* (ο οποίος μπορεί να τρέχει είτε στο ίδιο το αντικείμενο είτε σε ένα ξεχωριστό σύστημα – αυτό εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του αντικειμένου) ολοκληρώνει την διαδικασία, ψάχνοντας για «φίλους» στους *SIoT servers*. Κατά την διάρκεια αυτής της φάσης, το αντικείμενο εγκαθιστά τις κύριες σχέσεις του, οι οποίες ενεργοποιούνται από το προφίλ του. Και άλλες σχέσεις προκύπτουν αργότερα, κατά την διάρκεια της ζωής του αντικειμένου, και κυρίως βασίζονται στις μετακινήσεις του αντικειμένου και στις ανταλλαγές υπηρεσιών/πληροφοριών μέσα στο *SIoT*.

Η ανακάλυψη και η σύνθεση υπηρεσιών ενεργοποιείται από την εφαρμογή που τρέχει, είτε στον *server* είτε στον *agent* (δηλαδή στην πύλη ή στο αντικείμενο). Ο τρόπος που αυτή η διαδικασία εκτελείται εξαρτάται από το είδος της υπηρεσίας που ψάχνει η εφαρμογή. Ορισμένα παραδείγματα είναι: η παροχή πληροφοριών σχετικά με το περιβάλλον, η κατάσταση ενός αντικειμένου και οι δραστηριότητες που γίνονται από τον ιδιοκτήτη του αντικειμένου, αλλά και η πραγματοποίηση μια συγκεκριμένης ενέργειας από ένα άλλο αντικείμενο.

Από την στιγμή που η αίτηση για παροχή υπηρεσίας έχει ενεργοποιηθεί από την εφαρμογή, η διαδικασία συνεχίζεται με μια από τις πιο σημαντικές διεργασίες του συστήματος, την αναζήτηση του «φίλου» που θα σε εξυπηρετήσει. Αυτό σχετίζεται με την διαδικασία κατά την οποία συγκρίνονται τα προφίλ των «φίλων», ώστε να καταλάβουμε αν η ζητούμενη υπηρεσία παρέχεται από έναν ή περισσότερους από αυτούς. **Σε αυτή τη διαδικασία, δεν έχουν την ίδια σημασία για την εφαρμογή όλοι οι τύποι σχέσεων.** Για παράδειγμα, αν ζητούνται πληροφορίες σχετικά με τον περιβάλλοντα χώρο, αξιοποιούνται αντικείμενα με τα οποία υπάρχει συνεγκαταστατική ή συνεργατική σχέση. Στην πραγματικότητα, οι «φίλοι» των οποίων τις πληροφορίες έχουμε ανάγκη, είναι εκείνοι οι οποίοι είχαν την δυνατότητα να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με τον περιβάλλοντα χώρο. **Στην περίπτωση που δεν μπορεί να βρεθεί κάποιος «φίλος» που να μπορεί να προσφέρει την ζητούμενη υπηρεσία, γίνεται αναζήτηση στο δέντρο των «φιλιών» των «φίλων» του αντικειμένου.** Εάν πάλι βρεθούν περισσότεροι από ένας «φίλοι» που μπορούν να παρέχουν την υπηρεσία, τότε είναι απαραίτητη μία κατάταξη. Η κατάταξη πραγματοποιείται με βάση κάποιους κανόνες, ανάμεσα στους οποίους είναι, η αξιοπιστία του αντικειμένου, η πιστωτική/χρεωστική σχέση των αλληλεπιδρώντων αντικειμένων, οι διαθέσιμοι πόροι του αντικειμένου (ισχύς μπαταρίας, εύρος ζώνης, αξιοπιστία της επικοινωνίας και της υπολογιστικής δυνατότητας, κτλ).

Στην περίπτωση της δημιουργίας σχέσης με ένα νέο αντικείμενο, τα δύο αντικείμενα της σχέσης ενημερώνονται ότι είναι γείτονες για ένα χρονικό διάστημα ικανό ώστε να ώστε να αναπτύξουν «φιλική σχέση». Σε αυτό το σενάριο αναφερόμαστε σε συνεγκαταστατική, συνεργατική, και κοινωνική σχέση αντικειμένων, η οποία προκαλείται εξαιτίας της γεωγραφικής τους εγγύτητας. Η ανίχνευση της γεωγραφικής τους εγγύτητας, γίνεται αντιληπτή από τις λειτουργικότητες που διαθέτουν οι συσκευές για επικοινωνίες μικρής εμβέλειας (*Bluetooth*, *NFC*, κτλ), οι οποίες επιτρέπουν στα αντικείμενα να καταλάβουν ότι είναι μέσα σε εμβέλεια

επικοινωνίας. Υπάρχουν και άλλοι τρόποι ανίχνευσης της συνεγκατάστασης, όπως για παράδειγμα με λειτουργικότητες ανίχνευσης θέσης (π.χ. *GPS*), με τις οποίες γίνεται η παρακολούθηση της θέσης του αντικειμένου σε σχέση με τον χρόνο. Με το ανέβασμα των πληροφοριών που αφορούν την θέση στο προφίλ του αντικειμένου, ένα αντικείμενο μπορεί να ανιχνεύσει σχέσεις συνεγκατάστασης με άλλα αντικείμενα. Με όποιον τρόπο και να γίνει η ανίχνευση της συνεγκατάστασης, το αντικείμενο-*agent* μπορεί να ζητήσει την «φιλία» του άλλου, κάτι το οποίο μπορεί να γίνει αποδεκτό ανάλογα και με τους κανόνες ελέγχου που έχει ορίσει ο ιδιοκτήτης.

Η διαδικασία του εφοδιασμού με την υπηρεσία αποτελείται από την παροχή της υπηρεσίας που ανακαλύφθηκε και συντέθηκε προηγουμένως από την καλούσα υπηρεσία. Ας πάρουμε ως παράδειγμα το σενάριο κατά το οποίο ζητείται ραδιοφωνικό σήμα από ένα *smartphone*, στον χώρο που το περιβάλλει. Για να πετύχει τον σκοπό του, η συσκευή καλεί μία διαδικασία ανίχνευσης και σύνθεσης υπηρεσίας για να ψάξει για συσκευές που έχουν ήδη επισκεφτεί την περιοχή ενδιαφέροντος (και άρα είναι ενήμεροι για την ισχύ του σήματος). Από την στιγμή που η υπηρεσία έχει συντεθεί, ο *agent* που την ζητάει (και βρίσκεται εγκατεστημένος μέσα στο *smartphone*) επικοινωνεί με άλλους *agent* που παρέχουν σχετικές πληροφορίες ώστε να ενεργοποιήσει την υπηρεσία. Επιπλέον, ο *agent* που ζητά την υπηρεσία είναι ικανός να εξάγει σημαντικές πληροφορίες σχετικά με την αξιοπιστία των αντικειμένων που παρέχουν την υπηρεσία. Οι πληροφορίες αυτές ανεβαίνουν στον *SlOT Server* και για αυτό είναι διαθέσιμες σε όλη την κοινότητα.

4.2 Επικοινωνίες αντικειμένων μέσα σε οικιακό περιβάλλον

4.2.1 Βασικοί τύποι σχέσεων στην επικοινωνία σε οικιακό περιβάλλον

Πέρα από τον τύπο σχέσεων μεταξύ αντικειμένων που αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχει ένας ξεχωριστός τύπος σχέσεων, που έχει καλύτερη εφαρμογή στα αντικείμενα που υπάρχουν μέσα στο σπίτι. Το *IoT* για τις συσκευές του σπιτιού έχει αρχίσει να συγκεντρώνει έντονο ενδιαφέρον, καθώς συμβάλλει στη μεγαλύτερη άνεση εντός της οικίας. Επίσης, με την ανάπτυξη της τεχνολογίας σε ότι αφορά το *IoT*, είναι λογικό αυτή να περάσει και στο οικιακό περιβάλλον. Για τους χρήστες και τους παρόχους υπηρεσιών, που αφορούν οικιακές εφαρμογές *IoT*, είναι εξαιρετικά δύσκολο να αντιμετωπίσουν προβλήματα, όταν συμβεί κάποιο σφάλμα στο περιβάλλον του έξυπνου σπιτιού. Για αυτό τον λόγο, προτείνονται 4 είδη σχέσεων που μπορούν να βοηθήσουν σε αυτή την κατεύθυνση:

- 1) Σχέση *IoT* – *IoT*
- 2) Σχέση *IoT* – Δικτύου

- 3) Σχέση *IoT* – Υπηρεσίας
- 4) Σχέση *IoT* – Φυσικό Περιβάλλον

Οι παραπάνω τύποι σχέσεων μπορούν να αξιοποιηθούν, ώστε να ανακαλυφθούν υπηρεσίες, συσκευές και πόροι, καθώς αποτελούν μια κατανομημένη και αποτελεσματική λύση, η οποία ταυτόχρονα μειώνει την επιβάρυνση του ανθρώπου.

Τα τελευταία χρόνια πολλές μελέτες έχουν γίνει πάνω στην υγεία, την διασκέδαση και την ασφάλεια μέσα στο σπίτι που προτείνουν ως λύση το *IoT*. Όσο ο αριθμός των οικιακών συσκευών *IoT* μεγαλώνει, τόσο οι άνθρωποι θα χρησιμοποιούν περισσότερο τις υπηρεσίες που θα τους παρέχουν οι συσκευές αυτές, ώστε να κάνουν το σπίτι τους πιο άνετο. Ωστόσο, απλοί χρήστες, ίσως δυσκολευτούν να βρουν την αιτία του σφάλματος, όταν μια οικιακή υπηρεσία δεν δουλεύει. Το σφάλμα μπορεί να συμβεί οπουδήποτε, για παράδειγμα στο δίκτυο ή σε κάποια συσκευή.

Οι σχέσεις που προτείνονται για ένα οικιακό δίκτυο *IoT* είναι της μορφής που περιγράφηκε παραπάνω. Αρχικά, η σχέση *IoT-IoT* είναι σχέση μεταξύ συσκευών. Αποτελείται από δύο είδη σχέσεων, την **γονική** και την **συνεγκαταστατική**. Αν μια συσκευή δεν συμμετέχει ήδη στο περιβάλλον ενός έξυπνου σπιτιού, είναι λογικό να απευθυνθεί και να ζητήσει πληροφορίες από άλλες συσκευές ίδιου μοντέλου. Σε αυτή την περίπτωση αξιοποιείται η γονική σχέση που αναπτύσσεται ανάμεσα σε συσκευές ίδιου μοντέλου. **Η σχέση συνεγκατάστασης είναι αυτή που ομαδοποιεί τις συσκευές που χρησιμοποιούνται σε ένα σπίτι, δηλαδή στον ίδιο χώρο.**

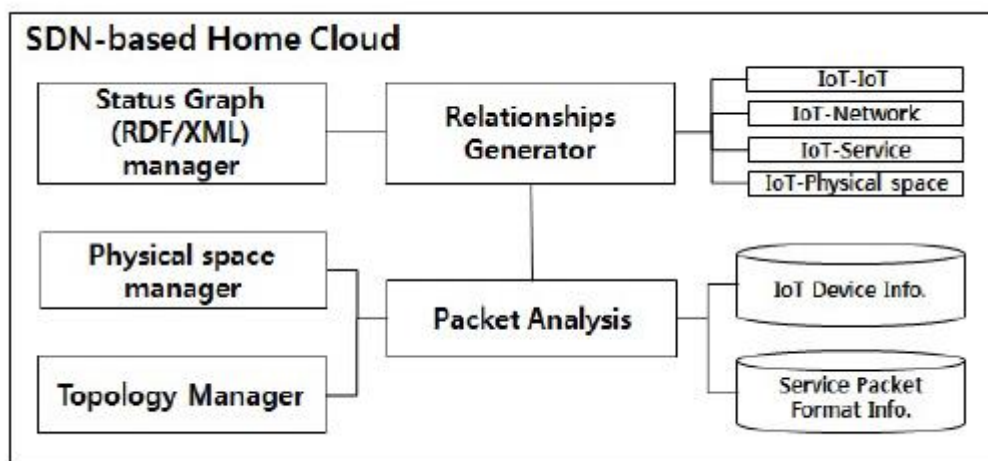
Η σχέση *IoT* – υπηρεσίας είναι στην ουσία οι σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στα αντικείμενα και τις υπηρεσίες. Όταν ένας χρήστης εκτελεί μία υπηρεσία στη συσκευή, τότε ένας ελεγκτής δημιουργεί την σχέση ανάμεσά τους κάνοντας ανάλυση πακέτων.

Η σχέση *IoT* – δικτύου είναι η σχέση των αντικειμένων με το δίκτυο στο οποίο ανήκουν. Όταν υπάρχει αναγκαιότητα για την ανίχνευση ενός σφάλματος, αυτό το είδος σχέσης βοηθάει στο να αποκτηθούν πληροφορίες από το πρωτόκολλο του δικτύου.

Τέλος, η σχέση μεταξύ *IoT* – φυσικού περιβάλλοντος δημιουργείται ανάμεσα στις συσκευές και το περιβάλλον τους.

Παρόλο που οι σχέσεις είναι χρήσιμες για την διάγνωση σφαλμάτων, η δημιουργία των σχέσεων από τους ίδιους τους χρήστες θα ήταν πολύ πολύπλοκη διαδικασία. Για αυτό τον λόγο προτείνεται ένα σχήμα αυτόματης δημιουργίας σχέσεων, που θα απλοποιήσει την διαδικασία για τους χρήστες και τους παρόχους υπηρεσιών. Όταν μια νέα συσκευή *IoT* συνδέεται σε ένα switch που συνδέεται στο δίκτυο του σπιτιού, τότε το βασισμένο σε *SDN (Software Defined Network)* οικιακό *cloud* αναγνωρίζει πληροφορίες για την συσκευή, όπως μοντέλο, κατασκευαστή, πρωτόκολλο δικτύου, κτλ. Τότε ο ελεγκτής του δικτύου λαμβάνει τα πακέτα δεδομένων που περνάνε μέσα από το *SDN switch*. Με αυτό τον τρόπο ο ελεγκτής φτιάχνει ένα διάγραμμα κατάστασης που περιέχει πληροφορίες για καθεμία συσκευή του δικτύου *IoT* του

σπιτιού. Μετά την αναγνώριση της καινούρια συσκευής, δημιουργεί κοινωνικές σχέσεις για αυτή, βασισμένες στις πληροφορίες που απέκτησε. Τα παραπάνω απεικονίζονται στην επόμενη εικόνα.



Εικόνα 6: Τρόπος λειτουργίας του SDN cloud στο οικιακό περιβάλλον [5]

Στο μοντέλο του *S/IoT*, επειδή οι σχέσεις που δημιουργούνται είναι μόνο σχέσεις μεταξύ αντικειμένων, δυσκολεύει η διάγνωση σφαλμάτων, όταν αυτά δεν αφορούν το ίδιο το αντικείμενο. Για παράδειγμα, όταν το σφάλμα συμβαίνει στο δίκτυο ή στην υπηρεσία, τότε είναι δύσκολο τόσο για τους χρήστες όσο και για τους παρόχους της υπηρεσίας να ανακαλύψουν το πρόβλημα.

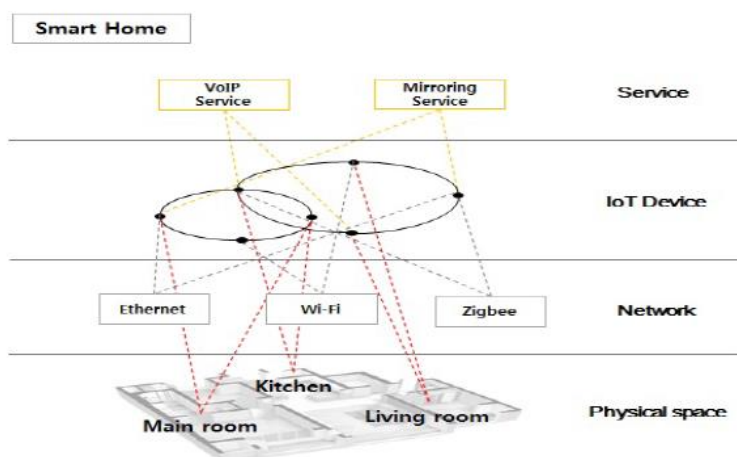
4.2.2 Αυτόματη δημιουργία σχέσεων – Βασική Αρχιτεκτονική

Μετά την αναγνώριση των αντικειμένων *IoT*, ο ελεγκτής δημιουργεί τις σχέσεις. Ο καθορισμός των σχέσεων αυτών από τους χρήστες είναι πολύπλοκη διαδικασία, οπότε το σύστημα πρέπει να τις δημιουργήσει αυτόματα. Οι δεσμοί αυτοί ανάμεσα στα αντικείμενα, δημιουργούνται και αποθηκεύονται σε ένα διάγραμμα κατάστασης, ενώ βασίζονται στις πληροφορίες που έχει συλλέξει για αυτά ο ελεγκτής του *SDN* συστήματος.

- 1) Σχέση IoT-Υπηρεσίας: Όταν κάποιες *IoT* συσκευές επικοινωνούν μεταξύ τους χρησιμοποιώντας μία εφαρμογή, ο ελεγκτής αναγνωρίζει την εφαρμογή

παρακολουθώντας τα πακέτα που διέρχονται μέσα από *SDN* οικιακό *cloud*. Ωστόσο, ένας ελεγκτής δεν μπορεί να «πιάσει» το πακέτο μιας συσκευής, αν το πακέτο αυτό δεν περάσει μέσα από ένα οικιακό *switch*, όπως για παράδειγμα, ένα οικιακό *Bluetooth*. Αυτή η κατάσταση μπορεί να αποφευχθεί, αν ο *controller* επικοινωνεί με την κεντρική εφαρμογή που είναι υπεύθυνη για το *download* των υπηρεσιών και των εφαρμογών. Οπότε, όταν μια οικιακή συσκευή κατεβάζει μια υπηρεσία, τότε το *Cloud* του σπιτιού την ανακαλύπτει και δημιουργεί την σχέση *IoT* – υπηρεσίας, καθώς με αυτό τον τρόπο ο *controller* θα είναι ενήμερος για την ταυτότητα της υπηρεσίας.

- 2) Σχέση *IoT* – *IoT*: Αυτή είναι η σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ συσκευών *IoT*. Αυτή η σχέση χωρίζεται σε δύο κατηγορίες, την γονική σχέση και την συνεγκαταστατική σχέση. Η πρώτη αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο συσκευές ίδιου τύπου. Είναι λογικό όταν εμφανίζεται ένα σφάλμα σε μια συσκευή να ψάχνει το σύστημα σε αντίστοιχες συσκευές, ώστε να βρει λύση. Οπότε, όταν μια συσκευή μπαίνει στο οικιακό δίκτυο, αυτόματα αναγνωρίζει τον τύπο της, αξιοποιώντας και την βάση δεδομένων για τις συσκευές *IoT* που διαθέτει. Μετά την αναγνώριση σχηματίζεται η γονική σχέση. Όσον αφορά στην συνεγκαταστατική σχέση, αυτή δημιουργείται όταν δύο συσκευές βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Για να αναγνωριστεί η συνεγκατάσταση η ανάλυση των πακέτων δεν είναι αρκετή. Συνήθως χρησιμοποιείται *RFID* ή *Zigbee* για την αναγνώριση της τοποθεσίας.
- 3) Σχέση *IoT* – Δικτύου: Σε ένα σπίτι μπορεί να υπάρχουν πολλά είδη πρωτοκόλλων δικτύου. Το *IPv4* και *IPv6* έχουν ενσωματώσει όλα τα πρωτόκολλα του *Internet*, για αυτό και το *IoT* ακολουθεί πρωτόκολλο *IP*. Ωστόσο, πολλά είδη πρωτοκόλλων εμφανίζονται σε ένα σπίτι όπως το *Zigbee* ή το *Bluetooth*. Έτσι, ο ελεγκτής αναγνωρίζει το δικτυακό πρωτόκολλο και δημιουργεί την σχέση *IoT*-Δικτύου με τις διαθέσιμες *IoT* συσκευές. Αναλύοντας αυτή την σχέση μπορούν να εντοπιστούν τα σφάλματα του δικτύου.
- 4) Σχέση *IoT* – Φυσικού χώρου: Με την σχέση αυτή χωρίζονται σε ομάδες όλες οι συσκευές του σπιτιού. Μπορεί να δημιουργηθούν σε ιεραρχική δομή, για παράδειγμα σε υψηλότερο επίπεδο βρίσκεται το σπίτι και σε χαμηλότερο τα δωμάτια του σπιτιού. Για να σχηματιστεί αυτού του είδους η σχέση, ο ελεγκτής θα πρέπει να διακρίνει το κάθε σπίτι και το κάθε δωμάτιο του σπιτιού. Ο ελεγκτής μπορεί να υποθέσει ότι κάποιες συσκευές είναι σίγουρα σε κάποιο δωμάτιο από το είδος τους και μόνο (π.χ. το ψυγείο βρίσκεται στην κουζίνα), αλλά δεν είναι το ίδιο εύκολο να υποθεθεί κάτι τέτοιο για κάθε μια συσκευή, για παράδειγμα ένα *smart phone*. Για να δημιουργηθεί σωστά αυτή η σχέση υποθέτουμε ότι υπάρχουν ασύρματοι αισθητήρες σε κάθε δωμάτιο και καταλαβαίνουν ότι οι ασύρματες βρίσκονται στο ίδιο δωμάτιο.



