

Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πάτρας

Σχολή Διοίκησης και Οικονομίας

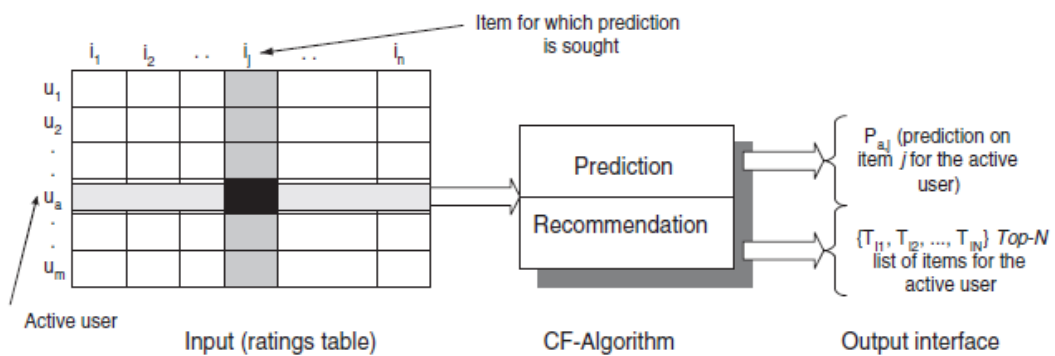
Τμήμα Διοίκηση Επιχειρήσεων

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

με θέμα

ΜΟΝΤΕΛΑ/ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΥΦΥΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ

MODELS/ARCHITECTURAL OF INTELLIGENT AGENTS



Μελέτη

Κολίλας Μάριος

Σπύρος Νουλας

Θωμάς Νάνος

Επίβλεψη

Παπαδόπουλος Δημήτρης

Μάρτιος 2015

ΜΟΝΤΕΛΑ/ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΕΥΦΥΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ

Περίληψη

Αντικείμενο μελέτης της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι οι ευφυείς πράκτορες. Η ιδιαιτερότητα του κλάδου είναι ότι χρησιμοποιεί τεχνικές που αναπτύχθηκαν σε όλους τους επιμέρους κλάδους, όπως για παράδειγμα της αναπαράστασης γνώσης, σχεδιασμού ενεργειών, κλπ. Το ενδιαφέρον για την τεχνολογία των πρακτόρων είναι συνεχώς αυξανόμενο καθώς θα αλλάξει η μορφή της διασύνδεσης χρήστη-λογισμικού. Οι ευφυείς πράκτορες αρχικώς αντιλαμβάνονται τις δυναμικές συνθήκες του περιβάλλοντος στην συνέχεια δρουν στο περιβάλλον ώστε να το αλλάξουν και τέλος συλλογίζονται ώστε να ερμηνεύσουν αυτά που αντιλαμβάνονται, ώστε να λύσουν προβλήματα να συμπεράνουν και να καθορίσουν τη δράση τους.

Στους στόχους της εργασίας καταγράφεται η κατανόηση των διαφόρων μοντέλων αρχιτεκτονικών για την υλοποίηση ευφυών πρακτόρων, η σύγκριση των διαφόρων αρχιτεκτονικών και η κατανόηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν, η κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών των πρακτόρων με δυνατότητες μετανάστευσης (Κινητοί Πράκτορες)

Abstract

Object study of this thesis is the intelligent agents. The specificity of the industry is that it uses techniques developed in all sub-sectors, such as knowledge representation, planning activities, etc.. The interest in the technology of agents is increasing as we change the form of user-interface software. Intelligent agents initially perceive the dynamic conditions of the environment then act on the environment in order to change and finally contemplating to interpret what they perceive to solve problems and draw conclusions to determine their action.

The objectives of the work recorded understanding of different architectural models for intelligent agent implementation, a comparison of various architectures and understanding of the advantages and disadvantages of the understanding of the key characteristics of agents with potential for migration (Mobile Agents)

Περιεχόμενα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
i. Αντικείμενο Μελέτης.....	1
ii. Στόχος.....	3
iii. Μεθοδολογία Έρευνας.....	3
1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΡΑΚΤΟΡΑ.....	5
Εισαγωγή.....	5
1.1 Ορισμός της Έννοιας «Πράκτορας».....	5
1.2 Εξελικτική Πορεία.....	8
1.2.1 Πράκτορες με Εσωτερική Κατάσταση.....	10
1.2.2 Αντανακλαστικοί Πράκτορες.....	12
1.2.3 Υβριδικοί Πράκτορες.....	13
1.3 Γλώσσες Προγραμματισμού Πρακτόρων.....	15
1.4 Εφαρμογές Ευφών Πρακτόρων.....	18
1.4.1 Διαχείριση Ηλεκτρονικών Μηνυμάτων (e-mail).....	19
1.4.2 Αναζήτηση Πληροφοριών.....	19
1.4.3 Προσαρμοστικά Συστήματα Διεπαφής.....	20
1.4.4 Ηλεκτρονικό Εμπόριο.....	22
1.4.5 Διαχείριση Συστήματος και Δικτύου.....	26
1.4.6 Απομακρυσμένη Πρόσβαση.....	27
1.4.7 Συνεργασία.....	28
1.4.8 Ψυχαγωγικές Εφαρμογές.....	29
2. ΤΥΠΟΙ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	30
Εισαγωγή.....	30
2.1 Πράκτορες Συνεργασίας.....	31
2.2 Πράκτορες Διεπαφής.....	34

2.3	Πληροφοριακοί/ Διαδικτυακοί Πράκτορες.....	35
2.4	Πράκτορες Αντίδρασης	36
2.5	Κινητοί Πράκτορες	38
2.6	Πολυπρακτορικά Συστήματα.....	39
2.7	Αρχιτεκτονικές Ευφυών Πρακτόρων.....	43
2.6.1	Αρχιτεκτονικές Νοημοσύνης.....	44
2.6.2	Αρχιτεκτονικές Αντίδρασης.....	46
2.6.3	Υβριδικές Αρχιτεκτονικές	48
2.7	Λογισμικά Ανάπτυξης Συστημάτων Πρακτόρων	49
2.7.1	COOGAR.....	49
2.7.2	MADKIT.....	49
3.	ΕΥΦΥΕΙΣ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΗΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	50
3.1	Φιλτράρισμα Δεδομένων	51
3.1.1	Δημογραφικό Φιλτράρισμα	51
3.1.2	Φιλτράρισμα Περιεχομένου.....	52
3.1.3	Φιλτράρισμα με βάση την Γνώση.....	53
3.1.4	Συνεργατικό Φιλτράρισμα (Διήθηση) Δεδομένων	53
3.1.5	Υβριδικό Φιλτράρισμα	53
3.2	Συνεργατική Διήθηση Δεδομένων.....	54
3.3	Αναγκαιότητα Πρακτόρων Συνεργατικής Διήθησης Δεδομένων	55
3.4	Στόχος Πρακτόρων Συνεργατικής Διήθησης Δεδομένων	56
3.5	Δομή Ευφυών Πρακτόρων Συνεργατικής Διήθησης Δεδομένων.....	57
3.6	User-based Collaborative Filtering	58
3.6.1	Παράδειγμα Μελέτης.....	59
3.7	Item-based Collaborative Filtering	61
3.7.1	Παράδειγμα Μελέτης.....	62

3.8 Content Based Filtering	63
3.9 Αλγόριθμοι.....	65
3.9.1 Αλγόριθμοι Βασισμένοι σε Μνήμη	66
3.9.2 Αλγόριθμοι βασισμένοι σε μοντέλο	67
3.9.3 Σύγκριση Αλγόριθμων	69
3.10 Περιορισμοί Εφαρμογής.....	70
3.11 Αντιμετώπιση Προβλημάτων	72

Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1 Γενική αρχιτεκτονική πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση	11
Εικόνα 2 Αντανακλαστικοί πράκτορες.....	12
Εικόνα 3 Παράδειγμα υβριδικής αρχιτεκτονικής οριζόντιας ροής.....	14
Εικόνα 4 Παράδειγμα υβριδικής αρχιτεκτονικής κάθετης ροής.....	14
Εικόνα 5 Επιλογές διαχείρισης ηλεκτρονικών μηνυμάτων από την Google.....	19
Εικόνα 6 Στιγμιότυπο από την σελίδα του ebay.....	20
Εικόνα 7 Δομή συστημάτων διεπαφής	21
Εικόνα 8 Διαγραμματική απεικόνιση των καταναλωτών που αγόρασαν μέσω υπολογιστή κάποιο προϊόν – υπηρεσία στον Ελλαδικό χώρο	22
Εικόνα 9 Δημοφιλείς διαδικτυακές συναλλαγές των on-line αγοραστών	23
Εικόνα 10 Διάγραμμα ακολουθίας Πελάτη – Εξυπηρέτηση	26
Εικόνα 11 Ελεγκτής για απομακρυσμένη βοήθεια	27
Εικόνα 12 Μοντέλο απομακρυσμένης εκτέλεσης	28
Εικόνα 13 Συζήτηση μέσω skype.....	29
Εικόνα 14 Ευφυής συνεργατικός πράκτορας αναζήτησης εγγράφων για περιβάλλον γραφείου.....	31
Εικόνα 15 Μια συλλογή πρακτόρων λογισμικού που επικοινωνούν και συνεργάζονται ο ένας με τον άλλο, καλείται αντιπροσωπεία (agency).	33
Εικόνα 16 Διαγραμματική απεικόνιση εφαρμογής διαδικτυακών πρακτόρων	36

Εικόνα 17 Διαγραμματική απεικόνιση ενός μοντέλου δράσης αντίδρασης.....	37
Εικόνα 18 Χαρακτηριστικό παράδειγμα κινητών πρακτόρων είναι τα Aglets. Τα aglets αποτελούν ουσιαστικά αντικείμενα της Java που μπορούν να μετακινούνται από έναν υπολογιστή (host) του διαδικτύου σε ένα άλλο	39
Εικόνα 19 Ο μαυροπίνακας είναι μια μορφή κοινής μνήμης (Nii, 1986) όπου όλοι οι πράκτορες μπορούν να γράψουν κάτι ή να τον διαβάσουν.	41
Εικόνα 20 Παράδειγμα ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ πρακτόρων.....	43
Εικόνα 21 Η εσωτερική δομή ενός διαμεσολαβητή σύμφωνα με τη BDI αρχιτεκτονική.....	45
Εικόνα 22 Ανάπτυξη και λειτουργία εμπειρικού συστήματος	46
Εικόνα 23 Αρχιτεκτονική αντίδρασης	48
Εικόνα 24 Η δομή του συστήματος συνίσταται σε 4 στάδια.....	57
Εικόνα 25 Διάκριση συστημάτων συνεργατικής διήθησης	58
Εικόνα 26 Η δομή του συστήματος συνίσταται σε 4 στάδια.....	58

