



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Μηχανισμοί Προώθησης Συνεργασίας σε Συστήματα Ανίχνευσης και
Συλλογής Πληροφοριών με Χρήση Κινητών Συσκευών Χρηστών**

Κοκκαλιάρη Μαρία

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια: Δρ. Μαλαματή Λούτα

Κοζάνη, Φεβρουάριος 2018



UNIVERSITY OF WESTERN MACEDONIA

FACULTY OF ENGINEERING

**DEPARTMENT OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION
ENGINEERING**

DIPLOMA THESIS

**Incentive Mechanisms in Mobile CrowdSensing Systems for Detection and
Collection of Information Using Mobile User Devices**

Kokkaliari Maria

Supervisor: Dr. Malamati Louta

Kozani, February 2018

Πίνακας περιεχομένων

| | |
|--|-----------|
| <i>Κατάλογος Εικόνων</i> | 7 |
| <i>Κατάλογος Πινάκων</i> | 9 |
| <i>Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων</i> | 11 |
| <i>Ευχαριστίες</i> | 13 |
| <i>Περίληψη</i> | 15 |
| <i>Abstract</i> | 17 |
| Κεφάλαιο 1 | 19 |
| 1.1 Εισαγωγή | 19 |
| 1.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο | 22 |
| 1.2.1 Κινητή Ανίχνευση Πλήθους | 22 |
| 1.2.2 Ορισμοί..... | 22 |
| 1.2.3 Σύγκριση Κινητής Ανίχνευσης και Πληθοπορισμού | 24 |
| 1.3 Κατηγορίες Ανίχνευσης Πλήθους | 24 |
| 1.3.1 Ευκαιριακή Ανίχνευση Πλήθους..... | 26 |
| 1.3.2 Συμμετοχική Ανίχνευση Πλήθους..... | 30 |
| 1.4 Διαδεδομένα Συστήματα και Εφαρμογές | 32 |
| 1.5 Σύνοψη | 33 |
| Κεφάλαιο 2 | 35 |
| 2.1 Εισαγωγή | 35 |
| 2.2 Ανάλυση Βασικής Αρχιτεκτονικής της Κινητής Ανίχνευσης Πλήθους | 35 |
| 2.3 Δομή | 41 |
| 2.4 Ανάλυση οντοτήτων | 42 |
| 2.5 Αρχιτεκτονικές | 44 |
| 2.5.1 Game Theoretic Analysis | 45 |
| 2.5.2 CrowdTasker | 46 |
| 2.5.3 4W1H | 47 |
| 2.5.4 Sell Your Experiences | 48 |
| 2.6 Σύνοψη | 51 |
| Κεφάλαιο 3 | 53 |
| 3.1 Εισαγωγή | 53 |
| 3.2 Ανάλυση κινήτρων | 54 |
| 3.2.1 Τύποι Κινήτρων..... | 54 |
| 3.3 Παρουσίαση Μηχανισμών Κινήτρων | 63 |

| | |
|---|------------|
| 3.3.1 INCEPTION | 63 |
| 3.3.2 CENTURION..... | 68 |
| 3.3.3 DARPA Network Challenge | 73 |
| 3.3.4 First Learn Then Earn | 77 |
| 3.3.5 Online Participatory System (STEP-STEM)..... | 80 |
| 3.3.6 Budget Feasible Mechanism (OMZ-OMG)..... | 83 |
| 3.3.7 Collection Behavior Mechanism | 88 |
| 3.3.8 Pay as how well as you do | 93 |
| 3.4 Σύνοψη..... | 99 |
| Κεφάλαιο 4..... | 101 |
| 4.1 Εισαγωγή..... | 101 |
| 4.2 Προσομοίωση Μηχανισμού Κινήτρων και Συγκριτική Ανάλυση | 102 |
| 4.2.1 Ανάλυση του μηχανισμού προσομοίωσης | 102 |
| 4.2.2 Σύγκριση με υπάρχοντες μηχανισμούς | 103 |
| 4.3 Το Μοντέλο..... | 104 |
| 4.3.1 Ανάλυση Οντοτήτων | 105 |
| 4.3.2 Τύποι χρησιμότητας της εργασίας και της πολιτικής κινήτρων | 107 |
| 4.3.3 Προδιαγραφές της Προσομοίωσης | 109 |
| 4.3.4 Μοντέλο Προσομοίωσης..... | 109 |
| 4.3.5 Αποτελέσματα Προσομοίωσης..... | 112 |
| 4.5 Προτάσεις Βελτιστοποίησης | 114 |
| 4.5 Σύνοψη..... | 115 |
| Βιβλιογραφία..... | 117 |
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ | 123 |

Κατάλογος Εικόνων

| | |
|---|-----|
| ΕΙΚΟΝΑ 1: ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΝΙΧΝΕΥΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ [26] | 26 |
| ΕΙΚΟΝΑ 2: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΔΙΑΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΤΟΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΣΜΕΝΟ ΔΙΑΚΟΜΙΣΤΗ ΜΕΣΩ ΤΩΝ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ [10] | 36 |
| ΕΙΚΟΝΑ 3Α: Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MEDUSA [12], ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΕΝΟΣ VIDEO | 40 |
| ΕΙΚΟΝΑ 3Β: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ VIDEO [12] | 41 |
| ΕΙΚΟΝΑ 4: ΣΥΣΤΗΜΑ PUBLISH/SUBSCRIBE [15] | 43 |
| ΕΙΚΟΝΑ 5: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΧΜΡΡ PUBLISH/SUB [15] | 44 |
| ΕΙΚΟΝΑ 6: ΟΙ ΕΞΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΙΝΗΤΡΩΝ [32]..... | 55 |
| ΕΙΚΟΝΑ 7: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΜΟΝΟ ΤΩΝ ΝΙΚΗΤΩΝ (WINNER-PAY) ΚΑΙ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΛΗΡΩΜΗΣ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ (ALL-PAY) [32] | 57 |
| ΕΙΚΟΝΑ 8: ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ INCERTION [4], (ΟΠΟΥ Η ΑΠΑΡΙΘΜΗΣΗ ΣΤΑ ΒΕΛΗ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ ΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΤΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ) | 65 |
| ΕΙΚΟΝΑ 9: ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΩΝ ΠΡΟΣΦΟΡΩΝ ΜΕ ΤΙΣ ΠΛΗΡΩΜΕΣ ΤΩΝ ΧΡΗΣΤΩΝ | 66 |
| ΕΙΚΟΝΑ 10: ΤΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΟΥ CENTURION [3], (ΟΠΟΥ Η ΑΠΑΡΙΘΜΗΣΗ ΣΤΑ ΒΕΛΗ ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΕΙ ΣΤΗ ΣΕΙΡΑ ΤΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ ΠΟΥ ΕΚΤΕΛΟΥΝΤΑΙ) | 70 |
| ΕΙΚΟΝΑ 11: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ STEM [7] | 82 |
| ΕΙΚΟΝΑ 12: ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΕΝΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ MCS [33]..... | 86 |
| ΕΙΚΟΝΑ 13: ΤΟ ΓΕΝΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΗΣ ΑΝΙΧΝΕΥΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ [35]..... | 94 |
| ΕΙΚΟΝΑ 14: ΣΥΣΤΗΜΑ MCS ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ..... | 102 |
| ΕΙΚΟΝΑ 15: ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ | 106 |
| ΕΙΚΟΝΑ 16: ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ | 111 |
| ΕΙΚΟΝΑ 17Α: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΓΙΑ TASK SEGMENTS ΣΕ ΚΑΘΕ ΚΥΚΛΟ | 113 |
| ΕΙΚΟΝΑ 17Β: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΓΙΑ ΑΝΕΚΤΕΛΕΣΤΑ TASK SEGMENTS ΑΝΑ ΚΥΚΛΟ | 113 |
| ΕΙΚΟΝΑ 17Γ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ ΤΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΓΙΑ ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟ ΠΡΟΫΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΑΝΑ ΚΥΚΛΟ ... | 114 |

Κατάλογος Πινάκων

| | |
|--|----|
| ΠΙΝΑΚΑΣ I : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ | 73 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ II : ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΥΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ | 77 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ III : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ | 92 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ IV : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ Α' | 97 |
| ΠΙΝΑΚΑΣ V : ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΜΗΧΑΝΙΣΜΩΝ Β' | 98 |

Δήλωση Πνευματικών Δικαιωμάτων

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν. 1599/1986 και τα άρθρα 2,4,6 παρ. 3 του Ν. 1256/1982, η παρούσα Διπλωματική Εργασία με τίτλο «Μηχανισμοί Προώθησης Συνεργασίας σε Συστήματα Ανίχνευσης και Συλλογής Πληροφοριών με Χρήση Κινητών Συσκευών Χρηστών», καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας και αναφέρονται ρητώς μέσα στο κείμενο που συνοδεύουν, και η οποία έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, υπό την επίβλεψη του μέλους του Τμήματος κ. Λούτα Μαλαματής, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής εργασίας και δεν προσβάλλει κάθε μορφής πνευματικά δικαιώματα τρίτων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή / και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και μόνο.

Ευχαριστίες

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια, κυρία Λούτα Μαλαματή για την καθοδήγηση και την βοήθεια που μου έδωσε για την επιτυχή ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, αλλά και γενικότερα σε όλα τα έτη των σπουδών μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την υποστήριξη και την συμπαράσταση όλα αυτά τα χρόνια, γιατί χωρίς την βοήθειά τους δεν θα είχα καταφέρει να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ξεχωριστά την Μπαντή Κωνσταντίνα για την συμβολή της στην ολοκλήρωση του κώδικα στον οποίο στηρίχθηκε η διπλωματική εργασία.

Περίληψη

Ο όρος CrowdSensing ή κινητό CrowdSensing χαρακτηρίζει τις νέες δυνατότητες του σύγχρονου ανθρώπου στην κοινωνία, όπου τα δεδομένα μπορούν να διαμοιραστούν και να χρησιμοποιηθούν ελεύθερα, σε οποιοδήποτε χρόνο και χώρο. Μπορεί οι διάφοροι χρήστες να μην είναι εξοικειωμένοι με το άκουσμα αυτών των λέξεων, όμως τα κινητά τηλέφωνα και οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν καθημερινά είναι απολύτως οικεία και απαραίτητα και χαρακτηρίζουν τον τρόπο ζωής τους.

Το βασικότερο κίνητρο που έχουν οι χρήστες των εφαρμογών είναι η ευκολότερη πρόσβαση στην πληροφορία και η σύνδεσή τους με κοντινούς χρήστες, ώστε να παραμένουν πάντα ενημερωμένοι. Εφαρμογές μέσω των κινητών τους τηλεφώνων μπορούν να τους συνδέουν ανά πάσα στιγμή με όλα τα κοινωνικά δίκτυα αλλά και με διαχείριση προσωπικών δεδομένων και υπηρεσιών.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζονται όλοι οι μηχανισμοί κινητοποίησης των χρηστών με χρήση αισθητήρων ανίχνευσης, καθώς και η βαρύτητα των μεθόδων προσέλκυσης των χρηστών για να συμμετέχουν στη διαδικασία συλλογής και ανταλλαγής δεδομένων. Μέσα από την ανάλυση επιστημονικών άρθρων της διεθνούς βιβλιογραφίας, γίνεται μία καταγραφή μεθόδων και μηχανισμών κινήτρων, όπου προκύπτουν κάποια πολύ σημαντικά συμπεράσματα.

Εν κατακλείδι είναι σημαντικό να προσθέσουμε, ότι όποια και να είναι η παρούσα εξελικτική πορεία του CrowdSensing, οι ταχύτεροι ρυθμοί ανάπτυξης της τεχνολογίας γενικότερα, των ασύρματων δικτύων αλλά και του IoT ειδικότερα, μπορούν να συμβάλουν στην εκρηκτικά γρήγορη εξέλιξη των μηχανισμών του CrowdSensing.

Λέξεις κλειδιά: CrowdSensing, μηχανισμοί προώθησης κινήτρων, έξυπνα τηλέφωνα, εφαρμογές, κινητό CrowdSensing

Abstract

The term of CrowdSensing or Mobile CrowdSensing captures the new features of modern humans in society where data can be shared and used freely in any time and space. Different users may not be accustomed to listening to these words, but cell phones and applications they use every day, are absolutely familiar, indispensable and feature their lifestyle.

The main motivation for application users is to make it easier to access and connect with nearby users so they always stay informed. Applications via their mobile phones can connect them at any time with all social networks as well as with personal data and service management.

This thesis explores all mechanisms of mobilizing users using sensing sensors, as well as the importance of methods of attracting users to participate in the process of collecting and exchanging data. Through the analysis of scientific articles in the international literature, there is a recording of incentive methods and mechanisms, where some very important conclusions emerge.

In conclusion, it is important to add that whatever the current evolution of CrowdSensing, the rapid pace of development of technology in general, but also of wireless networks and IoT in particular, can contribute to the explosive rapid development of CrowdSensing mechanisms.

Key Words: CrowdSensing, incentive mechanisms, smartphones, applications, mobile CrowdSensing

Κεφάλαιο 1

1.1 Εισαγωγή

Τον τελευταίο καιρό πληθαίνουν ολοένα και περισσότερο οι συζητήσεις και τα επιτεύγματα γύρω από τις τεχνολογίες της ανίχνευσης και του διαμοιρασμού δεδομένων του πλήθους γνωστό και ως «CrowdSensing» ή ανίχνευση πλήθους. Η επέκταση της παγκόσμιας διασύνδεσης δεδομένων και πληροφοριών τα τελευταία είκοσι χρόνια έχει εξελιχθεί από το στάδιο του περιεχομένου που δημιουργείται από τους χρήστες (User-Generated Contents - UGC) σε τεχνολογίες όπως της υπολογιστικής εικονικά αποθηκευμένων δεδομένων «Cloud Computing» ή του διαδικτύου των πραγμάτων «Internet of Things» (IoT). Υπάρχουν πολλοί όροι που περιγράφουν τον νέο τρόπο συλλογής δεδομένων από τους χρήστες. Ο τρόπος συλλογής περιεχομένου που δημιουργείται από τους χρήστες χρησιμοποιήθηκε αρχικά από εταιρίες κινητής τηλεφωνίας, οι οποίες αντί να ψάχνουν τρόπους για το πού και πώς να προμηθεύονται μεγάλο όγκο δεδομένων, χρησιμοποίησαν απλά τους χρήστες κινητής τηλεφωνίας προκειμένου να δημιουργήσουν το δικό τους περιεχόμενο, το οποίο θα μπορούσε να διαμοιράζεται μεταξύ τους. Με αυτό τον τρόπο οι ίδιοι οι χρήστες γνωρίζουν, τι τους ενδιαφέρει και τι θέλουν να μοιραστούν, αλλά και πώς να μάθουν. Αυτή η τάση διαφαίνεται πλέον με τις τρέχουσες πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης, όπως το Facebook, Twitter, Google+, Instagram, Flickr, Youtube, Twitch όπως και πολλές ακόμη.

Ομοίως, στον κόσμο των επιχειρήσεων, ιστοσελίδες, όπως για παράδειγμα η goFundme, η RocketHub, το Kickstarter, είναι δημοφιλείς στο δίκτυο της χρηματοδότησης του πλήθους «Crowd Funding» και χαρακτηρίζονται από δύο ομάδες ανθρώπων, τη μία που σκοπεύει να βρει χρήματα για να χρηματοδοτήσει νέες ιδέες και μια άλλη ομάδα πρόθυμη να επενδύσει και να υποστηρίξει το έργο, αλλά σε αντάλλαγμα θα είναι η πρώτη που θα καθορίσει το κέρδος της από τον προϊόν (συνήθως σε τιμή χαμηλότερη από την κανονική

τιμή λιανικής πώλησης, όταν θα διατεθεί στην αγορά). Ταυτόχρονα, ο όρος «CrowdSensing» γίνεται όλο και πιο δημοφιλής με την εμφάνιση του «Internet of Things» (IoT) ή αλλιώς διαδίκτυο των πραγμάτων. Ο όρος αυτός αναφέρεται στην ανταλλαγή δεδομένων που συλλέγονται από την ανίχνευση συσκευών με σκοπό να μελετήσει φαινόμενα κοινού ενδιαφέροντος και εν τέλει την αλληλεπίδραση με το περιβάλλον των χρηστών. Ενδεικτικές συσκευές ανίχνευσης μπορούν να θεωρηθούν τα smartphones, οι αισθητήρες ενσωματωμένων συστημάτων, οι συσκευές αναπαραγωγής μουσικής, όπως επίσης και οι συσκευές αισθητήρων εντός των οχημάτων. Στις μέρες μας, η πιο διαδεδομένη συσκευή CrowdSensing είναι το smartphone. Το CrowdSensing έχει γίνει επίσης ένα νέο επιχειρηματικό μοντέλο, το οποίο επιτρέπει σε αυτό το μεγάλο αριθμό των κινητών τηλεφώνων να χρησιμοποιηθεί, όχι μόνο για την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των χρηστών τους, αλλά και για τις δραστηριότητες που μπορεί να έχει μια τεράστια μερίδα του κοινωνικού συνόλου.

Οι CrowdSensing εφαρμογές είναι ιδιαίτερα ελκυστικές για τους οργανισμούς, επειδή μπορούν να παρέχουν πολύτιμα δεδομένα, χωρίς την ανάγκη να προβούν σε σημαντικές επενδύσεις. Στην πραγματικότητα, οι εφαρμογές αυτές δημιουργούν νέες προοπτικές για οικονομικά αποτελεσματικούς τρόπους, οι οποίοι διασφαλίζουν στις τοπικές κοινωνίες και τις πόλεις ένα βιώσιμο και ασφαλή μέλλον. Έχοντας τη δυνατότητα να αποκτήσουν γνώσεις μέσω των αισθητήρων των κινητών συσκευών, όπως για παράδειγμα την τοποθεσία, το προσωπικό και κοινωνικό πλαίσιο, το επίπεδο θορύβου, τις συνθήκες κυκλοφοριακής συμφόρησης και την ηχορύπανση, ανοίγονται πολλές ευκαιρίες διαμοίρασης αυτής της γνώσης μέσα στην κοινωνική και επαγγελματική σφαίρα, την υγεία, την πολεοδομία και τους παρόχους κοινής ωφελείας και υπηρεσιών.

Συνοψίζοντας, παρόλη την σημαντικότητα του επιτεύγματος είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι για την αποτελεσματικότερη εφαρμογή των τεχνολογιών αυτών απαιτείται μια μεγάλη κοινότητα συμμετεχόντων και δεδομένων, όπου θα συνυπολογίζονται κριτήρια όπως οι ποιότητα και η ποσότητα σε συνδυασμό με μηχανισμούς παροχής κινήτρων, μοντέλων διαλογής και ανάλυσης δεδομένων, των περιορισμών ενέργειας, της αξιοπιστίας των δεδομένων και της ασφάλεια της ιδιωτικής ζωής και των προσωπικών δεδομένων των χρηστών. Για να εξασφαλιστεί μία ισορροπία μεταξύ των προσφερόμενων δεμένων από τους χρήστες ανταποδοτικά με τις υπηρεσίες που θα παρέχει ο πάροχος θα πρέπει να υπάρχουν

κάποια κριτήρια αξιοπιστίας, λογικής απόδοσης και ασφάλειας μεταξύ των δύο αυτών πλευρών.

1.1.2 Αντικείμενο της διπλωματικής εργασίας

Μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας διερευνώνται κυρίως θέματα που αφορούν τις πολιτικές προσέλευσης των χρηστών σε συστήματα CrowdSensing, δηλαδή συστήματα ανίχνευση πλήθους και στην συνέχεια εξετάζονται και θέματα του mobile CrowdSensing δηλαδή κινητής ανίχνευσης πλήθους. Υπάρχουν διαφορετικά είδη πολιτικών κινητοποίησης των χρηστών, οι οποίες εφαρμόζονται κάθε φορά σύμφωνα με τις διαφορετικές παραμέτρους που λαμβάνονται υπόψη, από την πλευρά του server, αλλά και από την πλευρά του χρήστη. Αυτές οι παράμετροι μπορεί να είναι το κόστος εκτέλεσης των εργασιών, οι πόροι που διαθέτονται ως υπολογιστική και αποθηκευτική ενέργεια, το διαθέσιμο εύρος ζώνης, το κέρδος αλλά και η ποιότητα των αποτελεσμάτων. Όλες αυτές οι παράμετροι συνθέτουν τη σχεδίαση μιας πολιτικής κινήτρων. Επιπλέον οι πολιτικές κινήτρων αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στην συνεισφορά δεδομένων προς το σύστημα. Χωρίς την κινητοποίηση των χρηστών δεν παράγονται δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι ο server, προσφέρει κάθε φορά ένα κίνητρο στον χρήστη, προκειμένου να κερδίσει τα δεδομένα που ζητά.

Συμπερασματικά, οι πολιτικές κινήτρων δεν αποτελούν προέκταση μόνο ενός οικονομικού και μαθηματικού μοντέλου, αλλά ο πυρήνας όσον αφορά κυρίως κοινωνικούς παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της διαδικασίας σε κάθε στάδιό της. Συνεπώς, το πιο ενδιαφέρον κομμάτι αυτής της έρευνας είναι η σχεδίαση μηχανισμών προσέλευσης των χρηστών, ώστε να επιτυγχάνεται ισορροπία, τόσο για τα δεδομένα που ζητά ο server, όσο και για την ανταμοιβή του χρήστη για το έργο που επιτελεί.

1.2 Θεωρητικό Υπόβαθρο

1.2.1 Κινητή Ανίχνευση Πλήθους

Στα σύγχρονα υπολογιστικά συστήματα, είναι απαραίτητη η χρήση αισθητήρων ανίχνευσης δεδομένων μέσω διαφόρων συσκευών. Η σταδιακά αυξανόμενη εξέλιξη των ασύρματων δικτύων, συνεισφέρει σημαντικά στην ανάπτυξη τεχνολογιών της διαδικτυακής διασύνδεσης των πραγμάτων (IoT).

Σύμφωνα με έρευνα του οργανισμού Statista, η πώληση κινητών τηλεφώνων και συγκεκριμένα έξυπνων κινητών συσκευών (smartphones) μέχρι το 2020 θα φτάσει, τα 2.9 δισεκατομμύρια, την στιγμή που το 2016 κυκλοφορούν 2.1 δισεκατομμύρια συσκευές. Αυτό σημαίνει ότι σχεδόν το 1/6 του πληθυσμού παγκοσμίως διαθέτει smartphones.

Η κινητή ανίχνευση πλήθους (MCS) αποτελεί ήδη ένα διαδεδομένο σύστημα διαμοιρασμού δεμένων μεταξύ των χρηστών και εφαρμόζεται χωρικά παγκοσμίως. Η εξέλιξη του MCS έχει βελτιώσει την καθημερινότητα των πολιτών, κυρίως των μεγάλων αστικών κέντρων, καθώς οι σύγχρονες παροχές του διευκολύνουν σε σημαντικό βαθμό την ποιότητα ζωής των χρηστών.

1.2.2 Ορισμοί

Στο σημείο αυτό κρίνεται απαραίτητη η παρουσίαση κάποιων ορισμών για την καλύτερη κατανόηση του θέματος από τον αναγνώστη.

Ορισμός 1. Mobile CrowdSensing: Κινητή Ανίχνευση Πλήθους ή Mobile CrowdSensing (MCS) ορίζεται η διαδικασία ανίχνευσης δεδομένων ενός πληθυσμού ατόμων που φέρουν συσκευές, με ενσωματωμένους αισθητήρες ανίχνευσης, με σκοπό την επεξεργασία αυτών των δεδομένων και την αξιοποίησή τους από τους υπόλοιπους χρήστες [8].

Ορισμός 2. Mobile CrowdSensing: Ως MCS [18] ορίζεται ένα καταναμημένο σύστημα που αποτελείται από τα παρακάτω:

- το πλήθος (Crowd), δηλαδή ένα σύνολο συσκευών εντός μιας περιοχής ενδιαφέροντος, οι οποίες είναι εξοπλισμένες με ενσωματωμένους αισθητήρες και μεταφέρονται από ανθρώπους (ή αλλιώς χρήστες),
- ο διακομιστής (Server), δηλαδή ένα σύνολο ενδιαφερόμενων μελών που επιδιώκει να αξιοποιήσει επαυξημένη υπολογιστική δύναμη, μέσα επικοινωνίας και αισθητηριακές ικανότητες του πλήθους, προκειμένου να εκτελέσει μια task, και
- ένα σύνολο λειτουργιών που διέπουν τις αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στο πλήθος και στον Server (δηλαδή τους μηχανισμούς παροχής κινήτρων και την διαδικασία συμμετοχής σε κοινές δραστηριότητες).

Ορισμός 3. Mobile CrowdSensing: Η δυνατότητα απόκτησης γνώσεων μέσω κινητών συσκευών [9] με ενισχυμένους αισθητήρες, που αφορούν για παράδειγμα την τοποθεσία, το ιδιωτικό και δημόσιο περιεχόμενο, το επίπεδο θορύβου, τις κυκλοφοριακές συνθήκες, και μελλοντικά πιο εξειδικευμένες πληροφορίες, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση [10] και η δυνατότητα να μοιραστεί αυτή η γνώση μέσα στην κοινωνική σφαίρα, με παρόχους υγειονομικής περίθαλψης και παρόχους υπηρεσιών κοινής ωφελείας [11].

Ορισμός 4. Mobile CrowdSensing: Ένα νέο αισθητηριακό παράδειγμα που εξουσιοδοτεί τους απλούς πολίτες να συμβάλλουν στα δεδομένα που ανιχνεύονται ή δημιουργούνται από τις κινητές συσκευές, τα συγκεντρωτικά στοιχεία τους και να συγχωνεύουν τα δεδομένα αυτά μέσω ενός συστήματος νέφους (cloud system) για την εξαγωγή πληροφοριών και την παροχή ανθρωποκεντρικών υπηρεσιών.

Ορισμός 5. Κίνητρα «Incentives» του Mobile CrowdSensing: Κάθε μέσο που χρησιμοποιείται από τον server για να προσελκύσει τους χρήστες, ώστε να δώσουν δεδομένα των κινητών τους συσκευών. Τα μέσα που μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως κίνητρα για το χρήστη μπορεί να είναι για παράδειγμα κάποιο χρηματικό έπαθλο (monetary reward), ή

περισσότερο διαθέσιμο εύρος ζώνης (bandwidth), ή εικονικές μονάδες επιβράβευσης (virtual reward).

1.2.3 Σύγκριση Κινητής Ανίχνευσης και Πληθοπορισμού

Με τον όρο Ανίχνευση Πλήθους (CrowdSensing) εννοούμε κάθε διαδικασία κατά την οποία ο χρήστης συνεισφέρει δεδομένα που συλλέγονται μόνο από τους αισθητήρες της κινητής του συσκευής. Εντελώς διαφορετικά στην περίπτωση του Πληθοπορισμού (CrowdSourcing) ο χρήστης για να εκτελέσει μία διαδικασία χρειάζεται να χρησιμοποιήσει τη νοημοσύνη του.

Το CrowdSensing [12], είναι μια μορφή των δικτυακά ενωμένων ασύρματων αισθητήρων, διαφορετική από την έρευνα σχετικά με δικτυωμένη ανίχνευση για δύο λόγους, αφενός ότι κάθε έξυπνη συσκευή (smartphone) ανήκει σε ένα άτομο, αφετέρου σε μερικές ανιχνευτικές δράσεις της συσκευής μπορεί να απαιτείται ανθρώπινη παρέμβαση (για παράδειγμα εστιάζοντας μια φωτογραφική μηχανή σε ένα συγκεκριμένο στόχο, ή μια έναρξη καταγραφής ήχου την κατάλληλη στιγμή). Η Ανίχνευση Πλήθους είναι διαφορετική από τον Πληθοπορισμό για έναν κύριο λόγο, ότι ένα σύστημα Πληθοπορισμού, όπως το Amazon Mechanical Turk (AMT) επιτρέπει στους αιτούντες δεδομένα (requestors) να αναθέσουν εργασίες (Tasks) σε συμμετέχοντες (participants), με χρήση της ανθρώπινης νοημοσύνης, όπως η αναγνώριση μιας εικόνας ή η μετάφραση ενός κειμένου. Αντίθετα, ένα σύστημα Ανίχνευσης Πλήθους επιτρέπει στους requestors να αναθέσουν σε συμμετέχοντες χρήστες την απόκτηση δεδομένων με σκοπό την επεξεργασία τους μόνο μέσω των αισθητήρων ανίχνευσης των smartphones που διαθέτουν.

1.3 Κατηγορίες Ανίχνευσης Πλήθους

Σε προγενέστερα, αλλά και νέα επιστημονικά άρθρα της διεθνούς βιβλιογραφίας, όταν οι ερευνητές αναφέρονται σε κατηγορίες CrowdSensing, συνήθως διαχωρίζουν σε δύο

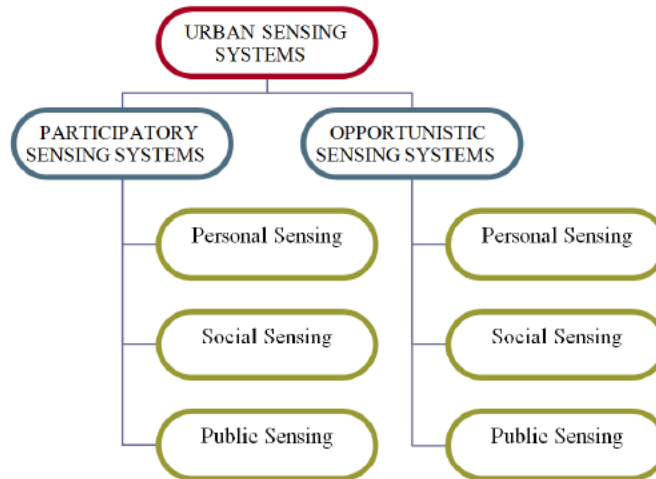
βασικές κατηγορίες, την Ευκαιριακή (Opportunistic CrowdSensing) και την Συμμετοχική Ανίχνευση Πλήθους (Participatory CrowdSensing).

Σύμφωνα με τα άρθρα [13] και [14], η Ευκαιριακή Ανίχνευση Πλήθους βασίζεται στην αυτόνομη λειτουργία και η ανάμιξη που απαιτείται από τον χρήστη είναι ελάχιστη. Για παράδειγμα, η ενημέρωση της θέσης ενός χρήστη γίνεται χωρίς ο ίδιος να δηλώνει τις πληροφορίες της θέσης του κάθε στιγμή. Αντίθετα, στην Συμμετοχική Ανίχνευση Πλήθους, απαιτείται η συνεχής και ενεργή ανάμιξη του χρήστη στη συνεισφορά αισθητηριακών δεδομένων. Για παράδειγμα, η ενημέρωση τοποθεσίας μέσω μιας φωτογραφίας, ενημέρωση μέσω μιας δημοσίευσης (στιγμιαίο κοινοποιημένο μήνυμα) για μία είδηση.

Για να ανταλλάξουμε τα δεδομένα αισθητήρων σε ένα πλήθος κινητών συσκευών, πρέπει να αντιμετωπίσουμε τις ακόλουθες προκλήσεις: Το πρώτο ζήτημα είναι η εναλλαγή μεταξύ των καθυστερήσεων παράδοσης μηνυμάτων και της κατανάλωσης ενέργειας των κινητών συσκευών. Στις περιπτώσεις όπου οι άνθρωποι συχνά μετακινούνται, η διάρκεια των επαφών μεταξύ των κόμβων τείνει να είναι σύντομη και συχνά μέσα σε λίγα δεκάδες δευτερόλεπτα, ενώ κάθε κόμβος πρέπει συχνά να πραγματοποιεί ανιχνεύσεις γειτονικών κόμβων με τέτοιο τρόπο, ώστε να μειώσει τις καθυστερήσεις συλλογής δεδομένων και την υπερβολική κατανάλωση ενέργειας. Το δεύτερο ζήτημα είναι η ευρωστία (robustness) έναντι της πυκνότητας των κόμβων. Σε ασύνδετα πρωτόκολλα όπως σε ad-hoc του Wi-Fi, η πιθανότητα λήψης πακέτων συνήθως μειώνεται λόγω συχνής σύγκρουσης των πακέτων, καθώς η πυκνότητα του κόμβου αυξάνεται. Με αυτή την έννοια, πρωτόκολλα προσανατολισμένα στη σύνδεση, όπως το bluetooth, θα ήταν πιο κατάλληλα για την περίπτωση μας.

Από την άλλη πλευρά, συχνά υπάρχει ένας περιορισμός στον αριθμό των συνδέσεων επικοινωνίας που μπορεί να διατηρήσει ένας κόμβος [27]. Όταν ο αριθμός των γειτονικών κόμβων είναι πολύ μεγαλύτερος από τον μέγιστο βαθμό, ο κόμβος πρέπει να εγκαταστήσει και να αποσυνδέσει επανειλημμένα τους συνδέσμους επικοινωνίας στους γείτονες για την έγκαιρη ανταλλαγή δεδομένων αισθητήρων. Συνεπώς, τα γενικά έξοδα για τη σύνδεση δεν θα είναι αμελητέα και συνεπώς μπορεί να υποβαθμίσει την χρήση του εύρους ζώνης και της αποδοτικότητας. Τα περισσότερα υπάρχοντα πρωτόκολλα δρομολόγησης για ευκαιρικά δίκτυα συνήθως λαμβάνουν ιδανική επικοινωνία και δεν αντιμετωπίζουν τέτοιου είδους ζητήματα στα χαμηλότερα επίπεδα του δικτύου.

Η **Εικόνα 1** απεικονίζει την ταξινόμηση των αστικών συστημάτων ανίχνευσης [26]. Τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία ταξινομούνται αυτά τα αστικά συστήματα κινητής τηλεφωνίας είναι δύο, είτε ο χρήστης της αισθητήριας συσκευής (κινητό τηλέφωνο, PDA, κ.λπ.) συμμετέχει σε σημαντικά στάδια απόφασης του αισθητήριου συστήματος ή μπορεί να μην γνωρίζει τις ενεργές εφαρμογές και τις αποφάσεις του ίδιου του συστήματος τις οποίες λαμβάνει με έξυπνο τρόπο χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση.



Εικόνα 1: Κατηγοριοποίηση των ανιχνευτικών συστημάτων [26]

1.3.1 Ευκαιριακή Ανίχνευση Πλήθους

Οι αισθητήρες των έξυπνων κινητών συσκευών παρέχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν καινοτόμες κινητές εφαρμογές ευκαιριακής ανίχνευσης σε πολλούς τομείς, όπως η υγειονομική περίθαλψη, η περιβαλλοντική παρακολούθηση και η καθημερινή μετακίνηση των πληθυσμών [26].

Οι περισσότερες εφαρμογές κινητής ανίχνευσης [26] μπορούν να ταξινομηθούν σε προσωπική και κοινοτική ανίχνευση. Οι εφαρμογές προσωπικής ανίχνευσης εστιάζουν στο άτομο. Αντίθετα, η διαδικασία ανίχνευσης της κοινότητας ονομάζεται επίσης και ευκαιριακό CrowdSensing και εκμεταλλεύεται έναν πληθυσμό ατόμων για τη μέτρηση ενός φαινομένου μεγάλης κλίμακας, που δεν μπορεί να μετρηθεί χρησιμοποιώντας ένα μόνο άτομο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, ο πληθυσμός των ατόμων που συμμετέχουν σε εφαρμογές CrowdSensing έχει κοινό στόχο. Μέχρι σήμερα, οι περισσότερες προσπάθειες για την

ανάπτυξη εφαρμογών CrowdSensing έχουν επικεντρωθεί στην κατασκευή μονολιθικών κινητών εφαρμογών που είναι κατασκευασμένες για συγκεκριμένες απαιτήσεις. Επιπλέον, τα δεδομένα που συλλέγονται από την εφαρμογή είναι συχνά διαθέσιμα μόνο εντός του πληθυσμού. Ωστόσο, για να συνειδητοποιήσουμε το μεγαλύτερο όραμα μιας συνεργατικής εφαρμογής για κινητά τηλέφωνα, θα χρειαζόμασταν μια κοινή πλατφόρμα που θα διευκολύνει την εύκολη ανάπτυξη και εφαρμογών συλλογικής συνειδητοποίησης.

Στην ευκαιριακή ανίχνευση [27], ο χρήστης δεν γνωρίζει τις ενεργές εφαρμογές και δεν εμπλέκεται στην λήψη αποφάσεων, σε αντίθεση με το smartphone το οποίο λαμβάνει αποφάσεις ανάλογα με τα δεδομένα που συλλέγονται και αποθηκεύονται. Η ευκαιριακή ανίχνευση μετατοπίζει το βάρος της υποστήριξης μιας αίτησης από τον «θεματοφύλακα» στο σύστημα ανίχνευσης, καθορίζοντας αυτόματα πότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί η συσκευή για την ικανοποίηση των αιτημάτων υποβολής αιτήσεων. Όταν εξετάζουμε διαφορετικές πτυχές ενός ατόμου και του κοινωνικού του περιβάλλοντος, όπως πού πηγαίνει, τι κάνει, τι βλέπει, τι τρώει και ακούει, ποιες είναι οι προτιμήσεις και οι αντιπάθειές του, τις συνθήκες κ.λπ., αναπτύσσοντας ταυτόχρονα συστήματα αισθητήρων για κινητά τηλέφωνα, τότε ονομάζεται People Centric Urban Sensing. Σε ένα κεντρικό σύστημα ανίχνευσης ατόμων, το επίκεντρο της ανίχνευσης είναι οι άνθρωποι αντί των κτιρίων ή των μηχανών και η απεικόνιση των πληροφοριών που βασίζονται σε αισθητήρες οι οποίοι είναι προς όφελος των συμπολιτών και των κοινών τους φίλων, παρά των επιστημονικών τομέων ή των μηχανικών πρασίνου. Επιπλέον, το People Centric Urban Sensing κατατάσσεται σε τρεις κύριες ομάδες [27].

- Προσωπική Ανίχνευση (Personal Sensing): Αυτός ο τύπος ανίχνευσης επικεντρώνεται στην προσωπική παρακολούθηση. Τα συστήματα ατομικής ανίχνευσης παρακολουθούν ή μοιράζονται προσωπικές πληροφορίες του κατόχου της συσκευής, δηλαδή οι πληροφορίες που ο κάτοχος θεωρεί ευαίσθητες. Τα συστήματα αυτά συλλέγουν πληροφορίες του κατόχου της συσκευής σχετικά με την καθημερινή ζωή και τις φυσικές του δραστηριότητες, την υγεία (π.χ. καρδιακό ρυθμό, αρτηριακή πίεση, επίπεδο ζάκχαρου, κλπ.), προσωπικές και κοινωνικές επαφές, τοποθεσία κ.λπ.
- Κοινωνική Ανίχνευση (Social Sensing): Σε αυτό το είδος της ανίχνευσης οι πληροφορίες μοιράζονται μέσα σε κοινωνικές ομάδες. Τα συστήματα κοινωνικής ανίχνευσης συλλέγουν και μοιράζονται κοινωνικές πληροφορίες κατόχου με τους φίλους, τις κοινωνικές ομάδες και τις κοινότητές τους.

- Δημόσια Ανίχνευση (Public Sensing): Σε αυτό το είδος της ανίχνευσης τα δεδομένα μοιράζονται με όλους για το κοινό καλό. Τα δημόσια συστήματα ανίχνευσης συλλέγουν / μοιράζονται και μοιράζουν δεδομένα όπως, περιβαλλοντικά δεδομένα (θόρυβο, ατμοσφαιρική ρύπανση κλπ.) καθώς και λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με την κυκλοφορία (δωρεάν χώροι στάθμευσης, πληροφορίες για την κυκλοφοριακή συμφόρηση, ανίχνευση οδοστρωμάτων, λακκούβες, κλπ.).