Εικόνα 7: Παράδειγμα χωρισμού σε τομείς ενός έξυπνου σπιτιού [5]

4.3 Σχέσεις μεταξύ αντικειμένων βασισμένες στη θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής

Ο ορισμός της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής αναφέρει, πως πρόκειται για μια θεωρία που από ψυχολογικής και κοινωνικής πλευράς εξηγεί την κοινωνική αλλαγή και σταθερότητα, σαν μια διαδικασία διαπραγματεύσεων ανάμεσα σε ομάδες. Η θεωρία αυτή υποθέτει ότι οι ανθρώπινες σχέσεις διαμορφώνονται με την χρήση μια υποκειμενικής ανάλυσης κόστους - κέρδους και την σύγκριση μιας επιλογής με άλλες εναλλακτικές. Η θεωρία αυτή έχει εφαρμογές στην οικονομία, την ψυχολογία και την κοινωνιολογία, ενώ χρησιμοποιείται ευρέως στις επιχειρήσεις, ώστε να βρεθούν προτάσεις αμοιβαία επωφελείς ανάμεσα σε δύο μέρη.

4.3.1 Η Ιστορία της θεωρίας της Κοινωνικής Ανταλλαγής

Σύμφωνα με τον κοινωνιολόγο George Homans, η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής αφορά την ανταλλαγή δράσεων, υλικών ή άυλων και περισσότερο ή λιγότερο ανταμοιβόμενων ή δαπανηρών ανάμεσα σε τουλάχιστον δύο άτομα. Οι John Thibaut και Harold Kelley έδωσαν μεγάλη έμφαση στην επίδραση της θεωρίας στην ψυχολογία, μελετώντας δυάδες και μικρές ομάδες, ενώ ο ανθρωπολόγος Levi-Strauss επικεντρώθηκε σε συστήματα γενικευμένης ανταλλαγής, όπως σε συστήματα συγγένειας και σε ανταλλαγές δώρων.

Σύμφωνα με τον Homans το σύστημα συνοψίζεται σε τρεις προτάσεις:

- Πρόταση επιτυχίας: Όταν κάποιος επιβραβεύεται για τις πράξεις του τείνει να τις επαναλαμβάνει.
- Πρόταση κινήτρου: Όσο πιο συχνά μια συγκεκριμένη πράξη οδήγησε σε επιβράβευση στο παρελθόν, τόσο πιο πιθανό είναι το άτομο να ανταποκριθεί εκ νέου σε αυτή.
- Πρόταση στέρησης – κορεσμού: Όσο πιο συχνό στο παρελθόν ένα άτομο έλαβε μια συγκεκριμένη ανταμοιβή για μία πράξη του, τόσο λιγότερο πολύτιμη γίνεται μια επιπλέον μονάδα από την συγκεκριμένη ανταμοιβή.

Οι παραπάνω προτάσεις, μετά από επεξεργασία του μοντέλου της κοινωνικής ανταλλαγής συμπληρώθηκαν ακόμα με τις εξής δύο:

- Πρόταση αξίας: Αν το αποτέλεσμα μια συμπεριφοράς είναι πολύτιμο για ένα άτομο, τότε είναι πιο πιθανό η συμπεριφορά αυτή να συμβεί.
- Πρόταση συναισθημάτων: Τα άτομα που λαμβάνουν μεγαλύτερη ανταμοιβή από αυτή που περίμεναν ή μικρότερη τιμωρία, τότε είναι ευχαριστημένα και συμπεριφέρονται αναλόγως.

Ο *Peter Blau* επικεντρώθηκε πιο πολύ σε πιο οικονομικές και ωφελμιστικές πλευρές, σε αντίθεση με τον Homans που υποστήριξε ότι τα άτομα στηρίζουν τις επόμενες κινήσεις τους στις προηγούμενες τους εμπειρίες. Ο *Blau* ένιωθε ότι αν τα άτομα επικεντρώνονταν στις ψυχολογικές πτυχές της θεωρίας, θα απείχαν από το να μάθουν να αναπτύσσουν πλευρές του *social exchange*.

Τέλος, ο *Richard Emerson* συμπλέκει τις θεωρίες του Homans και του *Blau*. Στο έργο του επικεντρώθηκε στη δύναμη που μπορούν να έχουν οι σχέσεις με την διαδικασία της ανταλλαγής. Ανέλυσε με οικονομικούς όρους, για λόγους απλότητας, μη οικονομικές κοινωνικές καταστάσεις.

4.3.2 Βασικές Έννοιες

Στην θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, σε αντίθεση με την οικονομία, η έννοια της ιδιοτέλειας δεν έχει αρνητική χροιά. Αντίθετα, αποτελεί την κινητήρια δύναμη για να ξεκινήσουν διαπροσωπικές σχέσεις, ώστε να προχωρήσει το προσωπικό ενδιαφέρον της κάθε πλευράς. Η έννοια της αλληλεξάρτησης βασίζεται στον συνδυασμό των προσπαθειών της κάθε πλευράς και των από κοινού συμφωνιών.

Οι βασικές έννοιες που διέπουν την θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, συνοψίζονται παρακάτω:

- Κάθε άτομο επιδιώκει να μεγιστοποιήσει τα κέρδη του από μια κοινωνική ανταλλαγή.

- Η κοινωνική ανταλλαγή φέρνει ικανοποίηση όταν τα άτομα που συμμετέχουν λαμβάνουν δίκαιη ανταμοιβή για αυτά που έχουν δαπανήσει.
- Τα απλά μοντέλα κοινωνικής ανταλλαγής θεωρούν ότι οι ανταμοιβές και οι δαπάνες είναι αυτές που οδηγούν στην λήψη μιας απόφασης για το αν μια σχέση θα συνεχιστεί ή θα διακοπεί. Και τα δύο μέρη της σχέσης έχουν ευθύνη το ένα για το άλλο και βασίζονται το ένα στο άλλο.

Τα βασικά στοιχεία που απαρτίζουν την θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής είναι τα **κόστη** και οι **ανταμοιβές**. Κόστη θεωρούνται τα στοιχεία αυτά που έχουν αρνητική επίδραση σε ένα άτομο. Κόστος μπορεί να θεωρείται ο χρόνος που αφιερώνει κάποιο άτομο σε μία σχέση, το χρήμα, η ατομική προσπάθεια, κτλ. Αντίθετα, οι ανταμοιβές είναι τα στοιχεία εκείνα που έχουν θετική επίδραση. Όπως, για παράδειγμα, το αίσθημα αποδοχής, η υποστήριξη, η συντροφικότητα, κτλ. Η **αξία μιας σχέσης** υπολογίζεται συγκρίνοντας τα δύο αυτά στοιχεία, με βάση την παρακάτω σχέση:

$$\text{Worth} = \text{Rewards} - \text{Costs}$$

Στην περίπτωση που τελικά **Worth>0**, τότε η σχέση κρίνεται θετική, οπότε είναι πολύ πιθανό να συνεχίσει να υφίσταται. Στην περίπτωση που **Worth<0**, τότε η σχέση κρίνεται αρνητική και το πιο πιθανό σενάριο έκβασης της σχέσης αυτής, είναι ότι θα τερματιστεί.

Σε μια αμοιβαία επωφελή ανταλλαγή, κάθε μια πλευρά παρέχει τα στοιχεία που ζητάει η άλλη πλευρά σε χαμηλότερο κόστος για τον εαυτό της, σε σχέση με την αξία των πόρων που η άλλη πλευρά παρέχει. Στην ουσία, δηλαδή, πάντα το πρόσημο της αξίας της σχέσης είναι θετικό, καθώς πάντα το κόστος είναι μικρότερο από την ανταμοιβή. Έτσι, σε ένα τέτοιο μοντέλο, η ικανοποίηση και των δύο πλευρών εξασφαλίζει την σταθερότητα της σχέσης.

Η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής περιέχει τόσο την έννοια της σχέσης, όσο και της υποχρέωσης του ενός μέρους απέναντι στο άλλο. Ένα μέτρο του παραπάνω είναι και το εξής:

Επίπεδο Σύγκρισης: Έχει να κάνει με το τι πιστεύουν τα ίδια τα μέρη που συμμετέχουν στην ανταλλαγή, για το τι πρέπει να πάρουν με την μορφή κόστους ή ανταμοιβής από μια συγκεκριμένη σχέση. Αυτό μπορεί να αντιληπτό και ως οι ελάχιστες απολαβές, μέσα από τις οποίες είναι ευχαριστημένο ένα άτομο από μία σχέση.

Επίπεδο Σύγκρισης Εναλλακτικής: Ουσιαστικά, πρόκειται για το χαμηλότερο επίπεδο που μπορεί να δεχτεί ένα άτομο σε σύγκριση με ανταμοιβές από άλλες σχέσεις ή από την επιλογή του να μείνει μόνο του. Το άτομο δηλαδή, σκέφτεται το όφελος που μπορεί να έχει από άλλες εναλλακτικές, έξω από την τρέχουσα σχέση. **Αυτό αποτελεί περισσότερο μέτρο σταθερότητας μια σχέσης, παρά μέτρο της ικανοποίησης, από την στιγμή που η σχέση αυτή αποδεικνύεται ότι πάντα υπερέχει σε σχέση με άλλες εναλλακτικές.**

4.3.3 Τρόποι Ανταλλαγής

Οι άνθρωποι είναι λογικά όντα, οπότε η συμπεριφορά τους είναι αλληλένδετη με την συμπεριφορά του άλλου μέρους της συναλλαγής. Για να έχουμε κοινωνική ανταλλαγή, θα πρέπει αφενός οι συμπεριφορές των δύο μερών να είναι τέτοιες που να αποσκοπούν σε ένα τέλος, για το οποίο θα υπάρχει συνεργασία μεταξύ των δύο μερών. Αφ' ετέρου, πρέπει να επιδιώκεται η προσαρμογή των μέσων, ώστε να υπάρχει όσο το δυνατόν καλύτερη επίτευξη των στόχων που έχουν αποφασιστεί. Εντοπίζεται, δηλαδή, εδώ, η αρχή της αμοιβαιότητας, που αναφέρεται στην αμοιβαία ενίσχυση από το ένα μέρος, των ενεργειών του άλλου.

Τέλος, σαν αιτία δημιουργίας μιας σχέσης και εκκίνησης μιας ανταλλαγής, θεωρείται και η **δύναμη**. Η εξάρτηση που έχει ένα άτομο από κάποιο άλλο δημιουργεί την έννοια της δύναμης. Η διαφοροποίηση της δύναμης επηρεάζει τις κοινωνικές δομές, προκαλώντας ανισοτιμίες ανάμεσα στα μέλη τους. Ξεχωρίζουμε δύο τύπους επηρεασμού μέσω της δύναμης, **τον έλεγχο της μοίρας**, δηλαδή την δυνατότητα επηρεασμού απευθείας των πράξεων άλλου ατόμου, και **τον έλεγχο της συμπεριφοράς**, δηλαδή η αλλαγή της συμπεριφοράς ενός ατόμου να έχει αντίκτυπο και στη συμπεριφορά ενός άλλου ατόμου. [9]

4.3.4 IoT και θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής

Η παραπάνω θεωρία, σύμφωνα με την οποία δημιουργούνται και διατηρούνται ή διακόπτονται σχέσεις μεταξύ ανθρώπων, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και στον τομέα του διαδικτύου των πραγμάτων. Παρακάτω, θα μελετηθεί το πως μπορεί να γίνει η δημιουργία των σχέσεων με βάση την θεωρία αυτή και τις προϋποθέσεις για να υπάρξει φιλία μεταξύ αντικειμένων, αλλά και τους λόγους που οδηγούν στην διατήρηση ή στην διακοπή των σχέσεων.

Η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής μας ξεκαθαρίζει, ότι κύριο ρόλο στην δημιουργία και στη συνέχιση μιας σχέσης, παίζει το να είναι ωφέλιμη και για τα δύο μέρη και να προσφέρει τα μεγαλύτερα δυνατά θετικά αποτελέσματα, συγκρινόμενα με το κόστος που πρέπει να καταβάλουν, ώστε να την διατηρήσουν. **Ανάλογα και με το είδος του κάθε αντικειμένου, πρωταρχικής σημασίας είναι το να μπορεί μια φιλία με κάποιο αντικείμενο να καλύψει την ανάγκη για ικανοποίηση του στόχου που έχει τεθεί.** Στην παρουσίαση της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής, αναφέρθηκαν τα στοιχεία των ανταμοιβών και του κόστους τα οποία θα οδηγήσουν στην τελική έκβαση της σχέσης (Θετική = συνέχιση της σχέσης ή αρνητική = διακοπή της σχέσης). Οπότε, η μέγιστης σημασίας ανταμοιβή που υπολογίζεται για την δημιουργία μιας σχέσης μεταξύ αντικειμένων είναι το να υπάρχει η δυνατότητα να καλυφθεί ο

στόχος που έχει τεθεί. Στην περίπτωση του Social Internet of Things είναι συνήθως η απόκτηση πληροφοριών ή υπηρεσιών.

Ανάλογα με το είδος του αντικειμένου, διαφορετικά στοιχεία μπορεί να θεωρούνται ανταμοιβές. Για παράδειγμα, η εδραίωση μιας καλής φήμης, ώστε να επιλέγεται σαν φίλος και από άλλα αντικείμενα, το ότι μπορεί να συμβάλει στην αύξηση της εμπορικής αξία του ίδιου του προϊόντος ή ακόμη και η εξοικονόμηση ενέργειας που μπορεί να έχει όταν συνδέεται φιλικά με κάποιο αντικείμενο, σε σύγκριση με κάποιο άλλο, είναι σημαντικοί παράγοντες που μπορεί να καθορίσουν τις σχέσεις των έξυπνων αντικειμένων. Σημαντικό, είναι να γίνει κατανοητό ότι **αυτές οι θετικές ανταμοιβές έχουν άμεση αντανάκλαση, στον άνθρωπο ιδιοκτήτη του προϊόντος, καθώς αυτός είναι ο αποδέκτης όλων των ενεργειών του έξυπνου αντικειμένου, αλλά και αυτός που ορίζει τις προϋποθέσεις με τις οποίες θα είναι ικανοποιημένος.**

Από την άλλη πλευρά, σαν κόστος μπορεί να εκληφθούν αρνητικά στοιχεία σε μια σχέση. Όπως για παράδειγμα η χρέωση μεγάλων ποσών για την απόκτηση υπηρεσίας, το μεγάλο κόστος σε ενέργεια, η πιθανότητα επίθεσης από κακόβουλο κόμβο. Ωστόσο, αν ο κόμβος αυτός που προσφέρει την υπηρεσία είναι ο μοναδικός, το αντικείμενο που επιδιώκει σχέση μαζί του έχει την επιλογή είτε να συμβιβαστεί με τα παραπάνω αρνητικά στοιχεία, είτε να παραιτηθεί από την επίτευξη του στόχου. Γίνεται δηλαδή σύγκριση με την πιθανότητα, να μείνει μόνος του ο κόμβος και να μην προχωρήσει στη δημιουργία κάποιας σχέσης.

Πως όμως γίνεται η σύνθεση των φιλικών σχέσεων μέσα από την αξιοποίηση αυτών των ανταμοιβών και του κόστους; Λαμβάνοντας υπόψη τους πέντε νόμους του Homans, θα προσπαθήσουμε να συνοψίσουμε για ποιους λόγους, ένα αντικείμενο συνάπτει φιλική σχέση με ένα άλλο.

Πρόταση Επιτυχίας

Σύμφωνα με τον Homans, όταν κάποιος επιβραβεύεται για τις πράξεις του τείνει να τις επαναλαμβάνει. Ομοίως, και **τα έξυπνα αντικείμενα, όταν λαμβάνουν θετική ανατροφοδότηση για τις υπηρεσίες που παρέχουν, συνεχίζουν να ακολουθούν την ίδια συμπεριφορά που αποδίδει ανταμοιβή.** Θεωρούμε ότι ανταμοιβή μπορεί να είναι η κάλυψη των αναγκών του συγκεκριμένου αντικειμένου ή η ικανοποίηση κάποιου στόχου. Επίσης, ανταμοιβή μπορεί να θεωρείται η θετική άποψη του περίγυρου που μπορεί να εκφράζεται με like, ή και θετικά σχόλια. **Το τι θεωρείται ανταμοιβή για κάθε αντικείμενο είναι διαφορετικό ανάλογα με την φύση του.** Επίσης, μια θετική ανταμοιβή είναι πιθανόν να αποτρέψει την κακή συμπεριφορά ενός κόμβου, καθώς έτσι θα πάψει να υφίσταται η ανταμοιβή και συνεπώς οι ανάγκες του αντικειμένου, ενδεχομένως να μην καλύπτονται. Βέβαια, η τελευταία υπόθεση εξαρτάται και πάλι από την περίπτωση, καθώς ένα κακόβουλο αντικείμενο έχει σαν σκοπό την επίθεση σε άλλους κόμβους, οπότε με αυτό τον τρόπο ικανοποιείται η ανάγκη του. Γενικά, όμως

αποτρέπεται η αλλαγή της συμπεριφοράς ενός κόμβου από καλή σε κακή, με την αξιοποίηση της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής.

Πρόταση Κινήτρου

Σύμφωνα με την θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, όσο πιο συχνά μια συγκεκριμένη πράξη οδήγησε σε επιβράβευση στο παρελθόν, τόσο πιο πιθανό είναι το άτομο να ανταποκριθεί εκ νέου σε αυτή. **Έτσι, όταν ένα αντικείμενο συνηθίσει στο να παίρνει ανταμοιβές από τις υπηρεσίες που παρέχει, τότε δεν είναι συνηθισμένο να αλλάζει συμπεριφορά και να αρχίσει να παρέχει κακές υπηρεσίες ή να πραγματοποιεί κακόβουλες επιθέσεις.** Με τον τρόπο αυτό, προστατεύεται και όλο το δίκτυο, απομονώνοντας κακόβουλους κόμβους και αποτρέποντας τους υπόλοιπους να λειτουργήσουν κακόβουλα.

Πρόταση Στέρησης-Κορεσμού

Η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής θεωρεί ότι, όσο πιο συχνά στο παρελθόν ένα μέρος της συναλλαγής έλαβε μια συγκεκριμένη ανταμοιβή για μια πράξη του, τόσο λιγότερο πολύτιμη γίνεται μια επιπλέον μονάδα από την συγκεκριμένη ανταμοιβή. Έτσι, αν για ένα αντικείμενο που συμμετέχει στο δίκτυο του Internet of Things, αν η ανταμοιβή που προσφέρεται από μια συγκεκριμένη σχέση είναι μικρή αξίας για το αντικείμενο και προσφέρεται συχνά τότε υποβαθμίζεται και δεν αποτελεί κίνητρο για την δημιουργία ή την συνέχιση της ύπαρξης της σχέσης. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των *like* σε ένα ήδη δημοφιλές αντικείμενο.

Πρόταση Αξίας

Η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής προτείνει, ότι αν το αποτέλεσμα μιας συμπεριφοράς είναι πολύτιμο για ένα άτομο, τότε είναι πιο πιθανό η συμπεριφορά αυτή να συμβεί. Ανάγοντας την πρόταση αυτή στο *Internet of Things*, γίνεται κατανοητό ότι όταν μια ανάγκη που έχει ένα αντικείμενο καλύπτεται από τις ανταμοιβές που προσφέρει μια σχέση με ένα άλλο αντικείμενο, τότε είναι πολύ σημαντική η σύναψη και η διατήρησή σχέσης με αυτό. **Έτσι, προσαρμόζει και την δική του συμπεριφορά κατάλληλα, ώστε να είναι εφικτή η σχέση αυτή, ώστε να προσφέρει όσο το δυνατόν μεγαλύτερες ανταμοιβές σε όσο το δυνατόν μικρότερο κόστος.** Η σχέση αυτή, μεταξύ κόστους και ανταμοιβών, γίνεται ακόμα πιο έντονη, όταν το αντικείμενο που διαθέτει την ζητούμενη υπηρεσία έχει στοιχεία μοναδικότητας, υπάρχει πίεση χρόνου για την κάλυψη της ανάγκης ή συντρέχουν παρόμοιοι λόγοι.

Πρόταση συναισθημάτων

Σύμφωνα με τον Homans και την πρόταση συναισθημάτων, όταν κάποιος λαμβάνει μεγαλύτερη ανταμοιβή από αυτή που περιμένει ή μικρότερη τιμωρία, τότε είναι ευχαριστημένος και συμπεριφέρεται αναλόγως. Αυτό, μπορεί να μεταφραστεί στη θεωρία του *SlOT*, ως εξής: αν

ένα αντικείμενο ξέρει ότι η ανταμοιβή που προσφέρεται για μια υπηρεσία ή πληροφορία είναι πολύ μεγάλη αναφορικά με το κόστος που καταβάλει το ίδιο το αντικείμενο για να την προμηθεύσει, τότε επιδιώκει να την παράσχει όσο το δυνατόν καλύτερα και χωρίς να συμπεριφερθεί κακόβουλα, ή με τρόπο που δεν ενδείκνυνται, ώστε να λάβει την ανταμοιβή αυτή που του είναι πολύτιμη και να καλύψει την ανάγκη του. Αυτός είναι και ένας τρόπος να σταματήσουν επιθέσεις κακόβουλων κόμβων, ιδιαίτερα όταν η τιμωρία που λαμβάνουν είναι μικρότερη από την αναμενόμενη. Καταλαβαίνοντας ένα αντικείμενο, ότι είναι προς το συμφέρον του, να προσφέρει υπηρεσίες στο δίκτυο των πραγμάτων, καθώς η ανταμοιβή είναι μεγαλύτερη από ότι αν πραγματοποιεί κακόβουλες επιθέσεις και απομονώνεται από το υπόλοιπο δίκτυο, τότε θα προσαρμόσει ανάλογα την συμπεριφορά του για να είναι ευρέως αποδεκτό και να λαμβάνει την ανταμοιβή που είναι σημαντική.