Ευρετήριο Πινάκων

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά ασθενούς πράκτορα	6
Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά ισχυρού πράκτορα	7
Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά ασθενούς και ισχυρής θεώρησης πράκτορα	7
Πίνακας 4 Εξελικτική πορεία πρακτόρων	10
Πίνακας 5 Κατηγορίες υβριδικών πρακτόρων.....	13
Πίνακας 6 Αναλογίες μεταξύ αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού / πρακτόρων	15
Πίνακας 7 Μεθοδολογία λήψης απόφασης καταναλωτή	24
Πίνακας 8 Οι πράκτορες και τα στάδια των καταναλωτών.....	25
Πίνακας 9 Καταγραφή δεδομένων	59
Πίνακας 10 Δημιουργία ζευγών χρηστών.....	60
Πίνακας 11 Προσδιορισμός βαθμολόγησης προϊόντος από τον χρήστη.....	60
Πίνακας 12 Καταγραφή δεδομένων	62
Πίνακας 13 Παράδειγμα έλλειψης απαιτούμενων πληροφοριών για την λήψη πρόβλεψης.....	71

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια απόκτησης του τίτλου σπουδών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας της Σχολής Διοίκησης και Οικονομίας του τμήματος Εφαρμογών Πληροφορικής στη Διοίκηση και Οικονομία οι σπουδαστές του ιδρύματος καλούνται να συντάξουν μια πτυχιακή μελέτη. Μέσα από αυτό το πόνημα μας δίνεται η δυνατότητα να εμβαθύνουμε τις γνώσεις μας σχετικά με εξειδικευμένα ζητήματα της επιστήμης της Οικονομικής Διοίκησης. Η παρούσα μελέτη πραγματεύεται το ζήτημα των αρχιτεκτονικών που εφαρμόζονται για την λειτουργία ευφυών πρακτόρων. Η μελέτη διήρκησε δώδεκα μήνες.

i. Αντικείμενο Μελέτης

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι οι ευφυείς (ή νοήμονες) πράκτορες (intelligent agents), ο οποίος είναι ένας από τους πιο πρόσφατους και με μεγαλύτερο ενδιαφέρον κλάδους της Τεχνητής Νοημοσύνης¹. Η ιδιαιτερότητα του κλάδου είναι ότι χρησιμοποιεί τεχνικές που αναπτύχθηκαν σε όλους τους επιμέρους κλάδους, όπως για παράδειγμα της αναπαράστασης γνώσης, σχεδιασμού ενεργειών, κλπ. Η τεχνολογία πρακτόρων χρησιμοποιείται σε πλήθος εφαρμογών, όπως η παροχή έξυπνων υπηρεσιών βοήθειας, η αναζήτηση πληροφοριών στο διαδίκτυο, η οργάνωση καθημερινού προγράμματος, έλεγχος μεγάλων εργοστασιακών μονάδων, κλπ. Το ενδιαφέρον για την τεχνολογία των πρακτόρων είναι συνεχώς αυξανόμενο καθώς θα αλλάξει η μορφή της διασύνδεσης χρήστη-λογισμικού. Ο χρήστης δε θα επικοινωνεί

¹ Τεχνητή Νοημοσύνη είναι ο τομέας της επιστήμης των υπολογιστών, που ασχολείται με τη σχεδίαση ευφυών υπολογιστικών συστημάτων, δηλαδή συστημάτων που επιδεικνύουν χαρακτηριστικά που σχετίζουμε με τη νοημοσύνη στην ανθρώπινη συμπεριφορά.

απευθείας με κάποια εφαρμογή αλλά θα χρησιμοποιεί έναν πράκτορα ο οποίος θα τον διευκολύνει σε χρονοβόρες διαδικασίες, διαδικασίες ρουτίνας ή διαδικασίες που χρειάζονται κάποια ικανότητα που ο χρήστης δεν έχει αποκτήσει ακόμη.

Σύμφωνα με τον Hayes-Roth οι ευφυείς πράκτορες αρχικώς αντιλαμβάνονται τις δυναμικές συνθήκες του περιβάλλοντος στην συνέχεια δρουν στο περιβάλλον ώστε να το αλλάξουν και τέλος συλλογίζονται ώστε να ερμηνεύσουν αυτά που αντιλαμβάνονται, ώστε να λύσουν προβλήματα να συμπεράνουν και να καθορίσουν τη δράση τους.

Τα συστήματα πρακτόρων που βασίζονται στην λειτουργία ενός πλήθους πρακτόρων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αποτελούν την επικρατούσα τάση. Στα συστήματα αυτά οι πράκτορες ανταλλάσσουν πληροφορίες και συνεργάζονται μέσω μηνυμάτων τα οποία αποστέλλουν ο ένας στον άλλο βάσει συγκεκριμένων γλωσσών υψηλού επιπέδου. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την υλοποίηση πολύπλοκων μοντέλων συνεργασίας μεταξύ των πρακτόρων και γενικά προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στην ανταλλαγή πληροφοριών απ' ό τι τα συστήματα μαυροπίνακα. Κατά συνέπεια στα σύγχρονα συστήματα πρακτόρων η επικοινωνία γίνεται μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων.

Η ιδιαιτερότητα των πολυπρακτορικών συστημάτων είναι ότι χρησιμοποιούν τεχνικές που αναπτύχθηκαν σε όλους τους επιμέρους κλάδους, όπως για παράδειγμα του φιλτραρίσματος και παραγωγή συστάσεων στις μηχανές αναζήτησης δεδομένων στο διαδίκτυο, (συνεργατική διήθηση δεδομένων). Η Συνεργατική Διήθηση αποτελεί ίσως την πιο πετυχημένη οικογένεια τεχνικών για την παραγωγή συστάσεων.

ii. Στόχος

Ως στόχοι της έρευνας θέτονται τα εξής :

- Η κατανόηση των διαφόρων μοντέλων αρχιτεκτονικών για την υλοποίηση ευφυών πρακτόρων
- Η σύγκριση των διαφόρων αρχιτεκτονικών και η κατανόηση των πλεονεκτημάτων και των μειονεκτημάτων που παρουσιάζουν
- Ο συνδυασμός των διαφόρων μοντέλων για τη δημιουργία Υβριδικών Πρακτόρων
- Η κατανόηση των βασικών χαρακτηριστικών των πρακτόρων με δυνατότητες μετανάστευσης (Κινητοί Πράκτορες)

iii. Μεθοδολογία Έρευνας

Στο πρώτο κεφάλαιο η εργασία εστιάζει σε βασικές έννοιες και μηχανισμούς στησίματος ευφυών πρακτόρων. Στα πλαίσια αυτά παρουσιάζονται ο ορισμός, η εξελεγκτική πορεία, οι κατηγορίες και οι εφαρμογές των ευφυών πρακτόρων. Πιο αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο αναφερόμαστε στις δύο κύριες κατηγορίες ευφυών πρακτόρων, τους πράκτορες με εσωτερική κατάσταση και στους αντανακλαστικούς πράκτορες.

Στο δεύτερο κεφάλαιο η έρευνα επικεντρώνεται στην κατηγορία των πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση. Οι ευφείς πράκτορες που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία συνδυάζουν πολλούς διαφορετικούς τομείς της επιστήμης υπολογιστών, όπως είναι τα αντικείμενα και η κατανομημένη αρχιτεκτονική αντικειμένων, τα προσαρμοσίμα συστήματα μάθησης, η τεχνητή νοημοσύνη, τα έμπειρα συστήματα, οι γενετικοί αλγόριθμοι, η κατανομημένη επεξεργασία, οι κατανομημένοι αλγόριθμοι, τα συνεργατικά δικτυακά περιβάλλοντα καθώς και η ασφάλεια.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας εστιάζουμε στους πράκτορες συνεργασίας (υποκατηγορία των πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση) και εξετάζουμε την μεθοδολογία συνεργατικής διήθησης δεδομένων.

1. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΡΑΚΤΟΡΑ

Εισαγωγή

Το πρώτο κεφάλαιο εν είδει εισαγωγής εστιάζει σε βασικές έννοιες και μηχανισμούς στησίματος ευφυών πρακτόρων. Στα πλαίσια αυτά παρουσιάζονται ο ορισμός, η εξελεγκτική πορεία, οι κατηγορίες και οι εφαρμογές των ευφυών πρακτόρων.

1.1 Ορισμός της Έννοιας «Πράκτορας»

Σύμφωνα με τον Bradshaw (1997), “intelligent agent” είναι ένα «έξυπνο αντικείμενο», που είναι αυτόνομο και λειτουργεί συνεχόμενα. Ομοίως ο Shoham (1997) περιγράφει έναν software agent ως μια λογισμική οντότητα που λειτουργεί συνεχόμενα και αυτόνομα σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον που συχνά «κατοικούν» άλλοι πράκτορες και άλλες διαδικασίες.

Με παρόμοιο τρόπο ορίζονται και οι κινητοί πράκτορες και από τους Lange και Oshima (1998). Σύμφωνα με αυτούς ο πράκτορας είναι ένα αντικείμενο λογισμικού (software object) που κινείται σε ένα δεδομένο περιβάλλον εκτέλεσης και διαθέτει υποχρεωτικά μια σειρά από ιδιότητες. Συγκεκριμένα, θα πρέπει να είναι αυτόνομος, να αντιλαμβάνεται αλλαγές στο περιβάλλον και να δρα ανάλογα με αυτές (reactive), να οδηγείται από τους στόχους και τα καθήκοντα που του έχουν ανατεθεί (goal driven) και τέλος να ενεργεί χωρίς διακοπές στο χρόνο (temporally continuous).