Ένα παράδειγμα προσωπικής ευκαιριακής ανίχνευσης είναι το HealthGear [27], [30] το οποίο είναι ένα φορητό σύστημα παρακολούθησης, οπτικοποίησης και ανάλυσης φυσιολογικών σημάτων του ανθρώπινου σώματος, σε πραγματικό χρόνο. Αποτελείται από ένα σύνολο μη επεμβατικών φυσιολογικών αισθητήρων που συνδέονται ασύρματα μέσω bluetooth με ένα κινητό τηλέφωνο, το οποίο αποθηκεύει, μεταδίδει και αναλύει τα φυσιολογικά δεδομένα και παρουσιάζει τα αποτελέσματα με τρόπο κατανοητό στον χρήστη. Το HealthGear υλοποιείται με τη χρήση οξυμέτρου αίματος για την παρακολούθηση του επιπέδου οξυγόνου του αίματος των χρηστών και του παλμού κατά τον ύπνο. Δύο διαφορετικοί αλγόριθμοι περιγράφονται για την αυτόματη ανίχνευση συμβάντων άπνοιας κατά τον ύπνο και επιπλέον απεικονίζεται η απόδοση του συνολικού συστήματος σε μια μελέτη ύπνου με 20 εθελοντές. Το οξύμετρο του HealthGear παρακολουθεί και αναλύει συνεχώς το επίπεδο οξυγόνου του αίματος (SpO₂), τον καρδιακό ρυθμό και τα πληθυσμογραφικά σήματα με ανεπαίσθητο τρόπο.

Το σύστημα ευκαιριακής ανίχνευσης τοποθεσίας (OLS) [27], [31] είναι ένα παράδειγμα κοινωνικής ανίχνευσης που βασίζεται στην τεχνολογία των έξυπνων κινητών τηλεφώνων και η οποία επιτρέπει υπηρεσίες εντοπισμού που λειτουργούν άψογα σε όλο το ετερογενές περιβάλλον, συμπεριλαμβανομένων εσωτερικών χώρων, σε αντίθεση με τα συστήματα που βασίζονται στο GPS και είναι διαθέσιμα μόνο σε εξωτερικούς χώρους, κάτω από ανεμπόδιστες συνθήκες. Οι χρήστες είναι πρόθυμοι να εντοπίσουν άτομα κοινών χαρακτηριστικών σε μια πανεπιστημιούπολη ή σε κοντινά κτίρια και να παραμείνουν συνδεδεμένοι μαζί τους. Το OLS είναι ένα κινητό σύστημα εντοπισμού που προσελκύει πληροφορίες σχετικά με τις τοποθεσίες που δίνονται άμεσα στο κινητό τηλέφωνο. Σε αντίθεση με τα περισσότερα από τα ανταγωνιστικά συστήματα εσωτερικού εντοπισμού, το OLS δεν απαιτεί να εγκατασταθεί σταθερή ειδική υποδομή στο περιβάλλον, καθιστώντας την OLS μια πραγματικά πανταχού παρούσα υπηρεσία εντοπισμού.

Ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα δημόσιας ευκαιριακής ανίχνευσης είναι το Nericell [27], [32]. Είναι ένα σύστημα που εκτελεί πλούσια ανίχνευση με τη χρήση «piggybacking» σε έξυπνα τηλέφωνα που οι χρήστες μεταφέρουν μαζί τους κανονικά. Τα βασικότερα στοιχεία ανίχνευσης, τα οποία χρησιμοποιεί είναι τα επιταχυνσιόμετρα, το μικρόφωνο, το ραδιόφωνο GSM και τους αισθητήρες GPS, σε αυτά τα τηλέφωνα, για να ανιχνεύουν πόρτες, χτυπήματα, φρεναρίσματα και ολισθηρότητα. Από την άλλη μεριά, το Nericell αντιμετωπίζει αρκετές προκλήσεις, συμπεριλαμβανομένου του σχεδόν αποπροσανατολισμού του επιταχυνσιόμετρου σε ένα τηλέφωνο που έχει αυθαίρετο προσανατολισμό και πραγματοποιεί στοχευμένη ανίχνευση και εντοπισμό με ενεργειακά αποδοτικό τρόπο. Οι συγγραφείς έχουν χρησιμοποιήσει την ιδέα της ενεργοποιημένης ανίχνευσης, όπου χρησιμοποιούνται ανόμοιοι αισθητήρες για τη διατήρηση ενέργειας. Τα δεδομένα συλλέγονται μέσω μετρήσεων κυψελοειδούς πύργου, μέσω GPS κατά τη διάρκεια αρκετών κινήσεων με χρονικό ορίζοντα τεσσάρων εβδομάδων. Οι μετρήσεις δεδομένων του επιταχυνσιόμετρου με ετικέτα GPS συγκεντρώνονται επίσης χωριστά σε δίσκους για ορισμένες από τις ίδιες διαδρομές κατά τη διάρκεια των έξι ημερών. Οι κυψελωτές μετρήσεις πύργων συγκεντρώνονται επίσης κατά τη διάρκεια μερικών ημερών στην περιοχή του Seattle.

Συμπερασματικά, υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις για κάθε κατηγορία ευκαιριακής ανίχνευσης που βασίζεται σε παράγοντες όπως, οι δυνατότητες της συσκευής, το περιβάλλον του χρήστη και άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη μετάδοση και λήψη των πληροφοριών. Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της ευκαιριακής ανίχνευσης είναι η δυνατότητα του χρήστη να μη συμμετέχει ενεργά στη διαδικασία ανίχνευσης, αλλά να υποστηρίζεται από την κινητή του συσκευή και τους αλγορίθμους του εκάστοτε συστήματος, η εγκυρότητα των δεδομένων, εφόσον συλλέγονται από αισθητήρες και στοιχεία ανίχνευσης που δεν απαιτούν την ανθρώπινη αίσθηση, και τέλος μικρότερο κόστος ανίχνευσης στα περισσότερα συστήματα. Τα μειονεκτήματα της ευκαιριακής ανίχνευσης είναι η πολυπλοκότητα των συστημάτων με σκοπό την ανάλυση των αποτελεσμάτων αλλά και τη συλλογή, η δαπάνη ενεργειακών αποθεμάτων τόσο της συσκευής του χρήστη όσο και των μέσων συλλογής των πληροφοριών αλλά και θέματα ασφαλείας λόγω της συνεχούς μετάδοσης δεδομένων χωρίς τη συνεχή παρατήρηση από το χρήστη.

1.3.2 Συμμετοχική Ανίχνευση Πλήθους

Στην κατηγορία του PCS, ο χρήστης συμμετέχει ενεργά στη συλλογή δεδομένων μέσω της κινητής συσκευής του. Ο δημιουργός ενός requestor αναζητά δεδομένα από τους διάφορους participants του συστήματος Κινητής Ανίχνευσης Πλήθους (MCS) μέσω πλατφόρμας επικοινωνίας, στο περιβάλλον μιας εφαρμογής (application). Στην περίπτωση αυτή, αναθέεται μία task από τον δημιουργό του αιτήματος προς τον συμμετέχοντα χρήστη. Αν ο χρήστης διαθέτει τους πόρους και τα μέσα που απαιτεί η ολοκλήρωση μιας εργασίας, αποστέλλει τα δεδομένα που έχει συλλέξει στον δημιουργό του αιτήματος και εκείνος είναι πλέον υπεύθυνος για την συλλογή, την αξιολόγηση και την επεξεργασία των δεδομένων που έχει λάβει.

Πιο συγκεκριμένα, ο συμμετέχων χρήστης εμπλέκεται άμεσα στην δράση ανίχνευσης, π.χ. πρέπει να φωτογραφίσει συγκεκριμένες τοποθεσίες ή γεγονότα. Αυτή η προσέγγιση περιλαμβάνει την ανθρώπινη διάδραση σε σημαντικά στάδια λήψης αποφάσεων των συστημάτων ανίχνευσης, αποφασίζοντας ενεργά τις αιτήσεις που θα δεχθούν. Μέσω της συμμετοχικής ανίχνευσης, οι άνθρωποι που μεταφέρουν κινητές συσκευές λειτουργούν ως κόμβοι αισθητήρων και σχηματίζουν ένα δίκτυο αισθητήρων με άλλες παρόμοιες συσκευές. Ένας μεγάλος αριθμός κινητών τηλεφώνων, PDA, φορητών υπολογιστών και αυτοκινήτων είναι εξοπλισμένα με αισθητήρες και δέκτες GPS, τα οποία είναι πιθανές υποψήφιες συσκευές, ως συμμετοχικοί κόμβοι αισθητήρων. Η συλλογή και η διάδοση περιβαλλοντικών αισθητηρίων δεδομένων από τους απλούς πολίτες γίνεται δυνατή με τη χρήση συμμετοχικής ανίχνευσης μέσω συσκευών, όπως τα κινητά τηλέφωνα και δεν απαιτεί προεγκατεστημένη υποδομή [27].

Τα βασικά χαρακτηριστικά της συμμετοχικής ανίχνευσης πλήθους επικεντρώνονται σε εργαλεία και μηχανισμούς που βοηθούν τους χρήστες να μοιράζονται, να δημοσιεύουν, να αναζητούν, να ερμηνεύουν και να επαληθεύουν τις πληροφορίες που συλλέγουν με τη χρήση συσκευών, καθώς και κοινωνικές τεχνικές για την ενθάρρυνση της συμμετοχής του κοινού. Τα χαρακτηριστικά της ανίχνευσης επηρεάζουν τις εφαρμογές που μπορούν πρακτικά να υποστηριχθούν. Η συμμετοχική ανίχνευση απαιτεί από τους εμπλεκόμενους κατόχους των συσκευών (π.χ. προτροπή μέσω του GUI της συσκευής τους) να περιορίζονται στην ομάδα των συμμετεχόντων που έχουν πρόθεση να συμμετέχουν. Η υποβάθμιση της ταχύτητας και της υπολογιστικής ικανότητας αποθαρρύνει τους χρήστες να χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα

άλλες εφαρμογές που πιθανόν να υποστηρίζονται. Επιπλέον, σύμφωνα με τη συμμετοχική προσέγγιση, μια εφαρμογή πρέπει να προσελκύσει ένα αρκετά μεγάλο πλήθος παρατηρήσεων. Αυτοί οι παράγοντες περιορίζουν τόσο την κλίμακα της εφαρμογής όσο και την ποικιλία των εφαρμογών που είναι πιθανό να υποστηριχθούν από ένα καθαρά συμμετοχικό δίκτυο που βασίζεται στον χρήστη. Έτσι θεωρείται ότι, οι εφαρμογές είναι οι κατάλληλες για το συμμετοχικό μοντέλο, όταν έχουν μια συλλογή ενδιαφερομένων χρηστών, των οποίων το μέγεθος είναι τουλάχιστον τόσο μεγάλο όσο ο αριθμός των αισθητήρων που απαιτούνται για την εκτέλεση της αίτησης [14].

Μία από τις πιο διαδεδομένες διαδικασίες συμμετοχικής ανίχνευσης είναι οι εκστρατείες (campaigns). Στις συμμετοχικές εκστρατείες ανίχνευσης αναζητούνται άτομα που επιθυμούν να συλλέξουν δεδομένα σχετικά με ένα συγκεκριμένο φαινόμενο. Μια υπηρεσία προσλήψεων λαμβάνει τις προδιαγραφές καμπάνιας ως είσοδο και συνιστά στους συμμετέχοντες να λάβουν μέρος σε συλλογές δεδομένων. Οι προδιαγραφές της καμπάνιας ενδέχεται να περιλαμβάνουν διάφορους παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων των δυνατοτήτων των συσκευών των συμμετεχόντων χρηστών, της δημογραφικής ποικιλομορφίας και του κοινωνικού δικτύου. Ωστόσο, η εργασία αυτή επικεντρώνεται σε ένα συγκεκριμένο σύνολο απαιτήσεων για την πρόσληψη όπου μπορεί να είναι η φήμη των συμμετεχόντων ως συλλέκτες δεδομένων και η διαθεσιμότητα όσον αφορά τη γεωγραφική και χρονική κάλυψη. Στο πλαίσιο του [37] προτείνεται ένα μοντέλο προσλήψεων που επιτρέπει στους διοργανωτές να εντοπίζουν κατάλληλους συμμετέχοντες για συλλογές δεδομένων με βάση τη γεωγραφική και χρονική διαθεσιμότητα καθώς και τις συνήθειες συμμετοχής. Αυτό το σύστημα προσλήψεων αξιολογείται μέσω μιας σειράς πιλοτικών συλλογών δεδομένων όπου οι εθελοντές διερευνούν βιώσιμες διεργασίες σε μία πανεπιστημιούπολη.

Ένας μηχανισμός που παρουσιάζει ενδιαφέρον και εφαρμόζεται σε σύστημα συμμετοχικής ανίχνευσης είναι των μικροπληρωμών ή Micro Payments [25]. Στο σύστημα αυτό, ερευνάται η χρήση των μικροπληρωμών ως μοντέλο κινήτρων. Ορίζεται ένα σύνολο μετρήσεων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα των κινήτρων και να αναφέρουν τα ευρήματα από μια πιλοτική μελέτη που χρησιμοποιεί διάφορα προγράμματα συναλλαγών στις οποίες τα μικρά καθήκοντα συνοδεύονται από μικρές πληρωμές. Θεωρούνται διάφορα μοντέλα μικροπληρωμών που περιλαμβάνουν διαφορετικά καθορισμένα ποσά ανά δείγμα και μια δυναμική πληρωμή στην οποία ο

ανταγωνισμός καθορίζει το ρυθμό πληρωμής ανά δείγμα. Αυτά τα συστήματα μικροπληρωμών συγκρίνονται με την βασική περίπτωση μιας μακροπρόθεσμης πληρωμής για τα δεδομένα συλλογής ως σύνολο. Ορίστηκε ένα σύνολο τυποποιημένων μετρήσεων συμμετοχής και απόδοσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μοντέλων παροχής κινήτρων στις συλλογές δεδομένων και για την υποβολή έκθεσης σχετικά με πορίσματα μιας πιλοτικής μελέτης. Τα αποτελέσματα της μελέτης οδηγούν σε κατευθυντήριες γραμμές σχεδιασμού σχετικά με τον τρόπο δημιουργίας και διοργάνωσης κινήτρων βάσει πληρωμών για έργα συμμετοχικού εντοπισμού.

1.4 Διαδεδομένα Συστήματα και Εφαρμογές

Στις πιο αναπτυγμένες τεχνολογικά πόλεις της Αμερικής, της Ασίας, της Ευρώπης και της Αυστραλίας, ο όρος SmartCities ή αλλιώς έξυπνες πόλεις, είναι διαδεδομένος και αποτελεί καθημερινή επιλογή για δισεκατομμύρια πολίτες. Μεγάλα αστικά κέντρα όπως το Πεκίνο, η Νέα Υόρκη, το Λονδίνο, και το Βερολίνο, απολαμβάνουν υπηρεσίες όπως ο έλεγχος συμφόρησης, η ενημέρωση για τα μέσα μαζικής μεταφοράς, εφαρμογές επαγγελματικής και οικονομικής υποστήριξης, ταξιδιωτικές πληροφορίες, καθώς και άλλες αμέτρητες υπηρεσίες, οι οποίες αυξάνονται κάθε χρόνο ανάλογα με τις απαιτήσεις της κοινωνίας.

Στις σύγχρονες έξυπνες πόλεις υπάρχει η ανάγκη οι πολίτες να ενημερώνονται για τις εξελίξεις στο κοντινό αλλά και μακρινό τους περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο χωρίς να χρειάζεται να ξοδεύουν χρόνο σε διαδικασίες υπολογιστικές και συναλλαγματικές, όπως η διαχείριση ενός τραπεζικού λογαριασμού μέσω ενός καταστήματος μίας τράπεζας. Ακόμη, μία σημαντική εφαρμογή που περιλαμβάνουν τα σύγχρονα συστήματα των έξυπνων πόλεων είναι τα διάφορα Transportation Apps ή εφαρμογές που αφορούν τα Μέσα Μαζικής Μεταφοράς. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν το MOOVIT και το Trafficinfo [15]. Κάθε χρήστης μπορεί να λαμβάνει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για τα δρομολόγια, τις στάσεις και τα διαθέσιμα λεωφορεία. Από την άλλη πλευρά, οι οδηγοί μπορούν να στέλνουν

τις δικές τους ειδοποιήσεις προς τους χρήστες, οι οποίες ενδεικτικά αφορούν δρομολόγια, πληροφορίες για την διακοπή κυκλοφορίας, καθώς και καθυστερήσεις σε αφίξεις.

Σε κάθε δραστηριότητα κατά την οποία ο χρήστης πρέπει διαρκώς είτε να ενημερώνεται, είτε να έχει πρόσβαση σε προσωπικά του δεδομένα, μπορεί να εξυπηρετηθεί πλέον μέσω των εφαρμογών. Ο τομέας της υγείας και της καθημερινής καταγραφής ενός ηλεκτρονικού ιστορικού ασθενούς έχει κάνει μεγάλα άλματα [15]. Για παράδειγμα, μέσω αισθητήρων που μπορεί να υπάρχουν σε μία κινητή συσκευή καταγραφής σφυγμών και πίεσως, ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει το δικό του ιστορικό με προσωπικές μετρήσεις κάθε μέρα, κάθε εβδομάδα ή κάθε μήνα. Μπορεί επίσης να παρακολουθήσει πόσες ώρες άσκησης έχει κάνει μέσα σε ένα χρονικό διάστημα μέσω αισθητήρων κίνησης. Παράλληλα, εφαρμογές του κινητού CrowdSensing αποτελούν επίσης, η διαφήμιση και η προώθηση προϊόντων και υπηρεσιών [16]. Οι διαφημιστές έχουν τη δυνατότητα να στοχεύσουν κάθε φορά σε ένα συγκεκριμένο σύνολο χρηστών και να τους προσελκύσουν με διάφορες ενημερώσεις και προσφορές.

1.5 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό έγινε μία πρώτη εισαγωγή στο θέμα της εργασίας, καθώς και στις βασικές έννοιες του CrowdSensing, ενώ ακόμη παρουσιάστηκαν κάποιοι ορισμοί για την καλύτερη κατανόηση του θέματος που πραγματεύεται η εργασία από τον αναγνώστη. Στην συνέχεια, στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζεται η βασική δομή των αρχιτεκτονικών του MCS, καθώς επίσης και κάποια μοντέλα οντοτήτων, ενώ τέλος δίνονται και μερικά παραδείγματα αυτών των αρχιτεκτονικών. Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύονται και μελετώνται διαφορά συστήματα μηχανισμών προώθησης κινήτρων σε συστήματα CrowdSensing. Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται εκτέλεση προσομοίωσης μέσω προγραμματιστικών εργαλείων σε ήδη υπάρχοντες πολιτικές κινήτρων, που έχουν υλοποιηθεί σε επιστημονικά άρθρα. Επίσης, παρουσιάζεται ο κώδικας της προσομοίωσης, καθώς και τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας αναδεικνύονται τα αποτελέσματα της εργασίας και τα συμπεράσματα, ενώ τέλος, γίνεται μία σύνοψη της εργασίας και προτείνονται διάφορες μελλοντικές επεκτάσεις.

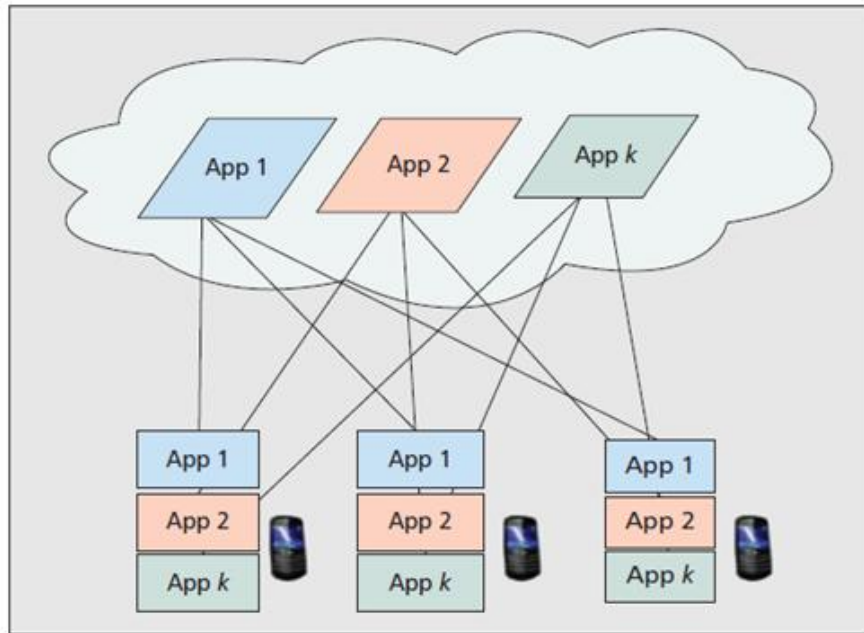
Κεφάλαιο 2

2.1 Εισαγωγή

Σε ένα σύστημα Mobile CrowdSensing οι βασικότερες λειτουργίες είναι η «παραγωγή» δεδομένων και η «κατανάλωση». Οι χρήστες είναι αυτοί που δημιουργούν τα δεδομένα με τους αισθητήρες των κινητών τους τηλεφώνων και οι ίδιοι πάλι χρησιμοποιούν αυτή την πληροφορία. Από την άλλη πλευρά υπάρχει ο Server που διαχειρίζεται όλη τη διαδικασία και χρησιμοποιεί τα δεδομένα των χρηστών. Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μία ενδελεχής ανάλυση της αρχιτεκτονικής των συστημάτων κινητών CrowdSensing, καθώς επίσης και των χαρακτηριστικών της. Ακόμη, παρουσιάζεται η αρχιτεκτονική των συστημάτων MCS ενώ παράλληλα εξετάζονται και κάποια μοντέλα οντοτήτων. Στην τελευταία ενότητα του κεφαλαίου δίνονται κάποια παραδείγματα αρχιτεκτονικών.

2.2 Ανάλυση Βασικής Αρχιτεκτονικής της Κινητής Ανίχνευσης Πλήθους

Μία τυπική εφαρμογή MCS αποτελείται από δύο μέρη. Μία συσκευή (για συλλογή και διάδοση δεδομένων αισθητήρων) και ένα σύστημα backend, όπως ένας διακομιστής (server) ή ένα προσωρινό σύστημα αποθήκευσης δεδομένων σε απευθείας σύνδεση (cloud), για την ανάλυση των δεδομένων αισθητήρων και την καθοδήγηση της εφαρμογής MCS. Αυτή η αρχιτεκτονική απεικονίζεται στην **Εικόνα 2**. Οι τρέχουσες εφαρμογές MCS βασίζονται σε διαφορετικές πρακτικές με αρκετά διαφορετικές παραδοχές, υιοθετώντας διαφορετικές υποκείμενες αρχιτεκτονικές και μοντέλα συστημάτων, με στόχο την παροχή λύσεων σε διάφορα υποπροβλήματα [10].



Εικόνα 2: Απεικόνιση της διασύνδεσης των κινητών συσκευών με τον απομακρυσμένο διακομιστή μέσω των διαφόρων εφαρμογών [10]

Το MCS παρουσιάζει ορισμένα μοναδικά χαρακτηριστικά. Αρχικά, οι χρήστες συμμετέχουν στον βρόχο για τη συλλογή δεδομένων, επεξεργασίας, ανάλυσης και κοινής χρήσης. Όσον αφορά τη συλλογή δεδομένων, το MCS περιλαμβάνει, τόσο σιωπηρή όσο και ρητή συμμετοχή των χρηστών με ευκαιριακή ανίχνευση (όπου δεν απαιτεί από τους χρήστες να δρουν ενεργά στη σειρά για να εκτελεστεί μια συγκεκριμένη εργασία), όπως στη συμμετοχική ανίχνευση (όπου απαιτεί την ενεργό συμμετοχή των χρηστών για να ολοκληρωθεί μια εργασία ανίχνευσης) [10]. Επίσης, οι χρήστες μπορούν να υιοθετήσουν το παράδειγμα ευκαιριακής μετάδοσης, υιοθετώντας μια συμπεριφορά αποθήκευσης-μεταφοράς προώθησης, μεταφέροντας πληροφορίες σε άλλες συσκευές σε περίπτωση που εντοπιστεί νέα μελλοντική ευκαιρία ή μετάδοση με βάση την υποδομή, χρησιμοποιώντας ένα σύστημα επικοινωνίας, (WLAN, WiMAX) με κεντρικό ή κατακεντρωμένο τρόπο. Τα δεδομένα συλλέγονται τόσο από τον φυσικό κόσμο (ανιχνευμένα δεδομένα από κινητές συσκευές), όσο και από τις διαδικτυακές κοινότητες (δεδομένα σχετικά με τις κινητές υπηρεσίες κοινωνικών δικτύων). Τα δεδομένα από διαφορετικές κοινότητες παρουσιάζουν διαφορετικά χαρακτηριστικά, συχνά συμπληρωματικά. Από την άποψη αυτή, προωθείται η ανταλλαγή δεδομένων σε κοινότητες με σύνδεση (online) και εκτός σύνδεσης (offline), προκειμένου να προσδιοριστούν και να ενσωματωθούν πλήρως τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά και τα

πλεονεκτήματά τους. Επιπλέον, απαιτείται η ανθρώπινη συμμετοχή και η συμμετοχική συλλογή, επεξεργασία και ανταλλαγή δεδομένων, όπου τελικά οδηγούν σε ένα συνδυασμό ανθρώπινης και μηχανικής νοημοσύνης. Η βελτιστοποίηση αυτού του συνδυασμού θεωρείται ως σημαντικό ζήτημα σχεδιασμού για συστήματα MCS, ενώ ο συνδυασμός τους θα πρέπει να λειτουργεί με βάση την εφαρμογή [10].

Μέσω του προτύπου MCS προκύπτουν πολυάριθμες ερευνητικές προκλήσεις. Το σύνολο των κινητών συσκευών, οι δυνατότητες ανίχνευσης, υπολογισμών, αποθήκευσης και επικοινωνίας τους μπορεί να διαφέρουν σημαντικά λόγω της κινητικότητας των συσκευών, των διακυμάνσεων των ενεργειακών τους επιπέδων, των συνθηκών των καναλιών επικοινωνίας καθώς και των προτιμήσεων των ιδιοκτητών. Έτσι, ο εντοπισμός και ο προγραμματισμός των εργασιών ανίχνευσης σε πολλαπλές συσκευές με διαφορετικές ικανότητες ανίχνευσης και τις διαθεσιμότητες ή τους περιορισμούς των πόρων που τίθενται είναι ένα πολύ περίπλοκο και δύσκολο θέμα προς αντιμετώπιση.

Σε αρχιτεκτονικές όπως, του McSense [16], περιλαμβάνονται τρία δομικά στοιχεία τα οποία χαρτογραφούν τις τρεις φάσεις συλλογής δεδομένων και διαχείρισης. Τα δομικά στοιχεία αυτά είναι η εφαρμογή του McSense, τα δεδομένα των backend συστημάτων και η κονσόλα ελέγχου. Η κινητή συσκευή λειτουργεί διαδραστικά μέσω της εφαρμογής με τον χρήστη. Η εφαρμογή λαμβάνει τις προσφερόμενες εργασίες προς εκτέλεση, επιτρέπει στους χρήστες να επιλέξουν την εργασία και τους προσφέρει εργαλεία για την ολοκλήρωση της εκτέλεσης, με τη βοήθεια μιας απλής διεπαφής (GUI), ελέγχοντας αν υπάρχουν οι απαραίτητες προδιαγραφές για την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Οι εφαρμογές των κινητών τηλεφώνων αναφέρουν τα δεδομένα στην πλατφόρμα McSense της κινητής εφαρμογής. Επιπρόσθετα, η εφαρμογή συλλέγει δεδομένα, χρήσιμα για τη δημιουργία του προφίλ του χρήστη, της συσκευής και τελικά της περιοχής. Όταν οι εργασίες ολοκληρωθούν, οριστικοποιούνται και φορτώνονται τα ανιχνευμένα δεδομένα και τα τοπικά αποτελέσματα στα backend συστήματα [16].

Τα backend συστήματα είναι ένα στοιχείο υποδομής που λαμβάνει τα δεδομένα από την εφαρμογή των κινητών συσκευών, αποθηκεύει και αναλύει τα δεδομένα ανίχνευσης, με σκοπό την αξιολόγηση στατικών στοιχείων, σχετικά με την εργασία, όπως ο αριθμός των εργασιών που ολοκληρώθηκαν επιτυχώς και ο χρόνος ολοκλήρωσης της εργασίας. Το backend σύστημα χρησιμοποιεί όλα τα διαθέσιμα δεδομένα για να διακρίνει τις τεχνικές και κοινωνικές διαστάσεις των χρηστών. Οι τεχνικές διαστάσεις είναι οι πόροι που

καταναλώνονται σε επίπεδο συστήματος, όπως ο αριθμός και ο τύπος των αισθητήρων που είναι διαθέσιμοι στην κινητή συσκευή, ο τύπος διαθέσιμων διεπαφών δικτύου και η διαθέσιμη μπαταρία. Οι κοινωνικοί τομείς επικεντρώνονται στην γεωχωρική συμπεριφορά των εργαζομένων, δηλαδή την τοποθεσία, όπως τις περιοχές επισκέψεων και τη στιγμιαία θέση ή τις κοινωνικές σχέσεις, όπως η συνεργασία και οι κοινοί δεσμοί. Τα προφίλ των εργαζομένων και των περιοχών αναπτύσσονται σταδιακά καθώς ο McSense συλλέγει όλο και περισσότερα δεδομένα σχετικά με τους εργαζόμενους που διασχίζουν μια περιοχή [16].

Το τελευταίο στοιχείο της κατανεμημένης αρχιτεκτονικής του McSense είναι η κονσόλα ελέγχου εργασιών, που χρησιμοποιείται από τους διαχειριστές πόλεων, οι οποίοι είναι οι ανθρώπινοι διαχειριστές που δημιουργούν και αναθέτουν εργασίες. Η κονσόλα είναι μια διαδικτυακή εφαρμογή και εκτός από την οπτικοποίηση δεδομένων, προσφέρει δύο ακόμη βασικές λειτουργίες. Το σχεδιασμό εργασιών και την ανάθεση εργασιών. Το στοιχείο σχεδίασης εργασιών δίνει άμεση ανατροφοδότηση (feedback) στους διαχειριστές, υπολογίζοντας την αναμενόμενη απόδοση για μια τοπολογικά εντοπισμένη εργασία ανίχνευσης. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας στατιστικά στοιχεία του προφίλ όπως τοποθεσία, περιοχή και διάρκεια, το στοιχείο σχεδίασης εργασιών αξιολογεί τον απαιτούμενο χρόνο και τον αριθμό των εργαζομένων που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της εργασίας με την επιθυμητή πιθανότητα. Αντιθέτως, ο στόχος του έργου αποστολής εργασιών, είναι να καθορίσει το βέλτιστο σύνολο των εργαζομένων που έχουν σκοπό να πραγματοποιήσουν το έργο ανίχνευσης και το επίπεδο επιτυχίας. Για παράδειγμα, η ανάθεση μιας εργασίας σε ένα χρήστη, που συνήθως ξοδεύει πολύ χρόνο σε μια περιοχή, αυξάνει την πιθανότητα επιτυχίας, ενώ η ανάθεση σε έναν χρήστη που βρισκόταν πρόσφατα στην περιοχή τείνει να μειώσει το χρόνο που απαιτείται για την ολοκλήρωση της εργασίας [16].

Συμπερασματικά, η κατανεμημένη αρχιτεκτονική και οι δυνατότητες ανάλυσης δεδομένων καθιστούν την πλατφόρμα McSense [16] ένα ευέλικτο και αξιόπιστο πλαίσιο για την αξιοποίηση των πλήθους των αισθητηρίων σε περιβάλλοντα ανάπτυξης σε όλη την επικράτεια, με την αναμενόμενη υψηλή πυκνότητα των εργαζομένων. Τα πειραματικά αποτελέσματα που αναφέρθηκαν δείχνουν ότι οι πολιτικές εκχώρησης McSense επιτρέπουν την εύκολη ρύθμιση της προτιμώμενης αντιστοίχισης απόδοσης, ανάλογα με συγκεκριμένες ιδιότητες εργασιών.

Το πρότυπο σύστημα του MEDUSA [12], εφαρμόζει μια αρχή, η οποία είναι δομημένη ως μια συλλογή υπηρεσιών που εκτελούνται στο cloud και στις κινητές συσκευές

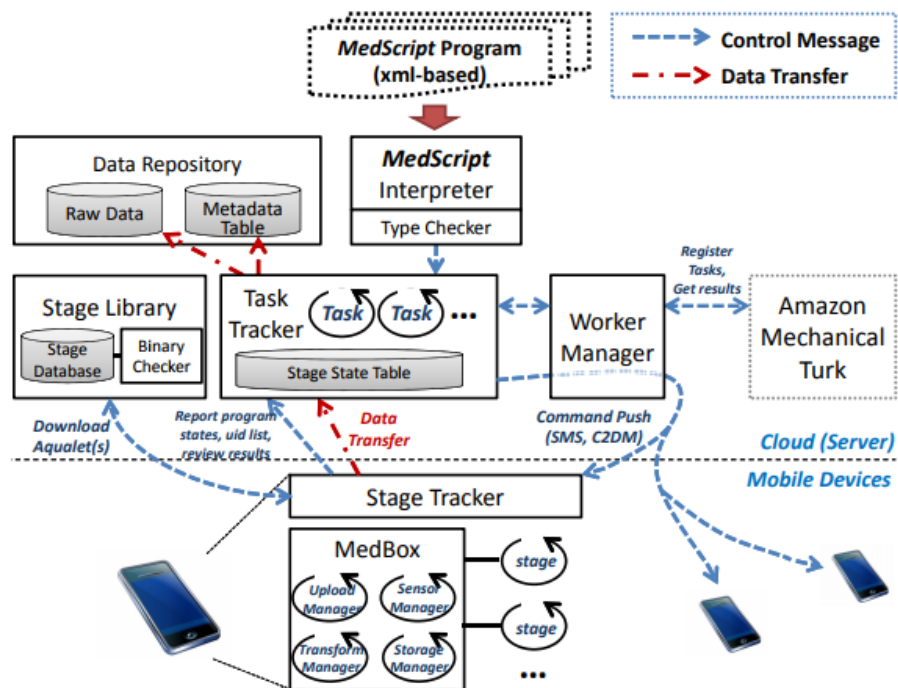
των εργαζομένων (**Εικόνα 3α**). Αυτές οι υπηρεσίες συντονίζονται για να εκτελούν εργασίες του πλήθους. Επιπλέον, δίνεται μια επισκόπηση υψηλού επιπέδου του πλαισίου MEDUSA [12], λαμβάνοντας υπόψη το παράδειγμα του έργου τεκμηρίωσης ενός βίντεο της Αλίκης. Σε αυτό το παράδειγμα, η Αλίκη γράφει την εργασία τεκμηρίωσης ενός βίντεο της στο MedScript, μια γλώσσα υψηλού επιπέδου σχεδιασμένη για μη ειδικούς, η οποία παρέχει στάδια που αφαιρούν τις δευτερεύουσες πληροφορίες και επιτρέπει στους προγραμματιστές να εκφράζουν ροή ελέγχου μεταξύ των σταδίων (**Εικόνα 3β**). Υποβάλλει το πρόγραμμα στον διερμηνέα MedScript, ο οποίος υλοποιείται ως υπηρεσία cloud [12].

Ο διερμηνέας αναλύει το πρόγραμμα και δημιουργεί μια ενδιάμεση αναπαράσταση η οποία μεταβιβάζεται σε ένα στάδιο παρακολούθησης εργασιών (Task Tracker). Αυτή η τελευταία συνιστώσα είναι ο πυρήνας του πλαισίου MEDUSA [12], ο οποίος συντονίζει την εκτέλεση εργασιών με άλλα στάδια καθώς και με τις έξυπνες συσκευές των εργαζομένων. Στο στάδιο της πρόσληψης χρηστών (Recruit), το τμήμα παρακολούθησης χρηστών (Task Tracker) έρχεται σε επαφή με το τμήμα της διαχείρισης εργαζομένων (Worker Manager) (υπηρεσία back-end), το οποίο ενεργοποιεί την πρόσληψη εργαζομένων. Ο Worker Manager χρησιμοποιεί την Amazon Mechanical Turk για τις προσλήψεις εργαζομένων και μερικές άλλες εργασίες. Όταν οι εργαζόμενοι συμφωνούν να εκτελέσουν την εργασία, αυτές οι ειδοποιήσεις τελικά φθάνουν στο Task Tracker μέσω του Worker Manager. Διαφορετικοί εργαζόμενοι μπορεί να συμφωνήσουν να εκτελέσουν το έργο σε διαφορετικές χρονικές στιγμές (όπως για παράδειγμα στην **Εικόνα 3β** με τον Bob και τον Charlie) [12].

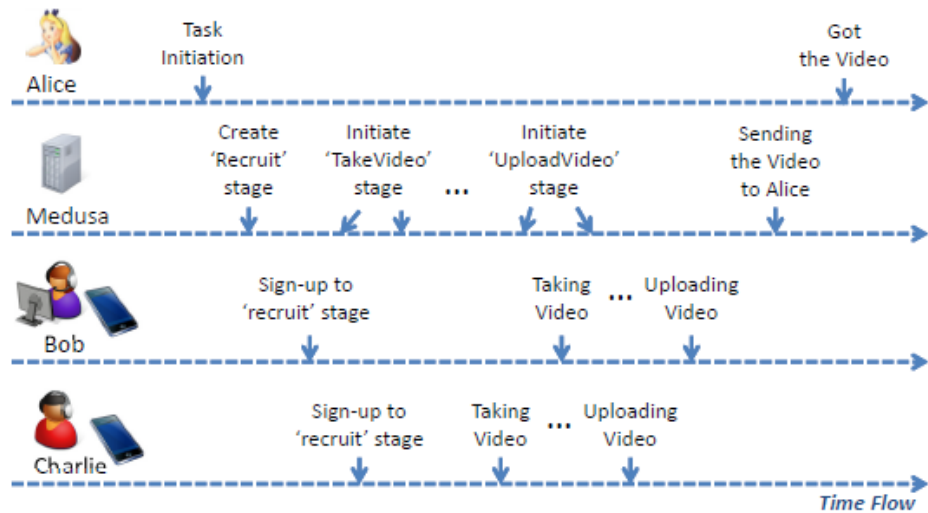
Τα χρηματικά κίνητρα καθορίζονται κατά τη στιγμή της πρόσληψης. Μόλις προσληφθεί ένας εργαζόμενος, ο Tracker εντοπίζει το επόμενο στάδιο, το οποίο είναι η παραγωγή ενός βίντεο (TakeVideo), μέσω της έξυπνης συσκευής του εργαζομένου στέλνοντας ένα μήνυμα στο Stage Tracker, το οποίο εκτελείται σε κάθε τηλέφωνο. Το στάδιο TakeVideo είναι ένα κομμάτι κώδικα που μπορεί να κατέβει από μια επέκταση της βιβλιοθήκης Stage, η οποία είναι προκαθορισμένων σταδίων που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι αιτούντες για να σχεδιάσουν εργασίες αποστολής δεδομένων πλήθους. Κάθε τέτοιο στάδιο εκτελείται στο τηλέφωνο σε ένα δοκιμαστικό περιβάλλον (sandboxed environment) με την ονομασία MedBox. Το στάδιο TakeVideo απαιτεί ανθρώπινη παρέμβαση δηλαδή, ο εργαζόμενος πρέπει να ανοίξει την εφαρμογή κάμερας και να βγάλει ένα βίντεο. Για να υπενθυμίσει στον εργαζόμενο αυτή την εκκρεμούσα ενέργεια, η εφαρμογή σταδίων χρησιμοποιεί τον μηχανισμό ειδοποίησης του υποκείμενου συστήματος για να

ενημερώσει τον εργαζόμενο. Αφού καταγραφεί το βίντεο, το Stage Tracker ειδοποιεί τον Tracker για την ολοκλήρωση αυτού του σταδίου και αναμένει οδηγίες σχετικά με το επόμενο στάδιο. Αυτό συμβαδίζει με την αρχή των έξυπνων κινητών συσκευών. Τελικά το ίδιο το βίντεο αποθηκεύεται στο τηλέφωνο [12].