Στη θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, εμπεριέχεται τόσο η έννοια της σχέσης, όσο και η έννοια της υποχρέωσης του ενός μέρους απέναντι στο άλλο. Όσον αφορά τον κόσμο των αντικειμένων, **ένα αντικείμενο επιδιώκει να συνάψει σχέση με ένα άλλο, αν μπορεί να λάβει κάτι που επιθυμεί από το δεύτερο αντικείμενο, έχοντας ορίσει ένα ελάχιστο αποδεκτό επίπεδο ανταμοιβών. Αντίστοιχα, αποκτά υποχρεώσεις απέναντι στο άλλο αντικείμενο της σχέσης και προσφέρει αντίστοιχα ανταμοιβές με κόστος δικό του.** Ωστόσο, έχει κάνει την σχετική έρευνα ανάμεσα σε άλλα διαθέσιμα αντικείμενα και έχει επιλέξει αυτό που ζητά λιγότερες δαπάνες, για να επιτύχει τον στόχο του. Αν, όμως, εμφανιστεί κάποιος τρίτος αντικείμενο, που συμμετέχει στο δίκτυο και μπορεί να παρέχει την ίδια υπηρεσία σε χαμηλότερο κόστος, τότε το πρώτο αντικείμενο επανεξετάζει τις επιλογές του. Οπότε, η σχέση με το δεύτερο αντικείμενο, κατά πάσα πιθανότητα, θα διακοπεί και θα δημιουργηθεί νέα με το νέο αντικείμενο. Για όλες τις σχέσεις, λοιπόν, γίνονται συγκρίσεις με τις πιθανές εναλλακτικές και επιλέγεται η περισσότερο συμφέρουσα και λιγότερο κοστοβόρα.

Ένας, άλλος παράγοντας που οδηγεί στη δημιουργία μιας σχέσης μεταξύ αντικειμένων είναι ο παράγοντας της δύναμης. **Ένα αντικείμενο που αποπνέει εμπιστοσύνη και δημιουργεί την αίσθηση της ασφάλειας και της βεβαιότητας, ότι μπορεί να είναι αξιόπιστο και να παρέχει καλύτερα τις επιθυμητές υπηρεσίες, σίγουρα είναι προτιμητέο σε σύγκριση με ένα άλλο αντικείμενο που μπορεί να παρέχει την ίδια πληροφορία, αλλά να μην έχει εδραιώσει την αξιοπιστία του ή να υπάρχουν προηγούμενες εμπειρίες, κατά τις οποίες υπήρχαν προβλήματα κατά την παροχή της υπηρεσίας.** Επιπλέον, ένα αντικείμενο αξιοποιώντας τον παράγοντα της δύναμης μπορεί να επηρεάσει με τον τρόπο του το υπόλοιπο δίκτυο, ώστε να αναβαθμιστούν και οι υπόλοιποι κόμβοι και να πραγματοποιούν καλύτερες εργασίες. Αυτό είναι, στην ουσία ο έλεγχος της συμπεριφοράς των αντικειμένων, τα οποία αλλάζουν την συμπεριφορά τους, για να προσαρμόζονται καλύτερα στις συνθήκες και να βελτιώνουν το περιβάλλον που λειτουργούν. Μπορεί, όμως, να έχει και αρνητική επίδραση στο δίκτυο. Επιλέγοντας, πολλά αντικείμενα να λάβουν πληροφορίες/υπηρεσίες από το δυνατό αντικείμενο, είναι πιθανό να δημιουργηθεί συμφόρηση και γενικότερα προβλήματα στο δίκτυο.

Αυτό είναι ο επηρεασμός των αντικειμένων και ο έλεγχος της μοίρας τους, δηλαδή έλεγχος πάνω στις πράξεις των αντικειμένων.

4.3.5 Σενάρια σχηματισμού σχέσεων με βάση την κοινωνική ανταλλαγή

Παρακάτω θα δούμε κάποια σενάρια σχηματισμού σχέσεων μεταξύ αντικειμένων. Με βάση την θεωρία του *SloT*, αναφέρθηκαν παραπάνω οι τρόποι και οι συνθήκες, βάση των οποίων, τελικά γίνεται η σύναψη σχέσης. Σε αυτό το κομμάτι θα αναλυθεί, πως στις ίδιες συνθήκες δημιουργείται μια φιλία, αυτή την φορά με βάση την θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής.

Αξίζει να σημειωθεί το εξής: **ανάλογα με την κατηγορία του κάθε αντικειμένου και την κλάση στην οποία ανήκει, υπάρχουν και διαφορετικές απαιτήσεις για ανταμοιβές**. Για παράδειγμα τα αντικείμενα, που ανήκουν στις κλάσεις 1 και 2, τα οποία διαθέτουν μεγαλύτερη υπολογιστική ισχύ και είναι σε θέση να επεξεργαστούν περισσότερα δεδομένα ταυτόχρονα, μπορούν να διακρίνουν αν επιτυγχάνεται ένας στόχος πιο εύκολα και αποδοτικά με μια εναλλακτική σε σύγκριση με μια άλλη. Οπότε, σίγουρα τα αντικείμενα αυτών των κλάσεων είναι πολύ πιο αυστηρά στην επιλογή της φιλίας που θα συνάψουν. Αντίθετα, τα αντικείμενα που ανήκουν στις κλάσεις 3 και 4, είναι κυρίως αντικείμενα με μικρές υπολογιστικές ικανότητες. Δεν είναι δηλαδή, σε θέση να διακρίνουν, αν τα συμφέρει μια συγκεκριμένη επιλογή σχέσης, σε σύγκριση με κάποια άλλη, αφού ο σχεδιασμός τους έχει γίνει για να παρέχουν συγκεκριμένου τύπου υπηρεσίες σε όποιον τις ζητάει. Έτσι, δημιουργούν σχέση, στην ουσία με όλα τα αντικείμενα που ζητάνε την υπηρεσία, γιατί αυτός είναι, άλλωστε, και ο λόγος ύπαρξής τους.

Σενάριο 1:

Η σχέση που αναπτύσσεται ανάμεσα σε δύο ομοειδή αντικείμενα του ίδιου κατασκευαστή αποτελεί την γονική σχέση, σύμφωνα με το *SloT*. Το σενάριο που θέλουμε να καλύψουμε είναι η αναζήτηση ενός παιχνιδιού από ένα κινητό τηλέφωνο. Το παιχνίδι αυτό, είναι πιθανό να το παρέχουν πολλοί κόμβοι μέσα στο *SloT*. Η επιλογή του κόμβου, από τον οποίο τελικά θα το προμηθευτεί, γίνεται ζυγίζοντας, για όλες τις πιθανές εναλλακτικές, τα κόστη και τις ανταμοιβές και επιλέγοντας την πιο συμφέρουσα. Ωστόσο, θα πρέπει να ικανοποιείται και το συμφέρον της άλλης πλευράς, έτσι ώστε η σχέση που αναπτύσσεται να είναι αμοιβαία επωφελής. Για το πρώτο κινητό τηλέφωνο, η ανάπτυξη γονικής σχέσης με ένα άλλο κινητό τηλέφωνο, μπορεί να έχει τα παρακάτω θετικά (ανταμοιβές) και αρνητικά στοιχεία (κόστη).

Ανταμοιβές:

- Καλύπτεται η ανάγκη του κινητού για απόκτηση μιας υπηρεσίας διασκέδασης και ψυχαγωγίας.

- Η επιλογή της προμήθειας του παιχνιδιού που το ενδιαφέρει από ένα κινητό του ίδιου κατασκευαστή, έχει το πλεονέκτημα ότι θα παίξει σίγουρα στη συσκευή που το προμηθεύεται. Οι πόροι που διαθέτουν οι δύο συσκευές είναι οι ίδιοι επομένως είναι λογικό να μην υπάρχουν προβλήματα ασυμβατότητας στη μια συσκευή που να μην έχουν εμφανιστεί στην άλλη. Αν διάλεγε, το κινητό του παραδείγματος, την προμήθεια από κινητό διαφορετικού κατασκευαστή, όπου μπορεί να υπήρχαν διαφορετικοί πόροι ή ρυθμίσεις, τότε ίσως να ρίσκαρε να μην μπορεί να το τρέξει.

Κόστη:

- Η σχέση με ένα αντικείμενο που το μόνο που γνωρίζει για αυτό είναι ότι προέρχεται από τον ίδιο κατασκευαστή, είναι επίφοβη, καθώς μπορεί να προκύψουν προβλήματα ασφάλειας και να υπάρξουν κακόβουλες επιθέσεις.
- Η αναζήτηση της επιθυμητής υπηρεσίας στο συγκεκριμένο προμηθευτή, ενδέχεται να κοστίζει ακριβότερα σε σχέση με έναν άλλον.

Όσον αφορά στα οφέλη και τις κόστη που εμφανίζονται στην άλλη πλευρά (δηλαδή την πλευρά του παρόχου της υπηρεσίας) αυτά εμφανίζονται παρακάτω:

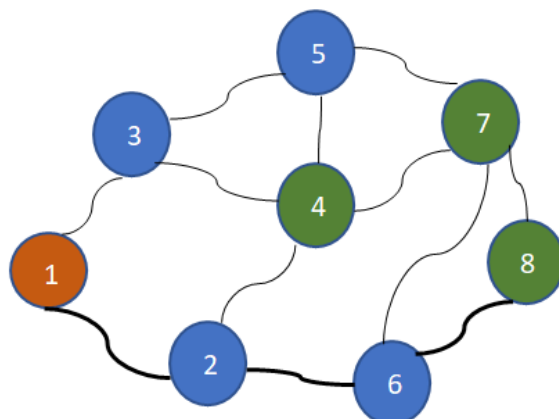
Ανταμοιβές:

- Το κινητό που παρέχει καλά την υπηρεσία που διαθέτει παίρνει μεγαλύτερη αναγνώριση, ώστε να προτιμάται σε μελλοντικές περιπτώσεις, αναζήτησης της ίδιας υπηρεσίας. Αν είναι ευχαριστημένη, η συσκευή που έλαβε το παιχνίδι, μπορεί να δώσει θετικό *feedback* (π.χ. *like*), και τα πολλά *like* αυξάνουν την εγκυρότητα της συσκευής.
- Χρηματικά έσοδα για την συσκευή που παρέχει το παιχνίδι.

Κόστη:

- Το κινητό τηλέφωνο, όταν διαμοιράζει το ζητούμενο παιχνίδι, έχει μειωμένη απόδοση για άλλες λειτουργίες της, αφού ενδέχεται να απασχολεί μέρος των πόρων της στον παραπάνω διαμορισμό.

Συνοψίζοντας, **η σχέση του παραπάνω σεναρίου θα δημιουργηθεί αν τελικά τα αρνητικά στοιχεία κοστίζουν λιγότερο από τις ανταμοιβές και για τις δύο πλευρές, έτσι ώστε το αποτέλεσμα της τελικής αξίας της σχέσης να είναι θετικό.** Όλα τα παραπάνω, βέβαια, είναι σε συνάρτηση με τις προϋποθέσεις και τις οδηγίες που έχει ορίσει ο άνθρωπος – χρήστης, προς όφελος του οποίου έχουμε όλες τις παραπάνω συναλλαγές, με σκοπό πάντα την ικανοποίηση των αναγκών του.



Εικόνα 8: Αποκεντρωμένη αναζήτηση παιχνιδιού στο IoT βασισμένη στη θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, από το αντικείμενο 1

Πως γίνεται όμως η δημιουργία της σχέσης στο παραπάνω σενάριο;

Η σύναψη της σχέσης και η απόκτηση της υπηρεσίας περιγράφονται στο σχήμα της εικόνας 8. Θεωρούμε ότι οι κόμβοι που έχουν πράσινο χρώμα είναι αυτοί που διαθέτουν το παιχνίδι και ο πορτοκαλί κόμβος είναι το κινητό που αναζητά την υπηρεσία. Ποιος είναι όμως τελικά ο κόμβος που θα παράσχει την υπηρεσία και πως θα επιλέξει το αντικείμενο 1, ποιο αντικείμενο είναι το καταλληλότερο για αυτή την δουλειά; Ο χρήστης του κινητού τηλεφώνου έχει ορίσει κάποια κριτήρια, με βάση τα οποία είναι ικανοποιημένος, οπότε η συσκευή κατά την επιλογή του αντικειμένου που θα συνάψει σχέση μαζί του, θα πρέπει να λάβει υπόψη τα κριτήρια αυτά, αλλά και τις δεδομένες εναλλακτικές επιλογές που είναι διαθέσιμες. Έστω ότι οι κόμβοι 4, 7 και 8, που διαθέτουν το παιχνίδι, έχουν τις παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Ο κόμβος 4 παρέχει το παιχνίδι σε μεγάλη τιμή και είναι διαφορετικού κατασκευαστή σε σχέση με τον κόμβο 1.
- Ο κόμβος 7 είναι οικονομικότερος και είναι επίσης διαφορετικού κατασκευαστή σε σχέση με τον κόμβο 1.
- Ο κόμβος 8 παρέχει το παιχνίδι σε οικονομικότερη τιμή και είναι ίδιου κατασκευαστή.

Τα κριτήρια του χρήστη με τα οποία επιθυμεί να γίνει η επιλογή σχέσης είναι τα παρακάτω:

- Όσο το δυνατόν φθηνότερη τιμή,
- Να παρασχεθεί, αν είναι δυνατόν, η υπηρεσία από συσκευή του ίδιου κατασκευαστή,
- Να μπορεί να γίνει το *download* σε μικρό χρονικό διάστημα,
- Να είναι αξιόπιστο το αντικείμενο που θα δώσει την υπηρεσία

Με βάση την μέθοδο της αποκεντρωμένης αναζήτησης, που χρησιμοποιείται στο *SIoT*, το αντικείμενο 1 «ρωτάει» πρώτα τους φίλους του, τα αντικείμενα 2 και 3, αν διαθέτουν το παιχνίδι που χρειάζεται και εφόσον δεν το διαθέτουν, η αναζήτηση προχωράει στους «φίλους των φίλων του», ώσπου καταλήγει να ανακαλύψει τα αντικείμενα που μπορούν να του παρέχουν την υπηρεσία. **Η διαφορά με το *SIoT*, είναι ότι η αναζήτηση δεν σταματάει αμέσως μόλις βρεθεί ένα αντικείμενο που διαθέτει την επιθυμητή υπηρεσία, αλλά συνεχίζεται έως ότου βρεθούν κάποιες ακόμα επιλογές που να καλύπτουν την ανάγκη.** Στη συγκεκριμένη περίπτωση, ο περιορισμός που μπαίνει στην αναζήτηση είναι το τρίτο κριτήριο που έχει ορίσει ο χρήστης, το γρήγορο *download*, οπότε περιορίζουμε την διερεύνηση σε μια απόσταση μέχρι 4 βήματα από τον κόμβο 1, γιατί διαφορετικά λόγω των ταυτόχρονων μεταβάσεων και της κίνησης λόγω διαβίβασης πληροφοριών ο χρόνος κατεβάσματος της εφαρμογής μπορεί να αυξηθεί σημαντικά. Θεωρήσαμε, οπότε, ότι τα 4 βήματα απόσταση είναι μια ανεκτή απόσταση.

Βασιζόμενοι στα υπόλοιπα κριτήρια που έχουν τεθεί από τον χρήστη, θεωρούμε ότι καλύτερη επιλογή από τις τρεις διαθέσιμες, αποτελεί ο κόμβος 8, εφόσον είναι ίδιου κατασκευαστή, παρέχει την υπηρεσία σχετικά φθηνά και βρίσκεται σε απόσταση που δεν είναι αποτρεπτική (αν και δεν είναι η καλύτερη δυνατή σε σχέση με τις εναλλακτικές). Όσον αφορά στο κριτήριο της αξιοπιστίας των κόμβων, έχει γίνει η θεώρηση, ότι όλοι οι κόμβοι είναι αξιόπιστοι, χρησιμοποιώντας κάποια μέθοδο αξιολόγησης αξιοπιστίας. Αν κάποιος από τους κόμβους αποδειχτεί αναξιόπιστος, δηλαδή δεν παρέχει ή δεν μεταφέρει σωστά την πληροφορία ή πραγματοποιεί κακόβουλες επιθέσεις, τότε η αξιολόγηση για τον κόμβο αυτό θα μεταφερθεί στο σύστημα και η σχέση με το αντικείμενο αυτό θα διακοπεί.

Αντίστοιχα, η έξυπνη συσκευή που θα δώσει την υπηρεσία, υπολογίζει τα δικά της οφέλη από την συναλλαγή που θα πραγματοποιηθεί. Τα οφέλη και πάλι είναι καθορισμένα από τον ιδιοκτήτη της συσκευής. Έτσι, η σωστή συναλλαγή για την παροχή του παιχνιδιού μπορεί να ανεβάσει την αξιοπιστία του κόμβου στο σύστημα αξιολόγησής, πράγμα που θα οδηγήσει σε περισσότερους διαμοιρασμούς. Επίσης, συστήματα επιβράβευσης, όπως για παράδειγμα τα *like*, μπορούν να προσφέρουν ηθική ικανοποίηση στο χρήστη.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, ένα αντικείμενο επιλέγει να συνάψει σχέση με ένα άλλο ή να λάβει μια επιθυμητή υπηρεσία από ένα αντικείμενο, υπολογίζοντας, ανάμεσα σε όλες τις διαθέσιμες επιλογές, πως εξυπηρετείται με βέλτιστο τρόπο η ανάγκη του, σύμφωνα πάντα με κριτήρια που έχουν οριστεί από τον χρήστη, αλλά χωρίς να παρεμβαίνει ο ίδιος στην επιλογή των σχέσεων. Έτσι, αν μια επιλογή στο παρελθόν έχει αποδώσει τα επιθυμητά αποτελέσματα είναι πολύ πιθανό να συνεχίσει να επιλέγεται. Μια επιλογή επίσης, μπορεί να γίνει με βάση την λιγότερη δυνατή ζημιά ή ακόμα και την έλλειψη άλλων εναλλακτικών, όπως αναφέρει και η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής. Είναι σημαντικό να τονιστεί, ότι το παραπάνω σενάριο, έδωσε την συγκεκριμένη επιλογή με βάση κάποια ενδεικτικά κριτήρια. Σίγουρα, αν τα κριτήρια αυτά διαφοροποιηθούν, το σύστημα θα πρέπει να προσαρμοστεί και να προχωρήσει σε διαφορετικές επιλογές.

Σενάριο 2:

Συνεγκαταστατική σχέση στο κοινωνικό διαδίκτυο των πραγμάτων αναπτύσσεται όταν δύο συσκευές, ομοειδής ή όχι, βρίσκονται στον ίδιο χώρο και συνεργάζονται προκειμένου να επιτύχουν ένα σκοπό. Δύο συσκευές που βρίσκονται στον ίδιο χώρο, χρησιμοποιώντας την θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, μπορούν να δημιουργήσουν σχέση υπολογίζοντας, αν είναι προς το συμφέρον τους. Έτσι, στην περίπτωση ενός σταθερού υπολογιστή και ενός *wifi* εκτυπωτή σε οικιακό περιβάλλον, έχουμε την σύναψη σχέσης μόνο στην περίπτωση που οι ανταμοιβές υπερτερούν του κόστους και για τις δύο πλευρές. Για τον μεν σταθερό υπολογιστή οι ανταμοιβές και τα κόστη είναι τα παρακάτω:

Ανταμοιβές:

- Ικανοποίηση της ανάγκης για εκτύπωση. Το πιο πιθανό, ιδιαίτερα όταν έχουμε να κάνουμε με οικιακό περιβάλλον, είναι ο εκτυπωτής αυτός με τον οποίον επιδιώκει ο υπολογιστής να συνδεθεί, να είναι και ο μοναδικός. Επομένως, δεν υπάρχει δυνατότητα να γίνει εκτύπωση σε κάποια άλλη συσκευή και ο υπολογιστής θα αναγκαστεί να δεχτεί τις υπηρεσίες του εκτυπωτή σε οποιοδήποτε κόστος.
- Εφόσον μιλάμε για οικιακό περιβάλλον και για συσκευές που έχει αγοράσει και έχει ρυθμίσει ο ίδιος χρήστης, είναι λογικό να υπάρχει απόλυτη εμπιστοσύνη και να μην τίθεται κάποιο θέμα ασφάλειας και ρίσκου για επίθεση.

Κόστη:

- Απορρόφηση πόρων στην αποστολή του εγγράφου προς εκτύπωση, ιδιαίτερα όταν ο εκτυπωτής είναι απασχολημένος, με αποτέλεσμα να καθυστερούν άλλες διεργασίες που πραγματοποιούνται στον υπολογιστή.

Αντίστοιχα, για τον εκτυπωτή, οι ανταμοιβές και τα κόστη του φαίνονται παρακάτω.

Ανταμοιβές:

- Ικανοποιείται ο λόγος ύπαρξης του εκτυπωτή.

Κόστη:

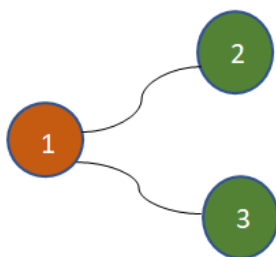
- Κατανάλωση χαρτιού και μελανιού για να εκτυπώσει, αλλά και μηχανικές φθορές όσο περισσότερο χρησιμοποιείται.

- Σε περίπτωση ανίχνευσης από άλλες συσκευές, μπορεί να στέλνονται έγγραφα προς εκτύπωση με αποτέλεσμα την άσκοπη κατανάλωση πόρων.