Ο όρος “πράκτορας” παρατηρούμε ότι δεν είναι μία σαφώς καθορισμένη έννοια αφού έχουν προταθεί από διάφορους ερευνητές πολλοί διαφορετικοί ορισμοί. Έτσι, αυτό που θα κάνουμε στη συνέχεια είναι όχι να δώσουμε κάποιον αυστηρό ορισμό, αλλά να περιγράψουμε τις κυριότερες ιδιότητες ενός “πράκτορα” έτσι ώστε να δοθεί μία γενική εικόνα της έννοιας αυτής. Τις ιδιότητες αυτές μπορούμε να τις κατατάξουμε σε δύο κατηγορίες: στις ιδιότητες που εντάσσονται στην ασθενή θεώρηση της έννοιας “πράκτορας” και στις ιδιότητες που εντάσσονται στην ισχυρή θεώρηση της έννοιας “πράκτορας”. (Z. I. Magabe, 2006)

Οι ιδιότητες που ανήκουν στην ασθενή θεώρηση είναι αυτές που είναι γενικώς παραδεκτό από τους περισσότερους ερευνητές ότι πρέπει να έχει ένας πράκτορας. Αντιθέτως, οι ιδιότητες της ισχυρής θεώρησης δεν είναι γενικώς παραδεκτό ότι πρέπει να υπάρχουν σε έναν πράκτορα. Η ασθενής θεώρηση του όρου “πράκτορας”: Οι ιδιότητες που κατά γενική παραδοχή πρέπει να έχει ένας πράκτορας είναι οι παρακάτω:

Πίνακας 1 Χαρακτηριστικά ασθενούς πράκτορα

Αυτονομία (autonomy)	οι πράκτορες λειτουργούν χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση ώστε να μπορούν να ελέγχουν τις πράξεις τους και την εσωτερική τους κατάσταση.
Κοινωνική ικανότητα (social ability)	οι πράκτορες έχουν τη δυνατότητα να επικοινωνούν με άλλους πράκτορες μέσω μίας γλώσσας πρακτόρων.
Ικανότητα αντίδρασης (reactivity)	οι πράκτορες είναι ικανοί να αντιλαμβάνονται το περιβάλλον τους και να αντιδρούν ανάλογα με τις αλλαγές που γίνονται σ’ αυτό.
Χρονική συνέχεια (temporal continuity):	οι πράκτορες “τρέχουν” συνεχώς, είτε είναι ενεργοί στο προσκήνιο, είτε στο παρασκήνιο (background).
Προσανατολισμός σε στόχο (proactivity)	οι πράκτορες δεν αντιδρούν απλώς στα ερεθίσματα του περιβάλλοντος αλλά μπορούν να δρουν προσανατολισμένοι σε έναν στόχο.

Πηγή : (X. Χριστάκου, 2012)

Η ισχυρή θεώρηση του όρου “πράκτορας”: Για πολλούς ερευνητές ο όρος “πράκτορας” έχει πιο σαφές και συγκεκριμένο νόημα. Αυτοί θεωρούν τον πράκτορα ως ένα υπολογιστικό σύστημα που, εκτός από τις ιδιότητες που δόθηκαν παραπάνω, έχει και ιδιότητες που συναντάμε στους ανθρώπους, όπως γνώση, πεποίθηση, υποχρέωση ή ακόμα και συναισθήματα.

Μερικές από τις ιδιότητες που εντάσσονται στην ισχυρή θεώρηση του πράκτορα είναι όπως παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 2 Χαρακτηριστικά ισχυρού πράκτορα

Ικανότητα Μετακίνησης (mobility)	Είναι η ικανότητα του πράκτορα να μετακινείται σε διάφορες τοποθεσίες μέσα σε ένα δίκτυο.
Καλοσύνη (benevolence)	Οι πράκτορες δεν έχουν αλληλοσυγκρουόμενους στόχους, οπότε ο κάθε πράκτορας προσπαθεί να κάνει ό,τι του ζητηθεί.
Ορθολογικότητα (rationality)	Ο πράκτορας ενεργεί έτσι ώστε να επιτύχει τους στόχους του.
Προσαρμοστικότητα (adaptivity)	Η ικανότητα του πράκτορα να προσαρμόζεται στις συνθήκες του περιβάλλοντος.

Πηγή : (Sven R., 2003)

Τα χαρακτηριστικά ενός πράκτορα κατά τις δύο αυτές θεωρήσεις συνοψίζονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 3 Χαρακτηριστικά ασθενούς και ισχυρής θεώρησης πράκτορα

Ασθενής Θεώρηση Πράκτορα	Ισχυρή Θεώρηση Πράκτορα
Αυτονομία	Ικανότητα Μετακίνησης
Κοινωνική Ικανότητα	Καλοσύνη
Ικανότητα Αντίδρασης	Ορθολογικότητα
Προσανατολισμός σε Στόχο	Προσαρμοστικότητα
Χρονική Συνέχεια	

Πηγή : (Sven R., 2003)

Είναι αρκετά δύσκολο να ορίσουμε τι ακριβώς είναι αυτό που κάνει έναν πράκτορα “ευφυής”. Ωστόσο, μπορούμε γενικά να πούμε ότι ένας πράκτορας είναι ευφυής όταν έχει την ικανότητα να επιτελεί τους στόχους και τα καθήκοντα που έχει επιφορτιστεί, καθώς επίσης να προσαρμόζεται και να μαθαίνει τα ενδιαφέροντα του χρήστη, ώστε να του προσφέρει μια ουσιαστική υπηρεσία. Για αυτόν τον λόγο μπορούμε να πούμε ότι ένας πράκτορας είναι ευφυής όταν συνδιάζει τεχνικές που παρέχουν αυτές τις δυνατότητες, δηλαδή κυρίως τεχνικές από τους χώρους της Τεχνητής ή Υπολογιστικής Νοημοσύνης (Artificial or Computatinal Intelligence).

1.2 Εξελικτική Πορεία

Κατά τη δεκαετία του 1940 εμφανίστηκε η πρώτη μαθηματική περιγραφή τεχνητού νευρωνικού δικτύου, με πολύ περιορισμένες δυνατότητες επίλυσης αριθμητικών προβλημάτων. Καθώς ήταν εμφανές ότι οι ηλεκτρονικές υπολογιστικές συσκευές που κατασκευάστηκαν μετά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο ήταν ένα τελείως διαφορετικό είδος μηχανής από ό,τι προηγήθηκε, η συζήτηση για την πιθανότητα εμφάνισης μηχανών με νόηση ήταν στην ακμή της. Το 1950 ο μαθηματικός Άλαν Τούρινγκ, πατέρας της θεωρίας υπολογισμού και προπάτορας της τεχνητής νοημοσύνης, πρότεινε τη δοκιμή Τούρινγκ· μία απλή δοκιμασία που θα μπορούσε να εξακριβώσει αν μία μηχανή διαθέτει ευφυΐα. Η τεχνητή νοημοσύνη θεμελιώθηκε τυπικά ως πεδίο στη συνάντηση ορισμένων επιφανών Αμερικανών επιστημόνων του τομέα το 1956 (Τζον Μακάρθι, Μάρβιν Μίνσκι, Κλοντ Σάνον κλπ). Τη χρονιά αυτή παρουσιάστηκε για πρώτη φορά και το *Logic Theorist*, ένα πρόγραμμα το οποίο στηριζόταν σε συμπερασματικούς κανόνες τυπικής λογικής και σε ευρετικούς αλγορίθμους αναζήτησης για να αποδεικνύει μαθηματικά θεωρήματα.

Επόμενοι σημαντικοί σταθμοί ήταν η ανάπτυξη της γλώσσας προγραμματισμού LISP το 1958 από τον Μακάρθι, δηλαδή της πρώτης γλώσσας συναρτησιακού προγραμματισμού η οποία έπαιξε πολύ σημαντικό ρόλο στη δημιουργία εφαρμογών TN κατά τις επόμενες δεκαετίες, η εμφάνιση των γενετικών αλγορίθμων την ίδια χρονιά από τον Φρίντμπεργκ και η παρουσίαση του βελτιωμένου νευρωνικού δικτύου *perceptron* το '62 από τον Ρόσενμπλατ. Κατά τα τέλη της δεκαετίας του '60 όμως άρχισε ο χειμώνας της TN, μία εποχή κριτικής, απογοήτευσης και υποχρηματοδότησης

των ερευνητικών προγραμμάτων καθώς όλα τα μέχρι τότε εργαλεία του χώρου ήταν κατάλληλα μόνο για την επίλυση εξαιρετικά απλών προβλημάτων. Στα μέσα του '70 ωστόσο προέκυψε μία αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για τον τομέα λόγω των εμπορικών εφαρμογών που απέκτησαν τα έμπειρα συστήματα, μηχανές TN με αποθηκευμένη γνώση για έναν εξειδικευμένο τομέα και δυνατότητα ταχείας εξαγωγής λογικών συμπερασμάτων, τα οποία συμπεριφέρονται όπως ένας άνθρωπος ειδικός στον αντίστοιχο τομέα. Παράλληλα έκανε την εμφάνισή της η γλώσσα λογικού προγραμματισμού Prolog η οποία έδωσε νέα ώθηση στη συμβολική TN, ενώ στις αρχές της δεκαετίας του '80 άρχισαν να υλοποιούνται πολύ πιο ισχυρά και με περισσότερες εφαρμογές νευρωνικά δίκτυα, όπως τα πολυεπίπεδα perceptron και τα δίκτυα Hopfield. Ταυτόχρονα οι γενετικοί αλγόριθμοι και άλλες συναφείς μεθοδολογίες αναπτύσσονταν πλέον από κοινού, κάτω από την ομπρέλα του εξελικτικού υπολογισμού.

Τα βιντεοπαιχνίδια είναι μία από τις σημαντικότερες εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης εδώ και δεκαετίες, αξιοποιώντας τις μεθόδους της για να παράσχουν ανταγωνισμό στον παίκτη.

Κατά τη δεκαετία του '90, με την αυξανόμενη σημασία του Internet, ανάπτυξη γνώρισαν οι ευφυείς πράκτορες, αυτόνομο λογισμικό TN τοποθετημένο σε κάποιο περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρά, οι οποίοι βρήκαν μεγάλο πεδίο εφαρμογών λόγω της εξάπλωσης του Διαδικτύου. Οι πράκτορες στοχεύουν συνήθως στην παροχή βοήθειας στους χρήστες τους, στη συλλογή ή ανάλυση γιγάντιων συνόλων δεδομένων ή στην αυτοματοποίηση επαναλαμβανόμενων εργασιών (π.χ. βλέπε διαδικτυακό ρομπότ), ενώ στους τρόπους κατασκευής και λειτουργίας τους συνοψίζουν όλες τις γνωστές μεθοδολογίες TN που αναπτύχθηκαν με το πέρασμα του χρόνου. Έτσι σήμερα, όχι σπάνια, η TN ορίζεται ως *η επιστήμη που μελετά τη σχεδίαση και υλοποίηση ευφυών πρακτόρων*.

Επίσης τη δεκαετία του '90 η TN, κυρίως η μηχανική μάθηση και η ανακάλυψη γνώσης, άρχισε να επηρεάζεται πολύ από τη θεωρία πιθανοτήτων και τη στατιστική. Τα δίκτυα πεποιθήσεων υπήρξαν η αφετηρία αυτής της νέας μετακίνησης, που συνέδεσε τελικά την TN με τα πιο σχολαστικά μαθηματικά εργαλεία της στατιστικής και της επιστήμης μηχανικών, όπως τα κρυμμένα μαρκοβιανά μοντέλα και τα φίλτρα Κάλμαν. Αυτή η νέα πιθανοκρατική προσέγγιση έχει αυστηρά υποσυμβολικό χαρακτήρα, όπως και οι

τρεις μεθοδολογίες οι οποίες κατηγοριοποιούνται κάτω από την ετικέτα της υπολογιστικής νοημοσύνης: τα νευρωνικά δίκτυα, ο εξελικτικός υπολογισμός και η ασαφής λογική.