Στην συνέχεια, ο Ελεγκτής Εντολών ενημερώνει το Stage Tracker ότι πρέπει να εκτελεστεί το στάδιο ExtractSummary [12]. Αυτό το στάδιο εξάγει ένα μικρό βίντεο σύνοψης που αποτελείται από μερικά πλαίσια δείγματος του αρχικού βίντεο και στη συνέχεια το φορτώνει στο Task Tracker. Πριν από τη μεταφόρτωση, ο χρήστης είναι υποχρεωμένος να προβαίνει σε προεπισκόπηση και έγκριση της συνεισφοράς, σύμφωνα με την αρχή των μεταβιβάσεων δεδομένων. Η εκτέλεση των επόμενων σταδίων ακολουθεί το ίδιο σχέδιο. Το Task Tracker ξεκινάει με το βασικό στάδιο ενώ ένα εντελώς διαφορετικό σύνολο εθελοντών βαθμολογεί τα βίντεο. Τέλος, τα επιλεγμένα βίντεο μεταφορτώνονται στο cloud. Μόνο όταν όλα τα στάδια έχουν ολοκληρωθεί, «η Αλίκη ειδοποιείται» (Εικόνα 3α και Εικόνα 3β). Η MEDUSA διατηρεί τη συνεχή κατάσταση των συνεισφορών δεδομένων στο χώρο αποθήκευσης δεδομένων της, καθώς και την κατάσταση εκτέλεσης του σταδίου για κάθε εργαζόμενο στον πίνακα κατάστασης σταδίων του [12].



Εικόνα 3α: Η αρχιτεκτονική του συστήματος MEDUSA [12], για την αποθήκευση ενός video



Εικόνα 3β: Απεικόνιση της εργασίας τεκμηρίωσης video [12]

2.3 Δομή

Σε αυτή την ενότητα εξετάζονται τα δομικά στοιχεία και η αρχιτεκτονική μέσα από δύο συστήματα Mobile CrowdSensing, όπου διερευνώνται οι διάφορες οντότητες που μπορεί να συνθέτουν ένα τέτοιο σύστημα για διαφορετικό ή παρόμοιο σκοπό. Σύμφωνα με το άρθρο [16] σε ένα σύστημα Mobile CrowdSensing, οι χρήστες πρέπει να διαθέτουν συσκευές με αισθητήρες ανίχνευσης, όπως αυτοί παρέχονται από τα smartphones, τα tablets και πλήθος πολλών άλλων συσκευών. Πρέπει να υπάρχει υποδομή αισθητήρων σε περιοχές όπου κινείται ο χρήστης, όπως για παράδειγμα, αισθητήρες που να καλύπτουν την έκταση μιας πόλης ή μιας χώρας. Ένας πάροχος μιας υπηρεσίας που θα λειτουργεί ως σύστημα ανάλυσης και προώθησης των πληροφοριών προς τους υπόλοιπους χρήστες. Τα δεδομένα θα συλλέγονται είτε μέσω συμμετοχικής, είτε μέσω ευκαιριακής ανίχνευσης.

Σε άλλα μοντέλα [17] [18], υπάρχουν παρόμοιες οντότητες που διαφέρουν ελάχιστα ως προς τις λειτουργίες τους. Σε αυτά τα μοντέλα ο διαχειριστής (Server) έχει τον κεντρικό ρόλο, αναλαμβάνοντας τις διεργασίες ανάμεσα στους χρήστες, τα tasks και την ανάλυση των δεδομένων. Οι πληροφορίες αυτές παράγονται από τις κινητές συσκευές των χρηστών, όπου

αναφέρονται ως πλήθος (Crowd). Τα tasks είναι αυτά που καθορίζονται από τον server και εκτελούνται από τον χρήστη με σκοπό να παραχθούν τα δεδομένα.

2.4 Ανάλυση οντοτήτων

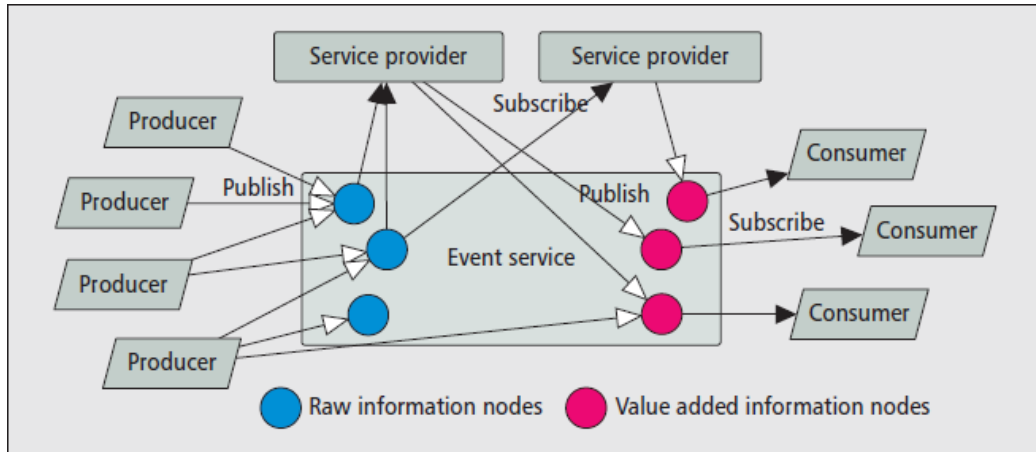
Για το πρώτο μοντέλο που αναφέρεται στην πλατφόρμα του McSense [16] οι οντότητες που υπάρχουν είναι οι εξής:

- **McSense:** Ένα κεντρικό σύστημα ανίχνευσης κινητών συσκευών που δέχεται αιτήματα ανίχνευσης από τους πελάτες με σκοπό να παραδώσει δεδομένα στους παρόχους (providers).
- **Πελάτης (client):** Είναι η οργάνωση ή το σύνολο που ενδιαφέρεται να συλλέξει πληροφορίες μέσω ανίχνευσης των κινητών συσκευών με τη διαδικασία του Mobile CrowdSensing.
- **Πάροχος Υπηρεσίας (Provider):** Ο χρήστης της κινητής συσκευής που συμμετέχει και μπορεί να προσφέρει τα δεδομένα που απαιτούνται μέσω της διαδικασίας του Mobile CrowdSensing προς τον πελάτη.

Στο δεύτερο μοντέλο [15] υπάρχουν οι εξής οντότητες:

- **Παραγωγός (Producer):** Ο παραγωγός λειτουργεί ως η πηγή πληροφοριών στο μοντέλο, όπου παράγονται οι πρώτες ροές δεδομένων και παίζει κεντρικό ρόλο στη συλλογή δεδομένων. Ο χρήστης συνεισφέρει με τα δεδομένα του αισθητήρα του κινητού του.
- **Καταναλωτής (Consumer):** Ο καταναλωτής είναι ο δικαιούχος της παρεχόμενης υπηρεσίας. Έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει δεδομένα τα οποία έχουν συλλεχθεί, επεξεργαστεί, και αναλυθεί και να προωθεί αυτές τις πληροφορίες με τη σειρά τους στους άλλους χρήστες. Ακόμη, ο χρήστης καλείται «Prosumer», όταν ενεργεί στην υπηρεσία, αλλά έχει και την ικανότητα του Παραγωγού, δηλαδή όταν μπορεί να λειτουργήσει ταυτόχρονα ως πομπός αλλά και ως δέκτης πληροφοριών.
- **Πάροχος Υπηρεσίας (Service Provider):** Είναι η υπηρεσία που εισάγει προστιθέμενη αξία παροχής υπηρεσιών στα πρωτογενή δεδομένα που συλλέγονται από το πλήθος. Έτσι,

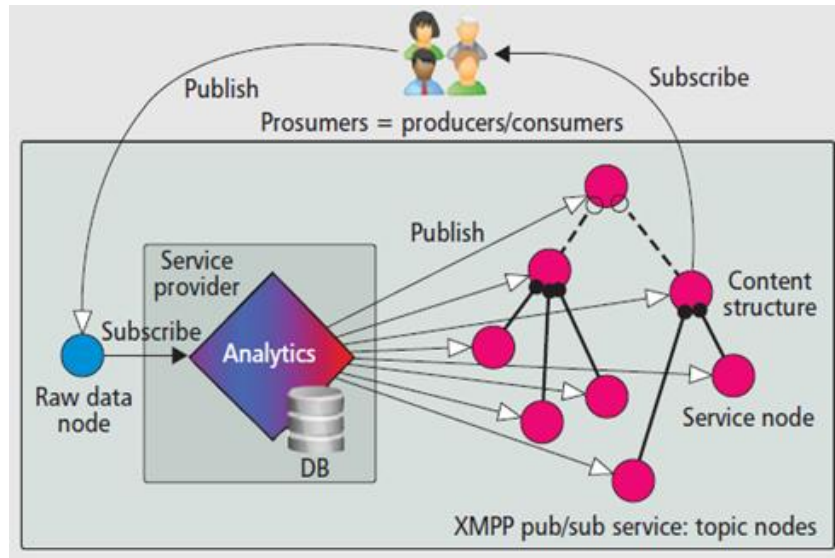
ρυθμίζει και επεκτείνει την ροή πληροφοριών μεταξύ των παραγωγών και των καταναλωτών. Ο Πάροχος Υπηρεσιών μπορεί να παίζει διάφορους ρόλους ταυτοχρόνως, όπως να συλλέγει ο ίδιος (ο ρόλος των καταναλωτών), να αποθηκεύει και να αναλύει τα στοιχεία των παραγωγών και να κοστολογεί την υπηρεσία του. Όλοι αυτοί οι ρόλοι παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (**Εικόνα 4**) [15].



Εικόνα 4: Σύστημα publish/subscribe [15]

Στην **Εικόνα 4**, βλέπουμε ένα σύστημα publish/subscribe, όπου κάθε γεγονός ή δραστηριότητα συμβολίζονται με τους κύκλους χρώματος μπλε (ανεπεξεργαστα δεδομένα) και τους κύκλους χρώματος κόκκινο (επεξεργασμένα δεδομένα), ενώ οι ενέργειες των οντοτήτων που παράγουν κάποιο γεγονός, συμβολίζονται με βέλη. Κάθε γεγονός λαμβάνει χώρα μέσα στο πλαίσιο της υπηρεσίας γεγονότων [15].

Στην πλειοψηφία των αρχιτεκτονικών, οι ρόλοι βασίζονται στα παραπάνω δύο μοντέλα, με κυριαρχία των χρηστών οι οποίοι παράγουν τις ανεπεξεργαστες ροές δεδομένων. Μία μονάδα «Analytics» επεξεργάζεται αυτά τα δεδομένα και τα προωθεί στον server, δηλαδή τον πάροχο της υπηρεσίας. Ο πάροχος στη συνέχεια κοστολογεί και επαναπροωθεί τα δεδομένα μέχρι το τελικό στάδιο που είναι η παραλαβή των δεδομένων από το χρήστη. Η διαδικασία αυτή αναπαρίσταται στην παρακάτω **Εικόνα 5** [15].



Εικόνα 5: Το μοντέλο του XMPP pub/sub [15]

2.5 Αρχιτεκτονικές

Γενικότερα, ο όρος αρχιτεκτονική χρησιμοποιείται για να περιγράψει το σύνολο πεπερασμένων οντοτήτων, οι οποίες χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένες ιδιότητες και επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες. Ο πιο συχνά χρησιμοποιούμενος όρος είναι η Υπηρεσιακά Προσανατολισμένη Αρχιτεκτονική ή Service Oriented Architecture). Η SOA [20], αποτελεί ένα παράδειγμα οργάνωσης ενός συνόλου ικανοτήτων. Οι ικανότητες αυτές συχνά διανέμονται σε όλο το δίκτυο και ενδεχομένως υπό τον έλεγχο των διαφόρων τομέων της ιδιοκτησίας. Ακόμη, ο όρος αρχιτεκτονική αναφέρεται σχεδόν σε όλα τα πληροφοριακά συστήματα, όπου συμμετέχουν διαφορετικές οντότητες, όπως ομάδες χρηστών, ο server, η βάση δεδομένων, οι εφαρμογές, οι αισθητήρες, οι μονάδες ανάλυσης «analytics», καθώς και τα backend συστήματα.

2.5.1 Game Theoretic Analysis

Σε ένα από τα συστήματα [21] χρησιμοποιήθηκε ένα μεγάλο πλήθος εθελοντών χρηστών με σκοπό να ολοκληρώσουν ένα σύνολο από tasks. Γενικός σκοπός του συστήματος ήταν να μελετήσει στρατηγικές προσέλευσης χρηστών, ευρείας κλίμακας, καθώς και μηχανισμούς ολοκλήρωσης των εργασιών που θα αναθέτονται στους χρήστες. Η μέθοδος επιβράβευσης των χρηστών, εκφράζεται με χρηματικό έπαθλο. Οι χρήστες συμμετείχαν στην εργασία, όπου στόχος τους ήταν να εντοπίσουν τις θέσεις 10 κόκκινων μετεωρολογικών μπαλονιών, που είχαν τοποθετηθεί από τους διοργανωτές σε διαφορετικά σημεία μίας πόλης. Η διαδικασία περιλάμβανε ένα χρονικό πλαίσιο ολοκλήρωσης της εργασίας και ως αποτέλεσμα ο νικητής έπρεπε να βρει όσο το δυνατόν περισσότερα μπαλόνια, σε μικρότερο χρονικό διάστημα [21].

Χαρακτηριστικά, η ανάλυση των tasks και η επεξεργασία του μοντέλου έγινε με Poisson και Μαρκοβιανή ανάλυση, ενώ εφαρμόστηκε κυρίως η στρατηγική του μοντέλου Nash. Το κυριότερο χαρακτηριστικό του μοντέλου αυτού, είναι η έμμεση και η απευθείας προώθηση. Οι κόμβοι διοργανωτές ανταγωνίζονται μεταξύ τους προκειμένου να αναλάβουν την ανάθεση της εργασίας. Απευθείας προώθηση έχουμε μόνο όταν ένας πράκτορας (agent) δεσμεύσει μία εργασία. Σε αντίθεση με αυτή τη λειτουργία, έμμεση προώθηση έχουμε όταν όλοι οι άλλοι παίκτες που συμμετέχουν συνεργάζονται με άλλους παίκτες, προωθώντας τους πληροφορίες, σε σχέση με τη θέση και το αποτέλεσμα της εργασίας. Για παράδειγμα, αν ο παίκτης A έχει περάσει από μία θέση P1 και δεν βρήκε κάποιο μπαλόνι στην περιοχή, θα ενημερώσει τον παίκτη B που έχει πρόθεση ή θέλει να προσεγγίσει αυτό το σημείο και βρίσκεται κοντά στην περιοχή. Για όλη αυτή την διεργασία οι παίκτες αποθηκεύονται σε έναν πίνακα $\Delta = [\delta_{ij}]$ [21].

Τα αποτελέσματα αποδεικνύουν ότι οι κόμβοι έχουν δικτυακά πλεονεκτήματα μέσω της ανάθεσης σε άλλους κόμβους. Επίσης, υπάρχει μεγαλύτερη συμμετοχή λόγω της συνεισφοράς πληροφοριών μεταξύ των παικτών και της συνεργασίας μέσω της καταγραφής θέσεων. Αυτός ο μηχανισμός μπορεί να είναι αποτελεσματικός σε περιπτώσεις που έχουμε πολλούς κόμβους με πολλές διασυνδέσεις. Το αποτέλεσμα αυτής της στρατηγικής είναι ότι για μια λογικά ανεξάρτητη ανάθεση, η καλύτερη στρατηγική είναι η επιλογή όσο περισσότερων ανθρώπων που μπορούν να έχουν πρόσβαση, με τη χρήση των κινητών τους τερματικών [21].

2.5.2 CrowdTasker

Αναφέροντας το Mobile CrowdSensing, οι διοργανωτές μπορεί να είναι οργανισμοί ή ιδιώτες. Το ίδιο ισχύει και για το Piggyback CrowdSensing [22], με τη διαφορά ότι στο συγκεκριμένο σύστημα, το ενδιαφέρον εστιάζεται περισσότερο στην διαθέσιμη ενέργεια της μπαταρίας του κινητού τερματικού. Επομένως, ανά τακτά χρονικά διαστήματα στέλνονται τα δεδομένα του επιπέδου αντοχής της μπαταρίας, μέσω των αισθητήρων του τερματικού. Ακόμη, αναφέρονται δύο μορφές επιβράβευσης των συμμετεχόντων. Η πρώτη χρησιμοποιεί ως μέσο το χρηματικό έπαθλο των νικητών και η δεύτερη την ανταμοιβή με 3G internet bandwidth. Αν ο χρήστης επιλέξει το χρηματικό έπαθλο, τότε θα πρέπει να ενσωματωθεί σε μία από τις ακόλουθες κατηγορίες χρηματικής ανταμοιβής. Η πρώτη κατηγορία είναι η βασική και χαρακτηρίζεται ως «base incentive», όπου διατίθεται προς το χρήστη μία σταθερή και προκαθορισμένη ανταμοιβή για κάθε ζητούμενη διεργασία, όπως για παράδειγμα \$50 για την ολοκλήρωση μιας εργασίας. Εναλλακτικά, η δεύτερη κατηγορία χαρακτηρίζεται ως bonus incentive και εφαρμόζεται ένα μεταβαλλόμενο ποσό ως επιπρόσθετη αμοιβή για κάθε κύκλο ανίχνευσης, για παράδειγμα \$1/sensing cycle [22].

Οι ερευνητές του συστήματος αυτού, εκτέλεσαν ένα πείραμα προκειμένου να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα της ανίχνευσης σε ένα ειδικό περιβάλλον διαχείρισης και προβολής της ανιχνευτικής εξέλιξης, όπως επίσης και τα αποτελέσματα της ανίχνευσης. Ακολούθως, δίνονται οι παράμετροι και η περιγραφή των συνθηκών κάτω από τα οποία εκτελέστηκε το πείραμα. Το πείραμα έλαβε χώρα σε μια πόλη της Cote d'Ivoire με έκταση 100 km². Η εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε για την ανίχνευση των επιπέδων ρύπανσης του αέρα από διοξείδιο του άνθρακα (CO²). Υπολογίστηκε ότι για την εκτέλεση του πειράματος χρειαζόταν η χρήση 131 πύργων κυψελών (cell towers), σε 131 υποπεριοχές, όπου το εμβαδόν της κάθε κυψέλης ήταν μικρότερο του 1km² [22].

Προκειμένου να γίνουν σωστά οι μετρήσεις και το πλήθος των μετρήσεων να είναι συγκρίσιμο, τέθηκε ως διάρκεια κάθε ανιχνευτικής περιόδου οι δέκα μετρήσεις ανά ημέρα. Επιπλέον, ως διάρκεια κάθε κύκλου ανίχνευσης η μία ώρα και λήψη τυχαίων δειγμάτων από τρεις ανιχνεύσεις για κάθε κύκλο ανίχνευσης. Ορίστηκε πως ο υπολογισμός της συνολικής ποιότητας κάλυψης είναι το άθροισμα της ποιότητας κάλυψης για κάθε σταθμό βάσης και η αξία της ανίχνευσης ανέρχεται στα \$50 για κάθε κύκλο. Αν ο χρήστης επιλέξει να αναλάβει περισσότερους κύκλους θα αμείβονταν με επιπλέον \$1 για κάθε κύκλο. Τέλος, η συνολική

διάρκεια του πειράματος καθορίστηκε σε 5 ημέρες, με δείγματα κλήσεων και πλήθος χρηστών 10,000 [22].

Μέσω της εφαρμογής PCS [22], ανιχνεύονται και αποστέλλονται στον σταθμό βάσης, οι μετρήσεις που έχουν λάβει τα κινητά για τα ποσοστά μόλυνσης του αέρα, τη στιγμή που οι επιλεγμένοι συμμετέχοντες πραγματοποιούν μία 3G κλήση σε μία νέα υποπεριοχή, η οποία τέθηκε ως ανιχνευτικός κύκλος. Με αυτόν τον τρόπο, ένας χρήστης μπορεί να έχει ελάχιστη απολαβή \$50 και μέγιστη απολαβή \$100 για διάρκεια πέντε ημερών. Το αποτέλεσμα ήταν ότι το πλαίσιο που αναλύθηκε παρουσίασε ευρεία κάλυψη, χωρίς να ξεπεραστεί ο απαιτούμενος προϋπολογισμός με χαμηλή κατανάλωση της μπαταρίας. Πιο συγκεκριμένα, ο CrowdTasker του συστήματος ακολουθεί την εξής μεθοδολογία:

- Αρχικά τοποθετεί τη λύση, η οποία μεγιστοποιεί την ποιότητα της κάλυψης με το χαμηλότερο κόστος, χρησιμοποιώντας αποτελεσματικά το PCS μοντέλο.
- Έπειτα οι συμμετέχοντες και οι εργασίες αναθέτονται σε συγκεκριμένους ανιχνευτικούς κύκλους, πριν ξεκινήσει το MCS task τη λειτουργία του (κατάσταση offline). Μετά από τη σύνδεση του MCS tasker (κατάσταση online), αποφασίζεται από ποιους χρήστες θα συλλεχθούν τα δεδομένα.

2.5.3 4W1H

Ο όρος 4W1H [23] προέρχεται από το ακρωνύμιο των λέξεων what (τι), when (πότε), where (που), who (ποιος) και how (πως) και χρησιμοποιείται για να χαρακτηρίσει μία διαδικασία CrowdSensing. Οι κυριότερες λειτουργίες κάθε φάσης ανίχνευσης είναι αναφορικά η δημιουργία εργασίας (Task Creation), η ανάθεση εργασίας (Task assignment), η ατομική εκτέλεση εργασίας (Individual task execution) και η συγκέντρωση δεδομένων που παράγει το πλήθος (Crowd data integration). Με σκοπό να προσελκύσουν χρήστες στα πειράματά τους, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν τους εξής δύο μηχανισμούς κινητοποίησης. Στον πρώτο μηχανισμό, ο μηχανισμός της επιβράβευσης από το διοργανωτή (Organizer pricing), όπου ο διοργανωτής αποφασίζει για την ανταμοιβή του κάθε συμμετέχοντα ενώ, στον δεύτερο μηχανισμό, κάθε συμμετέχον στοιχηματίζει ένα ποσό με σκοπό να κερδίσει. Με τον τρόπο αυτό ο προϋπολογισμός καλύπτεται από τους παίκτες που έχουν στοιχηματίσει, χωρίς να αδικούνται εκείνοι που έχουν πληρώσει ένα ποσό, το οποίο έχει καθοριστεί από το διοργανωτή. Οπότε, ο μηχανισμός κινητοποιεί περισσότερους χρήστες, με εγγυημένη κάλυψη

και ποιότητα, ενώ παράλληλα αυξάνει τη χρήση του συστήματος, χωρίς να ξεφεύγει από το ποσό του προϋπολογισμού που διαθέτει.

Άλλες κατηγορίες μηχανισμών που προτείνονται, είναι οι εφαρμογές που θα έχουν κάποιο κοινωνικό όφελος ή αντίκτυπο. Ένα παράδειγμα που αναφέρεται είναι η ενημέρωση όλων των κινητών τερματικών για μία ληστεία σε μία τράπεζα, όπου στο σενάριο οι ληστές έχουν διαφύγει με ένα κόκκινο αυτοκίνητο. Οι πολίτες μπορούν να φωτογραφίσουν αυτοκίνητα που συναντούν με αυτή την περιγραφή και να βοηθήσουν έτσι στη σύλληψη των δραστών [23].

2.5.4 Sell Your Experiences

Ένα εναλλακτικό πλαίσιο προτείνεται στο άρθρο [24], όπου οι ερευνητές αναλύουν μηχανισμούς κινήτρων που αφορούν το κινητό CS (Mobile CrowdSensing). Αρχικά, οι ερευνητές χωρίζουν τους μηχανισμούς κινήτρων σε δύο βασικά μοντέλα συστήματος. Το πρώτο μοντέλο του «platform-centric», αναφέρει ότι η πλατφόρμα διασύνδεσης προσφέρει έπαθλο που μοιράζεται μεταξύ των χρηστών. Αντιθέτως στο «user-centric model», οι χρήστες έχουν μεγαλύτερο έλεγχο όσον αφορά την ανταμοιβή τους, δηλαδή το έπαθλο που θα λάβουν.

Ειδικότερα, για το «platform-centric» μοντέλο σχεδιάστηκε ένας μηχανισμός κινήτρων χρησιμοποιώντας ένα παιχνίδι με το όνομα Stackelberg, όπου η πλατφόρμα είναι ο ηγέτης, ενώ οι χρήστες είναι οι ακόλουθοι. Οι ερευνητές κάνουν μία εκτενή ανάλυση του υπολογισμού της unique Stackelberg Equilibrium, στην οποία μεγιστοποιείται η χρησιμότητα της πλατφόρμας, και κανένας από τους χρήστες δεν μπορεί να βελτιώσει τη χρησιμότητά του μονομερώς και να παρεκκλίνει από την τρέχουσα στρατηγική της [24].

Επιπλέον, το «platform-centric» μοντέλο παρέχει μόνο μία ανιχνευτική εργασία. Στην περίπτωση αυτή ορίζεται ένα έπαθλο $R (>0)$ και κάθε παίκτης επιλέγει σε ποιο επίπεδο θα συμμετέχει με την αντίστοιχη ανταμοιβή. Για κάθε task ο χρόνος διαρκεί για κάθε ενότητα της εργασίας. Αν $t_i = 0$, τότε ο παίκτης δεν επιθυμεί να συμμετέχει στην ανίχνευση. Το κόστος ορίζεται ως το γινόμενο της διάρκειας κάθε ενότητας, επί το κόστος της ενότητας. Χρησιμοποιείται ο όρος Stackelberg game ή MSensing game για να χαρακτηρίσει τη διαδικασία. Υπάρχουν δύο στάδια στο μηχανισμό κινητοποίησης. Το πρώτο στάδιο είναι η

ανακοίνωση του επάθλου. Στο δεύτερο στάδιο, κάθε χρήστης πρέπει να ορίσει το χρόνο ανίχνευσης, δηλαδή το επίπεδο που επιθυμεί να συμμετέχει, ώστε να μεγιστοποιήσει την χρήση του τερματικού του. Για τον λόγο αυτό η πλατφόρμα του μοντέλου παίζει το ρόλο του αρχηγού (leader) και οι χρήστες είναι οι ακόλουθοι (followers). Και οι δύο ρόλοι χαρακτηρίζονται ως παίκτες (players). Η βασικότερη στρατηγική είναι η επιβράβευση. Το δεύτερο στάδιο χαρακτηρίζεται ως μη συνεργατικό και καλείται ως «Sensing Time Determination» [24].

Παράλληλα, στην περίπτωση του «user-centric» μοντέλου, οι μελετητές σχεδίασαν έναν μηχανισμό δημοπρασίας, ο οποίος είναι υπολογιστικά αποτελεσματικός, λογικά ανεξάρτητος, επικερδής, και αξιόπιστος. Σε αυτό το μοντέλο, ανακοινώνονται αρχικά ένα πλήθος από εργασίες, ώστε να διαλέξουν οι χρήστες. Κάθε χρήστης επιλέγει έναν αριθμό από εργασίες για να ολοκληρώσει. Στη συνέχεια, δηλώνει ένα ποσό ως πλειοδοσία, δηλαδή την τιμή που θέλει να διαθέσει την υπηρεσία του. Σε αυτό το σημείο, πρέπει να σημειωθεί ότι ο μηχανισμός ακολουθεί κάποιες συνθήκες. Οι συνθήκες αυτές είναι η υπολογιστή ικανότητα (Computational Efficiency), η λογική ανεξαρτησία (Individual Rationality), η ωφέλεια (Profitability) και η αξιοπιστία (Truthfulness). Ο μηχανισμός που εφαρμόζεται είναι ένας αντίστροφα πλειοδοτικός μηχανισμός (Reverse Auction-based Incentive Mechanism). Επίσης, χρησιμοποιεί ως είσοδο τις πλειοδοσίες που έχουν γίνει αποδεκτές από τους χρήστες. Στη συνέχεια, επιλέγει τους νικητές χρήστες και τέλος καθορίζει την αμοιβή για κάθε νικητή [24].

Ακόμη, οι ερευνητές χρησιμοποιούν μια ανάλυση μεγιστοποίησης χρήσης της πλατφόρμας προκειμένου να το συγκρίνουν με τον άλλο μηχανισμό. Τα αποτελέσματα που δίνονται αποδεικνύουν ότι ο μηχανισμός τοπικής αναζήτησης πλειοδοσίας (Local Search based Auction Mechanism), μπορεί να μεγιστοποιεί τη χρήση της πλατφόρμας, ωστόσο το γεγονός ότι θα αποτύχει εμπιστευτικότητας αποτελεσμάτων, τον κάνει λιγότερο ελκυστικό ως μηχανισμό. Για τον λόγο αυτό, γίνεται επιλογή του MSensing Auction και αυτό γιατί πληροί όλες τις συνθήκες που προαναφέρθηκαν κατά την περιγραφή του μοντέλου [24].

Ένας παρόμοιος μηχανισμός με τον προηγούμενο είναι ο αντίστροφος μηχανισμός πλειοδοσίας βασισμένος σε δυναμικό μηχανισμό χρηματικού κινήτρου (Reverse Auction based Dynamic Price Incentive Mechanism) (RADP). Σύμφωνα με τους ερευνητές, οι χρήστες μπορούν να πουλήσουν τις πληροφορίες που έχουν ανιχνεύσει με τα κινητά τους τερματικά, ως υπηρεσίες προς τον πάροχο της εφαρμογής, με χρήση πλειοδοσίας [24].

Στόχος του μοντέλου είναι η μείωση ή σταθεροποίηση του κόστους κινητοποίησης των χρηστών. Σε σύγκριση με τον μηχανισμό του της τυχαίας επιλογής με σταθερό αντίτιμο (Random Selection with Fixed Price Incentive Mechanism), ο μηχανισμός του RADP, μειώνει το κόστος κινητοποίησης για τον ίδιο αριθμό χρηστών, περισσότερο από 60%. Επίσης, βελτιώνει την αμεροληψία διανομής κινήτρων και την κοινωνική κατανομή. Τέλος, αφαιρεί το βάρος της ακρίβειας των τιμών για τα δεδομένα ανιχνευτικής χρήσης.

Το σημαντικότερο εργαλείο στη συμμετοχική ανίχνευση σύμφωνα με τους ερευνητές [24], είναι η συμμετοχή των χρηστών. Προαπαιτήση της ανιχνευτικής διαδικασίας είναι η κατοχή συσκευής που διαθέτει ανιχνευτικούς μηχανισμούς, όπως GPS. Οι δύο λειτουργίες των χρηστών είναι η συλλογή δεδομένων με ανίχνευση και η αποστολή δεδομένων στον πάροχο.

Κατά τη διάρκεια της ανίχνευσης οι χρήστες καταναλώνουν πόρους της συσκευής τους. Οι πόροι αυτοί μπορεί να είναι είτε μπαταρία, είτε υπολογιστική ικανότητα [24]. Το σημαντικότερο βέβαια είναι η έκθεση των προσωπικών τους δεδομένων. Με την αντιστοίχιση των υπηρεσιών που προσφέρουν και την ποσοτικοποίηση των δεδομένων τους, οι χρήστες μπορούν να προσελκύνονται ευκολότερα. Υπάρχουν πολλοί χρήστες που αγνοούν τους κινδύνους έκθεσης των προσωπικών τους δεδομένων και συμμετέχουν κυρίως για την χρηματική απόδοση. Τα δεδομένα βέβαια εξαρτώνται, τόσο από την τοποθεσία που έχουν παραχθεί, όσο και από τα χαρακτηριστικά τους. Επίσης το περιεχόμενο μπορεί να διαφέρει κάθε στιγμή, ανάλογα με την τοποθεσία του χρήστη. Τα δεδομένα αλλάζουν δυναμικά στο σύστημα και δεν μπορεί ο πάροχος να επιτελέσει επεξεργασία ως προς την ποιότητα και την αξιοπιστία, τη χρονική στιγμή που λαμβάνονται. Με απλό τρόπο, ο πάροχος θεωρεί ότι ο χρήστης που δεν παράγει αξιόπιστα δεδομένα αργά ή γρήγορα θα εγκαταλείψει τη διαδικασία. Επομένως, η πρόκληση που έχουν να αντιμετωπίσουν είναι το κατά πόσο μπορεί να οριστεί μία τιμή πλειοδοσίας από τους χρήστες, σε έναν μηχανισμό που προσελκύει χρήστες, ώστε να πουλήσουν τα δεδομένα τους στους παρόχους [24].

Για να διατηρηθεί ο ανταγωνισμός των τιμών και να αποτρέψει την έκρηξη των δαπανών παροχής κινήτρων, αρκετοί χρήστες κατηγορίας χαμένος «Loser» θα πρέπει να συμμετέχουν συνεχώς στην δημοπρασία [24]. Για το σκοπό αυτό, ο προτεινόμενος μηχανισμός κινήτρων παρέχει την ακόλουθη νέα στρατηγική επιλογής νικητή με τη χρήση εικονικών πιστωτικών μονάδων, ως ανταμοιβή για την επαναληπτική συμμετοχή των χρηστών.

Στον προτεινόμενο μηχανισμό κινήτρων [24], ο διοργανωτής της δημοπρασίας χρησιμοποιεί την προσφορά ανταγωνισμού για την επιλογή των πωλητών (δηλαδή, νικητών) σε κάθε γύρο δημοπρασίας. Με αυτό τον τρόπο η εικονική πιστωτική συμμετοχή αυξάνει την πιθανότητα νίκης του προσφέροντος, με μείωση της προσφοράς του ανταγωνισμού. Με το μηχανισμό αυτό, οι υποψήφιοι οι οποίοι έχουν υψηλότερη πραγματική αποτίμηση από πλειοδότες κατηγορίας νικητής «Winner» μπορεί να είναι νικητές με τη συνεχή συμμετοχή τους. Ως εκ τούτου, η εικονική πιστωτική συμμετοχή ενθαρρύνει τη συνεχή συμμετοχή των υποψηφίων στις εφαρμογές συμμετοχικής ανάχνευσης.

Όπως έχει αναφερθεί στην παραπάνω ανάλυση της περιγραφής, οι χρήστες εγκαταλείπουν τη δημοπρασία, αν η λαμβανόμενη ανταμοιβή δεν ανταποκρίνεται στις προσδοκίες τους. Συνεπώς, η συμμετοχή χρηστών που έχουν εγκαταλείψει είναι εξίσου σημαντική, με τη διατήρηση των παρόντων ενεργών χρηστών στο μηχανισμό ανάχνευσης. Στη μηχανισμό κινήτρων, η τιμή πώλησης της ανάχνευσης των δεδομένων του κάθε χρήστη αλλάζει δυναμικά, με βάση τον ανταγωνισμό των τιμών. Εάν ο ανταγωνισμός των τιμών μειωθεί κατά την εγκατάλειψη διαγωνιζομένων, αυξάνονται οι τιμές πώλησης. Σε αυτήν την περίπτωση, ο προτεινόμενος μηχανισμός αποκαλύπτει την υψηλότερη τιμή πώλησης μόνο στους χρήστες που εγκατέλειψαν. Με αυτή την προσέγγιση, οι χρήστες αυτοί που έχουν χαμηλότερη πραγματική αποτίμηση από αυτούς που αποκαλύφθηκαν με υψηλότερη τιμή πώλησης, μπορούν να επανέλθουν στην δημοπρασία. Ως αποτέλεσμα οι χρήστες αυτοί έχουν υψηλότερη πιθανότητα νίκης από το νικητή του προηγούμενου γύρου προσφορών, με την υψηλότερη τιμή προσφοράς [24].

2.6 Σύνοψη

Στον παρόν κεφάλαιο, αναλύεται η αρχιτεκτονική της κινητής ανάχνευσης του πλήθους (MCS). Μελετήθηκε η δομή που μπορεί να έχει ένα σύστημα κινητής ανάχνευσης καθώς επίσης και ο σχεδιασμός πλαισίων. Στην ανάλυση της βασικής αρχιτεκτονικής του MCS μιας εφαρμογής περιλαμβάνονται ο διακομιστής και η κινητή συσκευή του χρήστη. Η διαδικασία συλλογής δεδομένων απαιτεί τη συμμετοχή των χρηστών. Οι χρήστες επιλέγουν αν θα ολοκληρώσουν μία εργασία είτε παθητικά με ευκαιριακή ανάχνευση (opportunistic

sensing) είτε ενεργά με συμμετοχική αντίχνευση (participatory sensing). Συστήματα όπως, το McSense [16] και το MEDUSA [12], περιλαμβάνουν δομικά στοιχεία για τη διαδικασία συλλογής και μετάδοσης δεδομένων τέτοια ώστε να λαμβάνεται υπόψη τόσο η ποιότητα των δεδομένων, όσο και η ολοκλήρωση των εργασιών που έχουν ανατεθεί στους χρήστες με σκοπό να παράγουν αυτά τα δεδομένα.

Στην τελευταία ενότητα της εργασίας περιγράφονται αρχιτεκτονικές που επικεντρώνονται κυρίως σε στρατηγικές προσέλκυσης των χρηστών με κίνητρο το έπαθλο, υπολογίζοντας παράλληλα την διαθέσιμη ενέργεια και τους πόρους που θα δαπανήσει η κινητή συσκευή του χρήστη, καθώς και τη δυνατότητα επαρκούς κάλυψης του χρήστη με βάση το διαθέσιμο εύρος ζώνης. Το κεφάλαιο καλύπτει τις κυριότερες αρχιτεκτονικές συστημάτων κινητής αντίχνευσης και αποτελεί τη βάση για την ανάλυση των μηχανισμών κινήτρων του επόμενου κεφαλαίου. Στο κεφάλαιο 3 εξετάζονται οι διάφοροι τύποι μηχανισμών κινήτρων και αναλύονται οι σημαντικότερες αρχιτεκτονικές που αποτελούν τη βάση για τη δημιουργία αυτών των μοντέλων προσέλκυσης των χρηστών.