Αντίστοιχα με το πρώτο σενάριο, και πάλι ζυγίζονται τα υπέρ και τα κατά και συνάπτεται η όχι η σχέση ανάλογα με το τελικό αποτέλεσμα.

Παρακάτω θα δούμε πως γίνεται η επιλογή των σχέσεων για την συναλλαγή του σεναρίου αυτού. Έστω ότι στο οικιακό περιβάλλον υπάρχουν δύο διαθέσιμοι εκτυπωτές, με τους οποίους ο ηλεκτρονικός υπολογιστής έχει ήδη αναπτύξει φιλία λόγω της συνεγκατάστασης. Η επιλογή του μηχανήματος που θα γίνει η εκτύπωση και πάλι βασίζεται στα κριτήρια του χρήστη. Έστω ότι τα χαρακτηριστικά των μηχανημάτων είναι τα παρακάτω:

- Ο εκτυπωτής 2 παράγει υψηλής ποιότητας εκτύπωση. Καταναλώνει μεγάλη ποσότητα μελανιού.
- Ο εκτυπωτής 3 παράγει μέτριας ποιότητας εκτύπωση. Καταναλώνει οικονομικά τα αναλώσιμα υλικά του.



Εικόνα 9: Γραφική απεικόνιση του σεναρίου 2

Ανάμεσα στα δύο μηχανήματα η επιλογή γίνεται με το αν ο χρήστης επιθυμεί χαμηλής ή υψηλής ποιότητας εκτύπωση και το αν θέλει ή όχι να καταναλώσει πολύ μελάνι, οπότε θα επιδιώξει να πάρει την υπηρεσία από τον αντίστοιχο εκτυπωτή. Αν υπήρχε μόνο ένας εκτυπωτής στο σπίτι, δεν θα μπορούσε να τεθεί θέμα επιλογής. Επίσης, η αξιόπιστη υπηρεσία είναι ένα κριτήριο που θα πρέπει να ληφθεί κατά νου. Αν ο ένας εκτυπωτής για παράδειγμα, δεν εκτύπωσε σωστά επανειλημμένες φορές, τότε πολύ πιθανό να διακοπεί τελείως η σχέση μαζί του. Αν πάλι, θεωρήσουμε ότι ο υπολογιστής βρίσκεται σε επαγγελματικό περιβάλλον, μπορεί να τεθεί σαν κριτήριο το ποιος εκτυπωτής είναι σε κοντινότερη απόσταση από την ηλεκτρονικό υπολογιστή, ή ποιος εκτυπωτής δεν είναι κατειλημμένος, ώστε να επιλέξει τον επόμενο κοντινότερο.

Σενάριο 3:

Σύμφωνα με την θεωρία του SloT, η συνεργατική σχέση μεταξύ δύο αντικειμένων λαμβάνει χώρα όταν έχουμε την συνεργασία δύο αντικειμένων, ομοειδών ή όχι, που βρίσκονται στο ίδιο

εργασιακό περιβάλλον, για να ολοκληρώσουν μια εργασία. Η ανάπτυξη μιας τέτοιας σχέσης μπορεί να γίνει και στα πλαίσια της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής. Έστω, ότι στον ίδιο επαγγελματικό χώρο υπάρχει μια IP κάμερα και ένα laptop, το οποίο επιδιώκει να δημιουργήσει φιλία μαζί της προκειμένου να πραγματοποιήσει την εργασία της παρακολούθησης ενός χώρου. Και πάλι πρέπει να γίνει η εξέταση της σχέσης μεταξύ κόστους-ανταμοιβής για τις δύο συσκευές. Έτσι για το laptop έχουμε τα παρακάτω:

Ανταμοιβές:

- Καλύπτει την ανάγκη που του έχει ορίσει ο χρήστης για την εκτέλεση της εργασίας της παρακολούθησης ενός χώρου και την καταγραφή όλων των γεγονότων που συνέβησαν σε αυτόν.
- Η υπηρεσία που παρέχεται από την κάμερα είναι ασφαλής, καθώς η συσκευή είναι γνωστή ως προς τις προδιαγραφές της αλλά και τις υπηρεσίες που έχει παράσχει στο παρελθόν, οπότε είναι σίγουρο ότι δεν υπάρχει ρίσκο για την ασφάλεια του laptop.

Κόστη:

- Είναι πολύ πιθανόν, αν δεν οριστούν καλά, για την κάμερα, τα συμβάντα για τα οποία θα αποστέλλει ειδοποίηση, να στέλνονται πολύ συχνά ειδοποιήσεις καταναλώνοντας έτσι πόρους και στις δύο πλευρές και δημιουργώντας άσκοπη κίνηση στο δίκτυο.
- Από πλευράς laptop, η καταγραφή των όσων τραβάει η κάμερα οδηγούν σε μείωση του ελεύθερου αποθηκευτικού χώρου.

Για την IP κάμερα, εμφανίζονται τα παρακάτω:

Ανταμοιβές:

- Ικανοποίηση του λόγου ύπαρξης της, να καταγράφει και να αποστέλλει τα δεδομένα μέσω του δικτύου σε μια άλλη συσκευή.

Κόστη:

- Είναι πολύ εύκολο να γίνει υποκλοπή στην εικόνα που τραβάει η κάμερα, αν μια άλλη συσκευή προσπαθήσει να συνδεθεί μαζί της ή να «σπάσει» το κλείδωμα που μπορεί να έχει γίνει για την χρησιμοποίησή της, μόνο από συγκεκριμένες συσκευές. Υπάρχει, δηλαδή μεγάλο ενδεχόμενο, παραβίασης της ιδιωτικότητας.

Για το παραπάνω σενάριο θα εξετάσουμε πως γίνεται η σύναψη της σχέσης ανάμεσα στην κάμερα και στον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Έστω, ότι ένας υπολογιστής ζητάει πρόσβαση στα δεδομένα της κάμερας. Το αν θα δεχτεί τον σχηματισμό «φιλίας» η κάμερα, εξαρτάται από τα παρακάτω κριτήρια, που της έχουν τεθεί από τον χρήστη:

- Η συσκευή να διαθέτει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα να επεξεργάζεται και να αποθηκεύει κατάλληλα τα δεδομένα της κάμερας.
- Να είναι κοντά με το σημείο τοποθέτησης της κάμερας, ώστε να διασφαλίζεται ότι είναι αντικείμενο που ανήκει στην ίδια επιχείρηση.
- Εφόσον, δεν είναι αντικείμενο που ανήκει στην ίδια επιχείρηση να υπάρχει η δυνατότητα να ταυτοποιηθεί, μέσω της χρήσης κωδικών για να υπάρξει σύνδεση με την κάμερα.

Στο συγκεκριμένο σενάριο, δεν υπάρχει άλλη εναλλακτική. Δηλαδή, είτε θα υπάρξει σύνδεση με το συγκεκριμένο αντικείμενο, είτε δεν θα υπάρξει καθόλου σύνδεση με αποτέλεσμα να μην επιτευχθεί ο στόχος, της παρακολούθησης του χώρου. Το να πληρούνται όμως τα παραπάνω κριτήρια είναι ζωτικής σημασίας, καθώς εξασφαλίζεται ότι δεν μπορεί οποιοσδήποτε να έχει πρόσβαση σε αρχεία ασφάλειας μιας επιχείρησης. Όσον αφορά στο πρώτο κριτήριο, δεν υπάρχει κάποιο νόημα στην δημιουργία φιλίας με κάποιο αντικείμενο και στην παροχή δεδομένων και υπηρεσιών σε αυτό, αν δεν είναι σε θέση να επεξεργαστεί κατάλληλα και να αποθηκεύσει τα δεδομένα αυτά. Πιθανόν να δημιουργηθεί άσκοπη τηλεπικοινωνιακή κίνηση ή ακόμα και να αποτρέψει την σχέση με κάποιο αντικείμενο, που θα εξυπηρετούσε καλύτερα στην κατεύθυνση αυτή. Αν τελικά, ο υπολογιστής δημιουργήσει τον δεσμό που επιθυμεί με την κάμερα, αλλά παρ' όλους τους περιορισμούς ασφαλείας, καταφέρει να πραγματοποιήσει κακόβουλη επίθεση, τότε ο δεσμός αυτός θα διακοπεί και αντίστοιχα θα ενημερωθούν οι πληροφορίες αξιοπιστίας του δικτύου για τον υπολογιστή αυτό. Αν πάλι, υπάρξει δεύτερος υπολογιστής που θελήσει να δημιουργήσει σχέση με την κάμερα, τότε, ανάλογα και με τον αριθμό των συνδέσεων που είναι καθορισμένο από τις προδιαγραφές ότι μπορεί να έχει, θα εξετάσει τις διαθέσιμες επιλογές με βάση κυρίως το πρώτο κριτήριο του χρήστη, ως προς ποια από τις δύο συσκευές μπορεί να ανταποκριθεί καλύτερα με βάση τα χαρακτηριστικά της.

Από την πλευρά του ηλεκτρονικού υπολογιστή, η σχέση μπορεί να διακοπεί αν κριθεί ότι η συγκεκριμένη κάμερα δεν παρέχει τις πληροφορίες που επιθυμεί ο χρήστης ή δεν παρέχει σωστά τις υπηρεσίες που πρέπει (π.χ. δεν έχει ευκρινή εικόνα, κάνει διακοπές στη λήψη, κτλ).

Σενάριο 4:

Στο κοινωνικό δίκτυο των πραγμάτων, δύο αντικείμενα ομογενή ή ετερογενή, που ανήκουν στον ίδιο ιδιοκτήτη, μπορούν να δημιουργήσουν μια σχέση ιδιοκτησίας. Αντικείμενα που ανήκουν στον ίδιο ιδιοκτήτη μπορούν, όμως να συνάψουν σχέση, βασιζόμενα στην *Social Exchange Theory*. Σε αυτή το σενάριο εξετάζουμε την περίπτωση του παραπάνω σεναρίου, με την *IP* κάμερα και το *laptop*, με την υπόθεση όμως ότι ανήκουν στον ίδιο ιδιοκτήτη. Τα κόστη και οι ανταμοιβές ισχύουν με τον ίδιο τρόπο για τα δύο αντικείμενα. Η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής μπορεί όμως, να επηρεάσει ως προς το εξής: το *laptop* μπορεί να ασκήσει την δύναμη του πάνω στην κάμερα και να την κλειδώσει, ώστε να μην στέλνει δεδομένα σε άλλη

συσκευή εκτός από αυτό. Έτσι, το *laptop* θα απολαμβάνει μοναδικά τις υπηρεσίες της *IP* κάμερας, που σε ιδιωτικό επίπεδο, υπάρχει η περίπτωση να είναι προαπαιτούμενο για την δημιουργία φιλίας.

Σενάριο 5:

Στα πλαίσια της κοινωνικής σχέσης μεταξύ των πραγμάτων, στο *SlOT* δημιουργείται φιλία μεταξύ αντικειμένων που δεν έχουν άλλη σχέση πέρα από σποραδική κοινωνική συναναστροφή. Για παράδειγμα βρέθηκαν κάποια στιγμή στον ίδιο χώρο και χρειάζεται το ένα πληροφορίες από το άλλο ή έχουν συνάψει σχέση στα πλαίσια μιας κοινωνικής συναναστροφής, που είναι πιθανό να μην ξανασυμβεί. Αξιοποιώντας την *Social Exchange Theory*, σε μια τέτοια περίπτωση, μπορούμε να θεωρήσουμε το παράδειγμα δύο αυτοκινήτων συνδεδεμένων στο δίκτυο, που το ένα ζητάει από το άλλο πληροφορίες σχετικά με κοντινό πρατήριο βενζίνης. Έχουμε για τα δύο αυτοκίνητα τα παρακάτω κόστη και ανταμοιβές.

Για το αυτοκίνητο που ζητάει την πληροφορία, έχουμε τα παρακάτω:

Ανταμοιβές:

- Θα ικανοποιήσει την ανάγκη του να εφοδιαστεί με καύσιμο.

Κόστη:

- Η υπηρεσία που παρέχεται δεν έχει μεγάλο βαθμό ασφάλειας, μια και πρόκειται για μια τυχαία συναναστροφή και δεν έχει δοκιμαστεί στο παρελθόν το συγκεκριμένο αντικείμενο, ώστε να μας παρέχει κάποιο βαθμό εμπιστοσύνης.

Για το αυτοκίνητο που θα δώσει την πληροφορία υπάρχουν τα παρακάτω:

Ανταμοιβές:

- Παρέχοντας καλές υπηρεσίες, παίρνει θετική ανατροφοδότηση από τα αντικείμενα με τα οποία δημιούργησε σχέση, οπότε ανεβάζει την βαθμολογία του, στην συνολική κατάταξη του δικτύου. Με αυτό τον τρόπο είναι δυνατό να επιλέγεται πιο συχνά, από άλλους κόμβους για την παροχή ανάλογων υπηρεσιών.
- Αυξάνει ταυτόχρονα και την αξιοπιστία του μέσα στο σύστημα του *IoT*, καθώς η παροχή καλών υπηρεσιών, σημαίνει ταυτόχρονα και την παροχή αξιόπιστων υπηρεσιών.
- Υπάρχει πιθανότητα να κερδίζει χρήματα μέσα από την παροχή πληροφοριών σχετικά με το που υπάρχουν κοντινά πρατήρια καυσίμων.

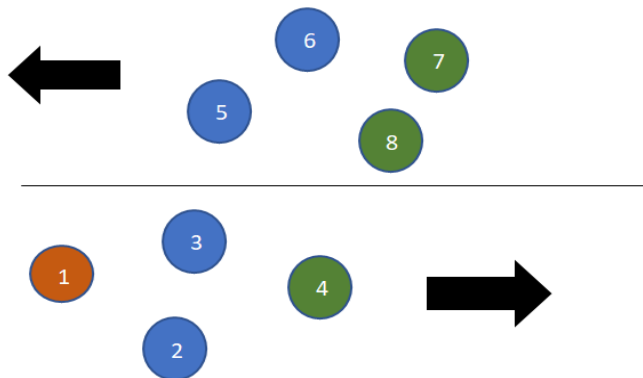
Κόστη:

- Το αυτοκίνητο καταναλώνει καύσιμο κατά την κίνησή του στους δρόμους.

Αν οι υπηρεσίες του πρατηρίου, που έχει προτείνει το αυτοκίνητο είναι κακές, αντίστοιχα κακή κριτική μπορεί να λάβει και το αντικείμενο που το πρότεινε.

Τα οχήματα που αξιοποιούνται στα συστήματα *IoT*, έχουν αισθητήρες που βοηθούν στο να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους, αλλά και την κατάσταση του οχήματος και να μπορούν να παρέχουν σχετικές πληροφορίες, όταν τους ζητείται. Αντίστοιχα, μέσω τις επικοινωνίας με άλλους σένσορες, παίρνουν πληροφορίες για διαφορετικά περιβάλλοντα και διαφορετικά οχήματα όποτε το χρειάζονται. Το παραπάνω σενάριο μπορεί να εμπλουτιστεί, ώστε να γίνει κατανοητό πως μπορεί να δημιουργηθεί μια σχέση φιλίας υπό αυτές τις συνθήκες. Υποθέτουμε ότι ο χρήστης θέλει να καλύψει την ανάγκη για ένα κοντινό, φθηνό και καλό πρατήριο καυσίμου. Οπότε θέτει τα παρακάτω κριτήρια που θα βοηθήσουν στο να επιλεγεί το κατάλληλο όχημα, που να βελτιστοποιεί την επιλογή αυτή. Τα κριτήρια είναι τα παρακάτω:

- Το όχημα από το οποίο θα συλλέξει πληροφορίες, να έχει τον ίδιο προορισμό ή να έρχεται από αυτόν
- Να καταναλώνει ίδιου τύπου καύσιμο
- Το πρατήριο να είναι οικονομικό και να έχει καλές κριτικές
- Το ίδιο το όχημα να έχει καλές κριτικές από παλιότερες καλές προτάσεις που ενδεχομένως έχει κάνει.



Εικόνα 10: Σχηματική απεικόνιση του σεναρίου 5

Στην εικόνα 10 παρατηρούμε την σχηματική απεικόνιση του σεναρίου. Έστω, ότι ο πορτοκαλί κόμβος είναι αυτός που ζητάει την υπηρεσία και οι πράσινοι αυτοί που μπορούν να την παρέχουν. Οι υπόλοιποι κόμβοι δεν μπορούν να παρέχουν την υπηρεσία. Οι πράσινοι κόμβοι έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Ο κόμβος 4 πηγαίνει προς τον ίδιο προορισμό με τον 1 και ο 7 έρχεται από εκεί, ενώ ο 8 δεν έχει περάσει από το σημείο προορισμού του 1.
- Ο 7 έχει διαφορετικό καύσιμο από τον 1, ενώ οι κόμβοι 4 και 8 έχουν το ίδιο με τον 1.

- Ο κόμβος 7 έχει παραχωρήσει πολλές φορές αντίστοιχες πληροφορίες σε άλλους κόμβους και έχει λάβει πολλές φορές θετικά σχόλια ενώ ο κόμβος 4 έχει λιγότερα σε σχέση με τον 7.
- Το όχημα 7 προτείνει ένα πρατήριο που είναι οικονομικό και έχει πολύ καλές κριτικές.
- Ο κόμβος 1 με τον κόμβο 8 έχει τύχει να ξανασυνεργαστούν στο παρελθόν, πράγμα που οδήγησε σε θετική εικόνα για τον κόμβο 8.

Η τελευταία ιδιότητα του κόμβου 8 είναι ιδιαίτερα σημαντική, καθώς, το αντικείμενο 1 βασίζεται στην προηγούμενη καλή εμπειρία του, κάτι που θα το κάνει να ξαναεπιλέξει το 8. Αυτό είναι κάτι που επιβεβαιώνεται και από την πρόταση κινήτρου της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής. Η σχέση μαζί του, δεν θα παραχωρήσει στην περίπτωση που το 8 δεν μπορεί να παρέχει ακριβείς πληροφορίες. Επομένως, στο παραπάνω παράδειγμα, ο κόμβος 8 μάλλον θα απορριφθεί σαν επιλογή, αφού δεν μπορεί να προτείνει ένα πρατήριο που να είναι στην διαδρομή που θα κάνει ο κόμβος 1.

Από τις άλλες δύο επιλογές, ο κόμβος 7 επικρατεί έναντι του 4, με βάση τα κριτήρια που έχουν τεθεί γιατί είναι αξιόπιστο αντικείμενο όσον αφορά στις προτάσεις του για πρατήρια. Επιπλέον, το πρατήριο που προτείνει είναι οικονομικό και καλό, σύμφωνα με τις γενικές κριτικές. Υστερεί στο γεγονός ότι δεν τροφοδοτείται με το ίδιο καύσιμο σαν όχημα, ωστόσο καλύπτει σε μεγαλύτερο βαθμό το σύνολο των κριτηρίων που έχουν τεθεί.

Δίνοντας σωστή πληροφορία και παίρνοντας θετική ανταπόκριση, όσον αφορά στην αξιοπιστία και στις υπηρεσίες του, το αντικείμενο 7 έχει και κίνητρο, ώστε να παρέχει και πάλι καλές υπηρεσίες.

Συνολικά, μπορούμε να πούμε, ότι επιλέγεται για φίλος, το αντικείμενο που καλύπτει σε καλύτερο βαθμό το σύνολο των κριτηρίων που έχει θέσει ο χρήστης, συγκριτικά πάντα με τις υπόλοιπες διαθέσιμες εναλλακτικές. **Ο συνδυασμός του *SlOT* και της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής, μπορεί να προσφέρει νέους τρόπους και προϋποθέσεις να συνδυάζονται τα αντικείμενα κατάλληλα μεταξύ τους, έτσι ώστε όχι μόνο να καλύπτονται οι ανάγκες και να εκπληρώνονται οι στόχοι, αλλά αυτό να γίνεται και με τον καλύτερο δυνατό τρόπο, τόσο για τον χρήστη όσο και για τον στόχο.**

Κεφάλαιο 5: Διαχείριση Αξιοπιστίας

Στο *IoT* καθετί πραγματικό γίνεται εικονικό. Αυτό σημαίνει ότι κάθε άτομο και αντικείμενο μπορεί να γίνει ανιχνεύσιμο και να υπάρχει αλληλεπίδραση. Αυτές οι εικονικές οντότητες μπορούν να παράγουν και να καταναλώσουν υπηρεσίες και να συνεργάζονται, ώστε να πετύχουν ένα κοινό στόχο. Για παράδειγμα, ο οδηγός του αυτοκινήτου γνωρίζει την κατάσταση

του αυτοκινήτου του και των δρόμων που οδηγούν στον προορισμό του, χάρη στις αυτόνομες επικοινωνίες που αναπτύσσονται ανάμεσα στους σένσορες που είναι εγκατεστημένοι στο αυτοκίνητό του και σε άλλα αυτοκίνητα που συναντάει στη διαδρομή, αλλά και αυτούς που βρίσκονται στον δρόμο.