Πίνακας 4 Εξελικτική πορεία πρακτόρων

1956–σήμερα	Πράκτορες με εσωτερική κατάσταση	Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (<i>Symbolic Reasoning Agents</i>)
		Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (<i>Belief-Desire-Intention (BDI) Agents</i>)
1985–σήμερα	Αντανακλαστικοί Πράκτορες	(<i>Reactive Agents</i>)
1990–σήμερα	Υβριδικοί Πράκτορες (<i>Hybrid Agents</i>)	Οι υβριδικές αρχιτεκτονικές προσπαθούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των δύο παραπάνω αρχιτεκτονικών

Πηγή : (Sven R., 2003)

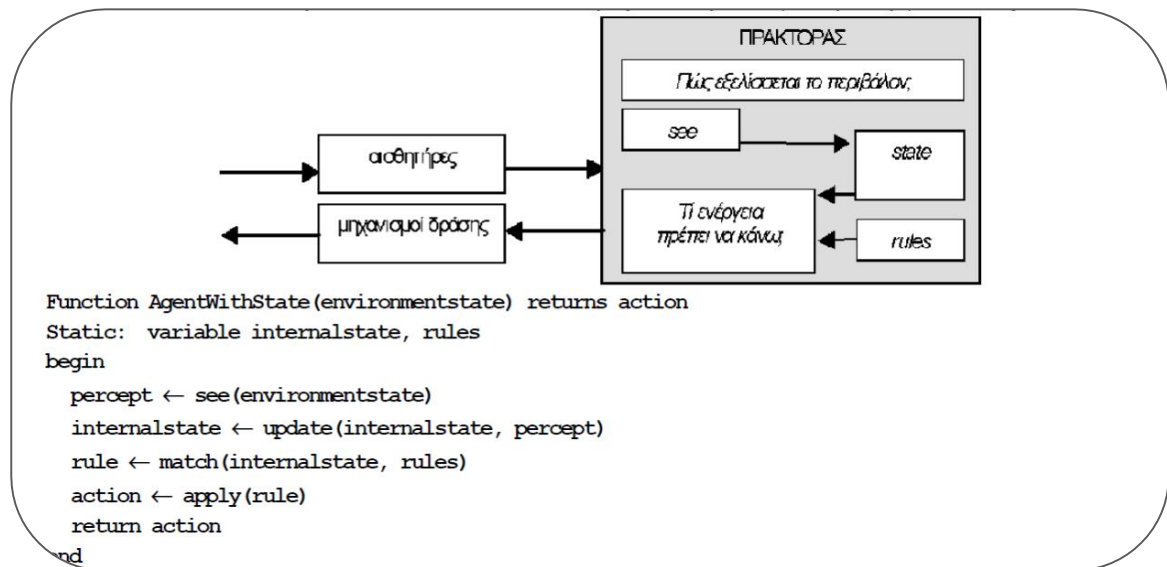
Αναλυτικότερα στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται οι 3 βασικοί τύποι πρακτόρων βάσει της κατηγοριοποίησης που έγινε στον προηγούμενο πίνακα.

1.2.1 Πράκτορες με Εσωτερική Κατάσταση

Οι πράκτορες με εσωτερική κατάσταση αποτελούνται από ένα σύνολο κανόνων βάσει των οποίων καθορίζουν την επόμενη ενέργεια τους. Χαρακτηρίζονται από μια εσωτερική συμβολική αναπαράσταση του περιβάλλοντος.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση είναι

- Ύπαρξη βάσης γνώσης που περιέχει την αντίληψη τους για τον πραγματικό κόσμο με μορφή λογικών προτάσεων. Ένα σύνολο από κανόνες, οι οποίοι αναπαριστούν τις ενέργειες που μπορούν να εκτελέσουν.
- Διενέργεια λογικών συμπερασμάτων
- Κατάστρωση πλάνων για την επίτευξη των στόχων τους



Εικόνα 1 Γενική αρχιτεκτονική πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση

Τα πλεονεκτήματά τους είναι οι μέθοδοι και οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται έχουν σαφώς καθορισμένη και απλή σημασιολογία.

Ως μειονεκτήματά τους θεωρούνται τα εξής

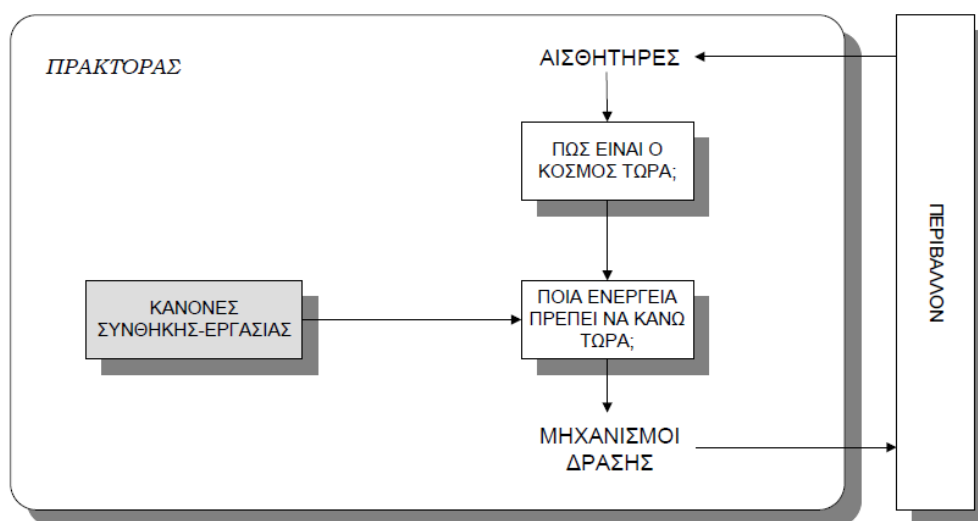
- Πιθανή αδυναμία εύρεσης μιας ακριβούς και ικανοποιητικής συμβολικής περιγραφής
- Πιθανή αδυναμία εξαγωγής συμπερασμάτων σε ικανοποιητικό χρόνο λόγω του υψηλού υπολογιστικού κόστους των περισσότερων τεχνικών βασισμένων στη λογική
- Δυσκολία αναπαράστασης δυναμικών περιβαλλόντων
- Ύπαρξη αδυναμιών στην αναπαράσταση και στην συλλογιστική της έννοιας του χρόνου
- Αδυναμία στην αναπαράσταση της διαδικαστικής γνώσης

1.2.2 Αντανακλαστικοί Πράκτορες

Οι αντανακλαστικοί (reactive) πράκτορες δεν έχουν εσωτερική αναπαράσταση του κόσμου. Βασίζουν τις αντιδράσεις τους με άμεσο τρόπο στα ερεθίσματα που λαμβάνουν από το περιβάλλον.

Τα μοντέλα των ανακλαστικών πρακτόρων βασίζονται σε μία εναλλακτική σχολή της Τεχνητής Νοημοσύνης, η οποία θεωρεί ότι: «Η ευφυΐα των τεχνητών συστημάτων προκύπτει από συνδυασμό απλών σχετικά στοιχείων (modules) που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (physical grounding hypothesis) και όχι από πολύπλοκους συμβολικούς τρόπους αναπαράστασης της γνώσης και συλλογιστικής».

Οι αντανακλαστικοί παράγοντες επιλέγουν ποια ενέργεια να εκτελέσουν σε μια δεδομένη χρονική στιγμή με βάση την τρέχουσα αντίληψή τους για το περιβάλλον.



Εικόνα 2 Αντανακλαστικοί πράκτορες

Ένα παράδειγμα αντανακλαστικού πράκτορα είναι ο θερμοστάτης. Γενικότερα χαρακτηρίζονται από περιορισμένη ευφυΐα καθώς επαρκούν σε περιβάλλοντα πλήρως παρατηρήσιμα. Η συμπεριφορά τους είναι βασισμένη στη φιλοσοφία ερεθίσματος αντίδρασης στην τρέχουσα κατάσταση του περιβάλλοντος. Χαρακτηρίζονται από ανυπαρξία εσωτερικής αναπαράστασης του κόσμου και γενικότερα ανυπαρξία μνήμης. Αντιπροσωπεύουν μια εναλλακτική σχολή της τεχνητής νοημοσύνης.

1.2.3 Υβριδικοί Πράκτορες

Οι υβριδικοί πράκτορες αποτελούν έναν συνδυασμό των δύο προηγούμενων αρχιτεκτονικών. Χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη τουλάχιστον δύο επιπέδων, ένα επίπεδο για την αντιδραστική συμπεριφορά του πράκτορα και ένα επίπεδο για τη συμπεριφορά με εσωτερική κατάσταση.

Πίνακας 5 Κατηγορίες υβριδικών πρακτόρων

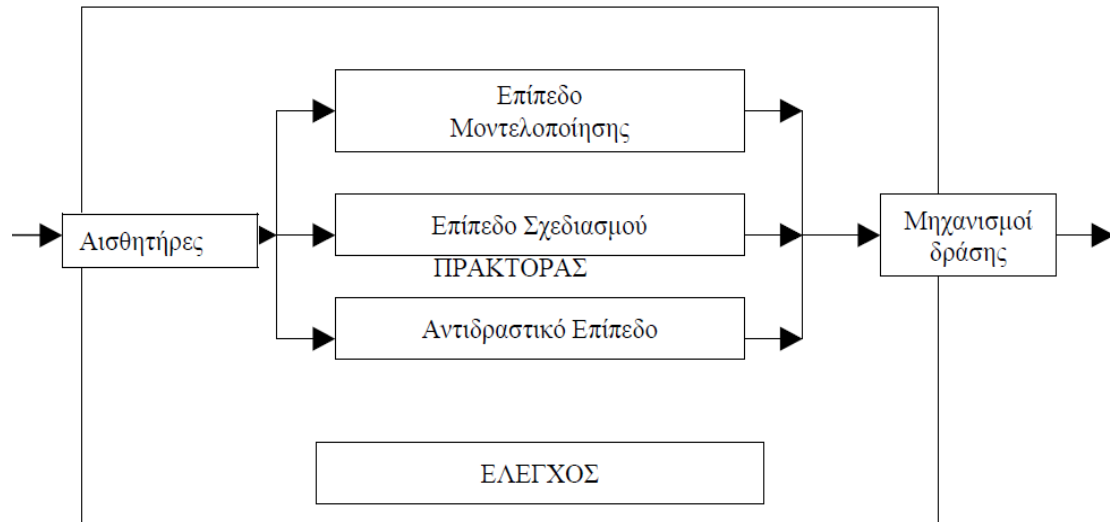
Οριζόντια (<i>Horizontal Layering</i>):	Στην περίπτωση αυτή κάθε επίπεδο είναι συνδεδεμένο με όλες τις εισόδους που προκύπτουν από τους αισθητήρες του πράκτορα και οι έξοδοι είναι συνδεδεμένες με όλους τους μηχανισμούς δράσης
Κάθετα (<i>Vertical Layering</i>):	Οι εισοδοί των αισθητήρων συνδέονται μόνο σε ένα επίπεδο και οι έξοδοι διαβιβάζονται προς τους μηχανισμούς δράσης από ένα μόνο επίπεδο.