Κεφάλαιο 3

3.1 Εισαγωγή

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία του MCS είναι οι μηχανισμοί κινήτρων (incentive mechanisms). Σε μια περιοχή όπου οι χρήστες διαθέτουν συσκευές ανίχνευσης και αποθήκευσης πληροφοριών, οι providers αλλά και οι requestors, πρέπει να επινοήσουν τρόπους με τους οποίους θα προσελκύσουν αυτούς τους χρήστες, προκειμένου να συνεισφέρουν με τα δεδομένα τους. Ο ρόλος των μηχανισμών κινήτρων είναι να κινητοποιήσει τους χρήστες ενός συστήματος κινητής ανίχνευσης, να προσφέρουν δεδομένα. Συνεπώς οι χρήστες χρειάζονται κίνητρα για να διαθέσουν το χρόνο τους, τους πόρους της συσκευής τους, όπως υπολογιστική δύναμη, διαθέσιμη ενέργεια της μπαταρίας ή την αποθηκευτική ενέργεια, εξασφαλίζοντας παράλληλα την ασφάλεια των δεδομένων τους. Ο χρήστης λοιπόν για να συμμετέχει στη διαδικασία αυτή πρέπει να έχει να συνυπολογίσει όλους αυτούς τους παράγοντες.

Η εργασία επικεντρώνεται κυρίως στο θέμα των μηχανισμών προώθησης συνεργασίας μέσω κινήτρων. Είναι σημαντικό να τονίσουμε ότι στα συστήματα του Mobile CrowdSensing ο χρήστης χρειάζεται ένα κίνητρο για να συμμετέχει στη διαδικασία συλλογής των δεδομένων αλλά και διαμοιρασμού, είτε ανήκει σε Ευκαιριακή είτε σε Συμμετοχική ανίχνευση. Επομένως ανάλογα με το μέσο αλλά και τους πόρους που διαθέτει ο κάθε πάροχος πρέπει να βρεθεί ο καταλληλότερος τρόπος παροχής κινήτρων προς τους χρήστες. Τα κίνητρα αυτά που θα διαθέσει ο πάροχος μπορεί να είναι χρηματικά, ψυχαγωγικά, ή να έχουν διδακτικό χαρακτήρα. Υπάρχουν κατηγορίες κινήτρων όπου ο χρήστης χρειάζεται καθαρά τις υπηρεσίες με σκοπό την διαχείριση των προσωπικών του δεδομένων, όπως υπηρεσίες υγείας. Από την άλλη πλευρά ο χρήστης μερικές φορές μπορεί να κινητοποιηθεί

και να αφυπνιστεί μέσω διαφόρων εφαρμογών. Αυτού του τύπου εφαρμογές είναι πλέον διαδομένες διότι μπορούν ακόμη να συμβάλλουν και στην ασφάλεια των χρηστών, όπως η εφαρμογή διάσωσης πολιτών μετά από καταστροφικά γεγονότα σεισμούς, πλημύρες, τρομοκρατικά χτυπήματα και άλλα.

3.2 Ανάλυση κινήτρων

3.2.1 Τύποι Κινήτρων

Υπάρχουν πολλές κατηγορίες κινήτρων ανάλογα με τις πληροφορίες που ζητά ο requestor. Ο κύριος διαχωρισμός των κινήτρων αφορά τα κίνητρα που έχουν χρηματική απόδοση προς τους συμμετέχοντες (monetary) και τα κίνητρα που δεν έχουν χρηματική απόδοση (non monetary). Στην παρούσα εργασία ωστόσο αναλύονται κυρίως οι χρηματικοί μηχανισμοί κινήτρων (monetary incentives). Οι βασικότερες κατηγορίες κινήτρων της κινητής ανάχνευσης είναι έξι [32] όπως περιγράφονται στην **Εικόνα 6**. Αυτές οι κατηγορίες είναι κίνητρα δημοπρασιών (auctions), λαχειοφόρων αγορών (lotteries), καθώς και συστήματα εμπιστοσύνης και φήμης (trust and reputation systems). Επίσης υπάρχουν πλαίσια με υποκατηγορίες κινήτρων τα παιχνίδια διαπραγμάτευσης (bargaining games), τη θεωρία των συμβάσεων (contract theory), και τους διαφημιστικά καθοδηγούμενους μηχανισμούς (market-driven mechanisms).



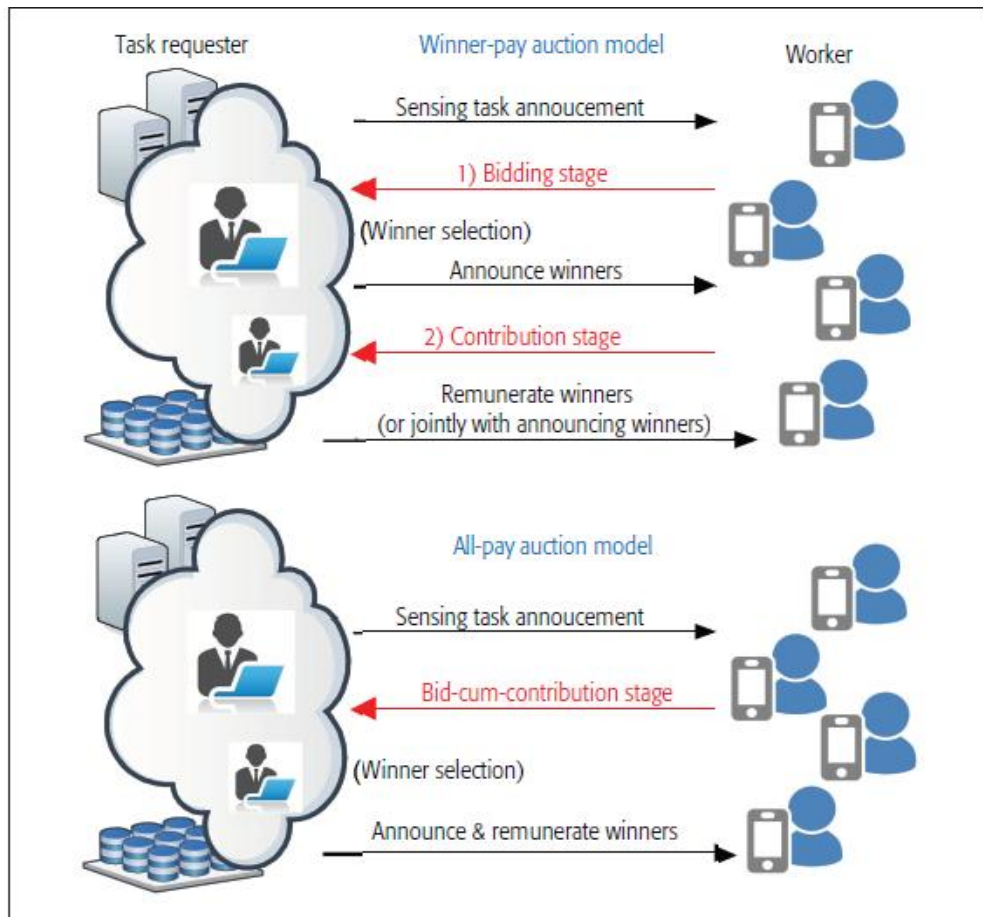
Εικόνα 6: Οι έξι κατηγορίες κινήτρων [32]

Μοντέλα Πλειοδοσίας

Ένα από τα πιο αποτελεσματικά και συνηθέστερα μοντέλα προσέλκυσης χρηστών είναι οι πλειοδοσίες (auctions) [32]. Στα μοντέλα πλειοδοσίας η δομή του πλαισίου περιλαμβάνει τον δημοπράτη (auctioneer) ο οποίος προσφέρει ένα αντίτιμο για την υπηρεσία που θα αναθέσει προς εκτέλεση και τους πλειοδότες (bidders) οι οποίοι είναι ένα σύνολο χρηστών που ενδιαφέρονται να υλοποιήσουν την εργασία ζητώντας το αντίτιμο. Σε ένα βασικό μοντέλο πλειοδοσίας ο auctioneer καθορίζει τον κανόνα ανάθεσης (allocation rule), δηλαδή ποιος θα αναλάβει την εκτέλεση της εργασίας, ποιο θα είναι το περιεχόμενό της, καθώς και τον κανόνα αποπληρωμής (payment rule), δηλαδή ποιος θα λάβει το αντίτιμο για την υπηρεσία που θα εκτελέσει ή εκτέλεσε. Σε ένα κλασσικό μοντέλο πλειοδοσίας νικητής της πλειοδοτικής διαδικασίας είναι ο πλειοδότης που θα προσφέρει τα περισσότερα σε σύγκριση με τους υπόλοιπους για την εκτέλεση μιας εργασίας. Σε αντίθεση με το κλασσικό εμπορικό μοντέλο, σε ένα μοντέλο πλειοδοσίας κινητής ανίχνευσης οι ρόλοι του αγοραστή και του πωλητή συνήθως αντιστρέφονται. Οι πλειοδότες λαμβάνουν το ρόλο των χρηστών ή των εργαζομένων που αναλαμβάνουν μία εργασία παράγοντας δεδομένα και αντίστοιχα οι auctioneers είναι οι αγοραστές αυτών των δεδομένων. Αυτού του είδους το μοντέλο καλείται ως αντίστροφο δημοπρατικό μοντέλο (reverse auction model), στο οποίο ο κανόνας ανάθεσης καθορίζει τους νικητές πλειοδότες και ο κανόνας αποπληρωμής καθορίζει το ποσό που θα

λάβει ο κάθε ένας νικητής χρήστης, ως αντίτιμο της εργασίας του. Επίσης το συγκεκριμένο μοντέλο κατηγοριοποιεί επιπλέον δύο τύπους πλειοδοσίας, τον τύπο πληρωμής μόνο του νικητή (winner-pay) και τον τύπο πληρωμής όλων των συμμετεχόντων (all-pay).

Σε ένα μοντέλο πληρωμής μόνο του νικητή (winner-pay), μόνο ο νικητής/ες λαμβάνουν το αντίτιμο της πλειοδοσίας και περιλαμβάνει δύο στάδια [32]. Το πρώτο στάδιο είναι η υποβολή προσφορών στο οποίο οι υποψήφιοι υποβάλλουν προσφορές για να δηλώσουν την πρόθεσή τους να συμμετάσχουν (π.χ., πόσα δεδομένα αισθητήρα θα συλλέξουν και το ποσό της πληρωμής που επιθυμούν). Το δεύτερο στάδιο είναι η συμβολή κατά το οποίο οι νικητές (ένα υποσύνολο που επιλέγονται από όλους τους πλειοδότες) εκτελούν την εργασία (**Εικόνα 7**). Αντιθέτως, στο μοντέλο πληρωμής όλων των συμμετεχόντων (all-pay) (APA), όλοι οι πλειοδότες πρέπει να πληρώσουν ή να εκπληρώσουν τις προσφορές ανεξάρτητα από το ποιος κερδίζει τη δημοπρασία. Αυτό φαίνεται να είναι μη εφαρμόσιμο στην πράξη, και πράγματι, η APA σπάνια χρησιμοποιείται για την πώληση παραδοσιακών αγαθών, αλλά υπάρχει στην πραγματικότητα διαδεδομένα, υπό μια άλλη μη προφανή μορφή, όπως για παράδειγμα, σε πολιτικές εκστρατείες, προαγωγές εργασίας, όπου όλοι οι υποψήφιοι ασκούν τεράστιες προσπάθειες χωρίς να ξέρουν αν θα είναι πράγματι οι νικητές (**Εικόνα 7**) [32].



Εικόνα 7: Περιγραφή της διαδικασίας του μοντέλου πληρωμής μόνο των νικητών (winner-pay) και μοντέλου πληρωμής όλων των συμμετεχόντων (all-pay) [32]

Τροποποιήσεις του μοντέλου δημοπρασίας

Η χρονική συνέπεια του MCS προκαλεί ένα κρίσιμο θέμα βιωσιμότητας (Sustainability) στο οποίο οι συμμετέχοντες μπορούν να εγκαταλείψουν λόγω έλλειψης μακροπρόθεσμης δέσμευσης [32]. Ένας τρόπος για να διατηρηθούν οι συμμετέχοντες είναι η εκτέλεση μιας αρχικής δημοπρασίας σε πολλαπλές επαναλήψεις, καθεμία σε μικρότερες περιόδους, έτσι ώστε να μειωθεί ο κύκλος αποδοχών και να επιλεγούν περισσότεροι νικητές. Ωστόσο, σύμφωνα με ένα τέτοιο σύστημα, πολλοί εργαζόμενοι μπορεί να συνεχίσουν να χάνουν διαδοχικούς γύρους και έτσι να παραμένουν απογοητευμένοι [32].

Για τον λόγο αυτό προτείνονται τρεις τροποποιήσεις του παραδοσιακού σχεδιασμού δημοπρασιών για τη βελτίωση της βιωσιμότητας (Sustainability). Αρχικά, επανασχεδιάζεται ο κανόνας κατανομής καθορίζοντας τους νικητές και χρησιμοποιώντας:

- Η (πιθανώς χρονικά μειωμένη) σωρευτική συνεισφορά κάθε μη νικητή και όχι η συνεισφορά του, μόνο στον τρέχοντα γύρο, ή
- Μια πιθανότητα νίκης που εισάγει διακρίσεις, η οποία είναι συνάρτηση προηγούμενων χαμένων γύρων, έτσι ώστε οι χαμένοι να «επιδοτούνται» με υψηλότερες πιθανότητες νίκης στη συνέχεια.

Δεύτερον, επανασχεδιάζεται ο κανόνας πληρωμής έτσι ώστε η ανταμοιβή να είναι προσαρμοσμένη στο ιστορικό ηττών ενός νικητή. Για παράδειγμα να εισάγεται ένα προσαρμοστικό βραβείο το οποίο θα ποικίλει ανάλογα με τη σωρευτική συνεισφορά του νικητή, ώστε οι εργαζόμενοι να ενθαρρύνονται να συνεισφέρουν περισσότερο από την περίπτωση της σταθερής ανταμοιβής. Τρίτον, αν και η θεωρία δεν δείχνει κανένα οριστικό πλεονέκτημα μεταξύ των απλών και πολλαπλών βραβείων όσον αφορά τα έσοδα (συνολική συνεισφορά), συνίσταται η χρήση πολλαπλών βραβείων για το MCS. Αυτό συμβαίνει επειδή περιορίζει την «πείνα», ειδικά όταν το μέγεθος του πλήθους είναι μεγάλο, και είναι φιλικά προσκείμενο [32].

Οι δημοπρασίες έχουν μελετηθεί εκτενώς εδώ και δεκαετίες και (κυρίως λόγω αυτού) υιοθετούνται ευρέως στη βιβλιογραφία MCS ως μηχανισμός παροχής κινήτρων. Ωστόσο, μια πρόσφατη κριτική επισημαίνει ότι οι δημοπρασίες ενδέχεται να μην είναι πάντα κατάλληλες για το MCS λόγω του τέλει διακριτού τους χαρακτήρα. Διαισθητικά, αυτό σημαίνει ότι κάποιος πρέπει να υπερκαλύπτει όλους τους άλλους για να κερδίσει. Με άλλα λόγια, οι δημοπρασίες είναι τόσο ανταγωνιστικές ώστε οι υποψήφιοι «αδύναμου» (χαμηλότερου τύπου) προφίλ να μην κερδίζουν ποτέ. Έτσι, ενώ θα μπορούσαν να είναι μια ανώτερη επιλογή για CrowdSourcing που απαιτεί πρωταρχική ποιότητα από τους ισχυρούς παίκτες, ωστόσο μπορεί να μην είναι πολύ κατάλληλη για MCS, η οποία στοχεύει να αναλάβει τις βάσεις εκτέλεσης πολύ απλών καθηκόντων όπως, συλλογή δεδομένων αισθητήρων, όπου η μαζική συμμετοχή είναι πρωταρχική προτεραιότητα για την επίτευξη της απαιτούμενης γεωγραφικής κάλυψης [32].

Η κατηγορία του διαγωνισμού

Σε αυτή την περίπτωση η λοταρία ή η γενικευμένη μορφή του διαγωνισμού Tullock, είναι μια καλή εναλλακτική λύση για την επίλυση αυτού του ζητήματος. Καθώς οι προσφορές καθορίζουν μόνο τις πιθανότητες νίκης, ο καθένας έχει την ευκαιρία να κερδίσει, ανεξάρτητα από το πόσο «αδύναμος» είναι. Ένας διαγωνισμός Tullock είναι ένα παιχνίδι πιθανοτήτων στο οποίο ο νικητής δεν καθορίζεται από την κατάταξη των προσφορών αλλά από μια πιθανότητα, που ορίζεται από μια συνάρτηση διαγωνιστικής επιτυχίας (CSF) με $p_i = \frac{b_i^r}{\sum_j b_j^r}$. Εδώ το b_i αντιστοιχεί στην προσφορά του i πλειοδότη και r είναι ένας σταθερός εκθέτης. Όταν $r = 1$, αποδίδει μια λαχειοφόρο αγορά η οποία είναι η απλούστερη μορφή των διαγωνισμών Tullock [32].

Οι διαγωνισμοί Tullock είναι εγγενώς πιο βιώσιμοι από ότι οι δημοπρασίες, διότι η ατελής διάκριση επιτρέπει μια πιο ομοιόμορφη κατανομή των κερδισμένων θέσεων και έτσι βοηθά στη διατήρηση των συμμετεχόντων. Αυτό είναι πολύ ελκυστικό για τους εργαζόμενους που συχνά αποτελούν την πλειοψηφία των συμμετεχόντων στο MCS, κάτι που δεν συμβαίνει κατ'ανάγκη στην περίπτωση του CrowdSourcing. Ως εκ τούτου, όπως αποδεικνύεται, πολλές χώρες διαχειρίζονται εθνικές λαχειοφόρες αγορές, στις οποίες συμμετέχουν εκατομμύρια άνθρωποι. Αποδεικνύεται επίσης ότι, η δημοπρασία και η λαχειοφόρος αγορά είναι δύο συμπληρωματικοί μηχανισμοί. Μια τυπική λαχειοφόρος αγορά, όταν εφαρμόζεται σε MCS, διεξάγεται διαμέσου αμοιβής, υπό την έννοια ότι όλες οι προσφορές είναι πραγματικές συνεισφορές [32].

Παρότι, οι δημοπρασίες και οι διαγωνισμοί Tullock τείνουν να χρησιμοποιούν οικονομικά κίνητρα, αυτά μπορεί να είναι λιγότερο αποτελεσματικά όταν το ποσό είναι ασήμαντο (για παράδειγμα λόγω της μικρής έκτασης των εργασιών MCS) ή όταν η εργασία έχει ηθικές συνέπειες (π.χ. συλλογή δεδομένων σχετικών με την υγειονομική περίθαλψη για ηλικιωμένους).

Σύστημα Εμπιστοσύνης και Φήμης

Ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος μη χρηματικός μηχανισμός κινήτρων είναι τα συστήματα εμπιστοσύνης και φήμης [32]. Η εμπιστοσύνη είναι μία τοπική και υποκειμενική

μετρική της σχέσης μεταξύ δύο ατόμων ή παραγόντων και μπορεί να προέλθει από άμεσες ή έμμεσες παρελθούσες αλληλεπιδράσεις. Η φήμη είναι μία παγκόσμια και μάλλον αντικειμενική μετρική η οποία στοχεύει στη συγκέντρωση της εμπιστοσύνης όλων των άλλων ανθρώπων σε ένα συγκεκριμένο άτομο. Η εμπιστοσύνη και η φήμη έχουν τεράστια επίδραση στην κοινωνική αναγνώριση και την πίεση από τον περίγυρο και ως εκ τούτου είναι αποτελεσματικές πηγές κινήτρων, όπως υποστηρίζονται τόσο από την επιστημονική έρευνα όσο και από την πρακτική (π.χ. Quora και StackOverflow) [32].

Ένα γνωστό ηλεκτρονικό σύστημα εμπιστοσύνης και φήμης είναι το σύστημα φήμης Beta, το οποίο χρησιμοποιεί μια τιμή της κατανομής για να διαμορφώσει το βαθμό στον οποίο ένας χρήστης i εμπιστεύεται έναν άλλο χρήστη j . Ένας άλλος μηχανισμός κινήτρων που βασίζεται σε εμπιστοσύνη και φήμη για το MCS είναι ο απλός ιστός επικύρωσης (SEW). Πρόκειται για ένα κοινωνικό δίκτυο που συνδέει τους συμμετέχοντες με μια σχέση επικύρωσης, όπου ο χρήστης i επικυρώνει τον χρήστη j να είναι «καλός» συνεισφέρων [32].

Η εμπιστοσύνη και η φήμη μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην MCS για να ενθαρρύνουν τους εργαζόμενους να συνεισφέρουν πιο αξιόπιστα δεδομένα. Για παράδειγμα, σε ένα σύστημα ασαφούς συμπερασμού καθορίζουν την εμπιστοσύνη, με δεδομένο την ποιότητα των εισερχόμενων δεδομένων και την εμπιστοσύνη του συμμετέχοντα. Εάν η εμπιστοσύνη εξόδου είναι υψηλότερη από ένα όριο, η φήμη του συμμετέχοντος θα αυξηθεί, διαφορετικά θα μειωθεί. Στη συνέχεια, η φήμη χρησιμοποιείται ως παράγοντας κλιμάκωσης της ανταμοιβής, με αποτέλεσμα να δίδεται κίνητρο σε κάθε εργαζόμενο να βελτιώσει την ποιότητα της συμβολής του και να συμβάλει περισσότερο [32].

Τα συστήματα εμπιστοσύνης και φήμης είναι γενικά πιο βιώσιμα από τους μηχανισμούς οικονομικών κινήτρων, εξαιτίας της κενής οικονομικής επιβάρυνσης και της μακροπρόθεσμης κοινωνικής επιρροής. Από την άλλη πλευρά, μια μεγάλη πρόκληση για την εμπιστοσύνη και τα συστήματα φήμης είναι το πρόβλημα της «ψυχρής εκκίνησης», δηλαδή η δυσκολία υπολογισμού της αξιοπιστίας ενός χρήστη κατά την εκκίνηση. Στη συνέχεια της μελέτης αυτής παρουσιάζονται άλλοι τρεις επιπλέον μηχανισμοί παροχής κινήτρων οι οποίοι είναι λιγότερο συνηθισμένοι στη βιβλιογραφία του MCS, αλλά έχουν μεγάλες δυνατότητες [32].

«Το παιχνίδι της Διαπραγμάτευσης»

Σε ένα παιχνίδι διαπραγμάτευσης (Bargaining games) υπάρχουν δύο κλασσικά μοντέλα, όπου αποδίδουν σε κάθε πλευρά τη δυνατότητα απόδοσης αμοιβαίων διαπραγματεύσιμων κερδών. Το μοντέλο διαπραγμάτευσης «Rubinstein» υιοθετεί μια στρατηγική προσέγγιση για να μοντελοποιήσει τη διαδικασία διαπραγμάτευσης ως ένα διαδοχικό παιχνίδι, στο οποίο οι δύο παίκτες προτείνουν εναλλακτικά προσφορές έως ότου γίνει δεκτή η προσφορά που προτείνεται από την άλλη πλευρά. Το άλλο μοντέλο διαπραγμάτευσης είναι το μοντέλο του Nash και ακολουθεί μία αξιωματική προσέγγιση η οποία εξάγει ένα αποτέλεσμα που ικανοποιεί ορισμένα αξιώματα [32].

Θεωρία Σύμβασης

Ένας ακόμη διαφορετικός μηχανισμός κινήτρων είναι η θεωρία σύμβασης (Contract theory). Σε αυτό το μηχανισμό οι δύο παίκτες παίρνουν πολύ διαφορετικούς ρόλους. Ο ένας παίκτης, που ονομάζεται κύριος παίκτης, έχει όλη τη διαπραγματευτική δύναμη και θέτει μια σύμβαση, η οποία μπορεί να περιέχει έναν κατάλογο συμβόλων. Ο άλλος, που ονομάζεται πράκτορας παίκτης, μπορεί να δεχτεί ή να απορρίψει τη σύμβαση αυτή ή ακόμη και να αποδεχθεί ένα συγκεκριμένο συμβόλαιο, χωρίς την δυνατότητα αντιπρότασης, όπως των διαπραγματεύσεων. Εκεί συναντούμε δύο βασικά μοντέλα συμβολαίων. Το πρώτο μοντέλο της δυσμενούς επιλογής (the adverse selection model), στο οποίο ο πράκτορας έχει ορισμένες κρυφές πληροφορίες τις οποίες προσπαθεί να αποκομίσει ο κύριος υπόχρεος και δεύτερο το μοντέλο ηθικού κινδύνου (the moral hazard model), στο οποίο ο πράκτορας θα μπορούσε να ασκήσει κάποια κρυφή προσπάθεια η οποία είναι εκτός οικονομικής ευχέρειας για τον κύριο παίκτη, και ο αρχηγός προσπαθεί να ικανοποιήσει ένα επιθυμητό επίπεδο προσπάθειας με το ελάχιστο κόστος [32].

Ο μηχανισμός καθοδηγούμενος από τις απαιτήσεις της αγοράς

Ο τελευταίος μηχανισμός κινήτρων αναφέρεται στα νομισματικά κίνητρα που ενδέχεται να αντιμετωπίσουν οικονομική βιωσιμότητα, όπου οι σταθερές πληρωμές προς τους εργαζόμενους θα μπορούσαν να επιβάλουν αυστηρή επιβάρυνση στον προϋπολογισμό. Μια λύση είναι μηχανισμοί που βασίζονται στην αγορά (Market-driven mechanisms), οι

οποίοι εκμεταλλεύονται την αλληλεπίδραση μεταξύ προσφοράς και ζήτησης για τη δημιουργία κινήτρων και την εξάλειψη της οικονομικής επιβάρυνσης από τα συστήματα MCS. Για να λειτουργήσει ένας μηχανισμός που βασίζεται στην αγορά, το σύστημα MCS πρέπει πρώτα να δημιουργήσει μια αγορά. Συγκεκριμένα, δεδομένου ότι η προσφορά παρέχεται από τους εργαζόμενους MCS, ο στόχος είναι η δημιουργία ζήτησης, δηλαδή η προσέλκυση καταναλωτών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με, (i) την προσφορά μιας αναγκαστικής ενημερωτικής υπηρεσίας πάνω στα συλλεχθέντα δεδομένα αισθητήρων (π.χ. μέσω αναλύσεων δεδομένων), ή (ii) την απλή παροχή των ακατέργαστων δεδομένων εάν φέρει σημαντική αξία σε ορισμένους χρήστες [32].

Το επόμενο βήμα είναι ο σχεδιασμός ενός μηχανισμού που βασίζεται στην αγορά και χρησιμοποιεί ένα από τα παρακάτω μοντέλα. Σε ένα «fine-grained» μοντέλο, κάθε αίτηση παροχής υπηρεσιών από έναν καταναλωτή μπορεί να αντιστοιχιστεί σε ένα συγκεκριμένο σύνολο συνεισφορών δεδομένων. Για παράδειγμα, ένας καταναλωτής μπορεί να ρωτήσει «τη μέση ταχύτητα κυκλοφορίας του Road-7 την προηγούμενη ώρα». Σε τέτοιες περιπτώσεις, η αγορά μπορεί να διανείμει την πληρωμή του καταναλωτή σε εργαζόμενους που συνέβαλαν δεδομένα στο συγκεκριμένο περιβάλλον. Αντίθετα σε ένα μοντέλο «coarse-grained», κάθε κατανάλωση εξυπηρετείται μέσω της εξόρυξης μεγάλου συνόλου δεδομένων ή πολλαπλών συνόλων δεδομένων. Δεν είναι δυνατόν ή πρακτικό να προσδιοριστεί ποιες συγκεκριμένες συνεισφορές χρησιμοποιούνται και σε ποιο βαθμό. Επομένως, η προσφορά και η ζήτηση μπορούν να υπολογιστούν σε μακροοικονομική βάση χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους για τον καθορισμό της τιμολόγησης και της κατανομής των πληρωμών. Και στα δύο μοντέλα, είναι πιθανό κάθε χρήστης να διαδραματίζει διπλό ρόλο τόσο των συνεισφερόντων όσο και των καταναλωτών υπηρεσιών [32].

Οι μηχανισμοί με γνώμονα την αγορά βελτιώνουν έτσι τη βιωσιμότητα, χάνοντας οικονομική επιβάρυνση από το σύστημα. Είναι επίσης επωφελείς για την εγγενή τους ικανότητα να ρυθμίζουν την ανισορροπία προσφοράς ανάμεσα σε δημοφιλείς και μη δημοφιλείς περιοχές ή ώρες αιχμής και μη. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρέωση υψηλότερων τιμών σε χωροχρονικές περιφέρειες με χαμηλότερη προσφορά αλλά υψηλότερη ζήτηση και αντίστροφα, γεγονός που ενθαρρύνει τους εργαζόμενους να μετακινούνται σε περιοχές επιλογής του συστήματος για να εκτελούν καθήκοντα MCS.

Συνοψίζοντας, στην υποενότητα αυτή, ανάλογα με τον τύπο της εφαρμογής και της απαιτήσεως του συστήματος, καθώς και των χρηστών εφαρμόζεται ένας κανόνας

αντιστοίχισης των κινήτρων με κάποιες συγκεκριμένες κατηγορίες. Σε γενικές γραμμές, οι δημοπρασίες ταιριάζουν σε εφαρμογές έντονης προσπάθειας ή γνώσης, ενώ οι λαχειοφόρες αγορές ταιριάζουν σε σενάρια μικρο-εργασιών (micro task). Τα συστήματα εμπιστοσύνης και φήμης ανταποκρίνονται καλύτερα όταν το έργο έχει ισχυρές ηθικές και κοινωνικές επιπτώσεις, ενώ οι μηχανισμοί που βασίζονται στην αγορά αποτελούν μια ανώτερη επιλογή όταν τα δεδομένα ανίχνευσης έχουν μεγάλη εμπορική αξία. Και οι δύο μηχανισμοί έχουν καλή οικονομική βιωσιμότητα. Τα παιχνίδια διαπραγμάτευσης ταιριάζουν με την κατάσταση όταν οι εργαζόμενοι και ο αιτών εργασία έχουν συγκρίσιμη διαπραγματευτική ισχύ, ενώ οι συμβάσεις προτιμώνται όταν ο αιτών εργασία δεσπόζει στη λήψη αποφάσεων.

3.3 Παρουσίαση Μηχανισμών Κινήτρων

3.3.1 INCEPTION

Ένα καινοτόμο πλαίσιο του MCS συστήματος το οποίο αποτελείται από ένα μηχανισμό κινήτρων, ένα μηχανισμό συλλογής δεδομένων και ένα μηχανισμό διαταραχής δεδομένων είναι το **INCEPTION** [4]. Συγκεκριμένα, ο μηχανισμός κινήτρων της πλατφόρμας επιλέγει τους εργαζόμενους που είναι πιο πιθανό να παρέχουν αξιόπιστα δεδομένα και αντισταθμίζει το κόστος τους, τόσο για την ανίχνευση, όσο και για τη διαρροή της ιδιωτικής ζωής. Ο μηχανισμός συλλογής δεδομένων ενσωματώνει την αξιόπιστη ανταλλαγή δεδομένων των εργαζομένων, για τη δημιουργία συγκεντρωτικών αποτελεσμάτων με ακρίβεια, ενώ ο μηχανισμός διαταραχής των δεδομένων εξασφαλίζει ικανοποιητική προστασία της ιδιωτικής ζωής των εργαζομένων και επιθυμητή ακρίβεια για τα τελικά παραποιημένα αποτελέσματα.

Οι **βασικές οντότητες** του συστήματος είναι οι εργαζόμενοι (**workers**) που συνεισφέρουν με τα δεδομένα τους, η **πλατφόρμα** και οι **μηχανισμοί**. Ο μηχανισμός κινήτρων που χρησιμοποιείται είναι ένας δημοπρατικά αντίστροφος μηχανισμός (reverse auction-based mechanism) ο οποίος αντισταθμίζει το κόστος, τόσο για την ανίχνευση όσο και για τη διαρροή των προσωπικών δεδομένων. Επίσης ικανοποιεί μια αξιόπιστη και λογική

σύνδεση και ελαχιστοποιεί το συνολικό κόστος πληρωμής της πλατφόρμας για την πρόσληψη εργαζομένων με εγγυημένο λόγω προσέγγισης.

Η πλατφόρμα στηρίζεται σε ένα σύστημα εικονικής αποθήκευσης δεδομένων σε απευθείας σύνδεση (cloud-based system). Αναλυτικά, η πλατφόρμα περιλαμβάνει N πλήθος εργαζομένων (workers) και K ανιχνευτικές εργασίες (sensing Tasks) τα οποία συμβολίζονται ως $T = \{T_1, \dots, T_K\}$, όπου $T_j \in T$. Δηλαδή, η πλατφόρμα διαθέτει ένα σύνολο από εργασίες, τις οποίες αναθέτει προς ανίχνευση στους εργαζόμενους και κάθε εργαζόμενος χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο εργασιών. Για κάθε εργασία που διανέμει και συλλέγει η πλατφόρμα μέσω του μηχανισμού συλλογής (aggregation mechanism), συγκεντρώνει ένα σύνολο το οποίο συμβολίζεται ως x_j . Το σύνολο αυτό μειώνει τα λάθη που έχουν δημιουργηθεί κατά την διαδικασία παραποίησης των δεδομένων.

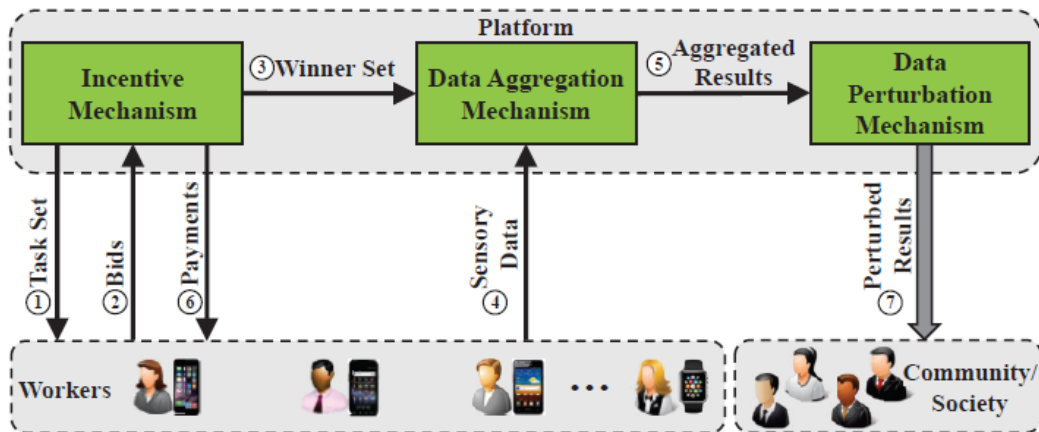
Σύμφωνα με τον πρώτο ορισμό του άρθρου [4] (**Def. 1**) το τελικό αποτέλεσμα περιέχει θόρυβο για να εξασφαλίσει το απόρρητο των δεδομένων (Differential Privacy). Ο μηχανισμός ορίζεται ως η διανυσματική αντιστοίχιση των αρχικών δεδομένων που τοποθετούνται σε έναν πίνακα, με το τελικό διάνυσμα των παραποιημένων δεδομένων, ως εξής:

$$M: ([0,1] \cup \{1\})^{N \times K} \rightarrow \mathbb{R}^{K \times 1}$$

και ο μηχανισμός M είναι ϵ – differentially private όταν,

$$\Pr[M(x) \in A] \leq \exp(\epsilon) \Pr[M(x') \in A]$$

Όπου, ϵ είναι ένας μικρός θετικός αριθμός που αναφέρεται ως προϋπολογισμός απορρήτου (privacy budget).



Εικόνα 8: Το πλαίσιο του INCEPTION [4], (όπου η απαρίθμηση στα βέλη αντιστοιχεί στη σειρά των γεγονότων που εκτελούνται)

Σύμφωνα με την εικόνα που δίνεται, η διαδικασία του πλαισίου ξεκινάει με την ανακοίνωση των ανιχνευμένων ενεργειών και τον καθορισμό ενός ανώτατου ορίου προϋπολογισμού που διαθέτεται για την εξασφάλιση του απορρήτου των εργαζομένων (βέλος 1). Στη συνέχεια, η πλατφόρμα εφαρμόζει το μηχανισμό reverse auction incentive mechanism, για να συλλέξει δεδομένα από τους εργαζόμενους (workers/auctioneers), δίνοντάς τους τον ρόλο των πλειοδοτών. Κάθε εργαζόμενος w_i αποστέλλει την προσφορά του στην πλατφόρμα, ως εξής:

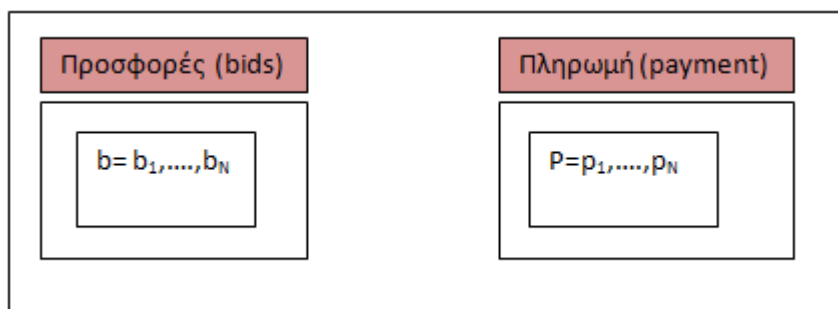
$$b_i = (T_i, b_i^s, b_i^p), \text{ όπου}$$

T_i : είναι το σύνολο των εργασιών (Tasks)

b_i^s : είναι η τιμή προσφοράς (bid) για την εκτέλεση της εργασίας

b_i^p : είναι η απώλεια απορρήτου μονάδας

Η πλατφόρμα αφού ελέγξει τις προσφορές, καθορίζει τους νικητές και την πληρωμή p_i για κάθε νικητή εργαζόμενο w_i , **Εικόνα 9**. Οι εργαζόμενοι που δεν έχουν επιλεγθεί από την πλατφόρμα δεν εκτελούν την εργασία και δεν λαμβάνουν πληρωμή (βέλος 2).



Εικόνα 9: Αντιστοίχιση των προσφορών με τις πληρωμές των χρηστών

Ο μηχανισμός συλλογής δεδομένων (data aggregation mechanism) δημιουργεί ένα συνολικό αποτέλεσμα x_i , για κάθε εργασία T_j (βέλος 3), εφόσον έχει συλλέξει τα ανιχνευμένα δεδομένα η πλατφόρμα (βέλος 4). Καθορίζεται η αμοιβή σύμφωνα με το p (βέλος 5) και αποκαλύπτεται το ποσό του προϋπολογισμού απορρήτου (privacy budget) (βέλος 6). Τέλος η ο μηχανισμός παραποίησης των δεδομένων προσθέτει τυχαίο θόρυβο στα αρχικά δεδομένα που είχε συλλέξει και κοινοποιεί τα τροποποιημένα (βέλος 7). Το \hat{x}_i χρησιμοποιείται για να ορίσουμε τα αποτελέσματα για κάθε εργασία T_j .

Σύμφωνα με τον δεύτερο ορισμό του άρθρου [4] (**Def. 2**) το επίπεδο δεξιοτήτων των εργαζομένων ορίζεται ως η αναμενόμενη διαφορά μεταξύ δεδομένων που προσφέρουν οι εργαζόμενοι και των πραγματικών δεδομένων. Συμβολίζεται με $\theta = [\theta_{i,j}] \in [0,1]^{N \times K}$, όπου το θ είναι γνωστό εκ των προτέρων στην πλατφόρμα και καταχωρείται σε αρχείο μέσω μεθόδων.