Παρ' όλα αυτά, όσο χρήσιμο και να είναι στην καθημερινότητα των ανθρώπων το *IoT* δεν παύει να κρύβει κινδύνους. **Οι κίνδυνοι αυτοί σχετίζονται με την ασφάλεια που παρέχουν οι συναλλαγές με τα αντικείμενα του δικτύου και το αν αυτές οι συναλλαγές είναι ασφαλείς για το ίδιο το αντικείμενο.** Κακόβουλοι κόμβοι είναι δυνατόν να αξιοποιηθούν, προκειμένου να υπάρχουν ρήγματα στην ιδιωτικότητα και την προσωπική και επαγγελματική ασφάλεια ενός ατόμου, να παρεμποδιστεί η εκτέλεση μια εργασίας, να αποσπαστούν οικονομικά οφέλη, να γίνει βιομηχανική κατασκοπεία κτλ. Διάφορα σενάρια παραβίασης της ασφάλειας μπορεί να γίνουν πραγματικότητα. Όπως για παράδειγμα, ένα έξυπνο ψυγείο το οποίο, έχοντας καταχωρημένα τα στοιχεία της πιστωτικής κάρτας, πραγματοποιεί αγορές από το σούπερ μάρκετ. Ωστόσο, κάποιος μπορεί να διεισδύσει στις πληροφορίες αυτές μέσω του δικτύου του *IoT* και να αποσπάσει χρήματα από την κάρτα. Άλλο σενάριο, μπορεί να είναι η υποκλοπή προσωπικών πληροφοριών, μέσω ύποπτων αντικειμένων του δικτύου, από *IP* κάμερες για παράδειγμα ή παρακολουθώντας το πρόγραμμα της έξυπνης τηλεόρασης που παρακολουθεί το άτομο. Με αυτό τον τρόπο, υπάρχει η δυνατότητα να γίνει στοχευμένη διαφήμιση από συγκεκριμένες εταιρίες, με σκοπό να προωθήσουν τα προϊόντα τους, ωστόσο αυτό αποτελεί παραβίαση των προσωπικών δεδομένων του ανθρώπου. Στο βιομηχανικό κλάδο, συσκευές μπορούν να ελεγχθούν απομακρυσμένα και να πραγματοποιήσουν «επιθέσεις» σε μία γραμμή παραγωγής, ή να προκαλέσουν ζημιά αλλοιώνοντας τις επικοινωνίες, για παράδειγμα, μεταξύ ενός *RFID reader* και *transmitter*. Αυτό θα μπορούσε να έχει ως αποτέλεσμα, να προκληθεί σύγχυση στη παραγωγική διαδικασία και να οδηγήσει σε μεγάλη αναστάτωση. Στο χώρο της υγείας πάλι, δεδομένα από διάφορα *wearables* που χρησιμοποιεί ένα άτομο μπορούν να αξιοποιηθούν από ασφαλιστικές εταιρίες, προκειμένου να αποφασίσουν αν θα προσφέρουν παροχές σε κάποιο άτομο ή όχι.

Όλα τα παραπάνω υποδεικνύουν ότι κάθε νέο τεχνολογικό επίτευγμα, πέρα από τα προβλήματα που λύνει, μπορεί να δημιουργεί και μια σειρά από νέα προβλήματα, τα οποία αν δεν ελεγχθούν, υπάρχει η πιθανότητα να επισκιάσουν τα πλεονεκτήματα, ακόμα και αν αυτά είναι τεράστια. Έτσι, στην παρούσα εργασία θα γίνει μια αναφορά για ορισμένα μοντέλα αξιολόγησης της αξιοπιστίας ενός αντικειμένου, έτσι ώστε να υπάρχει πρόληψη από τυχόν κακόβουλες επιθέσεις. Με τους τρόπους που προτείνονται παρακάτω, ένα αντικείμενο αποφεύγει την «φιλία» με ένα άλλο αντικείμενο αν αυτό δεν κριθεί αξιόπιστο, κόβοντας έτσι κάθε επικοινωνία μαζί του και αποφεύγοντας την κακόβουλη επίθεση. Γίνεται, ουσιαστικά προσπάθεια, μέσα από τον έλεγχο των σχέσεων και των επικοινωνιών ενός αντικειμένου, να περιοριστούν τα ρήγματα της ασφάλειας. Αυτό, βέβαια, δεν είναι πάντα εφικτό για λόγους που θα εξηγηθούν και παρακάτω.

Μέχρι τώρα, όλες οι προτάσεις που σχετίζονταν με το *IoT* είχαν να κάνουν περισσότερο με τον ορισμό της δράσης και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των αντικειμένων και στο σχεδιασμό αρχιτεκτονικών και πρωτοκόλλων. Ωστόσο, δεν δόθηκε έμφαση σε κάποιες βασικές πλευρές όπως, το αν οι πληροφορίες που παρέχονται είναι αξιόπιστες, έτσι ώστε να χτίζεται ένα σύστημα που θα αξιολογεί την αξιοπιστία των αντικειμένων με βάση την συμπεριφορά τους. Είναι πρόκληση, να δημιουργηθεί ένας μηχανισμός αξιοπιστίας που να βασίζεται στη φήμη των αντικειμένων. **Ο μηχανισμός αυτός θα προστατεύει το σύστημα του *SlOT* από κακές συμπεριφορές κόμβων που θα θέλουν να παραπλανήσουν άλλους.**

5.1 Το παράδειγμα των *P2P* δικτύων

Στο *SlOT* κύριος στόχος είναι η δημοσιοποίηση πληροφοριών και υπηρεσιών, η ανακάλυψη τους η ανεύρεση πόρων, ώστε να εμπλουτιστούν σύνθετες υπηρεσίες και εφαρμογές. Αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί με έναν αποτελεσματικό και αξιόπιστο τρόπο, με την αξιοποίηση αντικειμένων – φίλων και όχι με τον κλασικό τρόπο, χρησιμοποιώντας εργαλεία του *Internet*. Αν πάρουμε υπόψη μας το παράδειγμα των *P2P* δικτύων, θα δούμε ότι η αξιοπιστία ενός κόμβου υπολογίζεται από το σύστημα, έχοντας ελέγξει πρώτα τις πληροφορίες σχετικά με την φήμη του, αλλά και έχοντας αποφασίσει πως θα μοιράζονται οι πληροφορίες αυτές ώστε να υπολογίζεται και η συνολική αξιοπιστία του συστήματος.

Με βάση τα παραπάνω προκύπτει όμως το ερώτημα, για το που μπορούν να αποθηκεύονται τέτοιες πληροφορίες αξιοπιστίας των κόμβων. Στην περίπτωση, της κεντρικής αποθήκευσης σε κάποιον κεντρικό κόμβο, δεν θα μπορούσε να αντιμετωπιστεί η περίπτωση του σφάλματος στον κόμβο αυτό και θα έπρεπε επίσης, να αντιμετωπιστεί και το ζήτημα της ταυτόχρονης προσπέλασης του κόμβου αυτού από άλλους κόμβους που αναζητούν πληροφορίες αξιοπιστίας, καθώς και του φόρτου που αυτό θα δημιουργούσε στο σύστημα. Από την άλλη, η τοπική αποθήκευση πληροφοριών στους κόμβους, δημιουργεί το ερώτημα του πως θα διαχειριστεί η περίπτωση ενός αναξιόπιστου κόμβου, που έχει αποθηκεύσει πληροφορία. Τέλος, υπάρχει και η δυνατότητα αγοραπωλησίας πληροφοριών αξιοπιστίας από κόμβους-πωλητές που θεωρούνται αξιόπιστοι.

5.2 Υποκειμενικό Μοντέλο Διαχείρισης Αξιοπιστίας

Στο μοντέλο της υποκειμενικής διαχείρισης αξιοπιστίας κάθε κόμβος p_i υπολογίζει την αξιοπιστία των N_i φίλων του, στη βάση την προσωπικής του εμπειρίας, αλλά και της γνώμης των K_{ij} κοινών φίλων. Η αξιοπιστία συμβολίζεται με T_{ij} , και αναφέρεται στην αξιοπιστία του

κόμβου p_j , όπως την αντιλαμβάνεται ο κόμβος p_i . Αν οι δύο αυτοί κόμβοι δεν είναι φίλοι, τότε η αξιοπιστία υπολογίζεται από στόμα σε στόμα διαμέσου της αλυσίδας των φίλων. Ο υπολογισμός της αξιοπιστίας ενός κόμβου καθορίζεται από την αξιολόγηση της συμπεριφοράς του από άλλους κόμβους του δικτύου με τους οποίους είχε αλληλεπίδραση (άμεση ή έμμεση).

Για τον υπολογισμό αυτό παίζουν σημαντικό ρόλο κάποιοι συγκεκριμένοι παράγοντες που προέκυψαν από παρόμοιους που χρησιμοποιούνται στα δίκτυα P2P, οι οποίοι αναφέρονται παρακάτω.

- **Σύστημα ανατροφοδότησης:** επιτρέπει στον κόμβο p_i να δώσει την αξιολόγησή του για την υπηρεσία που έλαβε από τον κόμβο p_j . Η ανατροφοδότηση παρουσιάζεται με f_{ij}^l και αναφέρεται σε κάθε μία συναλλαγή. Ο δείκτης αυτός μπορεί να είναι είτε δυαδικός, δηλαδή $f_{ij}^l \in \{0,1\}$, με το 1 να εκφράζει ότι ο κόμβος p_i είναι ευχαριστημένος από την συναλλαγή και το 0 να εκφράζει το αντίθετο, είτε χρησιμοποιώντας τιμές σε ένα συνεχόμενο εύρος ($f_{ij}^l \in [0,1]$), για να αξιολογήσει τα διάφορα επίπεδα της ευχαρίστησης.
- **Συνολικός αριθμός συναλλαγών:** είναι ο αριθμός των συναλλαγών ανάμεσα στους δύο κόμβους που μας ενδιαφέρουν (αυτόν που ζητάει την υπηρεσία και αυτόν που την παρέχει) και συμβολίζεται με N_{ij} . Αυτός ο παράγοντας επιτρέπει στο μοντέλο να ανακαλύψει αν οι δύο κόμβοι p_i και p_j έχουν αφύσικα μεγάλο όγκο συναλλαγών.
- **Αξιοπιστία:** αναφέρεται στην αξιοπιστία του κόμβου p_i και συμβολίζεται με C_{ij} . Αντιπροσωπεύει έναν παράγοντα κλειδί στην αξιολόγηση των πληροφοριών (ανατροφοδότησης και επιπέδου εμπιστοσύνης) που παρέχονται από τους κόμβους. Παίρνει τιμές από ένα εύρος $[0,1]$ όπου το 1 συμβολίζει την πλήρη αξιοπιστία ενός κόμβου.
- **Παράγοντας συναλλαγής:** συμβολίζεται με ω_{ij}^l και υποδεικνύει την συνάφεια της συναλλαγής μεταξύ των κόμβων p_i και p_j . Χρησιμοποιείται για να διαχωρίσει τις σημαντικές συναλλαγές ($\omega_{ij}^l = 1$), από αυτές που ήταν άσχετες με αυτό που ζητείται στην παρούσα φάση (οπότε και ο δείκτης $\omega_{ij}^l = 0$). Αυτός ο παράγοντας προστατεύει το σύστημα, έτσι ώστε κακόβουλοι κόμβοι να μην μπορούν να χτίσουν την αξιοπιστία τους με μικρής σημασίας συναλλαγές και να συμπεριφέρονται κακόβουλα σε σημαντικές. Επίσης, με βάση αυτόν τον παράγοντα, ένας κόμβος μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστος για ένα συγκεκριμένο είδος συναλλαγών και υπηρεσιών.
- **Παράγοντας σχέσης:** Ο παράγοντας σχέσης συμβολίζεται με F_{ij} και έχει να κάνει με τον τύπο της σχέσης που συνδέει τον κόμβο p_i και p_j . Ανάλογα με το είδος της σχέσης, αυτός ο παράγοντας λαμβάνει μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα.

Πίνακας 1: Προτεινόμενες τιμές του παράγοντα σχέσης [6]

Ownership Object Relationship	OOR	0.9
Co-Location Object Relationship	CLOR	0.8
Co-Work Object Relationship	CWOR	0.8
Social Object Relationship	SOR	0.6
Parental Object Relationship	POR	0.5

Είναι γενικώς αποδεκτό, ότι ανάμεσα σε συσκευές που ανήκουν στον ίδιο ιδιοκτήτη είναι πολύ απίθανο να προκύψει κακόβουλος κόμβος. Αντίστοιχα, οι σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα σε αντικείμενα που βρίσκονται στον ίδιο χώρο και στο ίδιο εργασιακό περιβάλλον είναι αντίστοιχα αξιόπιστες αν και σε μικρότερο βαθμό σε σχέση με τις τύπου OOR σχέσεις. Οι σχέσεις που είναι πιο αμφίβολες είναι οι τύπου SOR και POR, αφού είναι σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα σε αντικείμενα όταν δεν έχουν συχνές συναναστροφές ή όταν έχουν δημιουργηθεί από τον ίδιο κατασκευαστή. Αν δύο κόμβοι δένονται με παραπάνω από ένα είδος σχέσης τότε λαμβάνεται υπ' όψη η πιο δυνατή σχέση με τον υψηλότερο παράγοντα.

- **Παράγοντας εκκεντρότητας:** αντιπροσωπεύει το πόσο κεντρικός είναι ο κόμβος r_i (όσον αφορά τον κόμβο r_i) και συμβολίζεται με R_{ij} . Ένας κόμβος που έχει πολλές σχέσεις ή παίρνει μέρος σε πολλές συναλλαγές θεωρείται ότι έχει έναν κεντρικό ρόλο στο δίκτυο. Η εκκεντρότητα σχετίζεται με υψηλή αποτελεσματικότητα στην επίλυση προβλημάτων, ηγετική αντίληψη για τον κόμβο και προσωπική ικανοποίηση των συμμετεχόντων.
- **Οι υπολογιστικές ικανότητες ενός αντικειμένου,** δηλαδή η νοημοσύνη του I_j . Είναι ένα στατικό χαρακτηριστικό ενός αντικειμένου, από τη στιγμή που δεν διαφοροποιείται με την πάροδο του χρόνου, αλλά εξαρτάται μόνο από τον τύπο του αντικειμένου. Αντικειμενικά, περιμένουμε ότι ένα έξυπνο αντικείμενο έχει περισσότερες πιθανότητες να εξαπατήσει το σύστημα από ένα «κουτό» αντικείμενο, πράγμα που σημαίνει ότι οι συναλλαγές με έξυπνα αντικείμενα είναι πιο επικίνδυνες. Με βάση αυτά, χωρίζουμε τα αντικείμενα σε τέσσερις ομάδες, όπως φαίνεται και στον παρακάτω πίνακα δίνοντας σε κάθε μία ομάδα διαφορετική τιμή ανάλογα με την αξιοπιστία της.

Πίνακας 2: Προτεινόμενες τιμές για τον παράγοντα υπολογιστικών ικανοτήτων του αντικειμένου [6]

Class 1	Smartphone, tablet	0.8
Class 2	Set top box, smart video camera	0.6
Class 3	Sensor	0.4
Class 4	RFID	0.2

5.2.1 Υπολογισμός Υποκειμενικής Αξιοπιστίας

Σε αυτή την προσέγγιση, κάθε κόμβος αποθηκεύει και διαχειρίζεται τις πληροφορίες που χρειάζεται, ώστε να υπολογίζει τοπικά το επίπεδο αξιοπιστίας. Αυτό αποσκοπεί στο να αποφεύγονται οι αποτυχίες ενός σημείου και παράβαση των αξιών της αξιοπιστίας. Πρώτα θα μελετήσουμε την περίπτωση, όπου ο κόμβος p_i και ο κόμβος p_j είναι γειτονικοί και η αξιοπιστία που θα υπολογιστεί συμβολίζεται με T_{ij} , δηλαδή η αξιοπιστία του κόμβου p_j όπως την βλέπει ο κόμβος p_i .

$$T_{ij} = \alpha R_{ij} + \beta I_j + \gamma O_{ij}^{dir} + \delta O_{ij}^{ind} \quad (1)$$

όπου τα α , β , γ , δ χρησιμοποιούνται για να δώσουν διαφορετικό βάρος σε κάθε όρο της παραπάνω εξίσωσης και οι τιμές τους είναι τέτοιες ώστε $\alpha + \beta + \gamma + \delta = 1$, ώστε να είναι η τιμή της αξιοπιστίας μεταξύ 0 και 1. Στην εξίσωση 1 φαίνεται ότι ο κόμβος p_i υπολογίζει την αξιοπιστία των φίλων του με βάση την εκκεντρότητά τους R_{ij} , την νοημοσύνη τους I_j , την δική του άμεση γνώμη O_{ij}^{dir} και την γνώμη των K_{ij} κοινών φίλων με τον κόμβο p_j O_{ij}^{ind} .

Η εκκεντρότητα του κόμβου p_i ορίζεται ως εξής:

$$R_{ij} = |K_{ij}| / |N_i| \quad (2)$$

και αντιπροσωπεύει το πόσο κεντρικό είναι το p_i στην ζωή του p_i . Αυτός ο παράγοντας προστατεύει το σύστημα από κακόβουλους κόμβους που χτίζουν πολλές σχέσεις για να έχουν μεγάλο βαθμό εκκεντρότητας. Αν δύο κόμβοι έχουν πολλούς κοινούς κόμβους αυτό σημαίνει ότι έχουν παρόμοια κριτήρια για το χτίσιμο σχέσεων. Πόσο μάλλον αν αναλογιστούμε την πιθανότητα να τερματιστεί μία σχέση με χαμηλή αξιοπιστία.

Όταν ένας κόμβος p_i χρειάζεται πληροφορίες για την αξιοπιστία ενός κόμβου p_j , ελέγχει τις τελευταίες απευθείας συναλλαγές μαζί του και αποκτά την δική του γνώμη με βάση τα παρακάτω:

$$O_{ij}^{dir} \begin{cases} F_{ij}, & \text{αν } N_{ij} = 0 \\ \left(\frac{\log(N_{ij}+1)}{(1+\log(N_{ij}+1))} \right) (\epsilon O_{ij}^{lon} + x O_{ij}^{rec}) + \left(\frac{1}{1+\log(N_{ij}+1)} \right) F_{ij}, & \text{αν } N_{ij} \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Στην παραπάνω εξίσωση ο όρος O_{ij}^{lon} εκφράζει την μακροπρόθεσμη γνώμη, ενώ ο όρος O_{ij}^{rec} την βραχυπρόθεσμη γνώμη ενός κόμβου p_i για έναν άλλο κόμβο p_j . Επίσης, οι τιμές ϵ και x είναι τέτοιες ώστε $\epsilon + x = 1$. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι ακόμα και καμία συναλλαγή να μην υπάρχει ανάμεσα στους δύο κόμβους, δηλαδή $N_{ij} = 0$, τότε η εμπιστοσύνη που έχει ο ένας

κόμβος απέναντι στον άλλον εξαρτάται σε αυτό το μοντέλο από το είδος της σχέσης που συνδέει τους δύο κόμβους. Όταν αρχίζουν να υπάρχουν συναλλαγές, τότε το κριτήριο του είδους της σχέσης παύει να παίζει σημαντικό ρόλο και πιο μεγάλη σημασία αποκτά η προσωπική εμπειρία.

Οι μακροχρόνιες και βραχυχρόνιες γνώμες υπολογίζονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$O_{ij}^{lon} = \sum_{l=1}^{Llon} f_{ij}^l \omega_{ij}^l / \sum_{l=1}^{Llon} \omega_{ij}^l \quad (4)$$

$$O_{ij}^{rec} = \sum_{l=1}^{Lrec} f_{ij}^l \omega_{ij}^l / \sum_{l=1}^{Lrec} \omega_{ij}^l \quad (5)$$

όπου $Llon$ και $Lrec$ το χρονικό διάστημα που υπολογίζεται η μακροχρόνια και η βραχυχρόνια γνώμη αντίστοιχα και ο δείκτης l υποδεικνύει τις συναλλαγές από την πιο την πιο πρόσφατη στην πιο παλιά. Επίσης, ο παράγοντας συναλλαγής ω_{ij}^l χρησιμοποιείται για να ξεχωρίσει τις σημαντικές από τις ασήμαντες συναλλαγές.

Η βραχυπρόθεσμη γνώμη είναι ιδιαίτερα χρήσιμη όταν υπολογίζεται το ρίσκο για έναν κόμβο να δράσει κακόβουλα. Η πιθανότητα αυτή αυξάνεται όταν ένας κόμβος έχει χτίσει μια καλή φήμη και ξαφνικά διαφοροποιεί την στάση του και αρχίζει να παρέχει κακές υπηρεσίες. Στην πραγματικότητα η μακροπρόθεσμη γνώμη δεν είναι αρκετά ευαίσθητη, ώστε να αντιλαμβάνεται τέτοιου είδους μεταβολές, καθώς χρειάζεται πολύ χρόνο, ώστε να αλλάξει την συνολική εντύπωση.

Η έμμεση γνώμη υπολογίζεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$O_{ij}^{ind} = \sum_{k=1}^{|K_{ij}|} (c_{ik} O_{kj}^{dir}) / \sum_{k=1}^{|K_{ij}|} c_{ik} \quad (6)$$

όπου οι κοινοί φίλοι K_{ij} παρέχουν την δική τους άμεση γνώμη σχετικά με τον κόμβο p_j . Οι γνώμες αυτές, στη συνέχεια εκτιμώνται από τον κόμβο p_i ανάλογα με την εμπιστοσύνη που έχει ο κόμβος για καθέναν από αυτούς. Η αξιοπιστία προς τον κόμβο k υπολογίζεται ως εξής:

$$C_{ik} = \eta O_{ik}^{dir} + \mu R_{ik} + p(1 - I_k) \quad (7)$$

όπου $\eta + \mu + p = 1$. Βλέπουμε, δηλαδή, ότι το C_{ik} εξαρτάται από την άμεση εμπειρία μεταξύ των δύο κόμβων, την εκκεντρότητα και την νοημοσύνη τους. Ο παραπάνω υπολογισμός προϋποθέτει ότι γειτονικοί κόμβοι θα ανταλλάσσουν πληροφορίες σχετικά με τις άμεσες γνώμες τους, πράγμα που μπορεί να δημιουργήσει φόρτο στο δίκτυο. Λύση σε αυτό το πρόβλημα θα μπορούσε να είναι να παίρνει ο κόμβος πληροφορίες μόνο από γειτονικούς κόμβους στους οποίους έχει μεγαλύτερη εμπιστοσύνη, ώστε να μειωθεί η κίνηση στο δίκτυο.