Πηγή : (Aha D., 1995)

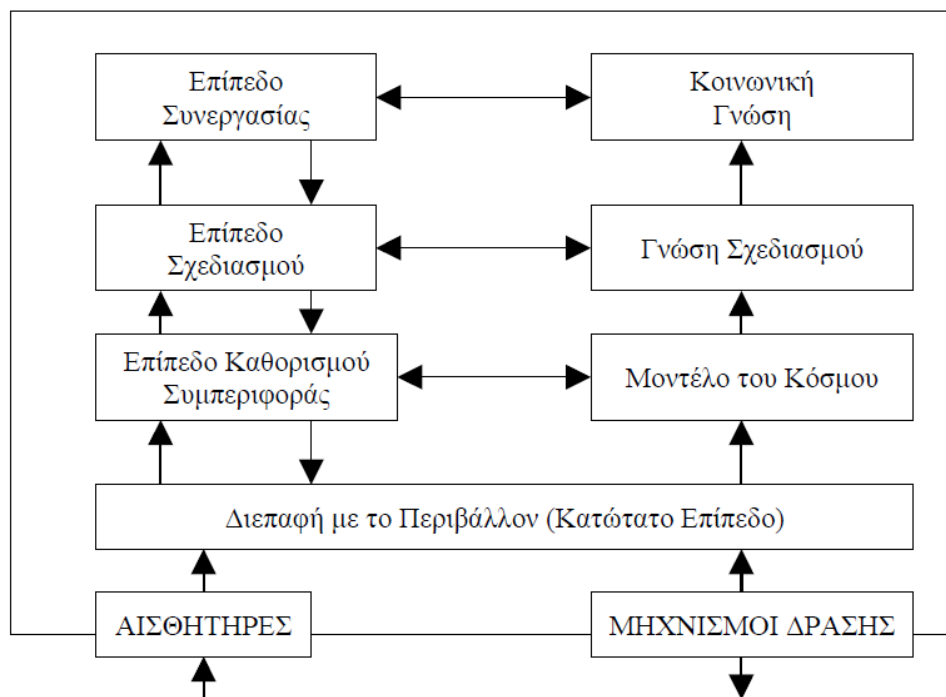
Οι υβριδικές αρχιτεκτονικές (hybrid architectures) χρησιμοποιούν συνήθως συμβολική αναπαράσταση και μηχανισμούς

- για τη γνώση,
- την παραγωγή συμπερασμάτων και
- τη λήψη αποφάσεων (αρχιτεκτονικές νοημοσύνης) στα ανώτερα επίπεδα της ιεραρχίας,
- ενώ διαθέτουν μηχανισμούς (κυρίως hardware) για
- την παρατήρηση του περιβάλλοντος και
- την άμεση αντίδραση σε κρίσιμα γεγονότα (αρχιτεκτονικές αντίδρασης) στα κατώτερα επίπεδα της ιεραρχίας.

- Έτσι, χρησιμοποιώντας κατάλληλα στοιχεία και από τις δύο παραπάνω αρχιτεκτονικές, εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα αυτών αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος.



Εικόνα 3 Παράδειγμα υβριδικής αρχιτεκτονικής οριζόντιας ροής



Εικόνα 4 Παράδειγμα υβριδικής αρχιτεκτονικής κάθετης ροής

1.3 Γλώσσες Προγραμματισμού Πρακτόρων

Καθώς η τεχνολογία πρακτόρων γίνεται όλο και πιο δημοφιλής, περιμένουμε την εμφάνιση όλο και περισσότερων εργαλείων που βοηθούν το σχεδιασμό και την υλοποίηση υπολογιστικών συστημάτων βασισμένων σε πράκτορες. Έτσι έχουν ήδη αναπτυχθεί αρκετές γλώσσες προγραμματισμού οι οποίες επιτρέπουν τον προγραμματισμό με βάση έννοιες της θεωρίας πρακτόρων. Τέτοιες γλώσσες που έχουν κατά καιρούς αναπτυχθεί εξυπηρετούν κυρίως ερευνητικούς σκοπούς και δεν είναι ευρύτερα διαδεδομένες για ανάπτυξη εμπορικών εφαρμογών.

Οι γλώσσες πρακτόρων μπορούμε να πούμε ότι εισάγουν ένα νέο είδος προγραμματισμού, τον *προγραμματισμό προσανατολισμένο στους πράκτορες* (*agent oriented programming* ή *AOP*). Αυτό το είδος προγραμματισμού μπορούμε να πούμε ότι είναι μία εξειδίκευση του αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού (*object oriented programming* ή *OOP*). Η συσχέτιση του AOP με τον OOP βασίζεται στην λογική ότι οι έννοιες “αντικείμενο” και “πράκτορας” έχουν σαφείς αναλογίες (πίνακα 1.2). Τόσο τα αντικείμενα όσο και οι πράκτορες επικοινωνούν μεταξύ τους με μηνύματα. Επίσης, ο πράκτορας έχει μία εσωτερική κατάσταση (διανοητική κατάσταση) που δεν είναι άμεσα προσβάσιμη από τον έξω κόσμο όπως ακριβώς και το αντικείμενο έχει το ιδιωτικό του τμήμα.

Πίνακας 6 Αναλογίες μεταξύ αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού / πρακτόρων

	Προγραμματισμός Προσανατολισμός σε Αντικείμενα	Προγραμματισμός Προσανατολισμός σε Πράκτορες
Βασική Μονάδα Προγραμματισμού	Αντικείμενο	Πράκτορας
Παράμετροι που καθορίζουν την κατάσταση της βασικής μονάδας	Οτιδήποτε (δεν υπάρχει περιορισμός)	Πεποιθήσεις, δεσμεύσεις, ικανότητες, κλπ.
Υπολογιστική Διαδικασία	Ανταλλαγή μηνυμάτων και μέθοδοι απόκρισης	Ανταλλαγή μηνυμάτων και μέθοδοι απόκρισης

Τύποι Μηνυμάτων	Οτιδήποτε	Ενημέρωση, αίτηση, υπόσχεση
Περιορισμοί στις Μεθόδους	Κανένας περιορισμός	Τιμιότητα, συνέπεια

Πηγή: (C.Nigel, 2000)

Έτσι, όπως στον OOP έχουμε ως βασικά στοιχεία προγραμματισμού τα αντικείμενα, στον AOP έχουμε τους πράκτορες. Ενώ όμως τα αντικείμενα μπορούν να έχουν οτιδήποτε ως εσωτερική κατάσταση (το ιδιωτικό τμήμα του αντικειμένου μπορεί να περιέχει κάθε μορφής δεδομένα) η εσωτερική κατάσταση των πρακτόρων έχει καθορισμένη μορφή και ονομάζεται *διανοητική κατάσταση (mental state)*. Η διανοητική κατάσταση αποτελείται από στοιχεία όπως πεποιθήσεις, ικανότητες, αποφάσεις, δεσμεύσεις κλπ. Επίσης και τα μηνύματα που ανταλλάσσονται μεταξύ των πρακτόρων είναι συγκεκριμένης μορφής όπως πληροφορήσεις, αιτήσεις κλπ. Συνολικά λοιπόν, ένα υπολογιστικό σύστημα βασισμένο σε πράκτορες αποτελείται από ένα σύνολο πρακτόρων που επικοινωνούν μεταξύ τους με μηνύματα της μορφής που αναφέραμε παραπάνω. Για να πάρουμε μία καλύτερη ιδέα για τον AOP θα περιγράψουμε με συντομία μία συγκεκριμένη γλώσσα πρακτόρων, την AGENT-0. Αν και η AGENT-0 είναι εξαιρετικά απλουστευμένη, μπορεί να μας δώσει μία γενική ιδέα για τον προσανατολισμένο σε πράκτορες προγραμματισμού.

Η γλώσσα AGENT-0 : Η λογική που χρησιμοποιεί η γλώσσα AGENT-0 περιέχει τρεις βασικές έννοιες: πεποίθηση, δέσμευση και ικανότητα. Για να εκφράσουμε την πεποίθηση χρησιμοποιούμε τη γενική μορφή που σημαίνει ότι στον χρόνο t ο πράκτορας a πιστεύει την πρόταση ϕ . Για την δέσμευση έχουμε τη γενική μορφή , που σημαίνει ότι στον χρόνο t ο πράκτορας a είναι δεσμευμένος προς τον πράκτορα b για την πρόταση ϕ . Τέλος, για την ικανότητα έχουμε τη μορφή , που σημαίνει ότι στον χρόνο t ο πράκτορας a είναι ικανός για την πρόταση ϕ . τα $B \square$, τα b OBL \square τα CAN \square

Η γλώσσα AGENT-0 ανταποκρίνεται στην παραπάνω λογική. Έτσι ένας πράκτορας αποτελείται από ένα σύνολο ικανοτήτων (καθορίζει τι μπορεί να κάνει ο πράκτορας), ένα σύνολο αρχικών πεποιθήσεων και δεσμεύσεων και τέλος, ένα σύνολο κανόνων δέσμευσης το οποίο καθορίζει τις ενέργειες του πράκτορα. Κάθε κανόνας δέσμευσης περιλαμβάνει μία συνθήκη μηνύματος, μία συνθήκη διανοητικής κατάστασης και μια

ενέργεια. Αν η συνθήκη μηνύματος ικανοποιείται από τα μηνύματα που έχει δεχτεί ο πράκτορας και η συνθήκη διανοητικής κατάστασης ικανοποιείται από τις πεποιθήσεις του πράκτορα τότε ο κανόνας δέσμευσης ενεργοποιείται. Αυτό έχει σαν συνέπεια ο πράκτορας να δεσμευτεί για τη συγκεκριμένη ενέργεια. Οι ενέργειες διακρίνονται σε εσωτερικές (επιδρούν στην εσωτερική κατάσταση του πράκτορα) και σε επικοινωνιακές (αποστολή μηνυμάτων). Τα μηνύματα μπορούν να έχουν μόνο τις τρεις ακόλουθες μορφές: αίτηση, ακύρωση αίτησης και ενημέρωση. Τα μηνύματα αίτησης ή ακύρωσης μεταβάλλουν τις δεσμεύσεις του πράκτορα ενώ τα μηνύματα ενημέρωσης αλλάζουν τις πεποιθήσεις του πράκτορα.