Είναι επίσης γνωστό ότι ο κάθε εργαζόμενος θέλει να πετύχει το μέγιστο δυνατό κέρδος για τον λόγο αυτό κάθε εργαζόμενος έχει το δικαίωμα να υποβάλει προσφορά μόνο σε ένα υποσύνολο εργασιών της πλατφόρμας. Τα υποσύνολα εργασιών ονομάζονται bundles. Σύμφωνα με τον τρίτο ορισμό του άρθρου [4] (**Def. 3**) το κόστος διεργασιών της πλατφόρμας καθορίζεται μέσω του μηχανισμού κινήτρων και το μοντέλο που χρησιμοποιείται είναι η μονομερή αντίστροφη συνδυαστική δημοπρασία (Single Minded Reverse Combinatorial Auction –pSRC Auction). Σε αυτό το μοντέλο κάθε εργαζόμενος έχει ένα μόνο διαθέσιμο υποσύνολο εργασιών Γ_i και το κόστος της πλατφόρμας για να εκτελέσει αυτά τα υποσύνολα συμβολίζεται ως C_i^s , το οποίο είναι άγνωστο στην πλατφόρμα. Επιπλέον, το κόστος

διατήρησης απορρήτου συμβολίζεται ως $C_i^p(\epsilon)$ για ϵ -διαφορικό. Επομένως η συνάρτηση κόστους είναι η εξής:

$$C_i(\Gamma, \epsilon) = \begin{cases} C_i^s + C_i^p(\epsilon), & \text{αν } \Gamma \subseteq \Gamma_i^* \\ +\infty, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

Το παραπάνω κόστος είναι διαφορετικό από τα προηγούμενα και απειρίζεται για υποσύνολα εργασιών που δεν ενδιαφέρουν τους εργαζόμενους ή απλά η πλατφόρμα δεν μπορεί να υποστηρίξει. Όσον αφορά την χρησιμότητα των εργαζομένων (Worker's Utility), σύμφωνα με τον τέταρτο ορισμό του άρθρου [4] (**Def. 4**) καθορίζεται από την επόμενη σχέση:

$$Utility \Rightarrow U_i = \begin{cases} P_i - C_i^s - C_i^p \epsilon, & w_i \in S \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

Όπου p : συνολικό ποσό πληρωμής μέσω της πλατφόρμας.

Ο πέμπτος ορισμός του άρθρου [4] (**Def. 5**), καθορίζει το συνολικό ποσό πληρωμής μέσω της πλατφόρμας (Platforms Total Payment) και είναι η εξής σχέση:

p : προφίλ πληρωμής

S : σύνολο των νικητών

$$Total\ Payment \Rightarrow P = \sum_{i:w_i \in S} p_i$$

Σύμφωνα με τον έκτο ορισμό του άρθρου [4] (**Def. 6 - Truthfulness**), η δημοπρασία pSRC είναι ειλικρινής εάν και μόνο εάν, η προσφορά της πραγματικής αξίας είναι η κυρίαρχη στρατηγική για κάθε εργαζόμενο. Αν η προσφορά μεγιστοποιεί την χρησιμότητα (Utility) κάθε εργαζόμενου για όλες τις πιθανές τιμές των προσφορών άλλων εργαζομένων και τον προϋπολογισμό απορρήτου ϵ .

Στον έβδομο ορισμό του άρθρου [4] (**Def. 7- Individual Rationality**), καθορίζεται ότι το κόστος ανίχνευσης και το κόστος διατήρησης απορρήτου αντισταθμίζονται και αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για τη συμμετοχή. Όπως έχει ήδη αναφερθεί τα τελικά δεδομένα είναι αλλοιωμένα για λόγους ασφαλείας. Σύμφωνα με τον όγδοο ορισμό του άρθρου [4] (**Def.**

8 – (a,b)-Accuracy), υπάρχει η πρόθεση από τους ερευνητές να μην προκαλείται μέσω του μηχανισμού αλλοίωσης (Perturbation Mechanism), μεγάλη απόκλιση των διαταραγμένων δεδομένων σε σχέση με τα δεδομένα που λαμβάνονται, ώστε να μην δημιουργούνται σφάλματα.

Ο μηχανισμός κινήτρων, όπως προαναφέρθηκε βασίζεται στον αλγόριθμο pSRC και σκοπός του είναι να ελαχιστοποιήσει το συνολικό ποσό αποπληρωμής της πλατφόρμας (platform payment), χρησιμοποιώντας το μηχανισμό συγκέντρωσης, με ακρίβεια. Μια τέτοια επιλογή σχεδιασμού αποτυπώνει ακριβώς το στόχο των περισσότερων συστημάτων MCS, δηλαδή τη συλλογή δεδομένων υψηλής ποιότητας από το πλήθος, με ελάχιστη συνολική δαπάνη. Στο υπόλοιπο άρθρο δίνονται οι δύο αλγόριθμοι καθορισμού του νικητή της πλειοδοσίας (pSRC Auction Winner Determination - Algorithm 2) και αλγόριθμος κοστολόγησης (pSRC Auction Pricing - Algorithm 3). Ο αλγόριθμος 2 και ο αλγόριθμος 3 δέχονται τις ίδιες παραμέτρους, όμως ο αλγόριθμος 3 χρησιμοποιεί τους νικητές που έχει βρει ο αλγόριθμος 2. Επίσης στον αλγόριθμο 3 κάθε νικητής πληρώνεται με το υπέρτατο όριο όλων των εικονικών τιμών που μπορούν να τον κάνουν νικητή, όπου ονομάζεται κρίσιμη πληρωμή (critical payment).

3.3.2 CENTURION

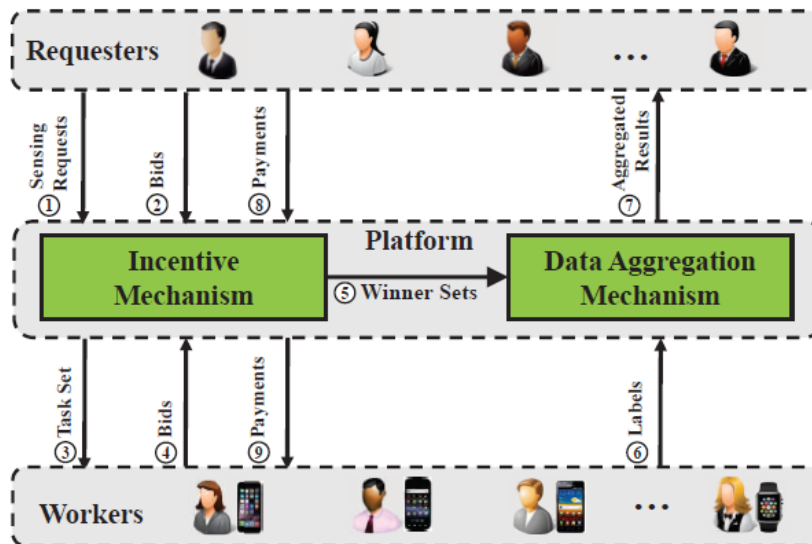
Ένα παρόμοιο πλαίσιο με το INCEPTION [4] αποτελεί το **CENTURION** [3]. Το **CENTURION** είναι ένα ολοκληρωμένο πλαίσιο για συστήματα MCS πολλαπλών αιτήσεων, που αποτελείται επίσης από έναν μηχανισμό κινήτρων και έναν μηχανισμό συνάθροισης δεδομένων. Ο μηχανισμός κινήτρων του πλαισίου ικανοποιεί την ειλικρίνεια (truthfulness), την ατομική λογική (individual rationality), την υπολογιστική αποτελεσματικότητα (computational efficiency), καθώς και τη μη αρνητική κοινωνική ευημερία (non-negative social welfare). Παράλληλα, ο μηχανισμός συσσωμάτωσης δεδομένων δημιουργεί πολύ ακριβή συγκεντρωτικά αποτελέσματα.

Ο aggregation mechanism σε συνδυασμό με τον incentive mechanism λαμβάνει υπόψη του τη διαφορετική αξιοπιστία δεδομένων των εργαζόμενων (workers) για τον υπολογισμό του συνολικού αποτελέσματος. Ενώ ο μηχανισμός κινήτρων είναι υπεύθυνος για τη συλλογή των εργαζομένων, οι οποίοι προσφέρονται να συνεισφέρουν με πιο αξιόπιστα

δεδομένα. Ο μηχανισμός κινήτρων είναι ένας αμφίδρομος μηχανισμός πλειοδοσίας (double auction), ο οποίος εμπλέκει πλειοδοτικές ενέργειες, όχι μόνο από την πλευρά των εργαζομένων, αλλά και από την πλευρά των αιτούντων δεδομένα και έχει τη δυνατότητα απόδοσης κινήτρων συμμετοχής και για τις δύο πλευρές.

Το CENTURION [3] είναι ένα MCS σύστημα αποτελούμενο από τις εξής οντότητες: έναν διακομιστή εικονικής αποθήκευσης δεδομένων σε απευθείας σύνδεση (cloud based server), ένα σύνολο από workers συμβολίζοντάς τους ως $W = \{w_1, \dots, w_N\}$ και ένα σύνολο αιτούντων δεδομένα (requesters) οι οποίοι συμβολίζονται ως $R = \{r_1, \dots, r_M\}$. Κάθε αιτών δεδομένα πρέπει να αναθέσει μία εργασία T_j προς τους εργαζόμενους. Το σύνολο όλων των εργασιών από τους αιτούντες συμβολίζεται ως $T = \{T_1, \dots, T_M\}$. Κάθε εργασία είναι ένα σύνολο από M διαφορετικές δυαδικά κατηγοριοποιημένες εργασίες, οι οποίες απαιτούν εργαζόμενους για να επιλέξουν τοπικά τις κλάσεις των γεγονότων ή των αντικειμένων, και να κοινοποιήσουν προς την πλατφόρμα τις αποφάσεις τους (π.χ. τις ετικέτες των γεγονότων ή των αντικειμένων που έχουν παρατηρηθεί). Επιπλέον κάθε εργασία έχει μία πραγματική ετικέτα $l_i \in \{-1, +1\}$, άγνωστη προς τους αιτούντες δεδομένα, την πλατφόρμα, και τους εργαζόμενους. Αν ένας εργαζόμενος w_i έχει επιλεγεί για να εκτελέσει μία εργασία T_j , θα προστεθεί στα δεδομένα της πλατφόρμας και μία ετικέτα $l_{i,j}$. Ορίζεται ως $l = [l_{i,j}] \in \{-1, +1, \perp\}_{N \times M}$ ως ο πίνακας που περιέχει όλες τις ετικέτες των εργαζομένων, όπου $l_{i,j} = \perp$ σημαίνει ότι η εργασία T_j δεν εκτελείται από τον εργαζόμενο w_i . Επίσης για κάθε εργασία T_i , η πλατφόρμα συγκεντρώνει τις ετικέτες των εργαζομένων σε ένα συνολικό αποτέλεσμα, όπου αναφέρεται ως \hat{l}_j , προκειμένου να εμποδίσει τα σφάλματα από κάθε εργαζόμενο ξεχωριστά.

Στην παρακάτω **Εικόνα 10** περιγράφεται η διαδικασία ενεργειών του πλαισίου CENTURION [3]. Οι τρεις οντότητες που αλληλεπιδρούν είναι οι αιτούντες δεδομένα, η πλατφόρμα που περιλαμβάνει τους μηχανισμούς και οι εργαζόμενοι. Παρακάτω δίνονται τα βήματα και οι ενέργειες με τη μορφή διαλόγου.



Εικόνα 10: Το πλαίσιο του CENTURION [3], (όπου η απαρίθμηση στα βέλη αντιστοιχεί στη σειρά των γεγονότων που εκτελούνται)

Μηχανισμός Κινήτρων: Αρχικά (βήμα 1) στον αμφίδρομο μηχανισμό πλειοδοσίας, κάθε αιτών δεδομένα (requester) r_j , αποδέχεται και αποστέλλει στη πλατφόρμα ένα αίτημα ανίχνευσης, το οποίο περιλαμβάνει την εκτέλεση μιας ανιχνευτικής εργασίας T_j (καθώς και το ποσό a_j , το οποίο θα διαθέσει για την εκτέλεση της εργασίας (βήμα 2)). Έπειτα, (βήμα 4) η πλατφόρμα ανακοινώνει το σύνολο των εργασιών που είναι προς εκτέλεση από τους εργαζόμενους (worker). Αφού λάβει το σύνολο των εργασιών, κάθε εργαζόμενος w_i , στέλνει στην πλατφόρμα τις επιλογές των εργασιών που επιθυμεί να εκτελέσει, τα οποία συμβολίζονται ως $\Gamma_i \subseteq T$, όπως και το ποσό της πλειοδοσίας τους b_i , για την εκτέλεση της κάθε εργασίας (βήμα 4). Με βάση τα πλειοδοτικά ποσά που έχει λάβει η πλατφόρμα, καθορίζει το σύνολο των νικητών πλειοδοτών, S_w , καθώς και την πληρωμή που θα χρεώσει σε κάθε αιτούντα δεδομένα (requester) και την πληρωμή που θα αποδώσει σε κάθε εργαζόμενο (worker) (βήμα 5). Σημειώνεται πως, σε περίπτωση απώλειας των εργασιών που ζητούν οι αιτούντες δεδομένα (requester), δεν γίνεται εκτέλεση των εργασιών και άρα δεν χρεώνεται κάποια πληρωμή. Στην ίδια περίπτωση απώλειας εκτελέσιμων εργασιών από τη μεριά των εργαζομένων, δεν υπάρχει αντίστοιχη πληρωμή εκτέλεσης.

Μηχανισμός Συγκέντρωσης δεδομένων: Στη συνέχεια (βήμα 6), η πλατφόρμα συλλέγει τις ετικέτες (labels) που έχουν αποδοθεί στους νικητές εργαζόμενους (worker), υπολογίζει το

συνολικό αποτέλεσμα και το αποστέλλει στους αιτούντες δεδομένα (requester) (βήμα 7). Τέλος, η πλατφόρμα χρεώνει p_j^r , με βάση τους νικητές της πλειοδοσίας και (βήμα 9) πληρώνει p_j^w αντίστοιχα τους νικητές.

Επίπεδο Αξιοπιστίας (Reliability Level): **[Def. 1]** Το επίπεδο αξιοπιστίας $\theta_{i,j}$ ενός εργαζομένου w_i αναφέρεται ως η πιθανότητα να αντιστοιχιστεί σωστά μία ετικέτα στην αντίστοιχη εργασία T_j ως εξής:

$$\theta_{i,j} = \Pr[L_{i,j} = l_j] \in [0,1]$$

Όπου ο πίνακας επιπέδου αξιοπιστίας είναι:

$$\theta = \theta[i,j] \in [0,1]^{N \times M}$$

Θεωρείται ως δεδομένο ότι η πλατφόρμα γνωρίζει εξαρχής τον πίνακα του επιπέδου αξιοπιστίας για κάθε εργαζόμενο (worker).

Μοντέλο Πλειοδοσίας: Το CENTURION [3] χρησιμοποιεί το μηχανισμό αμφίδρομης πλειοδοσίας όχι μόνο για τους εργαζόμενους, αλλά και για τους αιτούντες δεδομένα. Για τον λόγο αυτό προτείνεται ο μηχανισμός κινήτρων που αναφέρεται ως πολλαπλή αίτηση κινητών χρηστών ανίχνευσης πλήθους ή MELON (Multi-rEquester mobiLe CrowdSensing). Σύμφωνα με αυτόν τον μηχανισμό κάθε αιτών δεδομένα r_j διαθέτει μία τιμή v_j όταν η εργασία T_j έχει εκτελεστεί και η πλατφόρμα μπορεί να αποπληρώσει τα ποσά πλειοδοσίας. Επιπλέον κάθε εργαζόμενος w_i ενδιαφέρεται να εκτελέσει τουλάχιστον ένα υποσύνολο των εργασιών προς εκτέλεση και έχει υποβάλλει τα ποσά πλειοδοσίας προς την πλατφόρμα. Το κόστος ανίχνευσης της εκτέλεσης όλων των εργασιών Γ_i αναφέρεται ως c_i . Το κόστος ανίχνευσης εργασιών από τους εργαζόμενους και από τους αιτούντες δεδομένα είναι εξαρχής άγνωστο για την πλατφόρμα.

Στην συνέχεια, η χρησιμότητα των αιτούντων δεδομένα (Requester's Utility) [Def. 3] ορίζεται ως:

$$u_j^r = \begin{cases} u_j - p_j^r, & \text{if } r_j \in S_R \\ 0, & \text{Αλλιώς} \end{cases}$$

Η χρησιμότητα των εργαζομένων (Worker's Utility) [Def. 4] ορίζεται ως:

$$u_j^w = \begin{cases} p_j^w - c_i, & \text{if } w_i \in S_W \\ 0, & \text{Αλλιώς} \end{cases}$$

Το όφελος της πλατφόρμας (Platform's Profit) [Def. 5] ορίζεται ως:

$$u_0 = \sum_{j:r_j \in S_R} p_j^r - \sum_{i:w_i \in S_W} p_i^w$$

Ο συνδυασμός των ορισμών [3,4,5] μας δίνει το κοινωνικό αντίκτυπο (Social Welfare) [Def. 6] και ορίζεται ως το άθροισμα του επιμέρους οφέλους της πλατφόρμας και της χρησιμότητας των αιτούντων και των εργαζομένων, ως εξής:

$$u_{social} = u_0 + \sum_{i:w_j \in W} u_w^i + \sum_{j:r_j \in R} u_j^r = \sum_{j:r_j \in S_R} u_j - \sum_{i:w_i \in S_W} c_i$$

Η διαφορά των δύο μηχανισμών είναι ότι το πλαίσιο του INCEPTION [4] σε σχέση με το CENTURION [3], δεν παρέχει κοινό σχεδιασμό συνάθροισης (Joint Design), το οποίο είναι πολύ πιο δύσκολο από το σχεδιασμό των δύο μηχανισμών, ως μεμονωμένες οντότητες. Επίσης, υποθέτεται ότι υπάρχει μόνο ένας requestor στο MCS σύστημα. Παρακάτω δίνεται ο συγκριτικός πίνακας των δύο πλαισίων (Πίνακας I).

Πίνακας Ι : Συγκριτική ανάλυση των δύο συστημάτων

| | INCEPTION | CENTURION |
|--|--|---|
| Στόχος | 1) Quality of data 2) Minimum cost 3) Privacy | Truthfulness |
| Μηχανισμοί | 1) Incentive Mechanism 2) Aggregation Mechanism 3) Perturbation Mechanism | 1)Incentive Mechanism 2)Aggregation Mechanism |
| Μηχανισμοί Μοντέλου | 1) Data Aggregation Mechanism 2) pSRC Auction Winner Determination 3) pSRC Auction Pricing | 1) MELON 2) MSW Greedy 3)AIR |
| Τύπος Μηχανισμού Κινήτρων | Reverse Auction Based Mechanism | Double Auction Based Mechanism |
| Τύπος Διακομιστή | Cloud based | Cloud based |
| Υπαρξη Σφαλμάτων / Σημαντική Απόκλιση Αποτελεσμάτων | OXI | NAI |
| Πλήθος Ενεργειών | 7 | 9 |
| Έτος Σύνταξης | 2016 | 2017 |
| Οντότητες | 1)Workers 2)Platform | 1)Workers a)Participants b)requesters 2)Platform |

3.3.3 DARPA Network Challenge

Ένας επίσης δημοφιλής μηχανισμός προσέλκυσης ατόμων είναι μέσω παραπομπών και παθητικών κινήτρων, όπως οι μηχανισμοί γεωμετρικών κινήτρων που χρησιμοποιήθηκαν από τη νικήτρια ομάδα του 2009 **DARPA Network Challenge** [5]. Οι ερευνητές με βάση το δέντρο παραπομπής και του μηχανισμού άμεσης και παθητικής ανταμοιβής, διαμορφώνουν

ένα παιχνίδι δικτύου, όπου οι πράκτορες ανταγωνίζονται για την ολοκλήρωση των καθηκόντων ανίχνευσης του πλήθους. Η έρευνα αυτή ενισχύει το σχεδιασμό αποτελεσματικών μηχανισμών προσέλκυσης και πρόσληψης για εργασίες που προέρχονται από το πλήθος. Με τη διαμόρφωση ενός διαδικτυακού παιχνιδιού, επιδεικνύεται η επίδραση των μηχανισμών γεωμετρικών κινήτρων, αναλογικά με τις προσπάθειες που καταβάλλουν οι ορθολογικοί πράκτορες για να ολοκληρώσουν το έργο. Αναλύεται η συμπεριφορά των οντοτήτων που συνδέονται μέσω ενός δικτύου παραπομπής (δέντρο) και υπολογίζεται ένα προφίλ ισορροπίας προσπάθειας.

Η τεχνική της ανάλυσης του παιχνιδιού είναι θεωρητική, δηλ. μοντελοποιείται κάθε άτομο ως στρατηγικός πράκτορας που θέλει να μεγιστοποιήσει τη χρησιμότητά του σε μια δεδομένη κατάσταση. Η ισορροπία που θεωρούμε είναι μια καθαρή στρατηγική Nash (PSNE), και αποδεικνύεται ότι υπάρχει πάντα και είναι μοναδική για επιλεκτικές παραμέτρους του μοντέλου. Το πιο σημαντικό μέρος τις έρευνας είναι τα αποτελέσματα όπου δείχνουν ότι, ενώ τα γεωμετρικά προγράμματα παροχής κινήτρων αποτελούν εξαιρετικό εργαλείο για την πρόσληψη ατόμων, μπορεί πράγματι να αποθαρρύνουν μερικά άτομα από το να κάνουν οποιαδήποτε προσπάθεια.

Το Μοντέλο

Σε ένα σύνολο από μονάδες που ορίζονται ως κόμβοι $N=\{1,2,\dots,n\}$, τοποθετούνται σε ένα ιεραρχικά κατευθυνόμενο δέντρο T και η κατεύθυνση των ακμών ξεκινάει από τη ρίζα του δέντρου και κατευθύνεται προς τα φύλλα του. Θεωρώντας ότι η μονάδα που θα εκτελέσει μία εργασία ανίχνευσης, θα λάβει ένα «άμεσο» κίνητρο (direct incentive). Ενώ, οι κόμβοι μονάδες που βρίσκονται στο μονοπάτι από τον κόμβο που συνδέει τη ρίζα με τον κόμβο φύλλο, λαμβάνει ένα «έμμεσο» κίνητρο (indirect incentive). Επίσης η άφιξη των εργασιών προς τις μονάδες φτάνουν με ρυθμό λ κατανομής Poisson και εξυπηρετούνται με ουρά προτεραιότητας. Κάθε κόμβος i , προσπαθεί να δεσμεύσει μία εργασία με τη σειρά που διαθέτουν οι εργασίες στην ουρά προτεραιότητας με ρυθμό λ_i . Επιπλέον θεωρείται ότι η ανταμοιβή κάθε κόμβου που αναλαμβάνει μία εργασία συμβολίζεται ως R και υποθέτεται ότι αν ένας κόμβος δεσμεύσει μία εργασία έχει λάβει ένα «άμεσο» κίνητρο $\gamma \cdot R$, όπου $\gamma \in (0,1)$ με τους υπόλοιπους κόμβους να μοιράζονται «έμμεσο» κίνητρο. Το κόστος διατήρησης ενός ρυθμού δέσμευσης είναι $C \cdot \lambda_i$, όπου C είναι μία θετική σταθερά. Η εργασία ανατίθεται

μοναδικά στον πράκτορα που θα τη δεσμεύσει πρώτος. Θεωρείται επίσης ότι οι πράκτορες εφαρμόζουν ομοιόμορφα τη δυνατότητα εκτέλεσης μιας εργασίας. Ο χρόνος για να ολοκληρωθεί μια εργασία είναι μικρός σε σύγκριση με τους χρόνους μεταξύ των προσπαθειών, οποιοδήποτε πράκτορα και επομένως ο χρόνος ολοκλήρωσης της εργασίας αγνοείται.

Για τη μοντελοποίηση του ρυθμού άφιξης και αναχώρησης μιας εργασίας σε ένα μοντέλο διακομιστή-ουράς (server-queue), όπου ο ρυθμός άφιξης είναι λ (> 0) και ο ενοποιημένος ρυθμός εξυπηρέτησης ολόκληρου του δικτύου είναι το άθροισμα των επιμέρους ρυθμών υπολογίζεται ως $\sum_{j \in N} \lambda_j$. Αυτό ισχύει λόγω της αρχής της υπέρθεσης των διαδικασιών Poisson. Όταν ο πράκτορας i προσπαθεί να καταγράψει μια εργασία από την ουρά εργασιών, η πιθανότητα δέσμευσης μιας εργασίας υπολογίζεται από τη σχέση $\lambda_i / \sum_{j \in N} \lambda_j$. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι χρόνοι μεταξύ των προσπαθειών κατανέμονται εκθετικά σε μια διαδικασία Poisson, χρησιμοποιώντας ακόμη και την ιδιότητα των εκθετικών τυχαίων μεταβλητών. Υπάρχουν δύο περιπτώσεις που θα μπορούσε να λειτουργήσει το σύστημα.

Στην πρώτη περίπτωση, αν το άθροισμα των επιμέρους ρυθμών είναι μεγαλύτερο από το συνολικό ρυθμό ($\sum_{j \in N} \lambda_j > \lambda$) τότε, όλες οι εργασίες μπορούν να ανατεθούν και ο ρυθμός με τον οποίο θα δεσμεύεται κάθε εργασία είναι: $\frac{\lambda \cdot \lambda_i}{\sum_{j \in N} \lambda_j}$ και θα λάβει «άμεση» ανταμοιβή

$$direct\ reward = \frac{\lambda \cdot \gamma \cdot R \cdot \lambda_i}{\sum_{j \in N} \lambda_j}$$

Στην δεύτερη περίπτωση, αν το άθροισμα των επιμέρους ρυθμών είναι μικρότερο ή ίσο με το συνολικό ρυθμό ($\sum_{j \in N} \lambda_j \leq \lambda$) τότε, η ουρά των εργασιών δεν θα είναι κενή αλλά σταθερής κατάστασης μήκους, με μηδενική αναμονή. Κάθε πράκτορας που θα θέλει να δεσμεύσει μία εργασία θα έχει «άμεση» ανταμοιβή: $direct\ reward = \gamma \cdot R \cdot \lambda_i$

Αν ένας κόμβος j κατοχυρώσει μια εργασία, λαμβάνει μια «άμεση» ανταμοιβή και κάθε κόμβος i στην κατευθυνόμενη διαδρομή από τη ρίζα στο j λαμβάνει μια «έμμεση» ανταμοιβή. Δεδομένου ότι οι προσπάθειες είναι δαπανηρές ($C \cdot \lambda_i$), κάθε πράκτορας πρέπει να αποφασίσει για τις προσπάθειες μεγιστοποίησης της καθαρής απόδοσης, δηλαδή «άμεση» συν «έμμεση» ανταμοιβή, μείον το κόστος. Εάν υπάρχουν «έμμεσες» ανταμοιβές, ένας κόμβος θα μειώσει τις προσπάθειες για τη μείωση του κόστους. Αυτό προκαλεί ένα παιχνίδι

μεταξύ των κόμβων. Η στρατηγική του παίκτη i είναι να επιλέξουμε τον ρυθμό προσπάθειας δέσμευσης $\lambda_i \in S_i = [0, \infty)$.

«Έμμεση» Ανταμοιβή και Μοντέλο Χρηστικότητας

Η διαδικασία άφιξης της εργασίας και το καθεστώς εναλλαγής κινήτρων δημιουργούν ανταγωνισμό μεταξύ των κόμβων. Τα «άμεσα» κίνητρα κερδίζονται όταν ένας πράκτορας δεσμεύσει μια εργασία. Τα «έμμεσα» κίνητρα μοιράζονται με άλλους παίκτες, όπως καθορίζονται από τον πίνακα διαμοιρασμού της ανταμοιβής $\Delta = [\delta_{ij}]$, όπου δ_{ij} είναι το κλάσμα της συνολικής ανταμοιβής που λαμβάνεται από το i όταν το j δεσμεύσει την εργασία. Σημειώνεται ότι $\delta_{ii} = \gamma$, $\forall i \in N$. Δεδομένου ότι το δίκτυο είναι ένα κατευθυνόμενο δέντρο, αν το j δεν εμφανίζεται στο υποδέντρο του i τότε, $\delta_{ij} = 0$. Ονομάζουμε μήτρα (I, j) και ανώνυμο αν το ij εξαρτάται μόνο από την απόσταση των i και j από το T , $\text{Dist}_T(i, j)$, και όχι στην ταυτότητα των κόμβων.

Η βασική διαφορά των μηχανισμών είναι ο μηχανισμός κινήτρων που χρησιμοποιούν. Ο γεωμετρικός μηχανισμός κινήτρων του DARPA [5] είναι διαφορετικός σε δομή και λειτουργία από τον μηχανισμό πλατφόρμας του CENTURION [3]. Στην περίπτωση του DARPA [5] ο μηχανισμός κινήτρων προωθεί την σειρά με την οποία εμφανίζονται οι δεσμεύσεις των εργασιών οι οποίες κατανέμονται σε ένα δέντρο καθοδικής ανάπτυξης, όπου ο κόμβος που έχει δεσμεύσει πρώτος λαμβάνει ανταμοιβή. Σε αντίθεση με αυτόν τον μηχανισμό, ο μηχανισμός κινήτρων του CENTURION [3] ανταμείβει το χρήστη που θα κάνει την καλύτερη προσφορά προς την πλατφόρμα. Υπάρχουν και άλλες διαφορές μεταξύ των δύο πλαισίων και οι οποίες εμφανίζονται στον παρακάτω συγκριτικό Πίνακα II:

Πίνακας II : Συγκριτική ανάλυση των δύο συστημάτων

| | DARPA [5] | CENTURION [3] |
|----------------------------------|--|---|
| Στόχος | Μείωση του κόστους ανίχνευσης | Αξιοπιστία |
| Μηχανισμός Κινήτρων | Geometric Inc. Mech. | Platform Inc. Mech. |
| Μηχανισμοί Μοντέλου | 1) Κατανομή Poisson 2) Tree Search | 1) MELON 2) MSW Greedy 3) AIR |
| Τύπος Μηχανισμού Κινήτρων | Tree Based Incentive mechanism with queue | Double Auction Based Mechanism |
| Τύπος Διακομιστή | Server queue model | Cloud based |
| Προτεραιότητα | Με ανταγωνισμό σειράς προτεραιότητας | Με πλειοδοτικό ανταγωνισμό |
| Προϋπόθεση Συμμετοχής | Ολοκλήρωση Εργασίας | 1) Αποστολή Αίτησης και 2) Ολοκλήρωση Εργασίας |
| Πλήθος Αιτούντων | Προτεραιότητα στον πρώτο κατά σειρά | Πολλαπλοί Αιτούντες |
| Έτος Σύνταξης | 2016 | 2017 |
| Οντότητες | 1) Server 2) Tree Nodes: a) Players b) Agents 3) Tasks | 1)Workers a)Participants b)requesters 2)Platform |

3.3.4 First Learn Then Earn

Ένας μηχανισμός συμβατός με κίνητρα είναι σχεδιασμένος να καθορίζει τα επίπεδα συμμετοχής και τις πληρωμές προς τους χρήστες με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους απόκτησης δεδομένων και τη διασφάλιση μιας συγκεκριμένης ποιότητας συγκεντρωτικών πληροφοριών. Στο άρθρο [6] που εξετάζεται, ο μηχανισμός επικυρώνεται έναντι τεχνιτών αλλά και πραγματικών δεδομένων, σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο οι χρήστες επιλέγουν καθήκοντα, τα οποία συλλέγονται μέσω ενός ερωτηματολογίου στο διαδίκτυο. Επιτυγχάνει

πολύ καλές προσεγγίσεις των βέλτιστων λύσεων και ουσιαστικά επικεντρώνεται στο προφίλ συμπεριφοράς των χρηστών, ώστε να στοχεύεται η καλύτερη παροχή κινήτρων. Η έρευνα αυτή δεν χρησιμοποιεί τις διαφορετικές προτιμήσεις των χρηστών μέσω μιας συνάρτησης χρησιμότητας (Utility Function), αλλά μέσω μηχανικής μάθησης (Machine Learning). Κατηγοριοποιεί τα προφίλ των χρηστών με βάση τις επιλογές τους αλλά και τα χαρακτηριστικά των διαφορετικών εργασιών. Για να επιτευχθεί αυτή η κατηγοριοποίηση, χρησιμοποιείται ένα μοντέλο επιλογών με βάση τις προτιμήσεις των χρηστών (Decision-Making Model). Επίσης, στόχος του πλαισίου είναι να επιτύχει τη μέγιστη αποδοτικότητα ολοκληρωμένων εργασιών και να εκπληρωθεί το έργο της εκστρατείας [6].

Το ερευνητικό αυτό άρθρο παρουσιάζει τη δομή μιας εφαρμογής προσέλευσης χρηστών με σκοπό την ολοκλήρωση εργασιών [6]. Το μοντέλο που χρησιμοποιεί η εφαρμογή περιγράφεται ως εξής. Σε ένα σύνολο U χρηστών που μπορούν να προσφέρουν δεδομένα ανίχνευσης, πρέπει να τηρούνται κάποιες βασικές προϋποθέσεις τις διαδικασίας ανίχνευσης. Οι χρήστες πρέπει να φέρουν smartphones, να είναι εγγεγραμμένοι χρήστες του συστήματος, ενώ παράλληλα πρέπει να έχουν εγκαταστήσει και εκτελέσει την εφαρμογή στην κινητή συσκευή τους. Πρέπει επίσης, οι χρήστες να βρίσκονται στην εμβέλεια μιας πόλης. Οι επιλογές των χρηστών ποικίλουν ανάλογα με τη δέσμευση και τα δεδομένα που έχει συλλέξει ήδη η κινητή τους συσκευή. Υπάρχει δυνατότητα προσωρινής αποθήκευσης δεδομένων από μερικές ημέρες έως μερικούς μήνες. Η εφαρμογή αλληλεπιδρά με το χρήστη σε τακτά χρονικά διαστήματα, ανάλογα με το φόρτο και τις εργασίες που έχει να εκτελέσει ο χρήστης. Η ανταμοιβή που προσφέρει το σύστημα στο χρήστη είναι κατά βάση χρηματικό αντίτιμο της εργασίας που έχει εκτελέσει. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι ένα έμμεσο χρηματικό αντίτιμο όπως, χρεωστικοί πόντοι εξαργύρωσης ή εκπτωτικά κουπόνια [6].

Κάθε task έχει επίσης μία σειρά από ιδιότητες που καθορίζουν τη διαδικασία της ανίχνευσης. Σε ένα σύνολο από εργασίες $L=\{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ περιλαμβάνονται λεπτομέρειες ανάλογα με τον τύπο της εργασίας. Για παράδειγμα, ποια είναι η φυσική θέση του χρήστη, δυνατότητες της κινητής συσκευής, διαθέσιμη μπαταρία και υπολογιστική ισχύς που απαιτεί η εκτέλεση της εργασίας κ.α.

Σε συγκεκριμένες εργασίες, οι χρήστες μπορεί να ανταποκρίνονται με διαφορετικές επιλογές και συμπεριφορά. Για παράδειγμα, αν ζητηθεί από έναν ερασιτέχνη χρήστη η ολοκλήρωση μιας εργασίας, τότε θα θεωρηθεί ευκολότερο η αποστολή μιας στιγμιαίας φωτογραφίας. Παράλληλα όμως θα ελεγχθεί αν ο χρήστης αυτός διαθέτει καλή ποιότητα

ανάλυσης στην φωτογραφική του μηχανή. Με αυτό το παράδειγμα, οι ερευνητές δείχνουν ότι, εκτός από την επιλογή του κατάλληλου τύπου χρήστη, εξετάζεται και ο παράγοντας της ποιότητας. Για αυτό τον λόγο, εισάγουν το ζευγάρι παραγόντων χρήστη-ποιότητας u, l (user-quality pair). Ο παράγοντας αυτός είναι ένας πίνακας ποιότητας $q_{ul} \in [0,1]$ και αποθηκεύει το επίπεδο ποιότητας κάθε χρήστη [6].

Όπως σε κάθε σύστημα, έτσι και σε αυτό υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις. Εφόσον το σύστημα υποστηρίζει χρηματικό αντίτιμο για τους χρήστες, πρέπει να διαθέτει έναν προϋπολογισμό. Ο προϋπολογισμός αυτός αναφέρεται ως B_l και αφορά το διαθέσιμο ποσό για κάθε εκτέλεση εργασίας. Το ποσό αυτό μεταβάλλεται κάθε φορά και σε κάθε εργασία, ανάλογα με τον προϋπολογισμό. Ένας ακόμη περιορισμός είναι ότι οι εργασίες διαθέτονται προς τους χρήστες και εκείνοι επιλέγουν αν θα αναλάβουν μια εργασία ή θα την απορρίψουν, σε αντίθεση με τα κλασικά συστήματα τα οποία αναθέτουν τις εργασίες απευθείας στους χρήστες. Χαρακτηριστικά, οι χρήστες μπορούν να ακυρώσουν μία εργασία, ή να διαλέξουν μία άλλη διαφορετική από αυτή που είχαν επιλέξει αρχικά. Ο περιορισμός αυτός ουσιαστικά επιτρέπει στους χρήστες να έχουν περισσότερες επιλογές. Οι ερευνητές θέλοντας να παραγοντοποιήσουν την πιθανολογική συμπεριφορά των χρηστών δημιούργησαν δύο κλάσεις πιθανής συμπεριφοράς. Η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει τις δύο πιθανές επιλογές του χρήστη. Η πρώτη είναι να δεχτεί την ολοκλήρωση κλάση 1, $1(C_1)$ και η δεύτερη να την απορρίψει, κλάση 0, 0 (C_0) (take-or-leave-it). Ομοίως, υπάρχει η περίπτωση ένας χρήστης να λάβει δύο εργασίες. Τότε οι επιλογές είναι: ο χρήστης να δεχτεί μία από τις δύο, ή να δεχτεί και τις δύο, ή να απορρίψει και τις δύο. Σε κάθε μία από τις περιπτώσεις αυτές εφαρμόστηκαν υπολογιστικά μοντέλα για να ελεγχθεί η εγκυρότητα των μεθόδων. Οι ερευνητές έθεσαν ως παραμέτρους την εναλλαγή των παραπάνω κλάσεων και κατέληξαν σε μοντέλα που περιλαμβάνουν πολλές εργασίες σε πολλούς χρήστες. Για την πειραματική αυτή διεργασία εφαρμόστηκαν μοντέλα πιθανοτήτων και διανυσματικής ανάλυσης [6].

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την έρευνα είναι η επιλογή ενός μοντέλου μηχανικής μάθησης και μιας τεχνικής που στοχεύει στην καλύτερη αξιοποίηση των μηχανισμών κινήτρων. Παρουσιάζεται επίσης μία πολιτική αξιοποίησης των επιλογών που έχει ο χρήστης με βάση και την φυσική του θέση και τη συμπεριφορά του. Λαμβάνονται επίσης υπόψη παράμετροι όπως ο προϋπολογισμός, ο υπολειπόμενος χρόνος εκτέλεσης καθώς, οι δυνατότητες του χρήστη, αλλά και η δέσμευση.