Αν ο κόμβος που ζητάει την υπηρεσία (p_i) και ο κόμβος που την δίνει (p_j) δεν είναι γειτονικοί τότε ο υπολογισμός της αξιοπιστίας μπορεί να γίνει πολλαπλασιάζοντας την αξιοπιστία των μεταξύ τους κόμβων, χρησιμοποιώντας την παρακάτω εξίσωση:

$$T_{ij}^l = \prod_{d=i}^{j-1} T_{d,d} + 1 \quad (8)$$

Στο τέλος κάθε αλληλεπίδρασης, ο p_i δίνει ένα *feedback* f_{ij}^l για την υπηρεσία που δέχτηκε. Αν είναι γειτονικοί οι κόμβοι p_i και p_j , τότε ο p_j παίρνει κατευθείαν το *feedback*, όπως και οι κοινοί φίλοι K_{ij} βοήθησαν στην συλλογή των έμμεσων γνώμων, με τον παρακάτω τρόπο:

$$f_{ik}^l = \begin{cases} f_{ij}^l, & O_{kj}^{dir} \geq 0.5 \\ 1 - f_{ij}^l, & O_{kj}^{dir} < 0.5 \end{cases} \quad (9)$$

Ο κόμβος αναφοράς p_k λαμβάνει *feedback* ανάλογα με την γνώμη που είχε συνεισφέρει στον p_i , έτσι ώστε να τον ανταμείψει ή να τον τιμωρήσει για την συμβολή του.

5.3 Αντικειμενικό Μοντέλο Αξιοπιστίας

Το *Internet* του μέλλοντος, αναμένεται να κυριαρχείται από τεράστια κίνηση δεδομένων, πολλές αλληλεπιδράσεις ανάμεσα σε δισεκατομμύρια ανθρώπους, οι οποίοι θα είναι συχνά σε κίνηση, ετερογενείς επικοινωνίες ανάμεσα σε συσκευές *host* και έξυπνα αντικείμενα, αλλά και χιλιάδες καινούριες υπηρεσίες, με αυστηρές προδιαγραφές και την απαιτούμενη ευελιξία, ώστε να μπορούν να συνδέουν τους πάντες και τα πάντα. Σε όλο αυτό κυρίαρχο ρόλο θα παίζει το *Internet of Things*.

Το κομμάτι του *SlOT*, όπως περιγράφηκε παραπάνω, περιλαμβάνει τέσσερα βασικά συστατικά:

Τον **διαχειριστή σχέσεων**, που είναι υπεύθυνος για την έναρξη, την αναβάθμιση και την διακοπή των σχέσεων, **το συστατικό της ανεύρεσης υπηρεσίας**, που είναι υπεύθυνο για την ανεύρεση των αντικειμένων που μπορούν να παρέχουν την ζητούμενη υπηρεσία, **το τμήμα της σύνθεσης της υπηρεσίας**, που επιτρέπει την αλληλεπίδραση μεταξύ των αντικειμένων και **το κομμάτι της διαχείρισης αξιοπιστίας**, που στοχεύει στο να γίνει κατανοητό από το σύστημα πως πρέπει να επεξεργάζονται οι πληροφορίες που παρέχονται από άλλα μέλη του συστήματος. Το σύστημα, προκειμένου να κάνει τον υπολογισμό της αξιοπιστίας για τους κόμβους του, αποθηκεύει πληροφορίες σχετικά με την φήμη του κάθε κόμβου, ενθαρρύνει την ανταλλαγή πληροφοριών ανάμεσα στους κόμβους, και καθορίζει τους όρους, σύμφωνα με τους

οποίους ανάλογα με την φήμη, προσδιορίζεται το επίπεδο αξιοπιστίας (βλέπε τον παρακάτω πίνακα).

Πίνακας 3: Μέθοδοι συστημάτων αξιοπιστίας για αποθήκευση, μοίρασμα και επεξεργασία δεδομένων [7]

Storage	Sharing	Processing
Centralized	Local	Average
Distributed	Part	Weighted Average
Ratee-Based	Global	Probabilistic Estimation
Ratee-Based		

5.3.1 Κατηγοριοποίηση Δικτύων

Τα προηγούμενα χρόνια, τα κοινωνικά δίκτυα διαδόθηκαν όλο και περισσότερο και κατ' επέκταση προτάθηκαν αρκετές μέθοδοι για τον υπολογισμό της αξιοπιστίας ή της αναξιοπιστίας μεταξύ δύο ατόμων, όπως και εφαρμογές, ώστε οι άνθρωποι να ασφαλίζουν τα δεδομένα τους. Σε αυτά τα σενάρια, ένα άτομο (π.χ. η Alice) εμπιστεύεται ένα άλλο άτομο (π.χ. τον Bob), αν πιστεύει ότι η συμπεριφορά του θα οδηγήσει σε ένα καλό αποτέλεσμα.

Σύμφωνα με μελέτες των προηγούμενων ετών, τα κοινωνικά δίκτυα χωρίζονται στις παρακάτω γενιές, με βάση την κοινωνικότητά που επιδεικνύουν:

- **Δίκτυα 1^{ης} γενιάς:** Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η αδύναμη κοινωνικότητα. Οι σχέσεις μεταξύ των συμμετεχόντων είναι ασαφής, ενώ δεν δημιουργούν νέες σχέσεις.
- **Δίκτυα 2^{ης} Γενιάς:** Χαρακτηρίζονται από μέτρια κοινωνικότητα. Οι σχέσεις μεταξύ των συμμετεχόντων είναι δυαδικές (δύο κόμβοι δηλαδή μπορούν να είναι είτε «φίλοι», είτε «όχι φίλοι»). Επίσης, σε αυτή την περίπτωση οι συμμετέχοντες δημιουργούν νέες φιλιές με φίλους φίλων, αρκεί να ανήκουν στην ίδια κοινωνική πλατφόρμα.
- **Δίκτυα 3^{ης} Γενιάς:** Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη πολλών διαφορετικών τύπων κοινωνικών σχέσεων, ενώ οι συμμετέχοντες μπορούν να δημιουργήσουν σχέσεις και να συμμετέχουν σε δραστηριότητες, ακόμα και αν ανήκουν σε διαφορετικά κοινωνικά δίκτυα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και το κοινωνικό δίκτυο των πραγμάτων, καθώς οι σχέσεις που επικρατούν εντός του είναι σαφής και μη δυαδικές.

Οι κύριες ιδιότητες της αξιοπιστίας όπως καθορίζονται σε πολλές μελέτες, φαίνονται παρακάτω: η ιδιότητα της **μεταβατικότητας** στηρίζεται στις συστάσεις από ένα άτομο που εμπιστεύομαι για κάποιο άτομο το οποίο δεν γνωρίζω καλά. Για παράδειγμα, αν η Alice εμπιστεύεται τον Bob και ο Bob τον Eric, τότε η Alice εμπιστεύεται τον Eric. Βέβαια αυτό δεν ισχύει πάντα, αλλά έχει να κάνει κυρίως με την υπηρεσία που ζητείται. Υπάρχουν περιορισμοί σύμφωνα με τους οποίους η εμπιστοσύνη θεωρείται μεταβατική μόνο αν οι υπηρεσίες που

προσφέρουν οι κόμβοι έχουν τον ίδιο σκοπό. Αυτό σημαίνει ότι πολλοί διαφορετικοί πίνακες εμπιστοσύνης θα πρέπει να αποθηκεύονται ανάλογα με την υπηρεσία. Η ιδιότητα της **σύνθεσης**, έχει να κάνει με τις πολλές και διαφορετικές συστάσεις που μπορεί να παρέχονται από διαφορετικά άτομα και στη σύνθεσή τους σε μία τιμή, ώστε να αποφασίζεται αν είναι της εμπιστοσύνης του συστήματος ο συγκεκριμένος κόμβος ή όχι. Η ιδιότητα της **εξατομίκευσης**, που σχετίζεται κυρίως με την προηγούμενη εμπειρία ενός ατόμου. Δεν είναι ασυνήθιστο να υπάρχουν διαφορετικές γνώμες ανάμεσα σε δύο ανθρώπους για το ίδιο άτομο. Από εκεί προκύπτει και η ιδιότητα της **ασυμμετρίας**. Για παράδειγμα, δύο άτομα που βρίσκονται στην ίδια σχέση μπορεί να έχουν διαφορετικά επίπεδα εμπιστοσύνης, το ένα για το άλλο.

5.3.2 Υπολογισμός Αντικειμενικής Αξιοπιστίας

Το *SIoT* προσδίδει στα αντικείμενα κάποιες ικανότητες των ανθρώπων, όταν ψάχνουν και παρέχουν πληροφορίες στις κοινότητές τους, τα αντικείμενα δηλαδή, μιμούνται την ανθρώπινη κοινωνική συμπεριφορά. Ο τύπος των σχέσεων που χρησιμοποιήθηκε στο *SIoT* βασίστηκε σε κοινωνιολογικές και ανθρωπολογικές μελέτες. Στις περισσότερες *IoT* αρχιτεκτονικές, ο ιδιοκτήτης των συσκευών έχει τον έλεγχο των λειτουργιών και των κοινωνικών συναναστροφών. Μια από τις αρμοδιότητες του είναι και η εξουσιοδότηση, του να δοθεί μια υπηρεσία ή πληροφορίες, σε απάντηση της αναζήτησης που κάνει μία άλλη συσκευή. Ο ιδιοκτήτης, τότε, δίνει την άδεια στην συσκευή να το κάνει ή όχι ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της συγκεκριμένης ζήτησης (την ταυτότητα του ιδιοκτήτη του αντικειμένου που κάνει την ζήτηση και το περιεχόμενο της συναλλαγής). Αυτή η διαδικασία τηρείται τις πρώτες φορές, ενώ το σύστημα μαθαίνει να συμπεριφέρεται αντίστοιχα για τις επόμενες. Το αν ένας ιδιοκτήτης θα επιτρέψει την συναλλαγή ή όχι, εξαρτάται από το είδος της σχέσης (άμεση ή έμμεση σχέση) με αυτόν που ζητάει την υπηρεσία, αλλά και την προσωπικότητά του (συνεργάσιμος, εγωιστής, άπληστος, κακόβουλος ή άλλα). Σε αυτό το κομμάτι της εργασίας, θα γίνει η παρουσίαση ενός δυναμικού μοντέλου για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των κόμβων, του μοντέλου της αντικειμενικής αξιοπιστίας. Το μοντέλο της υποκειμενικής αξιοπιστίας, που παρουσιάστηκε παραπάνω αποτελεί, επίσης, δυναμικό μοντέλο αξιολόγησης αξιοπιστίας και η σύγκρισή του με την αντικειμενική αξιοπιστία φαίνεται παρακάτω:

- 1) **Η υποκειμενική αξιοπιστία (T_{ij})**, που προκύπτει από την κοινωνική άποψη, όπου ο κάθε κόμβος p_i υπολογίζει την αξιοπιστία των N_i φίλων του βασισμένος στην δική του εμπειρία αλλά και των φίλων του. Αν ο κόμβος p_i (που αξιολογεί) και ο p_j (που αξιολογείται) δεν είναι φίλοι μεταξύ τους, τότε η αξιοπιστία υπολογίζεται δια στόματος, από την αλυσίδα των φίλων που μεσολαβούν μεταξύ τους.

- 2) Η αντικειμενική αξιοπιστία (T_j), προκύπτει όπως στα P2P σενάρια, όπου πληροφορίες για κάθε κόμβο αποθηκεύονται και διανέμονται κεντρικά. Τέτοιου είδους πληροφορίες διαχειρίζονται από συγκεκριμένους κόμβους που θεωρούνται έμπιστοι.

Παρακάτω φαίνονται δύο πίνακες που συγκρίνουν τα στοιχεία των δύο αυτών μεθόδων.

Πίνακας 4: Σύγκριση υποκειμενικού και αντικειμενικού μοντέλου αξιοπιστίας ως προς την αποθήκευση, το μοίρασμα και την επεξεργασία των δεδομένων αξιοπιστίας [7]

	Storage	Sharing	Processing
Subjective	Rater-Based	Part	Weighted Average
Objective	Distributed	Global	Weighted Average

Πίνακας 5: Σύγκριση υποκειμενικού και αντικειμενικού μοντέλου αξιοπιστίας ως προς τις ιδιότητες της μεταβατικότητας, της σύνθεσης, της εξατομίκευσης και της ασυμμετρίας. [7]

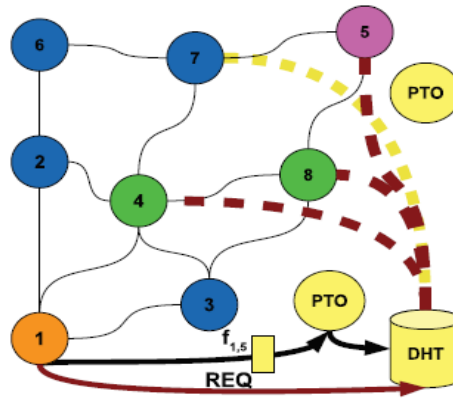
	Subjective	Objective
Transitivity	X	
Composability	X	X
Personalization	X	
Asymmetry	X	

Η υποκειμενική αξιοπιστία περιγράφηκε παραπάνω, οπότε εδώ θα αναφερθούμε στην αντικειμενική αξιοπιστία. Στο μοντέλο αντικειμενικής αξιοπιστίας, όλες οι πληροφορίες που αφορούν στην αξιοπιστία των κόμβων είναι αποθηκευμένες σε κάποιους κεντρικούς κόμβους του συστήματος, όπου έχουν πρόσβαση όλοι οι κόμβοι για να ενημερώνονται με αυτές τις πληροφορίες όταν το χρειάζονται. Για να αποφευχθεί το πρόβλημα επιλογής κακόβουλων κόμβων σαν κόμβους για την αποθήκευση αυτών των πληροφοριών, μόνο ειδικοί κόμβοι (*Pre-Trusted Objects - PTOs*) χρησιμοποιούνται για την λειτουργία αυτή. Οι κόμβοι *PTO* δεν παρέχουν καμία υπηρεσία και είναι ενσωματωμένοι στην αρχιτεκτονική του συστήματος, ενώ ο αριθμός τους αποφασίζεται ανάλογα με τον συνολικό αριθμό των αντικειμένων στο σύστημα, ώστε να υπάρχει πάντα κάποιος διαθέσιμος για την διάθεση αυτών των πληροφοριών.

Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση, οι τιμές που απαιτούνται για να υπολογιστεί η αξιοπιστία ενός κόμβου, αποθηκεύονται σε ένα καταναμημένο σύστημα, χρησιμοποιώντας *DHT* (*Distributed Hash Table*) δομή. Το σύστημα *DHT* βασίζεται στην ύπαρξη κλειδιών, όπου κάθε κόμβος είναι υπεύθυνος για έναν ορισμένο αριθμό κλειδιών. Ένα δίκτυο συνδέει τους κόμβους αυτούς, επιτρέποντας έτσι να βρεθεί ο κόμβος που αντιστοιχίζεται στο κάθε κλειδί. Για την αποθήκευση ενός φακέλου, με ένα συγκεκριμένο όνομα και συγκεκριμένα δεδομένα, δημιουργείται ένα κλειδί για να αντικαταστήσει το όνομα του φακέλου, μέσω μια συνάρτησης κρυπτογράφησης και τα δεδομένα και το κλειδί στέλνονται στον κόμβο που έχει οριστεί να τα

αποθηκεύσει. Αν κάποιος άλλος κόμβος επιθυμεί να ανακτήσει τα δεδομένα αυτά, δημιουργεί πρώτα το κλειδί από το όνομα του φακέλου, χρησιμοποιώντας την ίδια συνάρτηση κρυπτογράφησης και στη συνέχεια αποστέλλει στο DHT, ένα αίτημα για να μάθει ποιος κόμβος έχει αποθηκεύσει τα δεδομένα με αυτό το κλειδί.

Στην παρακάτω εικόνα, απεικονίζεται ένα σενάριο με την ανανέωση της πληροφορίας αξιοπιστίας μετά την ολοκλήρωση της συναλλαγής μεταξύ των κόμβων 1 και 5. Ο κόμβος 1 στέλνει τις ανανεωμένες πληροφορίες στον κόμβο PTO, που υπολογίζει τις νέες τιμές της αξιοπιστίας για τους κόμβους που ενεπλάκησαν στην συναλλαγή αυτή, λαμβάνοντας όμως υπόψη τον κόμβο που δίνει αυτές τις πληροφορίες για να αποφεύγεται η κακή ανατροφοδότηση. Έπειτα, μέσα από το DHT, παράγεται ένα κλειδί που σχετίζεται με τα δεδομένα και το αποθηκεύει στον κόμβο που είναι υπεύθυνος για την διατήρησή τους, στην περίπτωση μας στον κόμβο 7.



Εικόνα 11: Διαχείριση πληροφορίας αξιοπιστίας στο αντικειμενικό μοντέλο [7]

Όταν ο κόμβος p_i χρειαστεί να μάθει την τελευταία τιμή της αξιοπιστίας του κόμβου p_j , τότε ρωτάει το DHT ώστε να την ανακτήσει. Σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχουν άμεσες και έμμεσες γνώμες, αφού όλοι οι κόμβοι μοιράζονται κοινά στοιχεία μέσω του DHT. Η αντικειμενική αξιοπιστία εκφράζεται ως εξής:

$$T_j = (1 - \alpha - \beta)R_j + \alpha O_j^{lon} + \beta O_j^{rec} \quad (10)$$

Η έννοια της εκκεντρότητας βασίζεται πλέον στην ιδέα ότι ένας κόμβος είναι κεντρικός σε ένα δίκτυο όταν παίρνει μέρος σε πολλές συναλλαγές. Εκφράζεται με την παρακάτω σχέση:

$$R_j = (A_j + H_j)/(Q_j + A_j + H_j) \quad (11)$$

Όπου Q_j είναι οι φορές που ο κόμβος p_j αναζήτησε μία υπηρεσία, A_j οι φορές που λειτούργησε σαν ενδιάμεσος κόμβος και H_j οι φορές που ήταν ο πάροχος της υπηρεσίας. Ένας κόμβος θεωρείται κεντρικός αν παίρνει μέρος ενεργά στο $SlOT$ σαν ενδιάμεσος κόμβος ή πάροχος υπηρεσίας, σε πολλές συναλλαγές αναλογικά με το σύνολο των συναλλαγών.

Επιπλέον, σε αυτή την προσέγγιση, οι βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες γνώμες υπολογίζονται λαμβάνοντας υπόψη την ανατροφοδότηση που έρχεται από όλους τους κόμβους που έχουν αλληλεπίδρασή με το κόμβο p_j , και υπολογίζονται με τις παρακάτω σχέσεις:

$$O_j^{lon} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{l=1}^{L^{lon}} C_{ij} \omega_{ij}^l f_{ij}^l}{\sum_{i=1}^M \sum_{l=1}^{L^{lon}} C_{ij} \omega_{ij}^l} \quad (12)$$

$$O_j^{rec} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{l=1}^{L^{rec}} C_{ij} \omega_{ij}^l f_{ij}^l}{\sum_{i=1}^M \sum_{l=1}^{L^{rec}} C_{ij} \omega_{ij}^l} \quad (13)$$

Για να περιοριστεί η πιθανότητα οι κακόβουλοι κόμβοι να δώσουν ψεύτικο *feedback* για να ανατρέψουν το σύστημα αξιολόγησης, κάθε *feedback* που δίνεται έχει άλλη βαρύτητα ανάλογα με την αξιοπιστία του κόμβου που το παρέχει, σε συνδυασμό με τον παράγοντα της συναλλαγής. Η αξιοπιστία ενός κόμβου, λαμβάνοντας υπόψη τις βαρύτητες υπολογίζεται ως εξής:

$$C_{ij} = \frac{(1-\gamma-\delta)T_i + \gamma(1-F_{ij}) + \delta(1-I_j)}{1 + \log(N_{ij}+1)} \quad (14)$$

Από τα παραπάνω αντιλαμβανόμαστε ότι κόμβοι με ισχυρούς δεσμούς μεταξύ τους (μεγάλος παράγοντας σχέσης - F_{ij}), με ισχυρές υπολογιστικές ικανότητες ή συχνές συναλλαγές μεταξύ τους, παίρνουν χαμηλότερη αξιολόγηση. Πραγματικά, αυτοί οι κόμβοι με ισχυρούς δεσμούς μεταξύ τους, ισχυρή υπολογιστική ικανότητα και συχνές συναλλαγές είναι πιθανοί υποψήφιοι για κακόβουλη συμπεριφορά.

5.4 Μοντέλο Προσαρμοστικής Διαχείρισης Αξιοπιστίας

Ο λόγος για τον οποίο πρέπει να αξιολογείται η αξιοπιστία μιας συσκευής είναι γνωστός: υπάρχουν ιδιοκτήτες που συμπεριφέρονται άσχημα και κατ' επέκταση και συσκευές που συμπεριφέρονται άσχημα. Αυτό συμβαίνει γιατί η συσκευές σχηματίζουν μεταξύ τους σχέσεις αυτόνομα, οι οποίες βασίζονται στους κανόνες που έχουν ορίσει οι χρήστες τους. Η κακή αυτή συμπεριφορά αποσκοπεί στην απόσπαση προσωπικού κέρδους, αλλά και στην δυσφήμιση άλλων κόμβων που παρέχουν παρόμοιες υπηρεσίες, ώστε να επικρατήσουν έναντι τους.