Άλλες Γλώσσες Πρακτόρων : Εκτός από την AGENT-0 υπάρχουν και άλλες, περισσότερο εξελιγμένες γλώσσες πρακτόρων, μερικές από τις οποίες αναφέρουμε παρακάτω:

1. *PLACA (PLAnning Communicating Agents)*: Η PLACA επιτρέπει τον σχεδιασμό δράσης των πρακτόρων και την επικοινωνία μεταξύ τους με σκοπό την επίτευξη στόχων υψηλού επιπέδου.

2. *Concurrent MetateM*: Με την γλώσσα αυτή μπορούμε να κατασκευάσουμε συστήματα πρακτόρων αποτελούμενα από πολλούς πράκτορες που δρουν ταυτόχρονα και επικοινωνούν μεταξύ τους μέσω ασύγχρονης εκπομπής μηνυμάτων. Η σημασιολογία της γλώσσας αυτής συνδέεται στενά με την σημασιολογία της χρονικής λογικής.

3. *APRIL και MAIL*: Οι γλώσσες αυτές βοηθούν στην ανάπτυξη εφαρμογών πολλών πρακτόρων. Η APRIL προσφέρει λειτουργίες για πολυεπεξεργασία και επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων. Η MAIL παρέχει μία συλλογή προκαθορισμένων εργαλείων αφαίρεσης όπως καθορισμός πλάνων από πολλούς πράκτορες.

4. *TELESCRIPT*: Η Telescript είναι ίσως η πρώτη εμπορική γλώσσα πρακτόρων. Η γλώσσα αυτή παρέχει ένα περιβάλλον για ανάπτυξη κοινωνιών πρακτόρων. Στην Telescript έχουμε δύο βασικές έννοιες: τους τόπους και τους πράκτορες. Οι τόποι είναι εικονικές τοποθεσίες στις οποίες μπορούν να δρουν πράκτορες ενώ οι πράκτορες είναι παραγωγικοί και καταναλωτές αγαθών σε μία εικονική αγορά. Οι πράκτορες μπορούν να κινούνται από τον ένα τόπο στον άλλο, καθώς επίσης και να επικοινωνούν μεταξύ τους είτε βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες είτε βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία (οπότε έχουμε “συνάντηση”).

1.4 Εφαρμογές Ευφυών Πρακτόρων

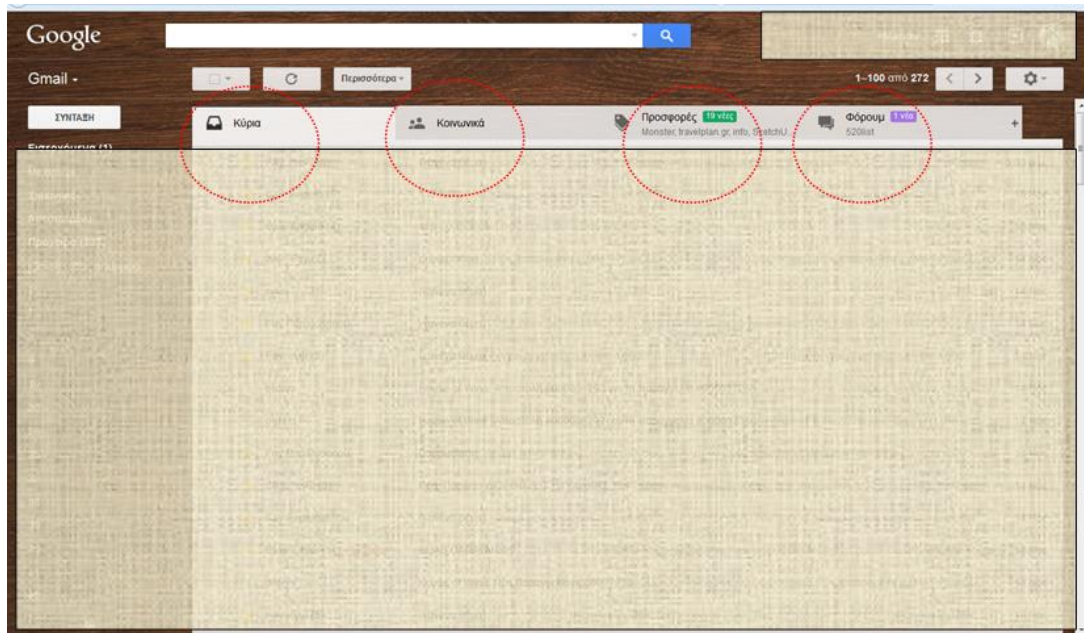
Οι περισσότερες εφαρμογές πρακτόρων που έχουν υλοποιηθεί μέχρι σήμερα είναι κυρίως πειραματικές. Παράλληλα, πολλά πανεπιστήμια και εταιρίες (όπως η Microsoft και η IBM) κάνουν έρευνες πάνω στον τομέα των ευφυών πρακτόρων. Τα ερευνητικά αυτά προγράμματα στοχεύουν κυρίως στην κατασκευή σχετικά απλών εφαρμογών που να μπορούν να υλοποιηθούν σε εύλογο χρονικό διάστημα. Έτσι γίνεται αρχικά έρευνα για απλούς τύπους πρακτόρων (όπως πρακτόρων αναζήτησης, πρακτόρων χειρισμού του ηλεκτρονικού ταχυδρομίου κλπ). Αφού κατασκευαστούν αυτοί οι απλοί τύποι πρακτόρων, χρησιμοποιούνται ως βάση για την κατασκευή πολυπλοκότερων πρακτόρων.

Οι σημαντικότερες κατηγορίες εφαρμογών στις οποίες χρησιμοποιείται η τεχνολογία των ευφυών πρακτόρων παρουσιάζονται στα επόμενα υποκεφάλαια.

- Διαχείριση Ηλεκτρονικών Μηνυμάτων (e-mail)
- Αναζήτηση Πληροφοριών
- Προσαρμοστικά Συστήματα Διεπαφής
- Ηλεκτρονικό Εμπόριο
- Διαχείριση Συστήματος και Δικτύου
- Απομακρυσμένη Πρόσβαση
- Συνεργασία
- Ψυχαγωγικές Εφαρμογές

1.4.1 Διαχείριση Ηλεκτρονικών Μηνυμάτων (e-mail)

Το λογισμικό διαχείρισης ηλεκτρονικών μηνυμάτων είναι ένας τομέας όπου ήδη χρησιμοποιούνται με αρκετή επιτυχία ευφυείς πράκτορες. Οι χρήστες αυτού του λογισμικού θέλουν να υπάρχει οργάνωση καθώς και ένα είδος προτεραιότητας στα μηνύματα που δέχονται μέσω του ηλεκτρονικού ταχυδρομίου (e-mail). Αυτές οι λειτουργίες θα μπορούσαν να απλοποιηθούν με τη βοήθεια ενός ευφυούς πράκτορα στον οποίο ο χρήστης θα δίνει κάποιους κανόνες και προτιμήσεις σύμφωνα με τα οποία θα γίνει η οργάνωση των μηνυμάτων. Ο πράκτορας θα μπορεί επίσης να συμπεραίνει αυτόματα κανόνες παρατηρώντας και προσπαθώντας να βρει πρότυπα στη συμπεριφορά του χρήστη.



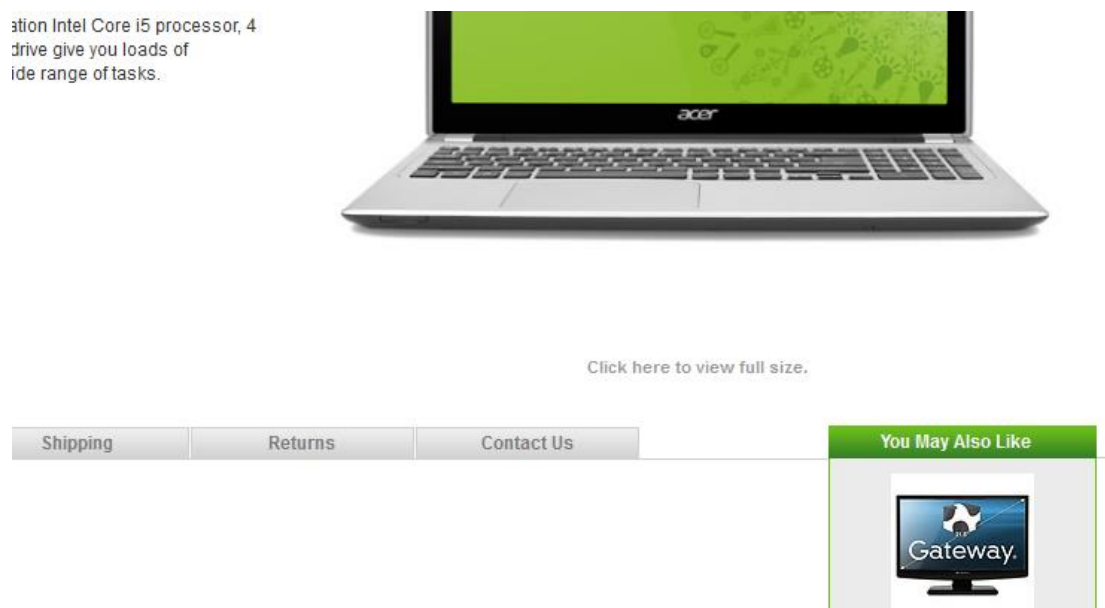
Εικόνα 5 Επιλογές διαχείρισης ηλεκτρονικών μηνυμάτων από την Google

1.4.2 Αναζήτηση Πληροφοριών

Με την δημοτικότητα που έχει αποκτήσει το Διαδίκτυο, οι χρήστες έχουν διαθέσιμο ένα τεράστιο ποσό πληροφορίας. Έτσι δημιουργείται η ανάγκη για την ύπαρξη εργαλείων για αναζήτηση πληροφοριών. Οι μηχανές αναζήτησης που υπάρχουν στο Διαδίκτυο εξυπηρετούν αυτό το σκοπό και αναζητούν πληροφορίες με βάση λέξεις –

κλειδιά που δίνονται από το χρήστη. Όμως αυτός ο τρόπος αναζήτησης έχει το μειονέκτημα ότι απαιτεί από τον χρήστη να ορίσει τις σωστές λέξεις – κλειδιά. Στην αντίθετη περίπτωση μπορεί να μην εμφανιστούν στον χρήστη όλες οι απαιτούμενες πληροφορίες ή αντίθετα μπορεί να του εμφανιστεί ένα μεγάλο πλήθος πληροφορίας, μεγάλο μέρος της οποίας είναι άσχετο.