3.3.5 Online Participatory System (STEP-STEM)

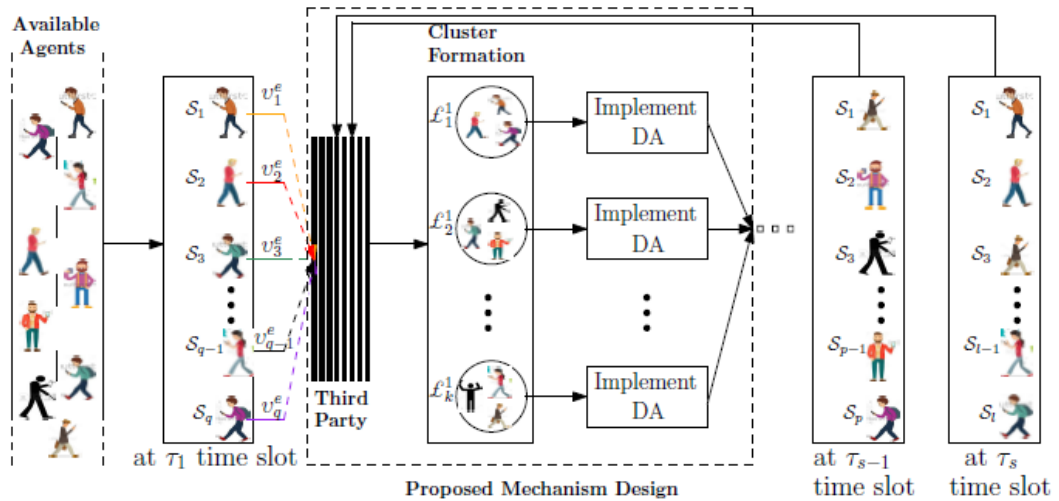
Όπως έχει ήδη αναφερθεί σε προηγούμενη ενότητα (Ενότητα 2), σε ένα τυπικό μοντέλο συμμετοχικής ανίχνευσης, υπάρχουν τρεις βασικές οντότητες αλληλεπίδρασης. Η πρώτη οντότητα που λαμβάνει μέρος στο σύστημα είναι η πλατφόρμα συλλογής και διαμοιρασμού δεδομένων (platform ή third party), η δεύτερη οντότητα είναι οι αιτούντες δεδομένα (task requesters) και η τρίτη και πιο σημαντική οντότητα είναι οι χρήστες που προσφέρουν τα δεδομένα (task executers). Στο άρθρο [7] προτείνεται ένας αξιόπιστος μηχανισμός (truthful mechanism), σε σύστημα συμμετοχικής ανίχνευσης, με αμφίδρομη πλειοδοσία (double auction), πληροφορίες θέσης (location information) και προσέγγιση σε ένα μοντέλο κινήτρων με παιχνίδι (game theoretic approach). Τα κυριότερα σημεία της έρευνας είναι η μελέτη ενός πλαισίου έχοντας πολλαπλούς εκτελεστές εργασιών και πολλαπλούς αιτούντες εργασιών σε ένα διαδικτυακό περιβάλλον (online environment), χρησιμοποιώντας την έννοια της ομαδοποίησης των δεδομένων σε συνδυασμό με τη δημοπρασία. Δεδομένου ότι πρόκειται για εργασία πολλαπλών αιτούντων και πολλαπλών εκτελεστών εργασιών, έγινε μια καλή επιλογή μοντελοποίησης του συμμετοχικού σεναρίου ανίχνευσης, χρησιμοποιώντας διπλή δημοπρασία. (Εικόνα 11) [7].

Το μοντέλο του συστήματος βασίζεται στο STEP (Single Task Execution Problem) [7]. Σε ένα online διαδικτυακό περιβάλλον οι πράκτορες μπορούν να εισέρχονται και να εξέρχονται του συστήματος με συχνότητα, σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, π.χ. μία ημέρα. Ως πράκτορες χαρακτηρίζονται οι αιτούντες εργασία (requesters) με σύνολο $B = \{B_1, B_2, \dots, B_n\}$ και οι εκτελούντες εργασία (executers) με σύνολο $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$, με $S \ll B$. Επιπλέον, κάθε ένας από τους εκτελεστές του έργου S_i φέρει ένα ιδιωτικό κόστος για την εκτέλεση του διαθέσιμου έργου που ονομάζεται αποτίμηση και συμβολίζεται ως u_i^e . Το σύνολο u^e υποδηλώνει το σύνολο των εκτιμήσεων όλων των εκτελεστών εργασιών που δίδονται ως $u^e = \{u_1^e, u_2^e, \dots, u_n^e\}$. Παρόμοια με τους εκτελεστές των εργασιών, κάθε ένας από τους αιτούντες εργασία B_i έχει κάποια ιδιωτική αξία για την αγορά του έργου μετά την ολοκλήρωσή του και συμβολίζεται ως u_i^r . Το σύνολο u^r υποδηλώνει το σύνολο των αποτιμήσεων όλων των αιτούντων εργασία και ορίζεται ως $u^r = \{u_1^r, u_2^r, \dots, u_m^r\}$ [7].

Λόγω της online διαδικτυακής φύσης του STEP, μία από τις ρεαλιστικές παραμέτρους που γίνεται αντιληπτή στο μοντέλο που προτείνεται είναι η ώρα άφιξης και αναχώρησης των πρακτόρων [7]. Ο χρόνος άφιξης κάθε εκτελεστή εργασίας S_i και κάθε αιτούμενου εργασίας B_i

συμβολίζονται ως a_i^e και a_i^r αντίστοιχα. Για έναν αιτούντα εργασία, ερμηνεύεται ως ώρα αναχώρησης η τελική στιγμή στην οποία εκτιμά την εργασία. Για έναν εκτελεστή εργασίας, ο χρόνος αναχώρησης είναι ο τελευταίος χρόνος κατά τον οποίο είναι διατεθειμένος να αποδεχθεί την πληρωμή. Ο χρόνος αναχώρησης κάθε εκτελεστή εργασίας S_i και κάθε αιτούντα εργασία B_i συμβολίζεται ως d_i^e και d_i^r αντίστοιχα. Οι πράκτορες (agents) ενδέχεται να αναφέρουν λανθασμένα την ώρα άφιξης ή την ώρα αναχώρησης ή και τα δύο, εντός της χρονοθυρίδας (time slot) άφιξης-αναχώρησης, με σκοπό να κερδίσουν περισσότερα. Κάθε ένας από τους εκτελεστές εργασίας και οι αιτούντες εργασία θέτουν τις προσωπικές τους πληροφορίες με ιδιωτικό τρόπο υποβολής προσφορών. Πρέπει να σημειωθεί ότι, λόγω της στρατηγικής φύσης των πρακτόρων, μπορούν να αναφέρουν εσφαλμένα τις αντίστοιχες ιδιωτικές τους αξίες [7].

Κάθε χρονικός ορίζοντας εκτιμάται με χρονοθυρίδες (Time slots). Για κάθε χρονική θυρίδα τ_i , ένα νέο σύνολο ενεργών αιτούντων $R \subset B$ και ένα νέο σύνολο ενεργών εκτελεστών εργασίας $U \subset S$ φθάνει στην αγορά πλειστηριασμών. Κάθε χρονοθυρίδα τ_i , λαμβάνει υπόψη τους νεοεισερχόμενους εκτελεστές εργασίας U , σχηματίζει ένα σύνολο clusters που συμβολίζεται ως: $\{E^i = \{E_1^i, E_2^i, \dots, E_k^i\}$, όπου κάθε E^i ονομάζεται j -οστό cluster για την χρονική θέση τ_i που εκτελούν εργασίες. Στο μηχανισμό $M = (A, P)$, το A ονομάζεται συνάρτηση κατανομής (allocation function) και το P ονομάζεται συνάρτηση πληρωμής (payment function). Η συνάρτηση κατανομής A χαρτογραφεί το ζευγάρι αποτίμησης των εκτελεστών εργασιών και αποτίμησης των αιτούντων εργασιών σε πιθανά ζεύγη. Σε κάθε τ_i και κάθε cluster E^i προκύπτει ένα ζεύγος νικητών από έναν εκτελεστή εργασία και έναν αιτούντα εργασία. Η σχέση μεταξύ αυτών είναι ένα προς ένα [7].



Εικόνα 11: Το μοντέλο του συστήματος STEM [7]

Μετά τη συνάρτηση πληρωμής, η πληρωμή κάθε εκτελεστή εργασιών S_i και κάθε αιτούμενου εργασία B_i δίνονται ως P_i^e και P_i^r αντίστοιχα [7]. Δεδομένου ότι οι εκτελεστές εργασιών και οι αιτούντες εργασία έχουν στρατηγικό χαρακτήρα, προσπαθούν να μεγιστοποιήσουν την χρησιμότητά τους. Η χρησιμότητα οποιασδήποτε εντολής εκτέλεσης εργασίας ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της πληρωμής που λαμβάνεται από τον εκτελεστή εργασίας και της πραγματικής αποτίμησης του εκτελεστή εργασίας. Παρόμοια, η χρησιμότητα οποιασδήποτε αιτούντος εργασία ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της πραγματικής αποτίμησης του αιτούντος εργασία και της πληρωμής που δίνει.

Συγκεκριμένα, ο μηχανισμός του άρθρου ονομάζεται STEM (Single Task Execution Mechanism). Τα τρία στάδια της διαδικασίας του STEM είναι:

- Για κάθε γύρο πλειστηριασμού $t \in T$ ανακαλύπτονται οι εκτελεστές ενεργών εργασιών και οι αιτούντες εργασία.
- Συγκεντρώνονται οι ενεργοί εκτελεστές εργασίας με βάση την *k-means* clustering τεχνική.
- Εκτελείται ξεχωριστά διαδικτυακή δημοπρασία για κάθε σύμπλεγμα εκτελεστών εργασιών. Οι αιτούντες εργασίες θα είναι οι ίδιοι για όλα τα clusters.

Τα τρία παραπάνω στάδια του STEM μπορούν να μελετηθούν μέσα και από τέσσερις διαφορετικές κατηγορίες οι οποίες είναι: η κυρίως ρουτίνα (main routine), συγκρότηση συμπλέγματος (cluster formation), πληρωμή (payment) και κατανομή (allocation). Συνοπτικά, η κυρίως ρουτίνα διαχειρίζεται τους πράκτορες που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία, εξασφαλίζοντας αντιστοίχιση μεταξύ τους και μεταξύ των χρονοθυρίδων, επιτυγχάνοντας την καλύτερη δυνατή σύνδεση σε σχέση με το κόστος εκτέλεσης. Η συγκρότηση συμπλέγματος είναι η διαδικασία κατά την οποία καθορίζονται τα clusters, οργανώνεται η δομή και η διασύνδεση των εκτελεστών εργασιών από τη μία πλευρά και των αιτούντων εργασία από την άλλη πλευρά. Σε αυτό το σημείο, η πληρωμή έρχεται να καθορίσει τους νικητές των ομάδων που προκύπτουν καθώς και την αμοιβή. Τέλος, η κατανομή σχηματίζει τα ζευγάρια νικητών στα οποία θα αποδοθεί η πληρωμή. Το σύνολο των ενεργών αιτούντων εργασία ταξινομούνται κατά φθίνουσα σειρά με βάση τα στοιχεία του P_r και διατηρούνται σε μία δομή δεδομένων R_c [7].

Συμπερασματικά, στον παραπάνω online διαδικτυακό μηχανισμό χρησιμοποιήθηκε ένα πλαίσιο αμφίδρομης πλειοδοσίας με πληροφορίες θέσης (time slots – άφιξη και αποχώρηση χρηστών του συστήματος), στο οποίο το κύριο χαρακτηριστικό του είναι η δομή των λειτουργιών καθώς και ομαδοποίηση των αιτούντων αλλά και των εκτελεστών εργασιών. Πρέπει να πούμε ότι, οι ερευνητές εκτός από το λειτουργικό κομμάτι του μηχανισμού απέδειξαν ότι ο STEM μηχανισμός είναι και ατομικά λογικός (individual rational) [7].

3.3.6 Budget Feasible Mechanism (OMZ-OMG)

Ένα παρόμοιο σύστημα online διαδικτυακών πλειοδοσιών είναι και αυτό που προτείνουν οι ερευνητές του [33]. Οι ερευνητές παρατήρησαν πως σε ένα σύστημα MCS για συλλέξει κανείς ποιοτικά δεδομένα, πρέπει να έχει μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων. Ξεκινώντας από αυτή την παραδοχή ανέπτυξαν δύο μηχανισμούς «online» πλειοδοσίας (τον OMZ και τον OMG), όπου κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η ικανοποίηση έξι συνθηκών. Παρατήρησαν επίσης ότι οι περισσότεροι προγενέστεροι μηχανισμοί εφαρμόζονται μόνο σε «offline» συστήματα πλειοδοσίας, όπου οι χρήστες γνωστοποιούν εκ των προτέρων τα ιδιωτικά τους χαρακτηριστικά χωρίς να γίνεται αποδοτική κατανομή του προϋπολογισμού. Έπειτα από τη δημιουργία των δύο αυτών μηχανισμών οι ερευνητές προσομοίωσαν τους δύο μηχανισμούς κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες και εξήγαγαν κάποια αποτελέσματα.

Αρχικά, ο βασικός σκοπός του συστήματος είναι να επιτευχθεί η μέγιστη χρησιμότητα του προϋπολογισμού με λήψη ποιοτικών δεδομένων σε διεπαφές κινητών συσκευών όπως Wifi, 3G/4G, GPS. Διάφορες εφαρμογές επιδιώκουν τη συλλογή δεδομένων, καθορίζοντας ένα συγκεκριμένο χρονικό περιθώριο (deadline) καθώς και σε ένα συγκεκριμένο χωρικό εύρος (περιοχές). Σε αντίθεση με αυτή την μέθοδο οι ερευνητές υποθέτουν ότι το κόστος και ο χρόνος άφιξης ή αναχώρησης κάθε χρήστη είναι ιδιωτικός και γνωστός μόνο στον χρήστη. Οι χρήστες θεωρούν ότι συμμετέχουν σε μία στρατηγική δομή βασισμένη στη θεωρία του παιχνιδιού (game theoretic) και έτσι επιδιώκουν να παραπλανήσουν (ενδεχομένως να αναφέρουν ένα ψευδές κόστος ή χρόνο άφιξης ή αναχώρησης) προκειμένου να μεγιστοποιήσουν την ατομική τους χρησιμότητα στην ισορροπία. Στόχος του συστήματος είναι η σχεδίαση μηχανισμών που αποτρέπουν τέτοιες στρατηγικές [33].

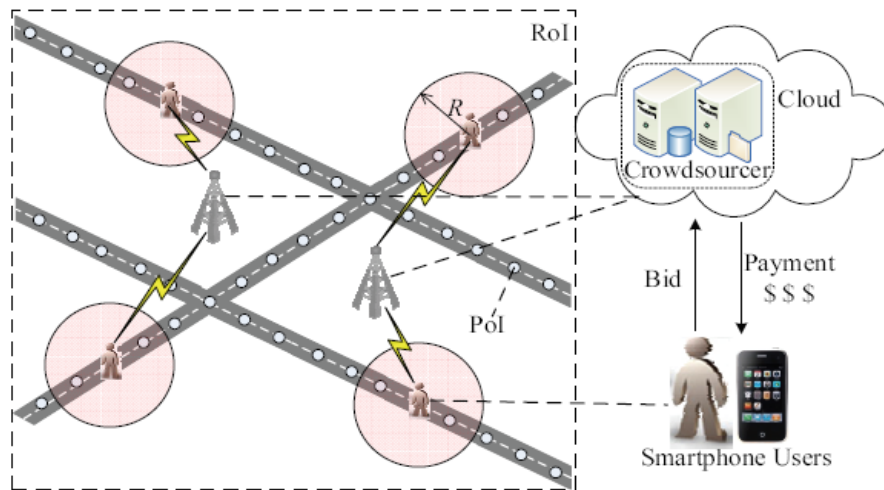
Με αυτό τον τρόπο το σύστημα ικανοποιεί έξι συνθήκες. Την υπολογιστική αποτελεσματικότητα (computational efficiency), την ατομική λογική (individual rationality), την οικονομική σκοπιμότητα (budget feasibility), την ειλικρίνεια (truthfulness), την καταναλωτική κυριαρχία (consumer sovereignty) και την συνεχή ανταγωνιστικότητα (constant competitiveness) [33]. Ανεπίσημα, η υπολογιστική αποτελεσματικότητα διασφαλίζει ότι ο μηχανισμός μπορεί να λειτουργεί σε πραγματικό χρόνο. Η ατομική λογική εξασφαλίζει ότι κάθε συμμετέχων χρήστης έχει μη αρνητική χρησιμότητα του προϋπολογισμού και διασφαλίζει ότι ο περιορισμός του προϋπολογισμού του αιτούντα δεδομένα (crowdsourcer) δεν παραβιάζεται. Η ειλικρίνεια διασφαλίζει ότι οι συμμετέχοντες χρήστες αναφέρουν το πραγματικό τους κόστος (πραγματικό κόστος) και τους χρόνους άφιξης ή αναχώρησης (χρονική ειλικρίνεια). Η κυριαρχία των καταναλωτών εξασφαλίζει ότι κάθε συμμετέχων χρήστης έχει την ευκαιρία να κερδίσει την πλειοδοσία και η σταθερή ανταγωνιστικότητα εγγυάται ότι ο μηχανισμός λειτουργεί πλησίον της βέλτιστης λύσης στο «offline» σενάριο, όπου όλες οι πληροφορίες των χρηστών είναι γνωστές εκ των προτέρων.

Επιπλέον χαρακτηριστικά του συστήματος είναι η υιοθέτηση μιας πολυεπίπεδης διαδικασίας που θα μπορεί να καλύψει τις απαιτήσεις του «online» πλαισίου. Στο αρχικό στάδιο θεωρείται περίπτωση μηδενικού χρόνου άφιξης-αναχώρησης όπου η ώρα άφιξης κάθε χρήστη ισούται με την ώρα αναχώρησης. Στην περίπτωση αυτή, η δήλωση του πραγματικού χρόνου είναι ασήμαντη. Παράλληλα παρουσιάζονται οι δύο μηχανισμοί κινήτρων, όπου ο OMZ ικανοποιεί όλες τις επιθυμητές ιδιότητες κάτω από αυτή την ειδική περίπτωση, χωρίς

να εξετάζει την ειλικρίνεια του πραγματικού χρόνου, ενώ ο μηχανισμός OMG ικανοποιεί όλες τις επιθυμητές ιδιότητες κάτω από μια πιο γενική περίπτωση [33].

Στην **Εικόνα 12** απεικονίζεται ένα MCS σύστημα. Το σύστημα αποτελείται από έναν crowdsourcer, ο οποίος είναι σε μία εικονική μονάδα αποθήκευσης (cloud) και αποτελείται από πολλούς διακομιστές παρακολούθησης και πολλούς χρήστες έξυπνων συσκευών (smartphone) που συνδέονται στο cloud μέσω κυψελοειδών δικτύων (π.χ. GSM / 3G / 4G) ή μέσω Wi-Fi [33]. Η υπηρεσία crowdsourcer δημοσιεύει για πρώτη φορά μια καμπάνια MCS σε μια περιοχή ενδιαφέροντος (RoI), με σκοπό να βρει κάποιους χρήστες να ολοκληρώσουν ένα σύνολο εργασιών $\Gamma = \{\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_m\}$ στο RoI πριν από μια συγκεκριμένη προθεσμία T . Υποθέτοντας ότι ένα πλήθος φορέων κινητής τηλεφωνίας $U = \{1, 2, \dots, n\}$ που ενδιαφέρονται να συμμετάσχουν στην εκστρατεία φτάνουν online με τυχαία σειρά, όπου το n είναι άγνωστο. Κάθε χρήστης έχει χρόνο άφιξης $a_i \in \{1, \dots, T\}$, χρόνος αναχώρησης $d_i \in \{1, \dots, T\}$, $d_i \geq a_i$ και ένα υποσύνολο των εργασιών $\Gamma_i \subseteq \Gamma$ μπορεί να ολοκληρωθεί εντός αυτού του χρονικού διαστήματος. Εν τω μεταξύ, ο χρήστης έχει επίσης ένα σχετικό κόστος $c_i \in \mathbb{R}^+$ για την εκτέλεση εργασιών ανίχνευσης. Όλες οι πληροφορίες αποτελούν τον τύπο του χρήστη i , $\theta_i = (a_i, d_i, \Gamma_i, c_i)$. Τελικά εξετάζονται δύο μοντέλα σε σχέση με τη διανομή των χρηστών:

- Το i.i.d. μοντέλο: Το κόστος και οι αξίες των χρηστών είναι i.i.d. δειγματοληπτικά από ορισμένες άγνωστες διανομές και
- Το μοντέλο γραμματέα (secretary model): Ένας αντίπαλος αναλαμβάνει να αποφασίσει για το κόστος και τις αξίες των χρηστών, αλλά όχι με τη σειρά με την οποία παρουσιάζονται στο crowdsourcer.



Εικόνα 12: Απεικόνιση ενός συστήματος MCS [33]

Ο crowdsourcer με σκοπό να διατηρήσει την απαιτούμενη υπηρεσία χρειάζεται το σχεδιασμό ενός online μηχανισμού $M=(f,p)$, όπου f είναι μία συνάρτηση κατανομής και p μια συνάρτηση πληρωμής [33].

Η χρησιμότητα του χρήστη είναι:

$$u_i = \begin{cases} p_i - c_i, & \text{if } i \in S; \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

Το $V(S)$ υποδηλώνει τη συνάρτηση τιμών του crowdsourcer πάνω από το επιλεγμένο υποσύνολο των χρηστών S . Ο crowdsourcer αναμένει να λάβει τη μέγιστη αξία από τις υπηρεσίες των επιλεγμένων χρηστών υπό τον περιορισμό του προϋπολογισμού,

Maximize $V(S)$ **subject to** $\sum_{i \in S} p_i \leq B$

Ο μηχανισμός OMZ (Online Mechanism under Zero Arrival-Departure Interval Case), θεωρεί την άφιξη κάθε χρήστη ίδια με τον χρόνο αποχώρησης από αυτή, επομένως η ειλικρίνεια πραγματικού χρόνου είναι περιττή. Ο χρήστης δεν μπορεί να εκτελεί καθήκοντα παρακολούθησης ή να λαμβάνει πληρωμή μετά την αναχώρησή του. Στον συγκεκριμένο μηχανισμό ικανοποιούνται όλες οι συνθήκες, χωρίς να ληφθεί υπόψη η χρονική συνέπεια [33].

Για να αντιμετωπίσουμε προκλήσεις όπως το ανειλικρινές κόστος των χρηστών, η υπέρβαση του προϋπολογισμού, ή την απευθείας άφιξή τους, σχεδιάστηκε ο μηχανισμός, OMZ, ο οποίος βασίζεται σε μια διαδικασία δειγματοληψίας πολλαπλών σταδίων. Ο

μηχανισμός αυξάνει δυναμικά το μέγεθος του δείγματος και μαθαίνει ένα όριο πυκνότητας που χρησιμοποιείται για μελλοντικές αποφάσεις, αυξάνοντας παράλληλα τον προϋπολογισμό που χρησιμοποιείται για την κατανομή σε διάφορα στάδια. Το σκεπτικό πίσω από αυτή την ιδέα περιέχει δύο σημεία. Πρώτον, κάθε στάδιο είναι μια διαδικασία αποδοχής καθώς και μια διαδικασία δειγματοληψίας έτοιμη για το επόμενο στάδιο, έτσι ώστε οι χρήστες να μην απορρίπτονται αυτόματα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας δειγματοληψίας. Δεύτερον, υιοθετεί μια διαδικασία "επαυξητικής μάθησης". Αρχικά, το μέγεθος του δείγματος είναι μικρό, οπότε πρέπει να μάθουμε συχνά το όριο πυκνότητας. Καθώς το μέγεθος του δείγματος αυξάνεται, μπορούμε να μάθουμε ένα πιο ακριβές όριο πυκνότητας, ώστε να μειώσουμε σταδιακά τη συχνότητα εκμάθησης. Το κατώτατο όριο πυκνότητας θα είναι αρκετά ακριβές όταν φθάσουν περίπου οι μισοί χρήστες, οπότε μπορούμε να σταματήσουμε τη διαδικασία μάθησης [33].

Η εξέλιξη του πρώτου μηχανισμού είναι ο δεύτερος μηχανισμός, OMG (Online Mechanism under General Case), ο οποίος ικανοποιεί όλες τις επιθυμητές ιδιότητες συμπεριλαμβανομένης της χρονικής ειλκρίνειας, κάτω από τη γενική περίπτωση χωρίς παραδοχή μηδενικού χρόνου άφιξης-αναχώρησης. Θεωρείται η γενική περίπτωση όπου κάθε χρήστης μπορεί να έχει μη μηδενικό διάστημα άφιξης-αναχώρησης και μπορεί να υπάρχουν πολλοί χρήστες στο διαδίκτυο ταυτόχρονα. Επιπλέον, προκειμένου να διασφαλιστεί η ακρίβεια κόστους και χρόνου, είναι απαραίτητο να τροποποιηθεί η OMZ με βάση τρεις αρχές. Πρέπει οποιοσδήποτε χρήστης να προστίθεται στο σύνολο δειγμάτων μόνο όταν αναχωρεί. Διαφορετικά, η ανεξαρτησία της προσφοράς θα καταστραφεί εάν ο χρόνος άφιξης ή αναχώρησής της εκτείνεται σε πολλαπλά στάδια, επειδή ο χρήστης μπορεί να επηρεάσει έμμεσα την πληρωμή. Δεύτερον, αν υπάρχουν πολλοί χρήστες που δεν έχουν ακόμη αναχωρήσει για κάποια στιγμή, να ταξινομούνται σύμφωνα με τις οριακές τιμές τους, αντί των περιθωριακών πυκνοτήτων, και επιλέγονται κατά προτίμηση οι χρήστες με υψηλότερη οριακή τιμή. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να διατηρηθεί η ανεξαρτησία της πλειοδοσίας. Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι αυτή η αρχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να μπορέσει η OMZ να προσαρμοστεί στην περίπτωση όταν δύο χρήστες έχουν την ίδια ώρα άφιξης, γεγονός που θεωρήθηκε ως υπόθεση [33].

Επίσης, κάθε φορά που φτάνει ένα νέο χρονικό βήμα, σαρώνεται η λίστα των χρηστών που δεν έχουν ακόμη αποχωρήσει και επιλέγονται εκείνοι των οποίων οι περιθωριακές πυκνότητες δεν είναι μικρότερες από το τρέχον όριο πυκνότητας υπό τον

περιορισμό του προϋπολογισμού, ακόμα κι αν κάποιος έφτασε πολύ νωρίτερα. Κατά την ώρα αναχώρησης οποιουδήποτε χρήστη που επιλέχθηκε ως νικητής, ο χρήστης πληρώνεται για μια τιμή ίση με τη μέγιστη τιμή που επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια του αναφερθέντος χρονικού διαστήματος άφιξης ή αναχώρησης του χρήστη, ακόμη και αν αυτή η τιμή είναι μεγαλύτερη από την τιμή στο χρονικό βήμα όταν ο χρήστης επιλέχθηκε ως νικητής [33].

Για την αξιολόγηση της απόδοσης των μηχανισμών, εφαρμόστηκαν η OMZ και η OMG και συγκρίθηκαν με τα ακόλουθα τρία σημεία αναφοράς. Το πρώτο σημείο αναφοράς είναι η (κατά προσέγγιση) βέλτιστη λύση χωρίς σύνδεση, η οποία έχει πλήρη γνώση για όλους τους τύπους χρηστών. Το πρόβλημα σε αυτό το σενάριο είναι ουσιαστικά ένα προϋπολογισμένο πρόβλημα μέγιστης κάλυψης, το οποίο είναι ένα πολύ γνωστό πρόβλημα NP-hard. Το δεύτερο σημείο αναφοράς είναι ο μηχανισμός αναλογικού μεριδίου στο offline σενάριο. Το τρίτο σημείο αναφοράς είναι ο τυχαίος μηχανισμός, ο οποίος υιοθετεί μια αφελή στρατηγική, ανταμείβοντας τους χρήστες βάσει ενός μη ενημερωμένου ορίου σταθερής πυκνότητας. Οι μετρήσεις απόδοσης περιλαμβάνουν τον χρόνο εκτέλεσης, την αξία του crowdsourcer και την ειλικρίνεια [33].

Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν ότι γενικά και οι δύο μηχανισμοί είχαν την ίδια απόδοση με ελάχιστη υπεροχή του OMG. Επίσης, ο χρόνος λειτουργίας t αυξάνεται γραμμικά με τον αριθμό των χρηστών καθώς και ότι ο μηχανισμός αναλογικού μεριδίου του crowdsourcer για να επιτύχει την ακρίβεια του κόστους σε σύγκριση με τον κατά προσέγγιση βέλτιστο μηχανισμό θυσιάζει κάποια αξία, όπως και η OMG για να επιτύχει η χρονική συνέπεια σε σύγκριση με την OMZ [33].

3.3.7 Collection Behavior Mechanism

Οι «παραδοσιακοί» μέχρι τώρα μηχανισμοί προσφέρουν ποιοτικές υπηρεσίες με ασυνεχή μέθοδο ανίχνευσης του πλήθους, όπου δεν ζητούνται επαναληπτικά νέες προσφορές πλειοδοσίας και παρέχουν μόνο μηχανισμούς τιμολόγησης. Σε αυτή την έλλειψη ανταποκρίνεται ο μηχανισμός των ερευνητών του άρθρου [34]. Στο μηχανισμό αυτό, εφαρμόζεται το μοντέλο πλειοδοσίας για όλες τις πληρωμές (all-pay auction mechanism), συνδυάζοντας ένα μηχανισμό τιμολόγησης, με πολλαπλές παραμέτρους που βασίζεται στη συμπεριφορά του πλήθους καθώς και μηχανισμό δημοσιοποίησης των προσφορών (posted

pricing mechanism). Δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στο επίπεδο συμμετοχής των χρηστών και την ποιότητα υποβολής δεδομένων. Οι προηγούμενες εργασίες ανίχνευσης του πλήθους των ερευνητών επικεντρώνονται στους παραδοσιακούς μηχανισμούς που προσελκύουν προσφορές όπως ο μηχανισμός Vickrey-Clarke-Groves (VCG) και παραλλαγές του. Ο μηχανισμός δημοσιοποίησης των προσφορών προσομοιώνεται καθορίζοντας μια τιμή προσφοράς, χωρίς να παρατηρείται η προσφορά του χρήστη, και να τον αποπληρώνει μόνο εάν η πλειοδοσία του δεν υπερβαίνει την προσφορά [34].

Σε άλλη περίπτωση, στις συνεχείς εφαρμογές παρακολούθησης πλήθους, οι προσφορές δεν μπορούν να ζητηθούν και μπορούν να εφαρμοστούν μόνο οι μηχανισμοί τιμολόγησης. Για να εφαρμοστούν οι μηχανισμοί τιμολόγησης που εφαρμόζουν οι ερευνητές, προτείνεται ένα νέο πλαίσιο βασισμένο σε πλειοδοσίες όλων των πληρωμών, το οποίο απεικονίζει μια διαδικασία ανίχνευσης πλήθους σε εφαρμογές διαδοχικής ανίχνευσης πλήθους. Επιπλέον, στο προτεινόμενο πλαίσιο υπάρχει η δυνατότητα παροχής δεδομένων ανίχνευσης υψηλότερης ποιότητας που να εγγυάται την εκτεταμένη συμμετοχή των χρηστών υπό συγκεκριμένους δημοσιονομικούς περιορισμούς. Αυτό ισχύει ειδικά για τις εφαρμογές ανίχνευσης πλήθους, όπου οι χρήστες με ικανότητες συμπεριφοράς που καθορίζονται από πολλαπλές παραμέτρους, φτάνουν σε σειρά. Στους μηχανισμούς αυτούς, οι συμμετέχοντες με υψηλότερη πραγματική εκτίμηση δεν καταφέρνουν να κερδίζουν συχνά. Συνεπώς, χάνουν το ενδιαφέρον τους για συνεχείς δράσεις ανίχνευσης του πλήθους και εγκαταλείπουν τη δημοπρασία. Ωστόσο, όταν οι χρήστες φτάνουν σε διαδοχική σειρά και τους δίνονται προσφορές για συνεχή ανίχνευση πλήθους, πρέπει να εισαχθούν στο πλαίσιο μηχανισμοί διαδοχικής δημοσίευσης προσφορών και διαδοχικές πλειοδοσίες για όλες τις πληρωμές, ώστε να διασφαλιστεί η εκτεταμένη συμμετοχή των χρηστών και η υψηλή ποιότητα υποβολής [34].

Για την περιγραφή του μοντέλου χρησιμοποιήθηκε μια διαδραστική διαδικασία μεταξύ της πλατφόρμας και των χρηστών ως διαδοχικές δημοπρασίες, όπου η πληθώρα των χρηστών με διαφορετικές προτιμήσεις και ικανότητες φθάνουν και ανταγωνίζονται σε ένα διαγωνισμό με χρονικό περιθώριο μιας περιόδου [34]. Αν σε ένα παιχνίδι στο οποίο οι χρήστες είναι n θα επιλέξουν μεταξύ J διαγωνισμών. Ως μέγιστη πληρωμή ή επιβράβευση ορίζεται το B_j σε n πλήθος χρηστών και J πλήθος διαγωνισμών. Ο πολυπαράγοντας Θ_i είναι ένα διάνυσμα το οποίο καθορίζει την ικανότητα του χρήστη i για το διαγωνισμό j με συνάρτηση περιγραφής ικανοτήτων τη Φ_j και κατώτερο όριο ικανοτήτων το θ . Στο προτεινόμενο πλαίσιο, κάθε ανταγωνιστής χρήστης μπορεί να υποβάλει μία λύση το πολύ. Ο

χρήστης καθορίζει ποιο διαγωνισμό επιλέγει και την προσπάθεια της υποβληθείσας λύσης στο διαγωνισμό, ανάλογα με την προτίμηση και την ικανότητά του. Στόχος είναι η ικανοποίηση ταυτόχρονα των απαιτήσεων τόσο της υψηλής ποιότητας υπηρεσίας όσο και της εκτεταμένης ποιότητας υπηρεσίας παρακολούθησης πλήθους. Γενικότερα, για την πλατφόρμα, δεδομένου ενός προϋπολογισμού B και μιας δεσμευμένης προσπάθειας m , η εξεύρεση υποσυνόλου A για μεγιστοποίηση του ζητήματος κάλυψης της ανίχνευσης δεδομένων, ισοδυναμεί με τη μεγιστοποίηση του ζητήματος κάλυψης των υπηρεσιών κοινής ωφέλειας. Εκτός αυτού, για κάθε διαδοχικό χρήστη i , συμμετέχουν μόνο εκείνοι που ανήκουν στην ομάδα ανίχνευσης j η οποία μεγιστοποιεί με $V_j(\theta) = B_j \int_0^\theta (1 - p_j(1 - \Phi_j))^{n-1} dx$, όπου p_j είναι η πιθανότητα ο χρήστης να επιλέξει τον διαγωνισμό j .

Στον σχεδιασμό του μηχανισμού του διαγωνισμού ανίχνευσης χρησιμοποιήθηκε άπληστη μέθοδος προσέγγισης που εγγυάται τον απαιτούμενο χρόνο εκτέλεσης όταν οι χρήστες σε κάθε διαγωνισμό j ταξινομούνται ανάλογα με τις προσπάθειές τους ανά οριακή συνεισφορά. Επιπλέον, για να χειριστούμε τη διαδοχική άφιξη, παρατηρούμε το κλάσμα εισόδου για κάθε διαγωνισμό j και κάνουμε μια τεκμηριωμένη απόφαση βασισμένη στα αποτελέσματα του δείγματος κάθε διαγωνισμού j στους διαδοχικούς συμμετέχοντες. Στο στάδιο δειγματοληψίας κάθε διαγωνισμού j , υποθέτουμε ότι οι χρήστες που φθάνουν πάντα εκτελούν και υποβάλλουν τα ανιχνευμένα δεδομένα τους. Λαμβάνοντας την υποβολή από κάποιον χρήστη, η πλατφόρμα αξιολογεί την ποιότητα σύμφωνα με τις ικανότητες του χρήστη. Στην ουσία, με τη δειγματοληψία των ακολουθιών άφιξης σε όλους τους χρήστες, σε κάθε διαγωνισμό j , που φθάνουν στο τέλος κάθε κύκλου εφαρμόζοντας όλες τις πλειοδοσίες πληρωμής, υπολογίζεται ο αριθμός των βέλτιστων νικητών L_j και οι βέλτιστες προσπάθειες υποβολής προσφορών M_{ij} ($i \in \{1, \dots, L_j\}$) του διαγωνισμού j .

Στο μηχανισμό δημοσίευσης των προσφορών παρουσιάζεται αρχικά η μέθοδος προσαρμογής των ικανοτήτων του χρήστη βάση της συμπεριφοράς συλλογής. Στη συνέχεια, σχεδιάζεται ένας μηχανισμός δημοσίευσης των προσφορών με σκοπό την κινητοποίηση των χρηστών να συμμετάσχουν σε κάποιο διαγωνισμό των παραπάνω εφαρμογών. Στην μέθοδο προσαρμογής των ικανοτήτων του χρήστη δεν λαμβάνεται υπόψη η επίδραση της συμπεριφοράς συλλογής χρηστών στη συμμετοχή των χρηστών σε εφαρμογές ανίχνευσης πλήθους με πολλαπλές παραμέτρους. Κάθε χρήστης έχει επίσης τη δυνατότητα να αντιδράσει στις τρέχουσες «θερμές» παραμέτρους συμπεριφοράς για να ενισχύσει την συνολική

ποιότητα κάλυψης, κερδίζοντας έτσι περισσότερη επιβράβευση. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με διάφορους απλούς τρόπους, όπως για παράδειγμα η ελεύθερη επιλογή του χρήστη των ικανοτήτων ανίχνευσης [34].

Παράλληλα, ο μηχανισμός δημοσίευσης των προσφορών ως αλγόριθμος είναι αρκετά απλός [34]. Αυξάνει δυναμικά το μέγεθος του δείγματος και ενημερώνει το όριο των δεξιοτήτων. Έτσι, με βάση το κατώτατο όριο της προσπάθειας, ο προτεινόμενος μηχανισμός παρέχει μια τιμή για τον χρήστη της διαδοχικής άφιξης, αυξάνοντας ταυτόχρονα τον προϋπολογισμό που χρησιμοποιείται για την κατανομή. Επιπλέον, ο χρήστης που έχει αφιχθεί καθορίζει εάν πρέπει να κάνει την ανίχνευση σύμφωνα με την τρέχουσα ικανότητα συμπεριφοράς του. Ως αποτέλεσμα, οι χρήστες ασκούν την ανιχνευτική αποστολή τους όταν το κόστος τους είναι χαμηλότερο από την καθορισμένη τιμή κατωφλίου.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης οι μέσες αλλά και οι κατώτατες ικανότητες του threshold συγκλίνουν γρήγορα [34]. Σε γενικές γραμμές, ο μηχανισμός προσαρμογής ικανοτήτων (BCS) με μηχανισμό απομάκρυνσης από το πλήθος επιτυγχάνει καλή ποιότητα δεδομένων ανίχνευσης. Σε όλο το σύστημα, στο οποίο ένας μοναδικός χρήστης κερδίζει όλα τα έπαθλα, αποτέλεσμα είναι οι περισσότεροι υπόλοιποι χρήστες να αποχωρούν από το διαγωνισμό, καθώς η πιθανότητα νίκης μειώνεται όσο αυξάνεται ο αριθμός των χρηστών. Έτσι, η συνολική χρησιμότητα μειώνεται από το μέγιστο. Οι χρήστες στο σύστημα πολλαπλών νικητών, όπου πολλοί νικητές λαμβάνουν μόνο τα ίδια έπαθλα, έχουν λιγότερες δεξιότητες. Ωστόσο, μπορούν να λάβουν περισσότερες συνολικές αξίες, χρησιμότητας όταν υπάρχουν περισσότεροι χρήστες, καθώς παρέχονται περισσότεροι προϋπολογισμοί.