Επιπλέον, κόμβοι με άσχημη συμπεριφορά συνεργάζονται μεταξύ τους, για να σχηματίσουν ένα «μονοπώλιο» σε μια ομάδα υπηρεσιών.

Το παραπάνω μοντέλο που είδαμε βασίζεται στα *P2P* δίκτυα με τα οποία το *SlOT* μοιράζεται κοινά χαρακτηριστικά. Το βασικότερο είναι ότι, οι υπηρεσίες προέρχονται από κόμβους μέσα στο σύστημα, οπότε είναι βασικό να υπάρχει αξιολόγηση της αξιοπιστίας των κόμβων. Ωστόσο, τα πρωτόκολλα αυτά δεν λαμβάνουν υπόψη την κοινωνική πλευρά των ιδιοκτητών των συσκευών που συμμετέχουν στο *SlOT*. Δηλαδή, σε ένα σύστημα *IoT*, στο οποίο συμμετέχουν αληθινά ή εικονικά αντικείμενα που συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις ιδιοκτησίας, φιλίας και κοινών ενδιαφερόντων, με ποικίλους τρόπους (μέσα από το *Internet*), και χειρίζονται από τους ιδιοκτήτες τους με ποικιλία κοινωνικών συμπεριφορών, έτσι ώστε να συλλέγονται πληροφορίες, να παρέχονται υπηρεσίες και συστάσεις, να παίρνονται αποφάσεις και να γίνονται δράσεις. Από την άλλη πάλι, η αξιολόγηση της αξιοπιστίας των κοινωνικών δικτύων παίρνει υπόψη κυρίως την συχνότητα, την διάρκεια και την φύση των επαφών ανάμεσα σε δύο οντότητες, ενώ δεν μπορεί να εξετάσει με αυτό τον τρόπο *P2P* υπολογιστικά περιβάλλοντα με συσκευές που ψάχνουν και παρέχουν υπηρεσίες, όταν έρχονται σε επαφή ευκαιριακά.

Με βάση τα παραπάνω, προτείνεται ένα προσαρμοστικό μοντέλο διαχείρισης αξιοπιστίας το οποίο να μπορεί δυναμικά να προσαρμόζει τις ρυθμίσεις του σε αντιστοιχία με το περιβάλλον που αλλάζει. Με αυτό τον τρόπο μεγιστοποιείται η απόδοση της εφαρμογής. Το να είναι προσαρμοστικό και δυναμικό το μοντέλο αξιολόγησης αξιοπιστίας προκύπτει από την ανάγκη να προσαρμόζεται στις σχέσεις μεταξύ των χρηστών – ιδιοκτητών που εξελίσσονται, όπως κατ' επέκταση και οι σχέσεις μεταξύ των συσκευών.

5.4.1 Είδη επιθέσεων

Ένας κακόβουλος κόμβος είναι ανέντιμος και κοινωνικά μη συνεργάσιμος και έχει την δυνατότητα να σπάσει την βασική λειτουργικότητα του συστήματος *SlOT*. Ένας κακόβουλος κόμβος μπορεί να πραγματοποιήσει τα παρακάτω είδη επιθέσεων που σχετίζονται με την αξιοπιστία:

Επιθέσεις αυτοπροβολής: ο κακόβουλος κόμβος προβάλλει ιδιαίτερα την σημασία του, έτσι ώστε να επιλέγεται έναντι άλλων κόμβων για την παροχή υπηρεσιών. Όταν καταφέρει να επιλεγεί, τότε παρέχει δυσλειτουργικές υπηρεσίες.

Εξαφάνιση λαθών: Ο κακόβουλος κόμβος προκειμένου να εξαφανίσει την κακή του φήμη, μπορεί να βγει από το σύστημα και να επανασυνδεθεί.

Μεροληπτική επίθεση: ο κακόβουλος κόμβος πραγματοποιεί επιθέσεις σε κόμβους με τους οποίους δεν είναι φίλος, ούτε έχει ισχυρούς δεσμούς.

Διάδοση κακής φήμης: ο κακόβουλος κόμβος διαδίδει κακή φήμη και υπονομεύει την καλή φήμη ενός αξιόπιστου κόμβου, κάνοντάς του κακή κριτική. Με αυτό τον τρόπο πετυχαίνει να μην επιλέγεται η συσκευή αυτή για παροχή υπηρεσιών

Διάδοση καλής φήμης: ένας κακόβουλος κόμβος μπορεί να αλλάξει την φήμη ενός κακού κόμβου, κάνοντάς του καλές συστάσεις.

5.4.2 Βασικές αρχές του προσαρμοστικού μοντέλου αξιοπιστίας

Το πρωτόκολλο που περιγράφεται παρακάτω, καλύπτει όλες τις πτυχές της διαχείρισης εμπιστοσύνης: Το συστατικό της **σύνθεσης εμπιστοσύνης** καλύπτει το ζήτημα του πώς να επιλέγονται ιδιότητες της αξιοπιστίας, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του κοινωνικού δικτύου των πραγμάτων. Το συστατικό της **διάδοσης και συγκέντρωσης** εμπιστοσύνης ασχολείται με το θέμα του τρόπου διάδοσης και συνδυασμού πληροφοριών εμπιστοσύνης, έτσι ώστε η αξιολόγηση εμπιστοσύνης να συγκλίνει και να είναι ακριβής. Το στοιχείο της **δημιουργίας εμπιστοσύνης** αντιμετωπίζει το ζήτημα του τρόπου με τον οποίο διαμορφώνεται η συνολική αξιοπιστία από τις μεμονωμένες ιδιότητες εμπιστοσύνης και τον τρόπο αξιοποίησης της, προκειμένου να μεγιστοποιηθεί η απόδοση της εφαρμογής.

Ουσιαστικά, η προσαρμοστική διαχείριση εμπιστοσύνης επιτυγχάνεται με

- (1) την επιλογή της καλύτερης παραμέτρου εμπιστοσύνης για την επίτευξη της ακρίβειας και της σύγκλισης εμπιστοσύνης και
- (2) την επιλογή της καλύτερης παραμέτρου δημιουργίας εμπιστοσύνης για τη μεγιστοποίηση της απόδοσης της εφαρμογής, ανταποκρινόμενη σε ένα εξελισσόμενο περιβάλλον *IoT*.

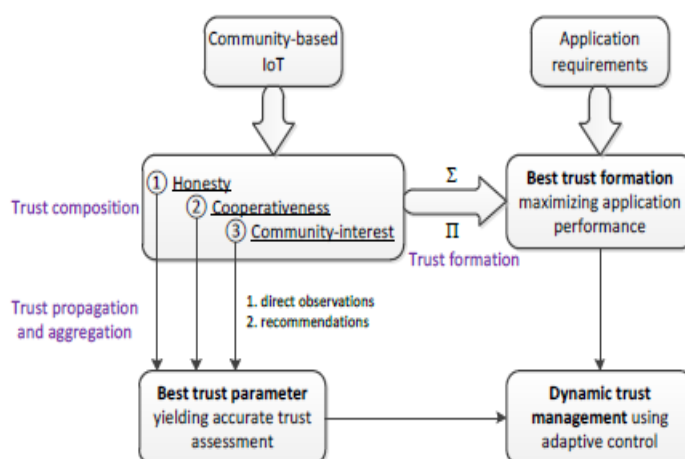
Κάθε κόμβος αποθηκεύει για δική του χρήση πληροφορίες αξιοπιστίας για τους κόμβους που ενδιαφέρεται περισσότερο. Το μοντέλο της προσαρμοστικής διαχείρισης αξιοπιστίας βασίζεται, τόσο στις αλληλεπιδράσεις με άλλους κόμβους, όσο και σε κάθε δραστηριότητα χωριστά. Αυτό σημαίνει ότι η εμπιστοσύνη ενημερώνεται δυναμικά με κάθε δράση.

5.4.3 Υπολογισμός Προσαρμοστικής Διαχείρισης Αξιοπιστίας

Σύνθεση Εμπιστοσύνης

Αν και υπάρχουν πολλές ιδιότητες για να ληφθούν ως μετρικά, για το προσαρμοστικό μοντέλο αξιολόγησης αξιοπιστίας λαμβάνονται υπόψη η «ειλικρίνεια», η «συνεργασιμότητα» και το «ενδιαφέρον της κοινότητας», γιατί θεωρείται ότι χαρακτηρίζουν περισσότερο το *SIoT*. Αυτές οι ιδιότητες εμπιστοσύνης, που θεωρούνται συμπληρωματικές μεταξύ τους, χαρακτηρίζουν ένα κόμβο.

- Η ιδιότητα της *ελικρίνειας*. Ένας κακόβουλος κόμβος μπορεί να προκαλέσει ζημιά στο σύστημα, όταν παρέχει υπηρεσίες ή συστάσεις για άλλους κόμβους. Ένας αναξιόπιστος κόμβος μπορεί να προκαλέσει σοβαρή ζημιά στο σύστημα αξιολόγησης και στη συνέχιση της υπηρεσίας. Η αξιολόγηση της ιδιότητας αυτής γίνεται, είτε με τις απευθείας επαφές, είτε μέσω τρίτων κόμβων που δίνουν τις δικές τους αξιολογήσεις.
- Η ιδιότητα της *συνεργασιμότητας*. Εδώ κρίνεται κατά πόσο ένας κόμβος είναι κοινωνικά συνεργάσιμος ή όχι και απέναντι σε ποιόν. Ένας κόμβος, για παράδειγμα, μπορεί να είναι συνεργάσιμος απέναντι σε φίλους του ή σε κόμβους με τους οποίους έχει πολύ ισχυρούς δεσμούς, αλλά να μην αλληλεπιδρά με άλλους κόμβους. Σε μία εφαρμογή *IoT*, ένας κόμβος μπορεί να κρίνει την συνεργασιμότητα ενός άλλου κόμβου, με βάση τους δεσμούς τους και να επιλέξει συνεργάσιμους κόμβους για να πετύχει καλύτερη απόδοση.
- Η ιδιότητα του *ενδιαφέροντος της κοινότητας*. Εδώ αξιολογείται κατά πόσο ο κόμβος που κρίνει και ο κόμβος που κρίνεται αποτελούν μέλη της ίδιας κοινωνικής ομάδας (συνεργατικές ή συνεγκαταστατικές σχέσεις), ή έχουν παρόμοιες δυνατότητες (γονικές σχέσεις). Όταν δύο κόμβοι έχουν υψηλό βαθμό αυτής της ιδιότητας, τότε έχουν περισσότερες πιθανότητες να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους και να καταλήξουν σε καλύτερη απόδοση των εφαρμογών.



Εικόνα 12: Τα συστατικά μέρη του προσαρμοστικού μοντέλου αξιοπιστίας [8]

Διάδοση και Ενσωμάτωση Εμπιστοσύνης

Η προσαρμοστική διαχείριση αξιοπιστίας είναι μια συνεχής διαδικασία στην οποία ενσωματώνονται παλιές και νέες πληροφορίες. Επίσης, περιλαμβάνει, τόσο πληροφορίες που προέρχονται από πρώτο χέρι, όσο και συστάσεις από τρίτες πηγές. Η εμπιστοσύνη του κόμβου i προς τον j συμβολίζεται ως T_{ij}^X , όπου με X συμβολίζεται μία από τις παραπάνω τρεις ιδιότητες. Κυμαίνεται μεταξύ 0 και 1, όπου το 1 αντιπροσωπεύει την πλήρη εμπιστοσύνη, το 0.5 την ουδετερότητα και το 0 την πλήρη έλλειψη εμπιστοσύνης. Στις σχέσεις που θα ακολουθήσουν παρακάτω, με i θα συμβολίζεται ο κόμβος που αξιολογεί, με j ο κόμβος που κρίνεται και με k ο κόμβος που παρέχει πληροφορίες για τον κόμβος j στον κόμβο i .

Όσον αφορά στην **άμεση αξιολόγηση**, όταν ο κόμβος i αλληλεπιδρά απευθείας με τον j , σε χρόνο t , τότε η αναβάθμιση της πληροφορίας αξιοπιστίας γίνεται ως εξής:

$$T_{ij}^X = (1 - \alpha)T_{ij}^X(t - \Delta t) + \alpha D_{ij}^X(t) \quad (15)$$

Στην παραπάνω εξίσωση, με Δt ορίζεται ο χρόνος μεταξύ δύο διαδοχικών συναντήσεων. Με τον παράγοντα α , καθορίζεται η βαρύτητα που δίνεται στο παρελθόν σε σχέση με το παρόν και σηματοδοτεί το πώς εξελίσσεται η αξιοπιστία ενός κόμβου με το πέρασμα του χρόνου. Στην ουσία, μεγάλη τιμή του α , σημαίνει ότι δίνεται μεγάλη σημασία στο παρόν ($0 \leq \alpha \leq 1$). Ο πρώτος όρος του παραπάνω αθροίσματος, αναφέρεται στο παρελθόν και στην εικόνα που είχε σχηματίσει ο κόμβος i για τον κόμβο j μέχρι και την τελευταία τους συνάντηση, ενώ ο δεύτερος όρος αναφέρεται στο παρόν και στη νέα εμπειρία που αποκτά ο κόμβος i από την τρέχουσα αλληλεπίδραση. Παρακάτω φαίνεται πως διαμορφώνεται ο όρος $D_{ij}^X(t)$ ανάλογα με την ιδιότητα εμπιστοσύνης στην οποία αναφερόμαστε.

- $D_{ij}^{Honesty}(t)$: Δείχνει αν ο κόμβος j είναι ειλικρινής, βάσει των απευθείας εμπειριών του κόμβου i σε χρόνο t . Για να διαπιστωθούν στοιχεία που σχετίζονται με επιθέσεις διάδοσης καλής/κακής φήμης, το μοντέλο προσαρμοστικής αξιολόγησης αξιοπιστίας προχωράει στην παρακάτω μέθοδο. Υπολογίζει την έμμεση αξιολόγηση που δίνει ο κόμβος j για έναν τρίτο κόμβο, π.χ. τον q , και συγκρίνει την τιμή αυτή με την δική του αξιολόγηση για τον q . Έτσι, αν η διαφορά των παραπάνω δύο τιμών είναι μεγαλύτερη από μία τιμή κατωφλίου, τότε ο κόμβος j θεωρείται αναξιόπιστος, καθώς πραγματοποιεί επιθέσεις διάδοσης καλής/κακής φήμης για άλλους κόμβους. Αντίθετα, αν η διαφορά αυτή είναι εντός ενός αποδεκτού ορίου, τότε ο κόμβος j θεωρείται αξιόπιστος. Αν το όριο αυτό, είναι μεγάλο, τότε μειώνονται τα ψευδώς αρνητικά αποτελέσματα (να θεωρείται ένας κόμβος κακόβουλος ενώ δεν είναι), αλλά αντίστοιχα αυξάνονται τα ψευδώς θετικά. Οπότε χρειάζεται καλή εκτίμηση του κατωφλίου αυτού, ώστε να υπολογίζονται σωστά τα αποτελέσματα. Συνήθως, το κατώφλι αυτό τίθεται γύρω στο 50% ώστε να ισορροπούνται τα αποτελέσματα αυτά.

- $D_{ij}^{Cooperativeness}(t)$: Δείχνει την αξιολόγηση της αξιοπιστίας του κόμβου j από τον κόμβο i όσον αφορά στην συνεργασία. Ένας κόμβος είναι πολύ πιο πιθανό να συνεργαστεί καλά με κάποιον φίλο του παρά με κάποιον άγνωστο. Κάθε κόμβος διατηρεί μία λίστα με τους φίλους του ιδιοκτήτη του, που ανανεώνεται δυναμικά από τον ίδιο τον ιδιοκτήτη. Η αξιολόγηση της εμπιστοσύνης όσον αφορά την συνεργασία υπολογίζεται ως εξής:

$$D_{ij}^{Cooperativeness}(t) = \frac{|friends(i) \cap friends(j)|}{|friends(i) \cup friends(j)|}, \quad (16)$$

όπου $i \in friends(i)$.

Κάθε φορά που υπάρχει συνάντηση μεταξύ δύο κόμβων γίνεται ανταλλαγή της λίστας των φίλων τους, έτσι ώστε να ανιχνεύονται οι κοινοί. Ωστόσο, η ανταλλαγή αυτή, γίνεται με κρυπτογραφημένες πληροφορίες, ώστε να αναγνωρίζονται μόνο οι κοινοί φίλοι και να παρέχεται ιδιωτικότητα. Επίσης, ένας αλγόριθμος κρυπτογράφησης είναι πολύ χαμηλού κόστους, ενώ δεν κοστίζει ούτε στις μπαταρίες των *IoT* συσκευών που είναι πολύ μικρής χωρητικότητας. Με βάση της ιδιότητα της συνεργασιμότητας, το σύστημα κινδυνεύει από επιθέσεις τύπου αυτοπροβολής. Ένας κόμβος, έχει την δυνατότητα, να δηλώσει φίλους που δεν έχει, ώστε να επιλεγεί έναντι άλλων κόμβων. Ωστόσο, αυτό θα πλήξει την αξιοπιστία του ως προς την ειλικρίνεια, που αναφέρθηκε παραπάνω.

- $D_{ij}^{Community-Interest}(t)$: Δείχνει τον βαθμό των κοινών ενδιαφερόντων των κόμβων i και j , όπως παρατηρείται σε απευθείας παρατήρηση σε χρόνο t . Κάθε συσκευή αποθηκεύει μια λίστα με κοινότητες/ομάδες ενδιαφερόντων στις οποίες συμμετέχει ο ιδιοκτήτης και η λίστα αυτή μπορεί να αλλάξει δυναμικά. Η αξιολόγηση της εμπιστοσύνης, όσον αφορά το ενδιαφέρον της κοινότητας υπολογίζεται όπως φαίνεται παρακάτω:

$$D_{ij}^{Community-Interest}(t) = \frac{|community(i) \cap community(j)|}{|community(i) \cup community(j)|} \quad (17)$$

Όταν βρεθούν οι δύο κόμβοι ανταλλάσσουν την λίστα με τις κοινότητες που συμμετέχουν και τα ενδιαφέροντά τους με τον ίδιο τρόπο που ανταλλάσσουν την λίστα με τους φίλους τους (χρησιμοποιώντας κρυπτογράφηση). Και σε αυτή την περίπτωση, υπάρχει ο κίνδυνος της επίθεσης αυτοπροβολής ενός κακόβουλου κόμβου, δηλώνοντας ότι συμμετέχει σε κοινότητες όπου δεν συμμετέχει στην πραγματικότητα, ώστε να επιλεγεί έναντι άλλων κόμβων για να παρέχει υπηρεσίες. Ωστόσο, αυτό ανιχνεύεται από τους κόμβους με τους οποίους κάνει την ανταλλαγή των λιστών και με αυτό τον τρόπο πλήττεται η ειλικρίνιά του.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ανταλλαγή των λιστών φίλων/ενδιαφερόντων δεν γίνεται κατά την αναζήτηση της υπηρεσίας, αλλά κατά την διάρκεια της συνάντησης των δύο κόμβων. Αυτό γίνεται ώστε να γίνεται η αξιολόγηση του δείκτη συνεργασίας και κοινών ενδιαφερόντων.

Όσον αφορά στην **έμμεση αξιολόγηση** από τρίτο κόμβο, όταν δηλαδή ο κόμβος k συναντιέται με τον κόμβο i και ο κόμβος k είχε προηγούμενη συνάντηση με τον κόμβο j για τον οποίο ο κόμβος i χρειάζεται αξιολόγηση, τότε ο κόμβος k παρέχει την έμμεση αξιολόγηση του, όπως φαίνεται παρακάτω:

$$T_{ij}^X(t) = (1 - \gamma)T_{ij}^X(t - \Delta t) + \gamma R_{kj}^X(t) \quad (18)$$

Ο πρώτος όρος του αθροίσματος αναφέρεται σε παλαιότερες συναντήσεις του κόμβου i με τον κόμβο j από τις οποίες έχει αποκομίσει γνώμη. Ο δεύτερος όρος αναφέρεται στην έμμεση αξιολόγηση που του παρέχει ο κόμβος k . Συμπερασματικά, η παραπάνω εξίσωση καθορισμού της αξιοπιστίας στηρίζεται σε δεδομένα από παλιότερες αλληλεπιδράσεις των κόμβων i και j , αλλά και στις συστάσεις ενός τρίτου κόμβου k , ελλείψει νέας αλληλεπίδρασης. Ο δείκτης βαρύτητας γ χρησιμοποιείται για να δώσει βαρύτητα είτε στα παρελθοντικά δεδομένα από τις συναντήσεις των δύο συσκευών, είναι στη γνώμη του τρίτου κόμβου. Ο δείκτης βαρύτητας γ χρησιμοποιείται δίνοντας του την κατάλληλη τιμή ανάλογα με το είναι επιθυμητό να δοθεί περισσότερη βαρύτητα στην παρελθοντικές εμπειρίες του κόμβου i από τον j ή στην έμμεση αξιολόγηση του κόμβου k .