Μια πιο αποτελεσματική λύση στο πρόβλημα της αναζήτησης πληροφοριών θα μπορούσε να δοθεί με τη βοήθεια ενός ευφυούς πράκτορα που θα έχει τη δυνατότητα να αναζητά πληροφορίες με έναν περισσότερο “ευφυή” τρόπο. Έτσι, η αναζήτηση δεν θα γίνεται μόνο με βάση τις λέξεις που δίνει ο χρήστης αλλά και με λέξεις και έννοιες που σχετίζονται με τις δοθείσες. Η περίπτωση αυτή ονομάζεται συνεργατική διήθηση δεδομένων και είναι ευρέως διαδεδομένη σε ηλεκτρονικά καταστήματα, ηλεκτρονικά ενημερωτικά έντυπα, κλπ.

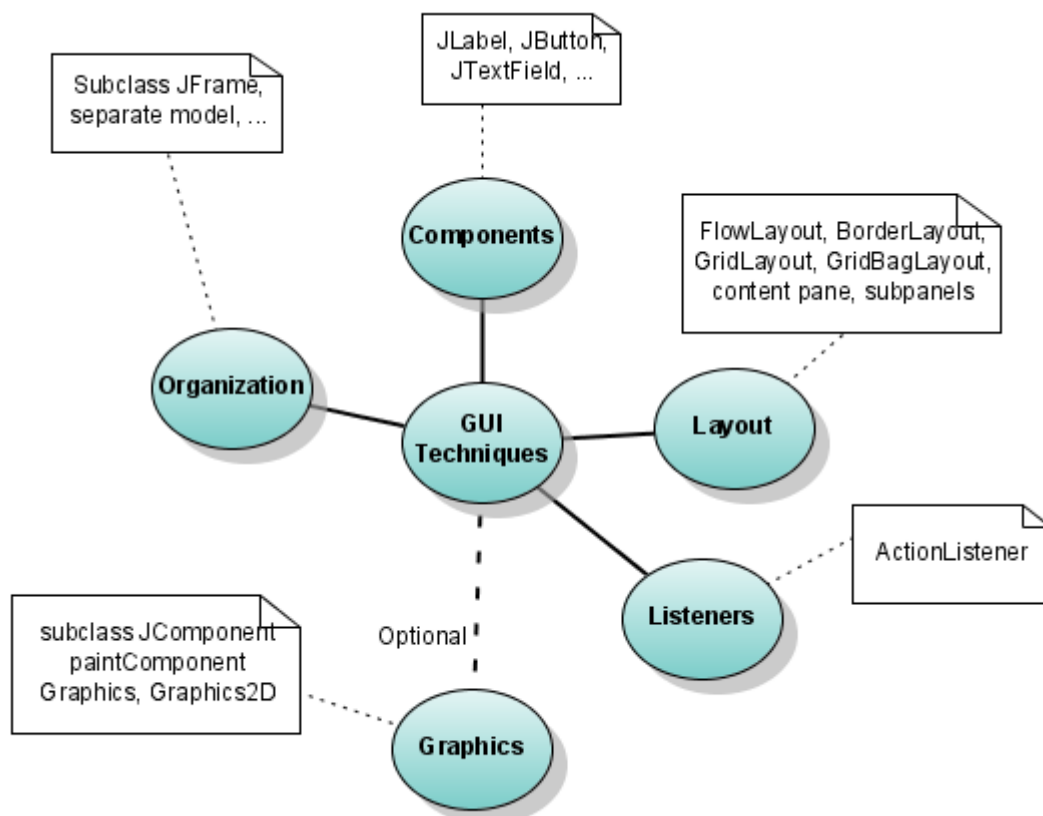


Εικόνα 6 Στιγμιότυπο από την σελίδα του ebay

1.4.3 Προσαρμοστικά Συστήματα Διεπαφής

Τα γραφικά συστήματα διεπαφής (Graphic User Interfaces ή GUIs) προσφέρουν σήμερα έναν φιλικό τρόπο αλληλεπίδρασης του χρήστη με τον υπολογιστή. Καθώς

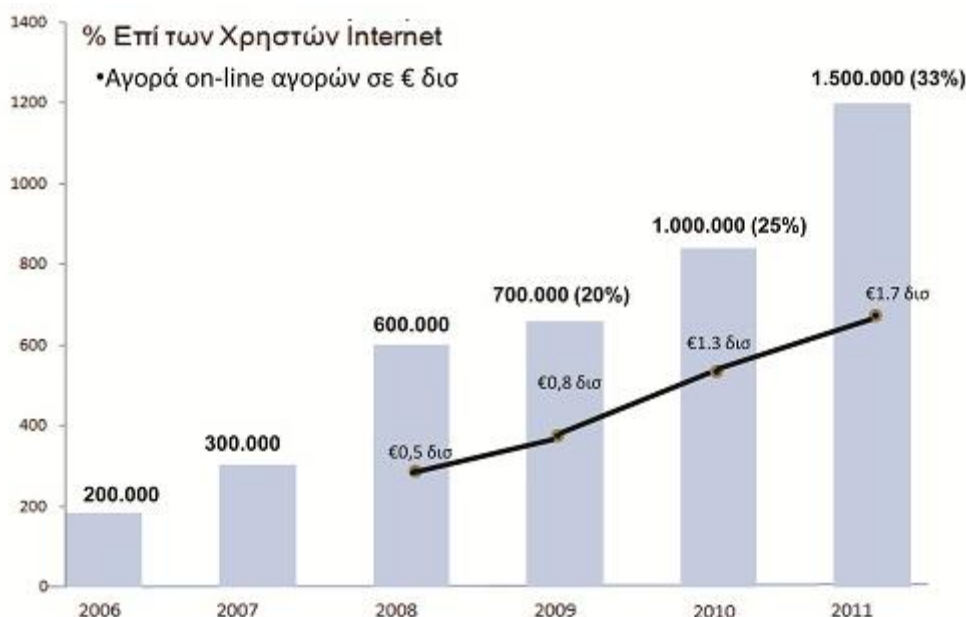
όμως τα καινούργια προγράμματα παρουσιάζουν όλο και περισσότερες δυνατότητες και επιλογές, η διεπαφή (interface) τους τείνει και αυτή να γίνει πολύπλοκη. Παράλληλα, όλο και περισσότερα άτομα χρησιμοποιούν τους υπολογιστές, οπότε πολλοί από τους χρήστες δεν είναι καθόλου εξοικειωμένοι με αυτούς και έτσι αντιμετωπίζουν δυσκολίες στον χειρισμό. Είναι λοιπόν χρήσιμο πολλές φορές να υπάρχει κάποια βοήθεια προς τον άπειρο χρήστη πέρα από τα γνωστά κείμενα βοήθειας (help). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται πράκτορες που ονομάζονται *πράκτορες διεπαφής (interface agents)*. Αυτοί παρακολουθούν τη συμπεριφορά του χρήστη και τον βοηθούν αυτόματα όταν υπάρξει κάποιο πρόβλημα. Για παράδειγμα, όταν ο πράκτορας διεπαφής παρατηρήσει ότι ο χρήστης κάνει συχνά το ίδιο λάθος μπορεί να του εμφανίσει ένα κατατοπιστικό κείμενο που να του επεξηγεί το λάθος που έκανε. Πράκτορες αυτού του είδους χρησιμοποιούνται ήδη σε αρκετές δημοφιλείς εμπορικές εφαρμογές.



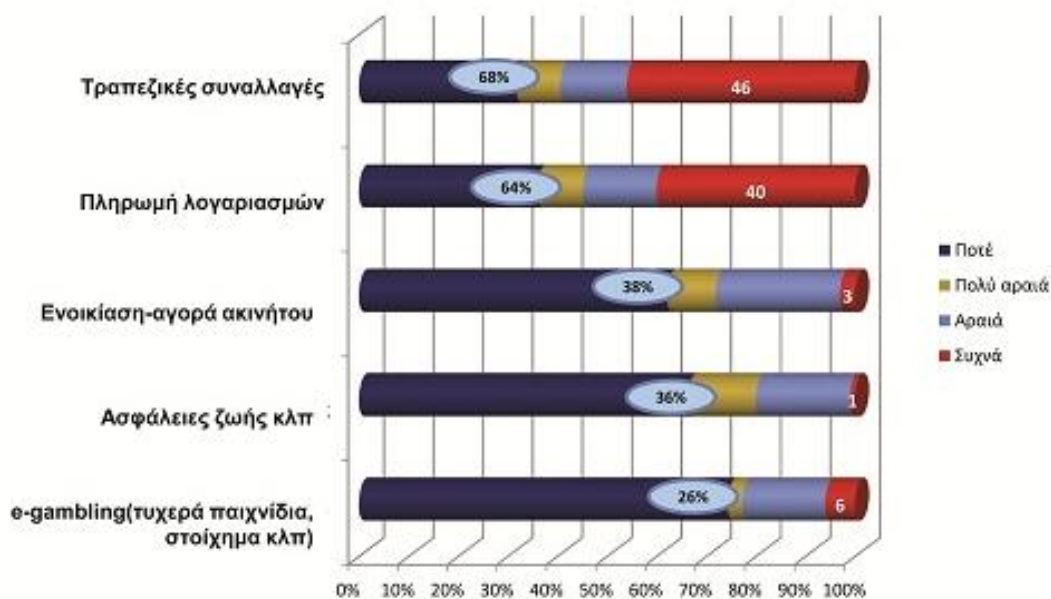
Εικόνα 7 Δομή συστημάτων διεπαφής

1.4.4 Ηλεκτρονικό Εμπόριο

Το ηλεκτρονικό εμπόριο είναι άλλος ένας τομέας που έχει γνωρίσει μεγάλη ανάπτυξη λόγω της δημοτικότητας του Διαδικτύου. Οι χρήστες που θέλουν να κάνουν αγορές μέσω ενός τέτοιου συστήματος πρέπει να αναζητήσουν πληροφορίες για τα προϊόντα που τους ενδιαφέρουν ενώ οι πωλητές πρέπει να αναζητήσουν υποψήφιους αγοραστές για να τους δώσουν πληροφορίες για τα προϊόντα τους. Ένας ευφυής πράκτορας θα μπορούσε να βοηθήσει τους αγοραστές ψάχνοντας πληροφορίες για προϊόντα και ελέγχοντας τις τιμές, τις προδιαγραφές και γενικά όλα τα χαρακτηριστικά τους. Με βάση αυτά τα στοιχεία ο πράκτορας θα είναι σε θέση να προτείνει την άριστη ή τις άριστες αγορές. Ένας πράκτορας επίσης θα μπορούσε να λειτουργεί για λογαριασμό των πωλητών προτείνοντας υποψήφιους αγοραστές και ακόμα δίνοντας συμβουλές για το προϊόν σε άτομα που το έχουν ήδη αγοράσει.