Πίνακας III : Σύγκριση των τεσσάρων μηχανισμών

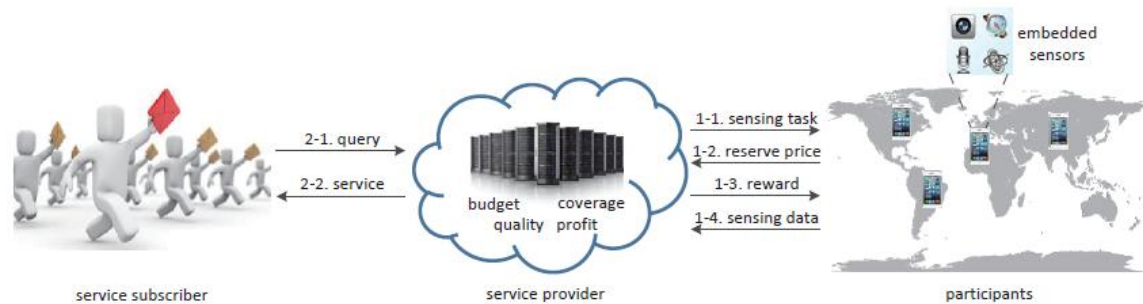
| | First Learn then Earn | Online Double Auction STEM | Budget Feasible Online Mechanism | Collection Behavior |
|-----------------------------|--|---|--|---|
| Στόχος | Quality of data | Budget balanced truthful data | <ul style="list-style-type: none"> • Service Quality • Quality of Data | <ul style="list-style-type: none"> • Service Quality • Updating Bids |
| Περιβάλλον | Machine learning | Online | Online | Online cloud |
| Τύπος Πλαισίου | Optimal Auction Framework | Double Auction Framework | Auction Model | All-pay Auctions |
| Τύπος Μηχανισμού | Incentive Compatible Mech | Single Task Execution Mechanism (STEM) | <ul style="list-style-type: none"> • OMZ(Online mechanism under Zero arrival-departure case) • OMG(Online mechanism under General case) | <ul style="list-style-type: none"> • All-pay Auctions Mechanism • Collection-Behavior based multi-parameter posted pricing mechanism <ol style="list-style-type: none"> 1. Crowd Aversion and 2. Posted Pricing Mechanisms |
| Στάδια Διαδικασίας | 3 Στάδια | 3 Στάδια ή 4 Cases | Multiple Stages | 4 Στάδια |
| Συναρτήσεις | <ul style="list-style-type: none"> • Objective func • Utility func • Sigmoid func | <ul style="list-style-type: none"> • Allocation Function • Payment function | <ul style="list-style-type: none"> • Allocation Function • Payment function | <ul style="list-style-type: none"> • Distribution Function Φ • Utility function • Objective Function |
| Οντότητες | Mobile Users | Requesters Executers Clusters | Requesters Executers Agents | Users |
| Ικανοποίηση Συνθηκών | <ul style="list-style-type: none"> • Individual Rationality • Truthfulness | Individual Rationality | <ul style="list-style-type: none"> • Computational Efficiency • Individual Rationality • Budget Feasibility • Truthfulness | None |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none"> • Consumer Sovereignty • Constant Competitiveness | |
|--|--|--|--|--|

3.3.8 Pay as how well as you do

Οι περισσότερες εφαρμογές MCS επικεντρώνονται κυρίως στην διαδικασία ανταμοιβής των χρηστών χωρίς να λαμβάνουν ιδιαίτερα υπόψη τους την ποιότητα των δεδομένων. Στο σύστημα του «Ανταμείβεσαι ανάλογα με την ποιότητα των δεδομένων σου» (**Pay as how well as you do**) [35], προωθείται η μέθοδος της δίκαιης αμοιβής του συνεισφέροντα δεδομένα ανάλογα με την ποιότητα ανίχνευσης που θα προσφέρει. Ο σκοπός του συστήματος είναι το κέρδος του παρόχου υπηρεσίες με δεδομένα που δεν είναι ούτε περισσότερης αξίας από αυτή που αποδίδεται, αλλά ούτε και λιγότερης. Η ισορροπία μεταξύ της δίκαιης αμοιβής του χρήστη αλλά και του παρόχου είναι μία δύσκολη συνάρτηση που απαιτεί έναν καλό μηχανισμό διαλογής και αξιολόγησης των πληροφοριών.

Συγκεκριμένα, οι βασικότεροι ρόλοι του συστήματος είναι οι συνδρομητές υπηρεσίας (service subscribers), δηλαδή αυτοί που ζητούν δεδομένα, ο service provider, δηλαδή αυτός που παρέχει τις υπηρεσίες και διοργανώνει την καμπάνια και το πλήθος των συμμετεχόντων (crowd of participants), δηλαδή οι χρήστες που παράγουν τα δεδομένα της ανιχνευτικής διαδικασίας. Η διαδικασία περιγράφεται στην **Εικόνα 13**. Αρχικά, ο πάροχος υπηρεσίας γνωστοποιεί προς το πλήθος μια εργασία και ορίζει τις ανιχνευτικές απαιτήσεις του έργου. Κάθε συμμετέχοντα $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ ορίζει ένα κόστος ανίχνευσης για την συγκεκριμένη εργασία c_k και αποφασίζει αν θα την αναλάβει ή θα την απορρίψει. Στη συνέχεια ο πάροχος με βάση τις προηγούμενες ανιχνεύσεις και την ποιότητα δεδομένων που έχει προσφέρει σε προηγούμενη ανίχνευση κάθε χρήστης, θα αποδώσει ένα q_k , όπου χαρακτηρίζει την ποιότητα των δεδομένων. Έπειτα, επιλέγει ένα υποσύνολο των συμμετεχόντων που ικανοποιούν και κάποιες συγκεκριμένες συνθήκες και αποδίδει μία ανταμοιβή r_k . Εφόσον καθοριστεί το σύνολο αυτό, οι πάροχοι υπηρεσιών ανανεώνουν τις τιμές ποιότητας του κάθε συμμετέχοντα με σκοπό να τις χρησιμοποιήσει σε επόμενο γύρο. Μετά την εξαγωγή των δεδομένων μετράει το βαθμό θορύβου που περιέχουν και υπολογίζει την τελική αξία [35].



Εικόνα 13: Το γενικό μοντέλο της ανιχνευτικής διαδικασίας [35]

Προκειμένου να διασφαλιστεί ομοιογένεια των μετρήσεων μεταξύ διαφορετικών συσκευών, προτείνεται η διακριτοποίηση των χρονικών διαστημάτων μετρήσεων με σκοπό να διασφαλιστεί η αντιστοιχία μεταξύ ποιότητας και κόστους [35]. Αναφορικά με την ποιότητα των δεδομένων ανίχνευσης, η οποία προκύπτει ως αποτέλεσμα των επιπέδων της προσπάθειας, υπολογίζεται ένας πίνακας προσπάθειας e_k για κάθε συμμετέχοντα a_k , ο οποίος χαρτογραφείται μέσω μιας κλιμακούμενης τιμής ποιότητας με την συνάρτηση $q_k = g(e_k)$. Παράλληλα, ο πίνακας προσπαθειών πρέπει να περιέχει μόνο πραγματικές τιμές. Για να υπολογιστούν αυτές οι τιμές χρησιμοποιείται ο αλγόριθμος EM (Expectation Maximization). Ο αλγόριθμος αυτός μέσω των επαναληπτικών καταστάσεων μπορεί να υπολογίσει μια μέγιστη εκτίμηση πιθανότητας (MLE). Ο MLE υπολογίζει την καλύτερη εκτίμηση για παραμέτρους που μεγιστοποιούν την πιθανότητα των παρατηρήσεων (π.χ., τα υποβληθέντα δεδομένα ανίχνευσης) και συγκλίνει στην πιθανότητα με την πραγματική τιμή των άγνωστων παραμέτρων, όταν ο αριθμός των παρατηρήσεων είναι αρκετά μεγάλος [35]. Δεδομένου ότι ένα σύνολο S παρατηρημένων δεδομένων ανίχνευσης, ένα σύνολο P των ελλειπόντων πραγματικών δεικτών διαστήματος, ένα σύνολο E μητρών άγνωστης προσπάθειας και η συνάρτηση πυκνότητας f , η πιθανότητα άγνωστης E είναι:

$$L(E; P, S) = f(P, S|E)$$

Με βάση τον παραπάνω αλγόριθμο, οι ερευνητές επέκτειναν τη λειτουργία του, προσθέτοντας πρώτον τη δυνατότητα εκτίμησης της κατανομής του μεγέθους της προσπάθειας και του διαστήματος θορύβου, μέσω της εκτίμησης της μέγιστης πιθανότητας και των εκτιμώμενων πραγματικών δεικτών διαστήματος και δεύτερον, τη δυνατότητα υπολογισμού νέας εκτίμησης των πραγματικών δεικτών διαστήματος, σύμφωνα με τους πίνακες προσπάθειας και την κατανομή διαστήματος θορύβου.

Συμπερασματικά, ο μηχανισμός κινήτρων βασίζεται στον υπολογισμό του πίνακα προσπάθειας e_k , της ποιότητα ανίχνευσης δεδομένων q_k και της προσφερόμενης σωστής ανταμοιβής r_k . Λαμβάνοντας υπόψη την ποιότητα των δεδομένων ανίχνευσης, ο μηχανισμός παροχής κινήτρων μπορεί να ενθαρρύνει τη μακροπρόθεσμη και αποτελεσματική συμβολή για υπηρεσίες βασισμένες στο πλήθος [35].

Στο απλό σύστημα τιμολόγησης θεωρείται ότι το κόστος ανίχνευσης για όλους τους συμμετέχοντες ακολουθεί μια κατανομή πιθανότητας με μια συνάρτηση πιθανότητας $f(ck)$ και μια αθροιστική συνάρτηση κατανομής $F(ck)$. Το κέρδος του παρόχου υπηρεσιών, ορίζεται ως η διαφορά μεταξύ της αξίας V , που αποκτάται από τα δεδομένα ανίχνευσης και της ανταμοιβής r για τον συμμετέχοντα ak , όπου $V \geq r$, και διατυπώνεται ως:

$$\text{Profit}(ck, r) = \begin{cases} 0, & r < ck, \\ V - r, & r \geq ck \end{cases}, \text{ ενώ το κέρδος υπολογίζεται ως } \text{Profit}(r) = F(r)(V - r).$$

Επομένως, ο πάροχος υπηρεσιών μπορεί να μεγιστοποιήσει το κέρδος του λαμβάνοντας το πρώτο παράγωγο της συνάρτησης Κέρδος (r), επιλύοντας την ακόλουθη εξίσωση και λαμβάνοντας τη βέλτιστη ανταμοιβή, $r^* = V - \frac{F(r^*)}{f(r^*)}$.

Επιπλέον, λόγω των διάφορων επιπέδων προσπάθειας, οι συμμετέχοντες μπορούν να υποβάλουν δεδομένα ανίχνευσης διαφορετικής ποιότητας [35]. Η επέκταση του αλγορίθμου οδηγεί σε σύγκλιση μιας σταθερής μεν εκτίμησης, αλλά δεν μπορεί να εγγυηθεί η αποδοτικότητά του, εφόσον οι επαναλήψεις συχνά οδηγούν σε τοπικό μέγιστο. Πιο συγκεκριμένα, διάφορες αναλύσεις και πειράματα επιβεβαίωσαν ότι το έργο των ειδικών, μπορεί να επιτευχθεί από το πλήθος, ακόμη και αν υπάρχει έλλειψη ειδικών γνώσεων. Ωστόσο, η συμβολή του κάθε συμμετέχοντος παραμένει άγνωστη. Ένας τρόπος είναι η μέτρηση του θορύβου σε ένα κανάλι μετάδοσης όπου μεταδίδεται το σήμα του παρόχου με τυχαία παραμόρφωση. Η ποιότητα $q_k \in [0, 1]$ των δεδομένων ανίχνευσης εκφράζεται από τη μεταβλητή θορύβου Z (ανεξάρτητα από X) στο κανάλι μετάδοσης, όπου $\text{Pr}(z = 0) = q_k$ υποδεικνύει ότι το σήμα εξόδου είναι ίσο με το σήμα εισόδου, ίσο με την πιθανότητα q_k και το $\text{Pr}(z = 1) = 1 - q_k$ υποδεικνύει ότι παρουσιάζεται σφάλμα με πιθανότητα $1 - q_k$.

Η τελική διεργασία περιλαμβάνει ένα βήμα παραπέρα, όπου επιβραβεύει τους συμμετέχοντες ανάλογα με τις ποσοτικοποιημένες συνεισφορές τους, δηλ. $r(q_k) = r_m(q_k)$,

όπου r είναι το σημείο αναφοράς της ανταμοιβής. Από τον συμμετέχοντα A_k με μια τιμή προσπάθειας του πίνακα e_k , το κέρδος του παρόχου είναι:

$$\text{Profit}(c_k, e^k, r) = \begin{cases} 0, & rc_m(g(e^k)) < c_k, \\ V - rc_m(g(e^k)), & rc_m(g(e^k)) \geq c_k. \end{cases}$$

Τότε, η βέλτιστη ανταμοιβή που βασίζεται στην ποιότητα καθορίζεται από:

$$\begin{aligned} r^* &= \arg \max_r \text{Profit}(r) \\ &= \arg \max_r \int_{e^k} \int_0^\infty \text{Profit}(c_k, e^k, r) f(c_k, e^k) dc_k de^k. \end{aligned}$$

Πίνακας IV : Σύγκριση όλων των μηχανισμών Α΄

| | INCEPTION | CENTURION | DARPA | First Learn then Earn |
|-----------------------------|---|--|--|--|
| Στόχος | <ul style="list-style-type: none"> Quality of data Minimum cost Privacy | Truthfulness | Minimum Budget | Quality of data |
| Περιβάλλον | Online cloud | Online cloud | Server Queue Model | Machine learning |
| Τύπος Πλαισίου | Combinational Auction Model | Combinational Auction Model multi-requested | Queue Model with Poisson Process | Optimal Auction Framework |
| Μηχανισμοί | <ul style="list-style-type: none"> Incentive Mech Data Aggregation Mech Data Perturbation Mech | <ul style="list-style-type: none"> Incentive Mech Data Aggregation Mech | Direct and Passive Reward Mech | Incentive Compatible Mech |
| Πλήθος Ενεργειών | 7 | 9 | Multiple | 3 |
| Συναρτήσεις | <ul style="list-style-type: none"> Cost function Objective function | <ul style="list-style-type: none"> Cost function Objective function | <ul style="list-style-type: none"> Effort Sharing Func Utility Func | <ul style="list-style-type: none"> Objective func Utility func Sigmoid func |
| Οντότητες | <ul style="list-style-type: none"> Workers Platform | <ul style="list-style-type: none"> Workers Participants Requesters Platform | <ul style="list-style-type: none"> Server Players Agents | Mobile Users |
| Χρησιμότητα | $u_i = \begin{cases} p_i - c_i^r - c_i^s \epsilon, \\ 0, \end{cases}$ | <ul style="list-style-type: none"> Requester's Utility Worker's Utility Platform's Profit | $u_i(\lambda) = u_{i,1}^r(\lambda), \text{ if } \lambda \in Z_i;$ $u_i(\lambda) = u_{i,2}^r(\lambda).$ | Not Available |
| Έτος Σύνταξης Άρθρου | 2016 | 2017 | 2016 | 2016 |

Πίνακας V : Σύγκριση όλων των μηχανισμών Β΄

| | Online Participatory | Budget Feasible | Collection Behavior | Pay as How Well you Do |
|-----------------------------|---|---|--|--|
| Στόχος | <ul style="list-style-type: none"> Budget balanced Truthful data | <ul style="list-style-type: none"> Service Quality Quality of Data | <ul style="list-style-type: none"> Service Quality Updating Bids | Quality of data |
| Περιβάλλον | Online | Online | Online cloud | Not Available |
| Τύπος Πλαισίου | Double Auction Framework | Auction Model | All-pay Auctions | Recruitment Framework |
| Μηχανισμοί | Single Task Execution Mechanism (STEM) | <ul style="list-style-type: none"> OMZ OMG | <ul style="list-style-type: none"> All-pay Auctions Multiparameter posted pricing M Crowd Aversion and Posted Pricing Mech | Quality Based Incentive Mech |
| Πλήθος Ενεργειών | 3 | Multiple | 4 | 6 |
| Συναρτήσεις | <ul style="list-style-type: none"> Allocation function Payment function | <ul style="list-style-type: none"> Allocation function Payment function | <ul style="list-style-type: none"> Distribution Function Φ Utility function Objective Function | <ul style="list-style-type: none"> Quality func Density func Likelihood func Expectation func Indicator func Distribution func |
| Οντότητες | <ul style="list-style-type: none"> Requesters Executers Clusters | <ul style="list-style-type: none"> Requesters Executers Agents | Users | <ul style="list-style-type: none"> Service Subscribers Service Provider crowd of participants |
| Χρησιμότητα | $\varphi_i^e = \mathcal{P}_i^e - v_i^e$ $\varphi_i^r = v_i^r - \mathcal{P}_i^r$ | Not Available | $U^j(e_{j1}, \dots, e_{jL_j}, B_j)$ | Not Available |
| Έτος Σύνταξης Άρθρου | 2017 | 2016 | 2014 | 2015 |

3.4 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο που παρουσιάστηκε αναλύεται ένα πλήθος ερευνητικών άρθρων, όπου οι κυριότερες κατηγορίες μηχανισμών κινήτρων που εξετάζονται είναι συνολικά δύο. Η πρώτη κατηγορία αναφέρεται στο χρηματικό κίνητρο του συμμετέχοντα (monetary incentive ή pricing), που σημαίνει ότι οι χρήστες ενστικτωδώς επιλέγουν την χρηματική επιβράβευση ως αντάλλαγμα για την υπηρεσία ή τα δεδομένα που προσφέρουν. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει μηχανισμούς που δεν έχουν να κάνουν με χρηματική συναλλαγή (non-monetary). Οι χρήστες συμμετέχουν είτε εθελοντικά, είτε με άλλου είδους ανταμοιβή, όπως για παράδειγμα, δωρεάν περιήγηση στο διαδίκτυο, διαθέσιμο εύρος ζώνης, εικονικούς πόντους και άλλα. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι μηχανισμοί αυτοί μπορεί να συνδυαστούν, ώστε να αποτελέσουν ισχυρότερο μηχανισμό κινητοποίησης του χρήστη. Παράλληλα, παρουσιάστηκαν διάφοροι μηχανισμοί κινήτρων μέσα από επιστημονικά ερευνητικά άρθρα και αναλύθηκαν οι ομοιότητες, αλλά και οι διαφορές μεταξύ των μηχανισμών. Στο επόμενο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας πραγματοποιείται η προσομοίωση ενός απλοποιημένου μηχανισμού και δίνονται τα αποτελέσματα και οι αναλύσεις.

Κεφάλαιο 4

4.1 Εισαγωγή

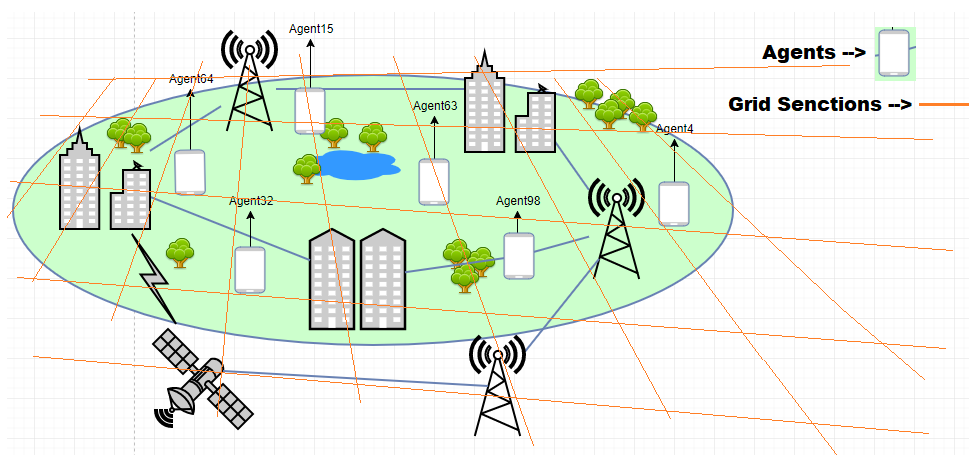
Έχοντας αναλύσει το θεωρητικό υπόβαθρο των συστημάτων κινητής ανίχνευσης και πολιτικών κινήτρων, στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται η δημιουργία ενός μηχανισμού προσέγκυσης με βάση το άρθρο [8]. Στην αρχή του κεφαλαίου γίνεται μία επισκόπηση της προσομοίωσης του επιστημονικού άρθρου με τίτλο «Χαρακτηριστικές συναρτήσεις χρησιμότητας, πολιτικές συμμετοχής και αποτελεσματικά κίνητρα σε συστήματα κινητής ανίχνευσης». Το άρθρο αυτό παραθέτει μια ολοκληρωμένη ανάλυση των κινητών συστημάτων ανίχνευσης, μελετώντας παράλληλα τα βασικά χαρακτηριστικά και τις μετρικές που καθορίζουν την λειτουργία των κινήτρων στα συστήματα αυτά. Επίσης, το άρθρο αυτό αποτέλεσε την βασική ιδέα ανάπτυξης του μηχανισμού που προτείνεται στην συνέχεια της εργασίας, χωρίς να ακολουθούνται όμως οι ίδιες πολιτικές και κίνητρα. Σκοπός του μηχανισμού που δημιουργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να προτείνει μία απλοποιημένη και διαφορετική προσέγγιση, βασιζόμενος σε ήδη υπάρχοντες μηχανισμούς. Το νέο μοντέλο που θα προταθεί ακολουθεί το μοντέλο πρακτόρων και διακομιστή και βασίζεται στην απλή πολιτική κινήτρων του μηχανισμού [8].

4.2 Προσομοίωση Μηχανισμού Κινήτρων και Συγκριτική Ανάλυση

4.2.1 Ανάλυση του μηχανισμού προσομοίωσης

Το CrowdSensing περιγράφεται ως μια πρακτική αξιοποίησης πληροφοριών που παρέχονται μέσω της χρήσης των αισθητήρων ανίχνευσης των έξυπνων κινητών συσκευών από μία κοινότητα αναθέτοντάς της μία task [Def 2- Κεφάλαιο 1].

Αρχικά, σε ένα σύστημα Mobile CrowdSensing που αποτελείται από ένα πλήθος χρηστών (Crowd) C και ένα server S . Το C αποτελείται από πράκτορες (agents) A , που εξυπηρετεί χρήστες που μεταφέρουν έξυπνες φορητές συσκευές, ενώ ο S εξυπηρετεί ενδιαφερομένους παράγοντες (stakeholders) οι οποίοι επιδιώκουν την εκμετάλλευση της χρήσης των αισθητήρων που προσφέρεται από το πλήθος, προκειμένου να εκτελέσουν ένα T (Task). Η διαδικασία εκτέλεσης T λαμβάνει χώρα σε γύρους. Στην αρχή του κάθε γύρου ο διακομιστής δημοσιεύει προσφορές στο πλήθος των χρηστών τα οποία αποτελούνται από τμήματα εργασιών, μαζί με τα αντίστοιχα κίνητρα. Οι παράγοντες αξιολογούν τις προσφορές και είτε αποδέχονται να εκτελέσουν το τμήμα εργασίας που τους προσφέρεται και να λάβουν το αντίστοιχο κίνητρο, είτε απορρίπτουν την προσφορά. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να καλυφθεί το σύνολο του προϋπολογισμού (Budget) που διατίθεται για τον κάθε πράκτορα A ή μέχρι να τελειώσουν όλα τα διαθέσιμα τμήματα εργασιών της κάθε εργασίας. (Εικόνα 14).



Εικόνα 14: Σύστημα MCS του μοντέλου πρακτόρων

4.2.2 Σύγκριση με υπάρχοντες μηχανισμούς

Στις μέρες μας πολλοί ερευνητές συνειδητοποιώντας την ευρεία χρήση των έξυπνων συσκευών, αλλά και των συστημάτων MCS, κατάφεραν να δημιουργήσουν εκατοντάδες εφαρμογές οι οποίες ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις της σύγχρονης κοινωνίας. Εφαρμογές με αντικείμενο το περιβάλλον, την υγεία, την οικονομία σε περιβάλλοντα, όπως των έξυπνων πόλεων, δίνουν τη δυνατότητα στους χρήστες να διευκολύνουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες. Το NoiseTube [38], το Ear-Phone [39], το CenseMe [40], το TRAFICINFO [15], ή το Healthgear [30] αποτελούν μερικά παραδείγματα εφαρμογών που στόχο έχουν την βελτίωση της ποιότητας ζωής του χρήστη. Σε ένα γενικότερο μοντέλο MCS οι χρήστες μπορεί να είναι απλοί κάτοικοι μιας πόλης, ακαδημαϊκοί και φοιτητές σε ένα «campus», εργαζόμενοι σε μια εταιρία ή εξειδικευμένοι χρήστες που μπορούν να συμμετέχουν προσφέροντας υψηλότερη ποιότητα δεδομένων αλλά και υπηρεσίες.

Οι κυριότερες διαδικασίες των συστημάτων MCS είναι η ανίχνευση, συλλογή, η ανάλυση και ο διαμοιρασμός των δεδομένων. Για να επιτελεστούν όλες οι διαδικασίες που απαιτεί η λειτουργία ενός συστήματος MCS, οι χρήστες χρειάζονται κάποιο κίνητρο προκειμένου να συνεισφέρουν τα δεδομένα τους. Η πλειοψηφία των σημερινών εφαρμογών χρησιμοποιεί χρηματικά κίνητρα ή κίνητρα εικονικής χρηματικής ανταμοιβής. Οι χρήστες προσφέρουν στο σύστημα τα δεδομένα που έχουν συλλέξει με αντάλλαγμα την επιβράβευσή τους, με ένα χρηματικό ποσό που καθορίζεται από την πλατφόρμα του συστήματος. Σκοπός των κινήτρων είναι να κινητοποιήσουν όσο περισσότερους να συμμετέχοντες ώστε να συλλεχθούν περισσότερα δεδομένα.

Σε ένα σύστημα MCS αποτελούμενο από τις εξής οντότητες: το server, το πλήθος (Crowd), και ένα σύνολο από συναρτήσεις που καθορίζουν τη λειτουργία, ορίζεται ένα μοντέλο ανάθεσης εργασιών, απόδοσης κινήτρων, αλλά και απόδοσης ανταμοιβής προς τους συμμετέχοντες [8]. Στο άρθρο [8], οι ερευνητές θεωρούν το CrowdSensing ως μια πρακτική αξιοποίησης πληροφοριών που παρέχονται μέσω της χρήσης των αισθητήρων ανίχνευσης των έξυπνων κινητών συσκευών από μία κοινότητα αναθέτοντάς της μία task. Αν ο πράκτορας (Agent) ενδιαφέρεται για την προσφορά που του έχει κάνει ο διακομιστής (Server), επιλέγει να την εκτελέσει λαμβάνοντας το αντίστοιχο κίνητρο. Με την αποδοχή του κινήτρου ο διακομιστής επωμίζεται το κόστος αυτό αφαιρώντας από το συνολικό προϋπολογισμό το ποσό της εκτέλεσης εργασίας που αντιστοιχεί στον πράκτορα. Αν ο

πράκτορας δεν θέλει να συμμετέχει, τότε η εργασία θα πρέπει να εκτελεστεί από κάποιο άλλο διαθέσιμο πράκτορα. Οι πολιτικές κινήτρων που χρησιμοποιούν οι ερευνητές του άρθρου είναι τέσσερις και βασίζονται τόσο στην χρησιμότητα (utility), όσο και στην δυνατότητα του πράκτορα να αναλάβει την εκτέλεση της εργασίας ανάλογα με το «threshold» που έχει αλλά και το κόστος που επωμίζεται ο διακομιστής.

Στο άρθρο [43] οι ερευνητές αναφέρονται σε πέντε πολιτικές κινήτρων βασισμένες στο μοντέλο του Basel. Σύμφωνα με την πρώτη πολιτική, ο προϋπολογισμός μοιράζεται ανάλογα με το πλήθος των πρακτόρων που συμμετέχουν, ενώ παράλληλα στην δεύτερη πολιτική χρησιμοποιείται επιπλέον ο μηχανισμός ανίχνευσης της θέσης του πράκτορα. Σύμφωνα με αυτή την πολιτική το σύστημα είναι συνεχώς ενημερωμένο για την θέση του κάθε πράκτορα μέσα σε έναν τοπολογικά ορισμένο χώρο, όπου κάθε στιγμή υπολογίζεται ο προϋπολογισμός για κάθε υποτομέα που δεν είναι κενός. Οι επόμενες δύο πολιτικές κινήτρων βασίζονται, εκτός από το πλήθος των διαθέσιμων πρακτόρων και την θέση τους στην συγκεκριμένη χρονική στιγμή, στην αξιοπιστία που έχουν οι πράκτορες με βάση το ιστορικό τους. Η τελευταία πολιτική είναι ένας συνδυασμός όλων των πολιτικών όπου συνυπολογίζεται και ο λόγος συμμετοχής και αποδοχής από το πλήθος χρηστών.

Συμπερασματικά, με βάση το άρθρο [8], η πολιτική κινήτρων επιλέχθηκε να ακολουθεί ένα παρόμοιο μοντέλο που βασίζεται στα κίνητρα που δίνονται στους πράκτορες, αλλά και στην ολοκλήρωση των εργασιών για κάθε κύκλο εκτέλεσης. Η πολιτική δεν επιβαρύνεται από επιπλέον παράγοντες και μεταβλητές που περιλαμβάνονταν στο άρθρο [8], αλλά σε μια απλούστερη προσέγγιση της πρώτης πολιτικής σε συνδυασμό με την απλή σχέση χρησιμότητας, ανάλογη με την ολοκλήρωση των εργασιών.

4.3 Το Μοντέλο

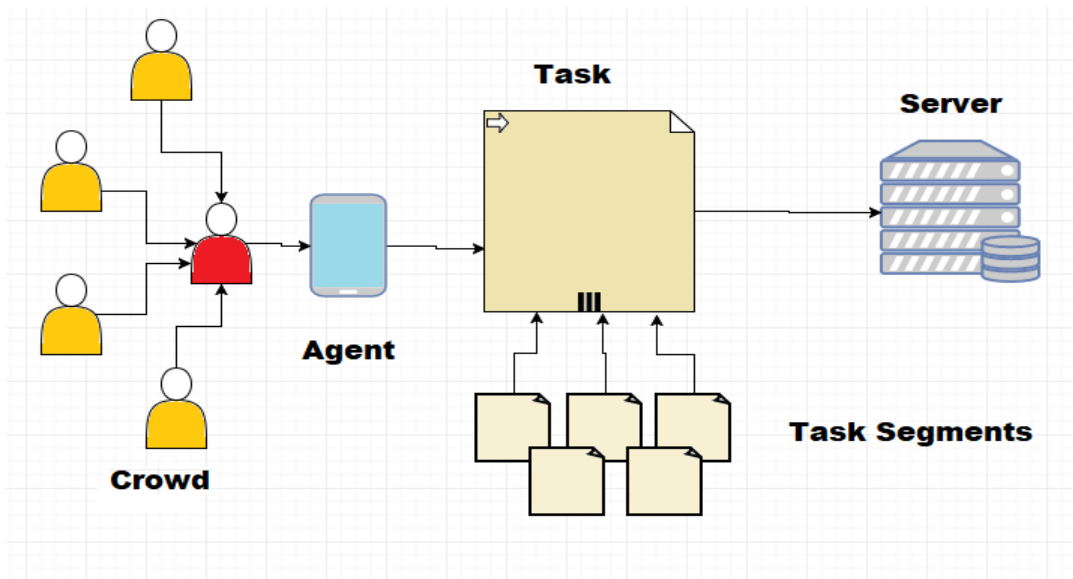
Ως ένα σύστημα CrowdSensing θεωρήθηκε ένα σύνολο από πράκτορες (Agents), ένα server, ένα σύνολο από συναρτήσεις που καθορίζουν την αλληλεπίδραση των πρακτόρων με το διακομιστή, μέσω της ολοκλήρωσης των tasks με σκοπό τη συλλογή δεδομένων. Σε αυτό το μοντέλο ο διακομιστής είναι ο κεντρικός διαχειριστής των αποφάσεων που λαμβάνονται

στο σύστημα. Ακόμη, περιλαμβάνει λειτουργίες όπως, η δημιουργία εργασιών και ο διαχωρισμός τους, η καταγραφή των στοιχείων των πρακτόρων που συμμετέχουν στη διαδικασία καθώς και, η ανάθεση των εργασιών. Επίσης, ο διακομιστής διαχειρίζεται τον προϋπολογισμό και αποδίδει σε κάθε συμμετέχοντα τα κίνητρα και την αμοιβή εκτέλεσης της κάθε εργασίας.

4.3.1 Ανάλυση Οντοτήτων

Όπως και στο μοντέλο του άρθρου [8] έτσι και στον μηχανισμό που προτείνεται μέσω της παρούσας διπλωματικής εργασίας, οι πράκτορες είναι ουσιαστικά οι οντότητες που παρέχουν τα δεδομένα προς το διακομιστή και επιλέγουν αν θα συμμετέχουν στη διαδικασία. Ο ρόλος του πράκτορα είναι να επιλέγει κάθε φορά αν θέλει να συμμετέχει στην παραγωγή δεδομένων, για ποιες εργασίες και με ποια χρονική διάρκεια. Οι εργασίες που αναθέτονται σε κάθε πράκτορα από το διακομιστή, έχουν συγκεκριμένο μέγεθος και απαιτούν συγκεκριμένο πλήθος πρακτόρων για να τις εκτελέσουν. Οι εργασίες μοιράζονται ανάλογα με την πρόθεση των πρακτόρων, καθώς και το ποσό που συμφέρει τον διακομιστή να αποδώσει σε κάθε πράκτορα που θέλει να συμμετέχει.

Με παρόμοιο τρόπο με αυτό του άρθρου [8] οι εργασίες χωρίζονται σε μικρότερα τμήματα εργασιών τα οποία ονομάζονται «Task Segments». Κάθε γύρος επιλογής πρακτόρων αναλαμβάνει την εκτέλεση ενός συγκεκριμένου πλήθους «Task Segments». Για παράδειγμα, αν έχουμε μία εργασία συλλογής ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης σωματιδιακών δεδομένων, με σκοπό την μέτρηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η εργασία μπορεί να χωρίζεται σε μικρότερα τμήματα μετρήσεων, όπως για παράδειγμα σε διαφορετικές τοποθεσίες μιας πόλης ή διαφορετικές χρονικές στιγμές μιας ημέρας. Οι πράκτορες πρέπει να επιλέξουν τις διαφορετικές τοποθεσίες που ζητούνται, αλλά και τις διάφορες χρονικές περιόδους μετρήσεων (**Εικόνα 15**). Στο μοντέλο που προτείνεται στην εργασία τα τμήματα εργασιών για κάθε γύρο θεωρούνται 20 σε πλήθος.



Εικόνα 15: Διεργασίες οντοτήτων του μοντέλου

Η διάρκεια κάθε εργασίας περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο χρονικό εύρος όπως στο άρθρο [8]. Αν κάθε εργασία περιλαμβάνει λ τμήματα μικρότερων εργασιών (Task Segments), τότε η χρονική διάρκεια ενός τμήματος υπολογίζεται ως $1/\lambda$. Αν σε αυτή την περίπτωση ζητείται η μέτρηση των τμημάτων δεδομένων που θα προσφέρει κάθε πράκτορας μέχρι την χρονική στιγμή t_n , τότε το ποσοστό ολοκλήρωσης τμημάτων εργασιών μέχρι αυτήν τη χρονική στιγμή, δίνεται από τον λόγο των τμημάτων εργασίας που έχουν γίνει, προς το συνολικό πλήθος των εργασιών.

$$\frac{\lambda_k}{\lambda} \text{ με } k = 1, 2, \dots, N$$

Επίσης, οι εργασίες χωρίζονται σε ισομεγέθη, μη αλληλοεπικαλυπτόμενα τμήματα εργασιών. Με τον ίδιο τρόπο χρησιμοποιήθηκε η έννοια της άθροισης των ισομεγεθών τμημάτων μιας εργασίας λ , ως $\sum \lambda_k \equiv \lambda(t)$.

Ως διακομιστής Server S, ορίζεται ένας ενδιαφερόμενος παράγοντας που επιδιώκει να εκμεταλλευτεί τις αισθητηριακές και υπολογιστικές δυνατότητες που παρέχονται από το MCS, προκειμένου να εκτελέσει ένα «Task» T. Ένα «Task» θα μπορούσε να είναι για παράδειγμα, η παρακολούθηση του επιπέδου θορύβου στο υπόβαθρο για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ή η παρακολούθηση εξ αποστάσεως ενός γεγονότος συλλέγοντας «live streaming video». Ο διακομιστής έχει επίσης στη διάθεσή του ένα πεπερασμένο

προϋπολογισμό «budget» B , που μπορεί να διαχειριστεί ελεύθερα, με σκοπό την παροχή κινήτρων στους παράγοντες του πλήθους, προκειμένου να συμμετάσχουν στην εκτέλεση των εργασιών T . Η φύση του προϋπολογισμού μπορεί να είναι είτε χρηματική, είτε μπορεί να έρθει με τη μορφή μιας υπηρεσίας, όπως για παράδειγμα η αύξηση της κατανομής εύρους ζώνης στο διαδίκτυο. Για χάριν απλότητας στο μοντέλο της εργασίας θεωρήθηκε ότι ο προϋπολογισμός μετράται σε μονάδες συστήματος και όχι χρηματικές μονάδες. Ο υπολειπόμενος διαθέσιμος προϋπολογισμός του διακομιστή μέχρι τη χρονική στιγμή t συμβολίζεται με $\text{budget}(t)$.

Η συλλογή των δεδομένων επιτελείται μέσω του πλήθους (Crowd) των έξυπνων συσκευών και οι οποίες μεταφέρονται από τους πράκτορες (Agents). Οι συσκευές χαρακτηρίζονται από ενσωματωμένους αισθητήρες (π.χ. επιταχυνσιόμετρα, γυροσκόπια, μικρόφωνα, κάμερες, κ.λπ.) και είναι διαθέσιμα δυνητικά να αναλάβουν την εκτέλεση μιας εργασίας (ή τμήματος εργασίας) το οποίο αποδίδεται από τον διακομιστή S . Η αξιολόγηση των ληφθέντων προσφορών εκτελείται από κάθε πράκτορα με βάση μια χαρακτηριστική τιμή του threshold , η οποία είναι άγνωστη στους υπόλοιπους πράκτορες αλλά και διακομιστές. Επίσης, ο διακομιστής είναι σε θέση να παρακολουθεί τον αριθμό των φορών που συνέβαλε ο κάθε πράκτορας στην εκτέλεση μιας εργασίας με τη διατήρηση ενός μετρητή.

Μόλις ένας πράκτορας, που ανήκει στο πλήθος, λάβει μια προσφορά από το διακομιστή S (δηλαδή ένα τμήμα εργασίας με ένα αντίστοιχο κίνητρο) πρώτα αξιολογεί το κόστος εκτέλεσης της εργασίας που θα συμπεριληφθεί (το κόστος αυτό μπορεί να αντανakλά απώλεια ενέργειας, κατανομή των πόρων με την πάροδο του χρόνου, κ.λπ.) και στην συνέχεια, παίρνει μία απόφαση για το αν θα αναλάβει το τμήμα της εργασίας ή θα το απορρίψει.