Όσον αφορά στην αξιολόγηση που θα δώσει ο κόμβος k στον i σχετικά με τον j , πολύ σημαντικό ρόλο παίζει η γνώμη που έχει σχηματίσει ο i για τον κόμβο k , ώστε να θεωρεί αξιόπιστες τις συστάσεις του ή όχι. Αν ο κόμβος k θεωρείται καλός κόμβος, τότε $D_{kj}^X(t) = R_{kj}^X(t)$, δηλαδή η σύσταση του θα ταυτίζεται με την γνώμη που όντως έχει για τον κόμβο k , χωρίς να θέλει να διαδώσει θετική ή αρνητική φήμη για αυτόν. Σε περίπτωση όμως, που ο κόμβος k είναι κακόβουλος και θέλει να πραγματοποιήσει επίθεση κακής φήμης, τότε θα δώσει σαν σύσταση $R_{kj}^X(t) = 0$, αν ο κόμβος j είναι αξιόπιστος. Αντίστοιχα, σε περίπτωση επίθεσης διάδοσης καλής φήμης, θα δοθεί σαν σύσταση ότι $R_{kj}^X(t) = 1$, αν ο κόμβος j δεν είναι αξιόπιστος. Ωστόσο, ο κόμβος i μπορεί να προφυλαχτεί από αυτού του είδους τις επιθέσεις αξιοποιώντας την προσωπική του γνώμη για τον κόμβο k , με βάση την εξίσωση, που δίνει την κατάλληλη τιμή στον συντελεστή βαρύτητας γ .

$$\gamma = \frac{\beta D_{ik}^X(t)}{1 + \beta D_{ik}^X(t)}, \quad (19)$$

όπου στην ουσία β είναι ένας συντελεστής βαρύτητας που ελέγχεται από τον χρήστη και εξισορροπεί το πόσο ρόλο θα παίζει η πρότερη εμπειρία του κόμβου ή η σύσταση ενός άλλου.

Δημιουργία Εμπιστοσύνης

Το ζήτημα ουσίας στο προσαρμοστικό μοντέλο διαχείρισης αξιοπιστίας είναι ότι οι συντελεστές α , β , και γ προσαρμόζονται δυναμικά, ανάλογα με τις συνθήκες του δικτύου που μπορεί να αλλάζουν. Έτσι, μπορεί να προστατεύεται το σύστημα από τις επιθέσεις διάφορων ειδών. **Σκοπός του μοντέλου αυτού, άλλωστε, είναι να αξιολογείται η πληροφορία της αξιοπιστίας ενός κόμβου, έτσι ώστε και να προστατεύεται το σύστημα, αλλά και να μεγιστοποιείται η απόδοσή του.** Με βάση τις παραπάνω ιδιότητες, γίνεται ο υπολογισμός της τελικής τιμής της αξιοπιστίας, η οποία αποθηκεύεται τοπικά σε κάθε κόμβο και έτσι λαμβάνονται αποφάσεις σχετικά με την δημιουργία φιλίας ή όχι.

5.5 Θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής και μέθοδοι αξιολόγησης αξιοπιστίας

Παραπάνω αναλύθηκαν οι τρόποι αξιολόγησης της αξιοπιστίας ενός αντικειμένου – κόμβου στο *SIoT*. Είδαμε ότι είναι τρία τα μοντέλα που κυρίως χρησιμοποιούνται, το μοντέλο της υποκειμενικής διαχείρισης αξιοπιστίας, το μοντέλο της αντικειμενικής διαχείρισης αξιοπιστίας και το μοντέλο της προσαρμοστικής διαχείρισης αξιοπιστίας. Στο πρώτο μοντέλο, η τιμή της αξιοπιστίας ενός αντικειμένου κρίνεται κυρίως από της προηγούμενη εμπειρία από συναλλαγή με το αντικείμενο αυτό, αλλά και από την γνώμη των κόμβων εμπιστοσύνης για το αντικείμενο αυτό. Στην αντικειμενική διαχείριση αξιοπιστίας, οι τιμές της αξιοπιστίας για κάθε κόμβο συγκεντρώνονται κεντρικά, σε μια DHT δομή και είναι διαθέσιμες για προσπέλαση, όποτε ζητούνται. Μετά από κάθε συναλλαγή με τον κόμβο που κρίνεται, ο κόμβος που κρίνει ανανεώνει την αξιοπιστία του κόμβου αυτού, στέλνοντας ανανεωμένες πληροφορίες στην DHT δομή, σε περίπτωση που κάτι έχει αλλάξει. Όσον αφορά στο προσαρμοστικό μοντέλο διαχείρισης εμπιστοσύνης, κάθε κόμβος κρίνεται με βάση την ειλικρίνεια, την συνεργασιμότητα και την συμμετοχή του σε ομάδες κοινού ενδιαφέροντος. Αυτές οι πληροφορίες αποθηκεύονται τοπικά σε κάθε κόμβο και ανταλλάσσονται σε κάθε συναλλαγή που γίνεται μεταξύ των κόμβων, έτσι ώστε η πληροφορία της αξιοπιστίας να διαμοιράζεται.

Η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής μπορεί να εμπλουτίσει τις θεωρίες αυτές, με την έννοια ότι εισάγονται πλέον τα στοιχεία των ανταμοιβών και του κόστους και στο θέμα της αξιοπιστίας. Σαν θεωρίες μπορούν να διατηρηθούν αυτούσιες, απλά εισάγονται έννοιες με τις οποίες ανανεώνονται οι πληροφορίες αξιοπιστίας και έχουν να κάνουν με το *Social Exchange Theory*. Κυρίως, το *feedback*, όσον αφορά στην αξιοπιστία, που δίνεται για τις υπηρεσίες ενός κόμβου αντιμετωπίζεται ως κόστος ή ως ανταμοιβή.

5.5.1 Μοντέλο Υποκειμενικής Αξιοπιστίας

Για το μοντέλο αυτό, κύριο ρόλο παίζει η μελέτη των εξής παραγόντων: σύστημα ανατροφοδότησης, συνολικός αριθμός συναλλαγών, αξιοπιστία, παράγοντας συναλλαγής, παράγοντας σχέσης, εκκεντρότητα, υπολογιστικές ικανότητες ενός αντικειμένου. Λαμβάνοντας υπόψη την θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, μπορεί να θεωρηθεί ότι, αν υπάρχει καλή εμπειρία από τους παραπάνω παράγοντες για ένα αντικείμενο, τότε αυτό μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστο. Το γεγονός αυτό, μπορεί να λειτουργήσει σαν θετικό στοιχείο, αφού το αντικείμενο γνωρίζει (τουλάχιστον ως ένα βαθμό), ότι θα λάβει αξιόπιστες, ως προς την ασφάλεια, υπηρεσίες και δεν ελλοχεύει ο κίνδυνος κακόβουλης επίθεσης. Η σύγκριση γίνεται με άλλα αντικείμενα που βρίσκονται εντός της εμβέλειας του αντικειμένου που αναζητεί την υπηρεσία και ενδεχομένως να έχουν μικρότερη βαθμολογία, ως προς την αξιοπιστία τους. Τότε, στη σύγκριση που γίνεται, το ρίσκο για ενδεχόμενη κακόβουλη επίθεση, μπορεί να εκληφθεί ως κόστος, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί τελικά η έκβαση της σχέσης.

Αντίστοιχα, μετά την δημιουργία της σχέσης και αφού έχει ολοκληρωθεί η συναλλαγή μεταξύ των αντικειμένων, τότε το αντικείμενο που έλαβε την υπηρεσία θα κληθεί να βαθμολογήσει την αξιοπιστία του αντικειμένου που την προμήθευσε. Έτσι, η παροχή καλών υπηρεσιών έχουν σαν αποτέλεσμα καλό *feedback* από το αντικείμενο που κρίνει και αυτό μπορεί να λειτουργήσει ως ανταμοιβή για το αντικείμενο αυτό, καθώς, σύμφωνα και με τους νόμους του *Homans*, όταν το ένα μέρος μιας σχέσης περιμένει ότι θα λάβει θετική ανταμοιβή τείνει να παρουσιάζει καλή συμπεριφορά. Αντίστοιχα θα «πληρωθεί», αν δείξει κακή συμπεριφορά.

Ο μεγάλος παράγοντας εκκεντρότητας ενός αντικειμένου, μπορεί να θεωρηθεί θετικό στοιχείο, από την άποψη ότι αν ένα αντικείμενο είναι διασυνδεδεμένο με πολλά άλλα, τότε ένας κόμβος που αναζητάει μια υπηρεσία έχει συμφέρον να δημιουργήσει φιλία μαζί του, γιατί αυτό θα του δώσει πρόσβαση στους υπόλοιπους κόμβους που μπορεί να αποδειχθούν χρήσιμοι.

Το να δημιουργηθεί φιλία με μία συσκευή που διαθέτει μεγάλη υπολογιστική δύναμη είναι συνήθως κάτι το επιθυμητό, εξαιτίας της μεγάλης της ικανότητας να επεξεργάζεται δεδομένα και έτσι να επιτυγχάνεται νωρίτερα, ευκολότερα και ποιοτικότερα ένας στόχος. Ωστόσο, αντικείμενα με μεγάλη υπολογιστική ισχύ είναι εκείνα που μπορούν να πραγματοποιήσουν κακόβουλες επιθέσεις με ιούς ή υποκλοπές δεδομένων κτλ, πράγμα που σημαίνει ότι χρειάζεται προσοχή στο κατά πόσο η δημιουργία σχέσης με ένα έξυπνο αντικείμενο, μπορεί να αποτελέσει ανταμοιβή (λόγω επίτευξης του στόχου) ή κόστος (λόγω ρίσκου πιθανής επίθεσης).

5.5.2 Μοντέλο αντικειμενικής διαχείρισης αξιοπιστίας

Για το μοντέλο αντικειμενικής αξιοπιστίας, λαμβάνονται υπόψη και πάλι τα ίδια κριτήρια, αλλά τα δεδομένα της αξιοπιστίας αποθηκεύονται σε μια κεντρική *DHT* δομή, από όπου και ανασύρονται όποτε τα χρειάζεται κάποιος κόμβος. Κι εδώ, όπως και στο παραπάνω μοντέλο, η αξιοπιστία μιας συσκευής μπορεί να αποτελέσει λόγο δημιουργίας μια σχέσης (η αυξημένη αξιοπιστία μετράει στα θετικά μιας σχέσης με ένα αντικείμενο) ή αποτροπής της, αν είναι κακή. Επιπλέον, η παροχή σωστών υπηρεσιών, μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση του βαθμού της αξιοπιστίας ή σε ελάττωσή του, στην περίπτωση που πραγματοποιήσει κακόβουλη επίθεση.

5.5.3 Προσαρμοστικό Μοντέλο Διαχείρισης Αξιοπιστίας

Αν και υπάρχουν πολλές ιδιότητες για να ληφθούν ως μετρικά, για το προσαρμοστικό μοντέλο αξιολόγησης αξιοπιστίας λαμβάνονται υπόψη η «ειλικρίνεια», η «συνεργασιμότητα» και το «ενδιαφέρον της κοινότητας», γιατί θεωρείται ότι χαρακτηρίζουν περισσότερο το *SloT*. Αυτές οι ιδιότητες εμπιστοσύνης, που θεωρούνται συμπληρωματικές μεταξύ τους, χαρακτηρίζουν ένα κόμβο.

Ως προς την θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, ένα αντικείμενο μπορεί να θεωρήσει την προηγούμενη εμπειρία από την ειλικρίνεια ενός κόμβου, σαν λόγο για να προχωρήσει στη δημιουργία σχέσης μαζί του ή όχι. Η εμπειρία αυτή εξαρτάται, τόσο από την προσωπική του πείρα από προηγούμενες συναναστροφές με το αντικείμενο που κρίνεται, όσο και από την έμμεση εμπειρία για την οποία μπορούν να ενημερώσουν κόμβοι της εμπιστοσύνης του, που είχαν συναναστροφές μαζί του. Σύμφωνα με την πρόταση κινήτρου του *Homans*, όσο πιο συχνά μια συγκεκριμένη πράξη οδήγησε σε επιβράβευση στο παρελθόν, τόσο πιο πιθανό είναι το άτομο να ανταποκριθεί εκ νέου σε αυτή. Το ίδιο ισχύει και στον κόσμο του *SloT*, δηλαδή, όταν ένα αντικείμενο έχει την εμπειρία από ένα άλλο αντικείμενο, ότι του παρείχε σωστές υπηρεσίες, τείνει να ξαναδημιουργήσει σχέση μαζί του, ή να την συνεχίσει αν η σχέση αυτή υφίσταται ήδη.

Όσον αφορά στον παράγοντα της συνεργασιμότητας, υπάρχουν ήδη διαμορφωμένοι πίνακες που έχουν αποθηκευμένες πληροφορίες σχετικά με το βαθμό της συνεργασίας που παρείχε στο παρελθόν ο υπό κρίση κόμβος. Οι πίνακες αυτοί ανταλλάσσονται από κόμβο σε κόμβο, κρυπτογραφημένοι, κατά τις συναναστροφές τους. Έτσι, όσο πιο μεγάλο βαθμό συνεργασιμότητας εμφανίζει ένας κόμβος, τόσο πιο πιθανό είναι να επιλεγεί ανάμεσα στις υπόλοιπες εναλλακτικές. Αντίστοιχα, όταν τελειώνει η συναλλαγή των δύο κόμβων, παρέχεται ένα feedback, ως προς την συνεργασιμότητα, που ανανεώνει τις πληροφορίες του πίνακα και μεταδίδεται από κόμβο σε κόμβο. Οπότε το κριτήριο αυτό μπορεί να αλλάξει, αν παρουσιαστεί διαφορά στον παράγοντα αυτόν.

Τέλος, αν ένα αντικείμενο ανήκει σε μια ομάδα κοινού ενδιαφέροντος με το αντικείμενο που ψάχνει την υπηρεσία/πληροφορία, σίγουρα αποτελεί θετικό παράγοντα για σύναψη σχέσης, σε σύγκριση με ένα αντικείμενο που δεν ανήκει στην ίδια κοινότητα. Ο λόγος είναι ότι τα κοινά ενδιαφέροντα, εξασφαλίζουν ότι θα παρασχεθούν καλές υπηρεσίες, γιατί δίνεται προσοχή σε σημεία που θεωρούνται, και από τα δύο μέρη της σχέσης, σημαντικά. Έτσι, το να ανήκει ένα αντικείμενο σε κοινότητα ίδιου ενδιαφέροντος, σίγουρα συγκαταλέγεται στα θετικά που μπορεί να προσφέρει η σχέση αυτή. Το αντίθετο, όμως, δεν προσδίδει κάποιο αρνητικό στοιχείο στην πιθανή σύναψη σχέσης. Δεν μπορούμε, δηλαδή, να θεωρήσουμε ότι θα δεν παρασχεθεί σωστή υπηρεσία, αν διαφέρει η ομάδα ενδιαφερόντων στην οποία συμμετέχει ένας κόμβος. Ο παράγοντας αυτός, επομένως, έχει θετική επιρροή στη δημιουργία φιλίας, η έλλειψή του, όμως, αποτελεί ουδέτερο στοιχείο.

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα – Επίλογος

Μέσα από την παραπάνω εργασία, είχαμε την δυνατότητα να κάνουμε μία επισκόπηση στους πιθανούς τρόπους, μέσα από τους οποίους μπορεί να δημιουργηθεί ένας δεσμός ανάμεσα σε έξυπνα αντικείμενα.

Αφού μελετήσαμε τις βασικές ιδιότητες των έξυπνων αντικειμένων, προχωρήσαμε στην καταγραφή των ήδη υπαρχόντων μοντέλων σύμφωνα με τα οποία δημιουργείται μια φιλία στον κόσμο του *IoT*. Ιδιαίτερη σημασία δόθηκε στο *Social Internet of Things*, όπου έξυπνες συσκευές δημιουργούν φιλίες, αξιοποιώντας αρχές και λειτουργίες που διέπουν και τα κοινωνικά δίκτυα των ανθρώπων. Με αυτό τον επαναστατικό τρόπο, και με την χρήση της μεθόδου της αποκεντρωμένης αναζήτησης, λαμβάνονται πολύ πιο γρήγορα και πολύ πιο αξιόπιστα αποτελέσματα, ώστε τελικά ο άνθρωπος να οδηγηθεί στην επίτευξη του στόχου που έχει θέσει.

Έπειτα, οι σχέσεις που δημιουργούνται ανάμεσα σε αντικείμενα μέσα στο οικιακό περιβάλλον, βελτιώνουν την ζωή του χρήστη μέσα σε αυτό και αυξάνουν την άνεσή του, εφόσον διαμορφώνονται σωστά. Οι σχέσεις αυτού του τύπου, βοηθούν σε τεράστιο βαθμό στο να εντοπιστεί ένα πρόβλημα όταν αυτό συμβαίνει, πράγμα που θα ήταν πολύ δυσκολότερο με οποιοδήποτε άλλο τύπο σχέσης.

Επιπρόσθετα, προτάθηκε η χρήση της θεωρίας της κοινωνικής ανταλλαγής και πως μπορεί αυτή να συμβάλει στην βελτιστοποίηση του παραγόμενου αποτελέσματος, μέσα από την, όσο τον δυνατόν καλύτερη, προσαρμογή της επιλογής των σχέσεων σε ένα δίκτυο *IoT*. Με την χρήση της θεωρίας αυτής μπορούν να καλύπτονται τα κριτήρια που έχει θέσει ο χρήστης σε μεγαλύτερο βαθμό, καταλήγοντας σε αποτελέσματα που του ταιριάζουν περισσότερο. Η σύγκριση των εναλλακτικών επιλογών ο υπολογισμός της μεγαλύτερης αξίας μιας σχέσης, με

βάση μια ανάλυση κόστους κέρδους, μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα κατά πολύ βελτιωμένα σε σχέση με άλλες πρακτικές.

Τέλος, έγινε μελέτη των μοντέλων της διαχείρισης αξιοπιστίας, σε ένα δίκτυο *IoT*. Έγινε καταγραφή στον τρόπο που τα μοντέλα αυτά ανταποκρίνονται ανά μοντέλο δημιουργίας σχέσης. Προτάθηκε και η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής, ώστε να λαμβάνονται τα αποτελέσματα της αξιολόγησης αυτής σαν είσοδος, ώστε να προχωράει ή να αποφεύγεται η δημιουργία μιας φιλίας, αλλά και ως ανατροφοδότηση, ώστε να επιβραβεύεται ή να ζημιώνεται μία συσκευή ανάλογα με την υπηρεσία που παρείχε.

Είναι πολύ σημαντικό, να αναφέρουμε με βάση όλα τα παραπάνω, το πώς η νέα τεχνολογία μπορεί να αξιοποιηθεί, ώστε να πραγματοποιηθούν άλματα στην καθημερινή ζωή του ανθρώπου. Οι ήδη υπάρχουσες θεωρίες, σίγουρα έχουν λύσει μεγάλο μέρος του προβλήματος, ωστόσο, η αξιοποίηση νέων μπορεί να δώσει νέα ώθηση στην τεχνολογία του *IoT* και να οδηγήσει στην καλύτερη διαχείριση ενός εκθετικά αυξανόμενου αριθμού από έξυπνες συσκευές. Η θεωρία της κοινωνικής ανταλλαγής είναι μια από τις θεωρίες που μπορούν να αξιοποιηθούν στην κατεύθυνση αυτή και να οδηγήσει, αν όχι σε επίλυση, ίσως σε καλύτερη διαχείριση ορισμένων δυσλειτουργιών των συστημάτων *IoT*.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Καραστέργιος Βασίλειος. «Μελέτη του σύγχρονου περιβάλλοντος τεχνολογιών ΙΟΤ και ανάπτυξη εφαρμογής έξυπνου γραφείου». Οικονομικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Φεβρουάριος 2016
- [2] Ασφή Περσεφόνη. «Το Διαδίκτυο των πραγμάτων και οι εφαρμογές του». Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα. Ιούνιος 2016
- [3] Luigi Atzori, Antonio Iera and Giacomo Morabito. “From “Smart Objects” to “Social Objects”: The Next Evolutionary Step of the Internet of Things”. IEEE Communication Magazine. January 2014
- [4] Michele Nitti, Luigi Atzori, and Irena Pletikosa Cvijikj. “Friendship Selection in the Social Internet of Things: Challenges and Possible Strategies”. IEEE INTERNET OF THINGS JOURNAL, Vol. 2, No. 3, June 2015
- [5] Younggi Kim and Younghee Lee. “Automatic Generation of Social Relationships between Internet of Things in Smart Home using SDN-based Home Cloud”. 29th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. 2015
- [6] Michele Nitti, Roberto Girau, Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. “A Subjective Model for Trustworthiness Evaluation in the Social Internet of Things”. 23rd Annual IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. 2-12
- [7] Michele Nitti, Roberto Girau, and Luigi Atzori. “Trustworthiness Management in the Social Internet of Things”. IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING, VOL. 26, NO. 5, MAY 2014
- [8] Ing-Ray Chen, Fenyue Bao, and Jia Guo. “Trust-based Service Management for Social Internet of Things Systems”. pp. 1545-5971. IEEE. 2015
- [9] Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. “Making Things Socialize in the Internet – Does it help our lives?”. Kaleidoscope Academic Conference. 2011
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Social_exchange_theory
- [11] Luigi Atzori, Antonio Iera, and Giacomo Morabito. “SioT: Giving a social structure to the Internet of things”. IEEE Communication Letters, Vol. 15, No. 11. November 2011
- [12] Luigi Atzori, Antonio Iera, Giacomo Morabito and Michele Nitti. “The Social Internet of things - When Social Networks Meet Internet of Things: Concept, Architecture and Network Characterization”. Computer Networks, Volume 56, Issue 16, pp 3594-3608. November 2012
- [13] Hamid Zargari Asl , Antonio Iera, Luigi Atzori and Giacomo Morabito. “How Often Social Objects Meet Each Other?”. IEEE. 2013

- [14] AN Jian, GUI Xiaolin, ZHANG Wendong and JIANG JinHua. “Nodes Social Relations Cognition for Mobility-aware in the Internet of Things” . IEEE. 2011
- [15] Hua-Dong Ma, “Internet of Things: Objectives and Scientific Challenges” . Journal of computer science and technology, pp 919-924. November 2011