4.3.2 Τύποι χρησιμότητας της εργασίας και της πολιτικής κινήτρων

Η χρησιμότητα του μοντέλου θεωρείται σταθερή και το είδος της εργασίας είναι το ίδιο, όμως για κάθε πράκτορα υπάρχουν διαφορετικές τιμές κόστους επιβάρυνσης για κάθε πράκτορα από τον συνολικό προϋπολογισμό. Για παράδειγμα, κάθε εργασία θα περιλαμβάνει σταθερά, k τμήματα εργασιών, για τα οποία κάθε πράκτορας θα έχει διαφορετικό κόστος επιβάρυνσης. Η αναμενόμενη χρησιμότητα είναι ανάλογη του πλήθους των συμμετεχόντων

πρακτόρων. Γενικά, θεωρούμε ότι η αναμενόμενη χρησιμότητα ενός διακομιστή S που λάβαμε από την εκτέλεση των τμημάτων εργασιών T_k είναι της μορφής $u_k=f(\lambda,\lambda_k)$.

Utility proportional to the Task completion = Χρησιμότητα ανάλογη της ολοκλήρωσης της εκτέλεσης του Task.

$$u_k = \frac{\lambda_k}{\lambda}$$

Δηλαδή, η αναμενόμενη χρησιμότητα που αποκτήθηκε για τον server, είναι ανάλογη με το μέγεθος του τμήματος εργασίας που πρέπει να εκτελεστεί. Ως παράδειγμα, θεωρείται μια εφαρμογή περιβαλλοντικής παρακολούθησης (π.χ. παρακολούθηση του θορύβου υποβάθρου) όπου, λ_k αντιστοιχεί στο χρονικό διάστημα που το πλήθος θα πρέπει να παρέχει μετρήσεις θορύβου. Όσο περισσότερο το χρονικό διάστημα (που αντιστοιχεί σε περισσότερα Task segments), τόσο περισσότερες πληροφορίες θα συλλέξει ο διακομιστής.

Σημείωση: Ο μηχανισμός του άρθρου [8] περιλαμβάνει επίσης άλλους δύο τύπους χρησιμότητας, οι οποίοι δεν περιλαμβάνονται στον μηχανισμό της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Οι δύο αυτοί τύποι χρησιμότητας ωστόσο χρησιμοποιούνται στην διερεύνηση του προτεινόμενου μηχανισμού και εξετάστηκαν ως επιπρόσθετη γνώση και έρευνα.

Από το ίδιο άρθρο [8] χρησιμοποιήσαμε κυρίως την πρώτη από τις τέσσερις πολιτικές κινήτρων του διακομιστή που προτείνονται. Σύμφωνα με την αναλογική πολιτική κινήτρων, το κίνητρο I_k δίνεται από τη σχέση $I_k = f(u_k, B(t))$:

Proportional Incentive Policy = Αναλογική Πολιτική Κινήτρων

$$I_k = u_k B(t)$$

δηλαδή, του γινομένου της χρησιμότητας του k πράκτορα, επί τον διαθέσιμο προϋπολογισμό την χρονική στιγμή t .

Εκτός από την συνάρτηση χρησιμότητας μιας εργασίας και την συνάρτηση πολιτικής κινήτρων υπάρχει και η συνάρτηση της απλής πολιτικής συμμετοχής. Σύμφωνα με αυτή την συνάρτηση, ο διακομιστής ελέγχει για κάθε πράκτορα που δηλώνει συμμετοχή σε κάθε γύρο εκτέλεσης αν η τιμή του «threshold» που έχει είναι μεγαλύτερη από το πηλίκο της πολιτικής

κινήτρου που θα δοθεί, διά το κόστος που επωμίζεται ο πράκτορας για την εκτέλεση του τμήματος εργασίας. Σύμφωνα με την απλή πολιτικής συμμετοχής, η τιμή που παίρνει το P_{ai} είναι μία λογική τιμή ή τύπου «Boolean», η οποία αν έχει την τιμή 1, ο πράκτορας θα λάβει το κίνητρο, ενώ αν έχει την τιμή 0, ο πράκτορας δεν θα λάβει το κίνητρο.

Simple Join Policy = Απλή πολιτική συμμετοχής

$$P_{ai} = \begin{cases} 1, & \text{αν } \frac{I_k}{c_{ai}} \geq \text{threshold}_i \\ 0, & \text{αλλιώς} \end{cases}$$

δηλαδή, ο πράκτορας θα λάβει το κίνητρο αν το πηλίκο της τιμής της πολιτικής κινήτρου (I_k), δια το κόστος που θα επωμιστεί ο πράκτορας για την εκτέλεση του τμήματος εργασίας (c_{ai}) είναι μεγαλύτερο από την αντίστοιχη τιμή threshold_i που έχει ο πράκτορας (threshold_i).

4.3.3 Προδιαγραφές της Προσομοίωσης

Το προγραμματιστικό μέρος του μηχανισμού, δηλαδή ο κώδικας της εργασίας δημιουργήθηκε και εκτελέστηκε στο MATLAB R2017b (9.3.0) όπου εκτελέστηκαν και οι προσομοιώσεις του μοντέλου. Στο μοντέλο θεωρείται ότι το πλήθος των πρακτόρων είναι $N=100$, οι οποίοι είναι χωρισμένοι σε τρεις τύπους ανάλογα με τις «threshold» τιμές του καθένα. Υπάρχουν οι πρόθυμοι πράκτορες, οι οποίοι έχουν πολύ χαμηλή τιμή «threshold», οι απρόθυμοι πράκτορες οι οποίοι έχουν πολύ υψηλό «threshold» και οι πράκτορες οι οποίοι είναι ανάμεσα σε αυτές τις τιμές και έχουν μέτριο «threshold». Θεωρήθηκε επίσης $K=1000$ ισομεγέθη, μη επικαλυπτόμενα τμήματα εργασιών και αρχικός προϋπολογισμός «budget» $B=1000$ μονάδες. Προκειμένου να επιτευχθεί στατιστική ομαλότητα, εφαρμόστηκε αρκετές φορές η ανάπτυξη κόμβων του δικτύου και επαναλήφθηκε κάθε πείραμα 100 φορές.

4.3.4 Μοντέλο Προσομοίωσης

Για την προσομοίωση του μηχανισμού θεωρήθηκε ότι υπάρχουν 100 πράκτορες (Agents) και 1000 μονάδες προϋπολογισμού οι οποίες θα ξοδευτούν για την ανάθεση των κινήτρων από τον server. Οι μονάδες αυτές μπορούν να θεωρηθούν είτε εικονικές μονάδες που αντιστοιχούν σε χρήματα, είτε μονάδες ενός συστήματος που αντιστοιχεί σε κατανάλωση

πόρων. Ακόμη, θεωρήθηκε η απλή περίπτωση, όπου το σύστημα έχει να εκτελέσει μία task. Μία εναλλακτική προσέγγιση θεωρείται ότι σε κάθε εκτέλεση του μοντέλου θα έχουμε τυχαίο πλήθος εργασιών. Επιπλέον, κάθε εργασία έχει 1000 μικρότερα τμήματα εργασιών (Task Segments), τα οποία θεωρούνται ισομεγέθη και μπορεί να εκτελεστεί το καθένα περισσότερες από μία φορές.

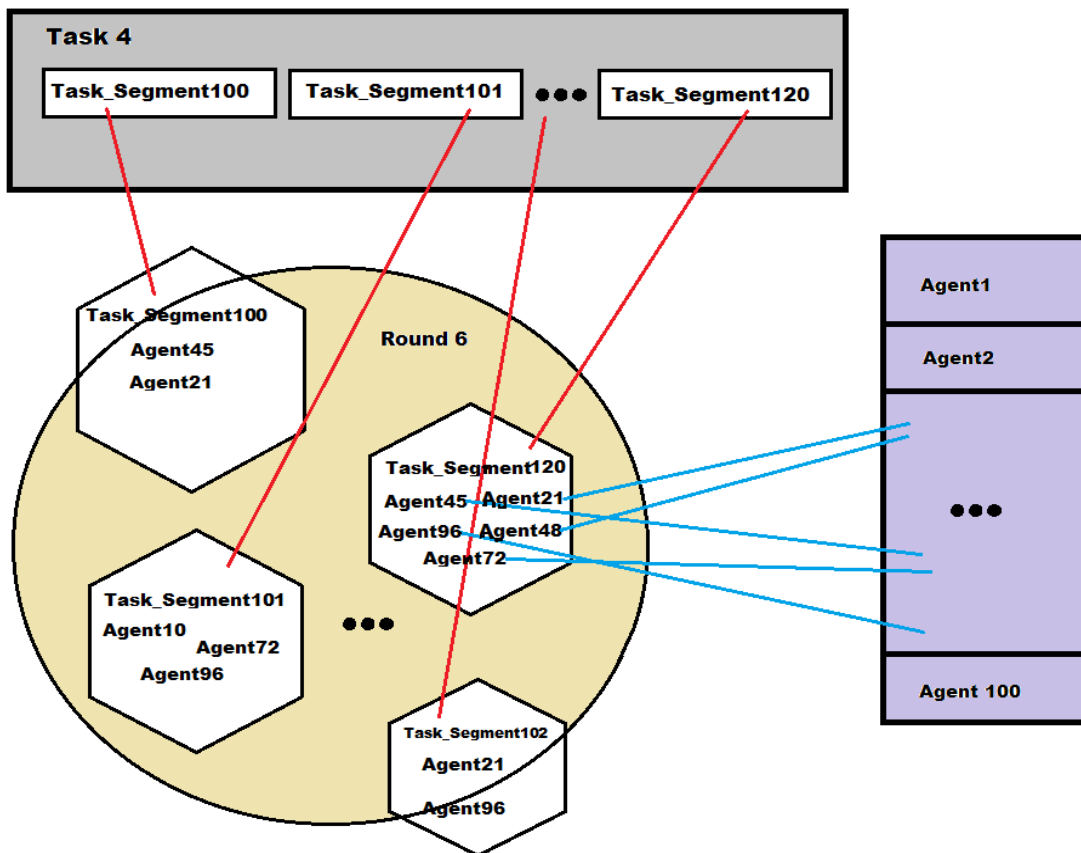
Κάθε πράκτορας στην διάρκεια κάθε γύρου μπορεί να εκτελέσει έως 10 τμήματα εργασιών. Ο διακομιστής θεωρεί ότι ολοκληρώνεται επιτυχώς ένα τμήμα εργασίας, εάν στην εκτέλεσή του συμμετέχουν 10 πράκτορες. Για παράδειγμα, στον 5ο γύρο, στην εκτέλεση του τμήματος εργασίας 115, επιλέγεται ανάμεσα σε 10 πράκτορες και ο πράκτορας 35 (agent35). Αν ο πράκτορας έχει συμμετάσχει πάνω από 10 φορές σε αυτό το γύρο δεν θα μπορεί να συμμετέχει στην εκτέλεση αυτού του τμήματος εργασίας. Για κάθε τμήμα εργασίας εξετάζεται αν έχουν συμπληρωθεί 10 πράκτορες. Εάν έχουν συμπληρωθεί αυτό το όριο τότε η διαδικασία πρέπει να προχωρήσει στο επόμενο τμήμα εργασιών. Η διάρκεια εκτέλεσης κάθε τμήματος εργασίας είναι μια χρονική μονάδα. Η διάρκεια κάθε γύρου είναι σταθερή, ίση με X χρονικές μονάδες (δηλ. να μπορούν να εκτελεστούν X τμήματα εργασιών). Στην περίπτωση που εξετάζεται στην εργασία, θεωρήθηκε ότι κάθε γύρος περιλαμβάνει την εκτέλεση 20 τμημάτων εργασιών.

Αρχικά, θεωρούμε ότι όλοι οι πράκτορες μπορούν να εκτελέσουν τμήματα εργασιών σε κάθε γύρο. Ο προϋπολογισμός είναι αρχικοποιημένος στις 1000 μονάδες και ελέγχεται πόσοι πράκτορες είναι πρόθυμοι να συμμετέχουν για την εκτέλεση του πρώτου τμήματος εργασίας. Υποθέτοντας ότι θέλουν να συμμετέχουν τυχαία 10 πράκτορες, τότε τυχαία επιλέγεται ένας ακέραιος αριθμός πρακτόρων οι οποίοι είναι πρόθυμοι να συμμετέχουν. Κάθε πράκτορας μπορεί να εκτελέσει 10 τμήματα εργασιών διαφορετικών γύρων.

Σε κάθε γύρο εκτέλεσης τμημάτων εργασίας αφού βρεθούν οι πράκτορες που είναι πρόθυμοι να συμμετέχουν, εξετάζεται αν υπάρχει διαθέσιμος προϋπολογισμός και διαθέσιμα τμήματα εργασιών. Αν υπάρχουν τότε ο πράκτορας μπορεί να εκτελέσει ένα τμήμα εργασιών, για το οποίο αφαιρούμε από τον προϋπολογισμό το ποσό που επωμίζεται για την εκτέλεση αυτού του τμήματος εργασίας. Με την ίδια διαδικασία ο νέος προϋπολογισμός προκύπτει αφαιρώντας το κόστος των επόμενων πρακτόρων μέχρι είτε να τελειώσει ο συνολικός προϋπολογισμός, είτε να έχουμε συμπληρώσει 10 πράκτορες που έχουν εκτελέσει το συγκεκριμένο τμήμα εργασίας, οπότε πρέπει να προχωρήσουμε στο επόμενο τμήμα. Με το τέλος ενός συνόλου τμημάτων εργασιών ξεκινάει ένας νέος κύκλος τμημάτων εργασιών.

Εκτελείται η ίδια διαδικασία μέχρι να εξαντληθεί όλο το «budget» που έχει απομείνει από τους προηγούμενους κύκλους. Για να τερματίσει η διαδικασία εύρεσης νέων πρακτόρων θα πρέπει, είτε να έχει τελειώσει όλο το ποσό του προϋπολογισμού, είτε να μην υπάρχουν διαθέσιμα άλλα tasks ή άλλα τμήματα εργασιών (Task Segments). (Εικόνα 18).

Πρέπει να προστεθεί ότι κάθε πράκτορας λαμβάνει μία τυχαία τιμή «threshold» που αρχικά καθορίζει τον τύπο του. Οι τιμές αυτές είναι οι τυχαίοι ακέραιοι αριθμοί με τιμές 1 ή 2 ή 3. Αν ο πράκτορας είναι τύπου 1, τότε δίνεται μία τυχαία τιμή από 0 έως 0,35. Αν είναι τύπου 2, τότε παίρνει μία τυχαία τιμή από 0,35 έως 0,7, ενώ τέλος αν ο πράκτορας είναι τύπου 3, τότε επιλέγεται μία τυχαία τιμή από το 0,7 έως το 1. Με τον ίδιο τρόπο ως τυχαία τιμή αποδίδεται και το κόστος που επωμίζεται ο πράκτορας για την εκτέλεση ενός τμήματος εργασίας. Για κάθε πράκτορα παράλληλα με την απόδοση ενός τυχαίου αριθμού threshold αποδίδεται και μία τιμή του κόστους εκτέλεσης που θα επωμιστεί για την εκτέλεση κάθε τμήματος εργασίας. Η τιμή αυτή είναι στο διάστημα από 0 έως 1 και αποθηκεύεται πριν την ανάθεση κινήτρων σε κάθε πράκτορα.



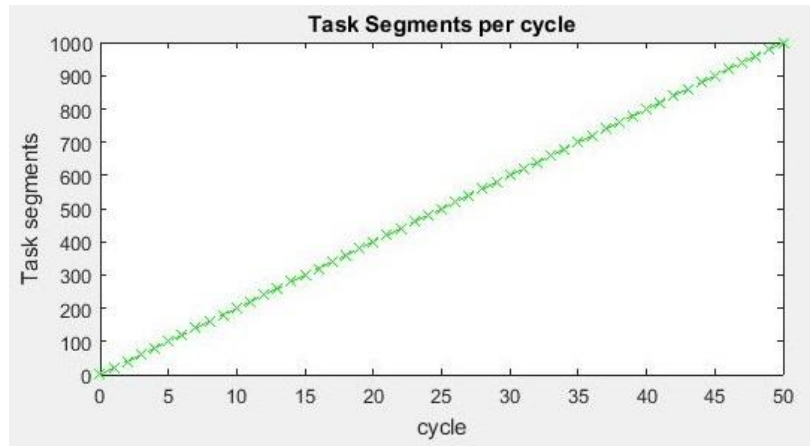
Εικόνα 16: Το Μοντέλο Προσομοίωσης

4.3.5 Αποτελέσματα Προσομοίωσης

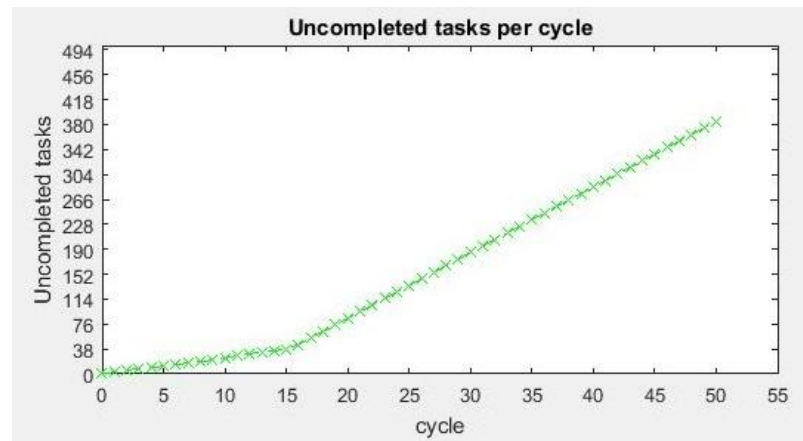
Τα αποτελέσματα της εκτέλεσης (**Εικόνες 17α, Εικόνα 17β και Εικόνα 17γ**) με βάση το μοντέλο της προσομοίωσης επιβεβαιώνουν σε μεγάλο βαθμό την υπόθεση. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει από το διάγραμμα της **Εικόνας 17α**. Στο διάγραμμα αυτό απεικονίζεται η αθροιστική συνάρτηση εκτέλεσης τμημάτων εργασιών που έχουν επιλεγεί για κάθε κύκλο. Επιπλέον, σε κάθε γύρο εκτέλεσης προστίθενται τμήματα εργασιών μέχρι είτε να τελειώσουν, είτε να μην υπάρχει διαθέσιμος προϋπολογισμός για την εκτέλεση άλλων τμημάτων εργασιών.

Στο διάγραμμα της **Εικόνας 17β**, απεικονίζονται τα αποτελέσματα των ανεκτέλεστων τμημάτων εργασιών για κάθε κύκλο εκτέλεσης. Με βάση το διάγραμμα αυτό, στους 16 πρώτους γύρους της εκτέλεσης, τα τμήματα εργασιών που δεν εκτελέστηκαν είναι αθροιστικά περίπου 38 σε πλήθος. Από τον 17ο κύκλο μέχρι και τον 53ο κύκλο, τα ανεκτέλεστα τμήματα εργασιών φτάνουν περίπου συνολικά τα 400. Το πλήθος αυτών των ανεκτέλεστων τμημάτων εργασιών εξαρτάται από το πόσοι διαθέσιμοι πράκτορες υπήρχαν και εν τέλει ποια κίνητρα δόθηκαν από τον διακομιστή. Όπως έχουμε επισημάνει και στην ανάλυση του μοντέλου τα κίνητρα δίνονται όταν η πολιτική συμμετοχής του πράκτορα είναι συμφέρουσα προς τον διακομιστή. Για τον λόγο αυτό σε κάθε κύκλο εκτέλεσης ο διακομιστής απορρίπτει την εκτέλεση ενός τμήματος εργασίας από έναν πράκτορα εάν ξεπερνά το όριο που θέτει. Συμπερασματικά, το πλήθος των ανεκτέλεστων τμημάτων εργασιών είναι τυχαίο για εμάς σε κάθε κύκλο και καθορίζεται από τον έλεγχο της τιμής του threshold του εκάστοτε πράκτορα για την εκτέλεση του κάθε τμήματος εργασίας.

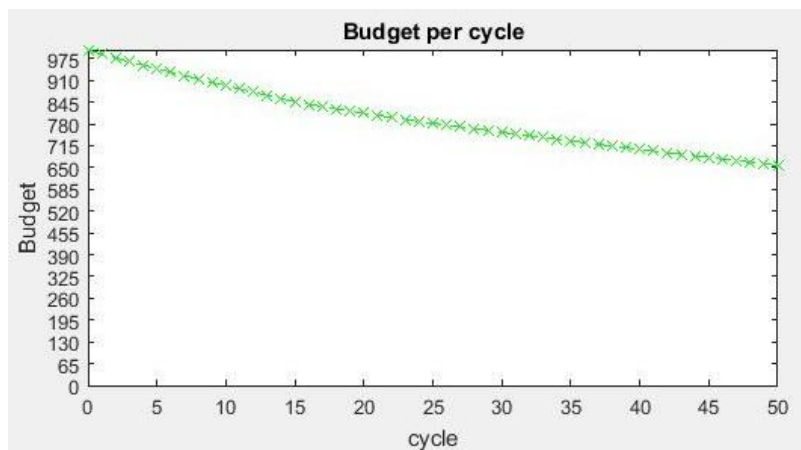
Ως αποτέλεσμα προέκυψε η μείωση του υπολειπόμενου προϋπολογισμού για κάθε γύρο εκτέλεσης του διαγράμματος της **Εικόνας 17γ**. Παρατηρείται ότι, ο υπολειπόμενος προϋπολογισμός μειώνεται σε κάθε γύρο εκτέλεσης ανάλογα με το πλήθος εκτέλεσης των τμημάτων εργασιών, αλλά και το κόστος που επωμίζεται ο διακομιστής για την εκτέλεση κάθε τμήματος εργασίας. Ξεκινώντας από την μέγιστη τιμή 1000 μονάδες, ο προϋπολογισμός καταλήγει στην τιμή περίπου των 650 μονάδων, όπου έχουν ολοκληρωθεί όλα τμήματα των εργασιών και δεν υπάρχουν άλλα διαθέσιμα. Ο προϋπολογισμός σε αυτή την περίπτωση δεν μηδενίζεται, όμως τελειώνουν τα τμήματα εργασιών που ήταν διαθέσιμα προς εκτέλεση.



Εικόνα 17α: Αποτελέσματα εκτέλεσης του Μοντέλου Προσομοίωσης για Task Segments σε κάθε κύκλο



Εικόνα 17β: Αποτελέσματα εκτέλεσης του Μοντέλου Προσομοίωσης για ανεκτέλεστα Task Segments ανά κύκλο



Εικόνα 17γ: Αποτελέσματα εκτέλεσης του Μοντέλου Προσομοίωσης για υπολειπόμενο προϋπολογισμό ανά κύκλο

4.5 Προτάσεις Βελτιστοποίησης

Σύμφωνα με το μοντέλο που προτείνεται στην παρούσα εργασία, οι βασικές αρχές που ακολουθούνται αφορούν κυρίως την ικανότητα του πράκτορα να αναλάβει μία εργασία, αλλά και την ικανότητα του διακομιστή να προσφέρει κίνητρα και διαθέσιμο προϋπολογισμό. Υπάρχουν γύροι στους οποίους δεν εκτελούνται όλα τα διαθέσιμα τμήματα εργασιών, είτε λόγω του περιορισμού του πλήθους των τμημάτων εργασιών ανά γύρο, είτε λόγω του περιορισμού του πλήθους συμμετοχής των πρακτόρων στις εργασίες κάθε γύρου. Με βάση τον σχεδιασμό του μοντέλου θα μπορούσε να προστεθεί στον υπάρχων μηχανισμό ένας μηχανισμός επαναχρησιμοποίησης των εργασιών, ο οποίος να δίνει την δυνατότητα σε εργασίες που δεν εκτελέστηκαν σε έναν γύρο, να εκτελούνται σε κάποιον από τους επόμενους γύρους. Τέλος, θα μπορούσε να δίνεται επιπλέον κίνητρο στους πράκτορες να εκτελέσουν τμήματα εργασιών που δεν εκτελέστηκαν μέχρι τώρα.

Καταλήγοντας, ο προτεινόμενος μηχανισμός αποδεικνύεται αποτελεσματικός σε περιπτώσεις που έχουμε μεγάλο πλήθος εργασιών, καθώς ο σχεδιασμός επιτρέπει στο σύστημα να διαθέσει ένα μικρό ποσό προϋπολογισμού και να λάβει δειγματοληπτικά από το συνολικό πλήθος μία ικανοποιητική μέτρηση. Ακόμη, στο μοντέλο δεν λαμβάνονται υπόψη

παράγοντες όπως η υπολογιστική ικανότητα του πράκτορα ή η ποιότητα των δεδομένων που προσφέρει, και αυτό έχει ως αποτέλεσμα την απλοποίηση του συστήματος.

4.5 Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό υλοποιήθηκε η προσομοίωση του μηχανισμού που προτάθηκε και ο οποίος βασίζεται στις απλές σχέσεις που δίνονται από τους ερευνητές του άρθρου [8]. Σύμφωνα με την μοντελοποίηση, τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τον μηχανισμό επιβεβαιώνουν τις αρχικές συνθήκες του πειράματος και ακολουθούν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης. Για την αποδοτικότερη λειτουργία του μηχανισμού θεωρήθηκε το βασικό μοντέλο που περιλαμβάνει τις βασικές οντότητες των πρακτόρων, του διακομιστή και των εργασιών που παρέχουν τα δεδομένα. Με βάση την αλληλεπίδραση των οντοτήτων χρησιμοποιήθηκαν απλές μορφές υπολογισμού του αρχικού προϋπολογισμού, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη δευτερεύουσες μετρικές. Μέσα από την προσομοίωση του μοντέλου το συμπέρασμα είναι ότι η απλοποίηση ενός μηχανισμού μπορεί να μας δώσει μια αποδοτική εικόνα λειτουργίας ενός συστήματος που περιλαμβάνει ένα πλήθος τμημάτων εργασιών και ο προϋπολογισμός είναι απεριόριστος. Τέλος, προτάθηκαν μερικές επεκτάσεις διερεύνησης του μοντέλου αυτού με σκοπό την βελτιστοποίησή του.

Βιβλιογραφία

- [1] Xinglin Zhang, Zheng Yang, Wei Sun, Yunhao Liu, Shaohua Tang, Kai Xing, Xufei Mao, “Incentives for Mobile CrowdSensing: A Survey”, IEEE Communication Surveys & Tutorials, vol. 18, issue 1, pp. 54-67, 2016
- [2] Ioannis Krontiris, Andreas Albers, “Monetary Incentives in Participatory Sensing using Multi-Attributive Auctions”, The International Journal of Parallel, Goethe University Frankfurt, Germany, 2013
- [3] H. Jin, L. Su, and K. Nahrstedt, “CENTURION: Incentivizing Multi-Requester Mobile CrowdSensing”, in INFOCOM, USA, 2017
- [4] H. Jin, L. Su, H. Xiao, and K. Nahrstedt, “INCEPTION: Incentivizing Privacy-Preserving Data Aggregation for Mobile CrowdSensing Systems”, in MobiHoc, USA, 2016
- [5] Kandhway K, Kotnis B, “Game Theoretic Analysis of Tree Based Referrals for CrowdSensing Social Systems with Passive Rewards”, In 8th international conference on communication systems and networks, COMSNETS’16. IEEE, Bangalore, pp 1–6, 2016
- [6] Karaliopoulos, M., Koutsopoulos, I., Titsias, M., First Learn then Earn: Optimizing Mobile CrowdSensing Campaigns through Data-driven User Profiling, In: Proceedings of 17th ACM MobiHoc, pp. 271–280, July 2016
- [7] Jaya Mukhopadhyay, Vikash Kumar Singh, Sajal Mukhopadhyay, Anita Pal, “Online Participatory Sensing in Double Auction Environment with Location Information”, National Institute of Technology, Durgapur, India, June 2017
- [8] Constantinos Marios Angelopoulos , Sotiris Nikolettseas, Theofanis P. Raptis and Jose D. P. Rolim, “Characteristic Utilities, Join Policies and Efficient Incentives in Mobile CrowdSensing Systems”, Wireless Days, Rio de Janeiro, 2014
- [9] Bin Guo, Zhiwen Yu, Xingshe Zhou , Daqing Zhang, “From Participatory Sensing to Mobile CrowdSensing”, in Proc. IEEE PerCom'14 Workshops, pp. 593-598, 2014
- [10] Raghu K. Ganti, Fan Ye, and Hui Lei, “Mobile CrowdSensing: Current State and Future Challenges”, IEEE Communications Magazine, vol. 49, issue 11, 32–39, 2011

- [11] Jan Brus, Jakub Vrkoč, Miroslav Kubásek, “Design of decision support tools for the quality assessment of illegal dumping notifications based on crowd-sourced data”, in 8th International Congress on Environmental Modelling and Software Toulouse(iEMSs), France, 2016
- [12] Moo-Ryong Ra, Bin Liu, Tom La Porta, Ramesh Govindan, “Medusa: A Programming Framework for Crowd-Sensing Applications”, Proc. 10th Int’l. Conf. Mobile Systems, Applications, and Services, pp. 337–50, 2012
- [13] J. Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, M. B. Srivastava, “Participatory Sensing,” Proc. ACM SenSys Wksp., Center for Embedded Networked Sensing (CENS), University of California, Los Angeles, 2006
- [14] N. D. Lane, S. B. Eisenman, M. Musolesi, E. Miluzzo, and A. T. Campbell, “Urban Sensing Systems: Opportunistic or Participatory?” in Proceedings of the 9th workshop on Mobile computing systems and applications, ser. HotMobile ’08. New York, NY, USA: ACM, 2008, pp. 10–26, 2013
- [15] K. Farkas, G. Feher, A. Benczur, and C. Sidlo, “Crowdsending Based Public Transport Information Service in Smart Cities”, IEEE Commun. Mag., vol. 53, issue 8, pp. 158–165, August 2015
- [16] M. Talasila, R. Curtmola, and C. Borcea, “Mobile CrowdSensing”, Department of Computer Science New Jersey Institute of Technology Newark, NJ, USA, 2015
- [17] Giuseppe Cardone, Luca Foschini, Paolo Bellavista, Antonio Corradi, Cristian Borcea, Manoop Talasila, and Reza Curtmola, “Fostering Participation in Smart Cities: A Geo-Social CrowdSensing Platform”, Communications Magazine, IEEE, 51(6), 2013
- [18] Francesco Restuccia, Sajal K. Das and Jamie Payton, “Incentive Mechanisms for Participatory Sensing: Survey and Research Challenges”, Computer - Communication Networks, arXiv:1502.07687, January 2015
- [19] Malamati Louta, Konstantina Mpanti, George Karetsos, Thomas Lagkas, “Mobile CrowdSensing Architectural Frameworks: A Comprehensive Survey”, IEEE - 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications, Chalkidiki, Greece, July 2016

- [20] Krafzig D., Banke K., Slama D., “Service-oriented Architecture Best Practices”, Indianapolis, IN Prentice Hall PTR, 2004
- [21] Kundan Kandhway and Bhushan Kotnis , “Game Theoretic Analysis of Tree Based Referrals for CrowdSensing Social Systems with Passive Rewards”, in Social Networking Workshop at International Conference on Communication Systems and Networks (COMSNETS), Department of Electronic Systems Engineering, Indian Institute of Science, Bangalore, India, January 2016
- [22] Haoyi Xiong, Daqing Zhang, Guanling Chen, Leye Wang, Vincent Gauthier, “CrowdTasker: Maximizing Coverage Quality in Piggyback CrowdSensing under Budget Constraint”, Department of Computer Science, University of Massachusetts Lowell, USA, 2015
- [23] D. Zhang, L. Wang, H. Xiong, B. Guo, “4W1H in Mobile CrowdSensing”, IEEE Communications Magazine, 2014
- [24] J. Lee and B. Hoh., “Sell Your Experiences: A Market Mechanism based Incentive for Participatory Sensing”, In Proceedings of IEEE PerCom, pp. 60–68, 2010
- [25] Sasank Reddy, Deborah Estrin, Mark Hansen, Mani Srivastava, “Examining Micro-Payments for Participatory Sensing Data Collections”, Center for Embedded Networked Sensing University of California at Los Angeles (UCLA), Los Angeles, September 2010
- [26] P. Jayaraman, C. Perera, D. Georgakopoulos, and A. Zaslavsky, “Efficient Opportunistic Sensing using Mobile Collaborative Platform MOSDEN”, In Collaborative Computing: Networking, Applications and Worksharing (Collaboratecom) - 9th International Conference Conference on, pp. 77–86, October 2013
- [27] W. Khan, Y. Xiang, M. Aalsalem, and Q. Arshad, “Mobile Phone Sensing Systems: A Survey”, IEEE Commun. Surveys & Tutorials, vol. 15, issue 1, pp. 402–427, 2013
- [28] Yohan Chon, Nicholas D. Lane, Fan Li, Hojung Cha, and Feng Zhao, “Automatically Characterizing Places with Opportunistic CrowdSensing using Smartphones”, In Proceedings of the ACM Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp’12). ACM, New York, pp. 481–490, 2012

- [29] Takamasa Higuchi, Hirozumi Yamaguchi, Teruo Higashino, Mineo Takai, “A Neighbor Collaboration Mechanism for Mobile CrowdSensing in Opportunistic Networks”, In 2014 IEEE International Conference on Communications (ICC), pp. 42–47, 2014
- [30] N. Oliver and F. Flores-Mangas, "Healthgear: automatic sleep apnea detection and monitoring with a mobile phone", *Journal of Communications*, vol. 2, issue 2, pp. 1-9, 2007
- [31] M. Klepal, M. Weyn, W. Najib, I. Bylemans, S. Wibowo, W. Widyawan, and B. Hantono, “OLS – Opportunistic Localization System for Smart Phones Devices”, in *Proceedings of the 1st ACM workshop on Networking, systems, and applications for mobile handhelds*, ser. *MobiHeld '09*, pp. 79–80, 2009
- [32] T. Luo, S. S. Kanhere, J. Huang, S. K. Das, and F. Wu, “Sustainable Incentives for Mobile CrowdSensing: Auctions, Lotteries, and Trust and Reputation Systems”, *IEEE Commun. Mag.*, vol. 55, no. 3, pp. 68–74, March 2017
- [33] D. Zhao, XY Li, H. Ma, “Budget Feasible Online Incentive Mechanisms for CrowdSourcing Tasks Truthfully”, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 2016
- [34] J. Sun and H. Ma, “Collection-behavior Based Multi-parameter Posted Pricing Mechanism for CrowdSensing”, in *Proceedings of IEEE ICC*, 2014
- [35] D. Peng, F. Wu, and G. Chen, “Pay as How Well You Do: A Quality Based Incentive Mechanism for CrowdSensing”, in *MobiHoc*, 2015
- [36] Y. Liu, B. Guo, Y. Wang, W. Wu, Z. Yu, and D. Zhang, “TaskMe: Multi-Task Allocation in Mobile CrowdSensing”, In *UbiComp*, 2016
- [37] Sasank Reddy, Deborah Estrin, and Mani Srivastava, “Recruitment Framework for Participatory Sensing Data Collections”, Center for Embedded Networked Sensing University of California at Los Angeles, USA, In To Appear in *Proc. of Intl. Conference on Pervasive Computing*, 2010

- [38] Maisonneuve N., Stevens M. and Ochab B., “NoiseTube: Participatory sensing for noise pollution monitoring”, Special Issue of the Information Polity Journal, January 2010
- [39] Rajib Kumar Rana, Chun Tung Chou, Salil S. Kanhere, Nirupama Bulusu, Wen Hu, “Ear-Phone: An End-to-End Participatory Urban Noise Mapping System, Stockholm, Sweden, April 2010
- [40] E. Miluzzo, N. D. Lane, K. Fodor, R. Peterson, H. Lu, M. Musolesi, S. B. Eisenman, X. Zheng and A. T. Campbell, Sensing meets mobile social networks: the design, implementation and evaluation of the CenceMe application. In ACM SenSys, 2008
- [41] Constantinos Marios Angelopoulos, Sotiris Nikolettseas Theofanis P. Raptis, Jost Rolim, “Design and evaluation of characteristic incentive mechanisms in Mobile Crowdsensing Systems”, Department of Computer Engineering and Informatics, University of Patras, Greece, April 2015
- [42] Hiram Galeana-Zapién, César Torres-Huitzil and Javier Rubio-Loyola, “Mobile Phone Middleware Architecture for Energy and Context Awareness in Location-Based Services”, Information Technology Laboratory, CINVESTAV-Tamaulipas, C.P. 87130 Ciudad Victoria, Tamaulipas, Mexico, December 2014
- [43] Dong Zhao , Xiang-Yang Li, and Huadong Ma, “How to Crowdsourcing Tasks Truthfully without Sacrificing Utility: Online Incentive Mechanisms with Budget Constraint”, IEEE Conference on Computer Communications, China, 2014

Οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία, επεξεργάστηκαν και υλοποιήθηκαν με τη βοήθεια του online προγράμματος σχεδίασης draw.io (<https://www.draw.io/>).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

| | |
|-----------------------|---|
| MCS | Mobile CrowdSensing |
| IoT | Internet of Things |
| UGC | User Generated Content |
| ATM | Amazon Mechanical Turk |
| OCS | Opportunistic CrowdSensing |
| PCS | Participatory CrowdSensing |
| PDA | Personal Digital Assistant |
| PCUS | People Centric Urban Sensing |
| PS | Personal Sensing |
| SS | Social Sensing |
| PuS | Public Sensing |
| OLS | Opportunistic Localization System |
| GPS | Global Positioning System |
| GSM | Global System for Mobile Communications |
| GUI | Graphical User Interface |
| App | Application |
| WLAN | Wireless Local Area Network |
| WiMAX | Worldwide Interoperability for Microwave Access |
| XMPP | eXtensible Messaging and Presence Protocol |
| XML | Extensible Markup Language |
| PUB/SUB | Publish / Subscribe |
| SOA | Service Oriented Architecture |
| 4W1H | what, when, where, who και how |
| PC | Platform Centric |
| UC | User Centric |
| RAIM Mechanism | Reverse Auction Based Incentive |
| LSAM | Local Search Based Auction Mechanism |
| MSA | Mobile Sensing Auction |
| RADP | Reverse Auction based Dynamic Price incentive mechanism |

| | |
|---------------|---|
| RSFPIM | Random Selection with Fixed Price incentive mechanism |
| RAM | Reverse Auction Model |
| APA | All Pay Auction |
| CSF | Competitive Success Function |
| BG | Bargaining Games |
| CT | Contract Theory |
| ASM | Adverse Selection Model |
| MHM | Moral Hazard Model |
| MDM | Market Driven Mechanism |
| FGM | Fine Grained Model |
| CGM | Coarse Grained Model |
| RABM | Reversed Auction Based Model |
| CBS | Cloud Based Model |
| AG | Aggregation Mechanism |
| DP | Differential Privacy |
| RAIM | Reversed Auction Incentive Mechanism |
| DAM | Data Aggregation Mechanism |
| pSRC | Auction Single Minded Reverse Combinatorial Auction |
| PTP | Platforms Total Payment |
| IM | Incentive Mechanism |
| DAM | Double Auction Mechanism |
| MELON | Multi-rEquester mobiLe CrowdSensing |
| PSNE | Pure Strategy Nash Equilibrium |
| DMM | Decision Making Model |
| GTA | Game Theoretic Approach |
| STEP | Single Task Execution Problem |
| STEM | Single Task Execution Mechanism |
| OMZ | Mechanism under Zero Arrival-Departure Interval Case |
| OMG | Online Mechanism under General Case |
| PPM | Posted Pricing Mechanism |
| VCG | Vickrey-Clarke-Groves |