Εικόνα 8 Διαγραμματική απεικόνιση των καταναλωτών που αγόρασαν μέσω υπολογιστή κάποιο προϊόν – υπηρεσία στον Ελλαδικό χώρο



Πολύ αραιά = 1 φορά/χρόνο ή σπανιότερα, Αραιά = 1 φορά κάθε 5-6 μήνες, Συχνά = Κάθε μήνα ή συχνότερα

Εικόνα 9 Δημοφιλείς διαδικτυακές συναλλαγές των on-line αγοραστών

Τα συστήματα ηλεκτρονικού εμπορίου πρώτης γενιάς από τα οποία τα πιο γνωστά παράδειγμα είναι το αμαζόν επέτρεπαν στον χρήστη να περιηγηθεί σε έναν ηλεκτρονικό κατάλογο προϊόντων, να διαλέξει κάποια από αυτά και στ συνέχεια να τα αγοράσει χρησιμοποιώντας πιστωτική κάρτα. Οι πράκτορες κάνουν εφικτή τη δημιουργία συστημάτων ηλεκτρονικού εμπορίου δεύτερη γενιάς στα οποία αυτοματοποιούνται πολλές πτυχές της συμπεριφοράς του καταναλωτή.

Υπάρχουν πολλά μοντέλα που επιχειρούν να περιγράψουν τα συμπεριφορά του καταναλωτή. Σύμφωνα με ένα από τα πιο δημοφιλή μοντέλα οι καταναλωτές ακολουθούν τα παρακάτω έξι βήματα.

Πίνακας 7 Μεθοδολογία λήψης απόφασης καταναλωτή

Αναγνώριση της Ανάγκης	Στο στάδιο αυτό ο καταναλωτής συνειδητοποιεί ότι έχει κάποια ανάγκη που δεν έχει ικανοποιηθεί.
Αναζήτηση προϊόντος	Στο στάδιο αυτό ο πιθανός καταναλωτής συλλέγει πληροφορίες για τα διαθέσιμα προϊόντα προκειμένου να αποφασίσει ποιο από αυτά θα αγοράσει.
Αναζήτηση εμπόρου	Στο στάδιο αυτό, ο καταναλωτής αποφασίζει από ποιον θα αγοράσει. Σε αυτή τη φάση ο καταναλωτής συνήθως εξετάζει προσφορές που προέρχονται από πολλούς και διαφορετικούς εμπόρους.
Διαπραγμάτευση	Στο στάδιο αυτό ο πιθανός αγοραστής και ο πιθανός πωλητής συμφωνούν ως προς τους όρους της συναλλαγής. Σε ορισμένες αγορές το στάδιο ατης διαπραγμάτευσης είναι κενό και οι όροι της συμφωνίας είναι προκαθορισμένοι και μη διαπραγματεύσιμοι. Σε άλλες αγορές οι όροι μπορούν να αποτελούν αντικείμενο διαπραγμάτευσης.
Αγορά και Παράδοση	Σε αυτό το στάδιο εκτελείται ουσιαστικά η συναλλαγή και παραδίδεται το προϊόν.
Εξυπηρέτηση & αξιολόγηση	Το στάδιο μετά την πώληση, το οποίο περιλαμβάνει τη συντήρηση του προϊόντος, τις υπηρεσίες εξυπηρέτησης πελατών.

Πηγή : (Βαγενάς Γ., 2010)

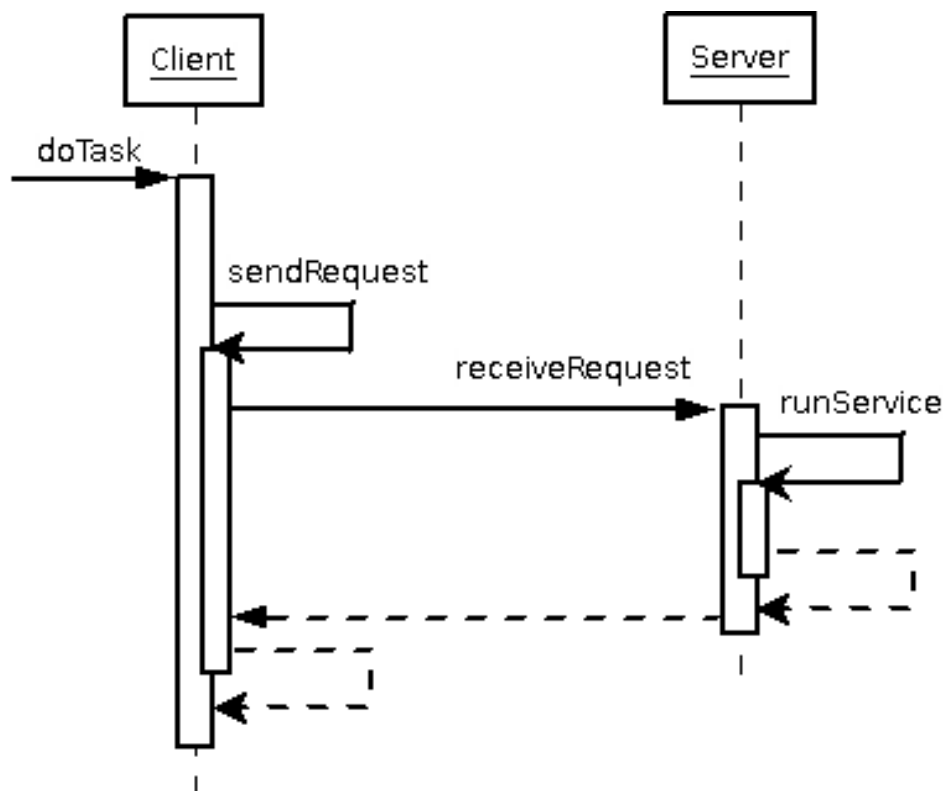
Οι πράκτορες έχουν διαφημιστεί πολύ ως εργαλεία που μπορούν να αυτοματοποιήσουν, τουλάχιστον εν μέρει, μερικά από αυτά τα στάδια και να βοηθήσουν τον καταναλωτή να συνάψει την καλύτερη δυνατή συμφωνία. Στον ακόλουθο πίνακα συνοψίζεται ο βαθμός στον οποίο οι πράκτορες που έχουν αναπτυχθεί έως τώρα μπορούν να βοηθήσουν στο καθένα από τα στάδια αυτά

Πίνακας 8 Οι πράκτορες και τα στάδια των καταναλωτών

Αναγνώριση της Ανάγκης	Persona logic	firefly	Bargain Finder	jango	kasbah	Auction bot	Tete-a-tete
Αναζήτηση προϊόντος	•	•		•			•
Αναζήτηση εμπόρου	•			•			•
Διαπραγμάτευση			•	•	•	•	•
Αγορά και Παράδοση					•	•	•
Εξυπηρέτηση & αξιολόγηση							

1.4.5 Διαχείριση Συστήματος και Δικτύου

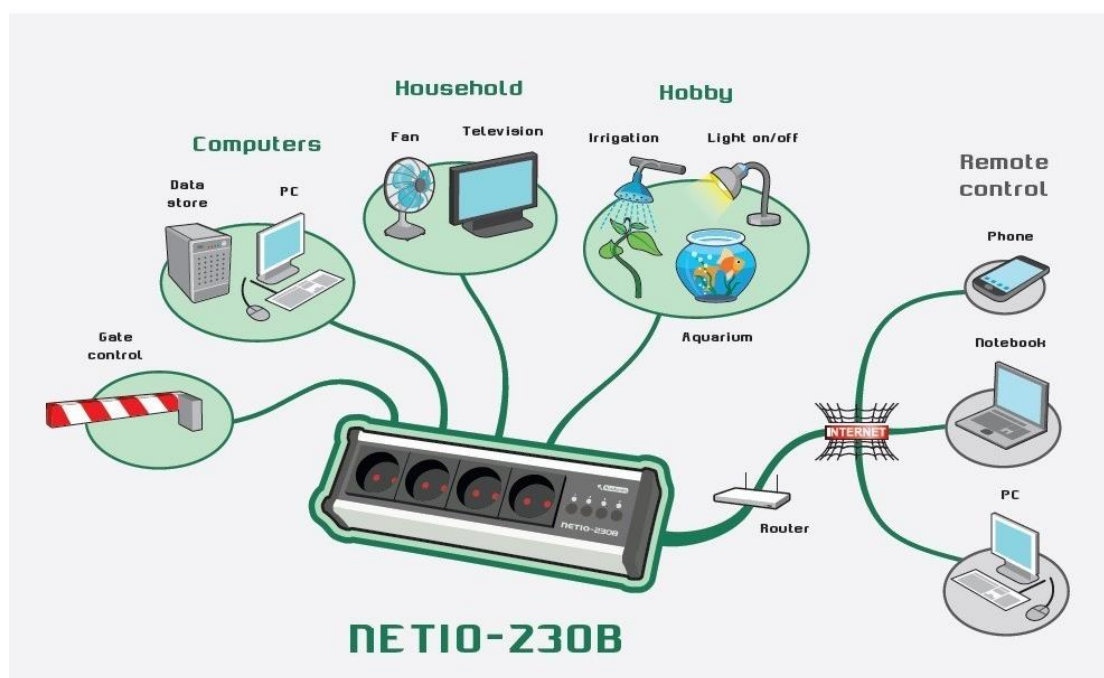
Καθώς στον χώρο των υπολογιστών τείνουν να κυριαρχήσουν τα δίκτυα και η αρχιτεκτονική πελάτη-εξυπηρετητή (client-server), η διαχείριση συστήματος και δικτύου τείνει να γίνει όλο και πιο πολύπλοκη. Έτσι οι διαχειριστές συστήματος και δικτύου χρειάζονται κάποια απλοποίηση στη διαχείριση για να αντιμετωπίσουν την πολυπλοκότητα αυτή. Η τεχνολογία των ευφυών πρακτόρων μπορεί να βοηθήσει προς αυτή την κατεύθυνση βοηθώντας τους χρήστες να διαχειρίζονται το σύστημα σε ένα ανώτερο επίπεδο αφαίρεσης. Επιπλέον, αυτοί οι πράκτορες θα μπορούν να αναγνωρίζουν πρότυπα συμπεριφοράς του συστήματος και να αντιδρούν κατάλληλα.



Εικόνα 10 Διάγραμμα ακολουθίας Πελάτη – Εξυπηρέτηση

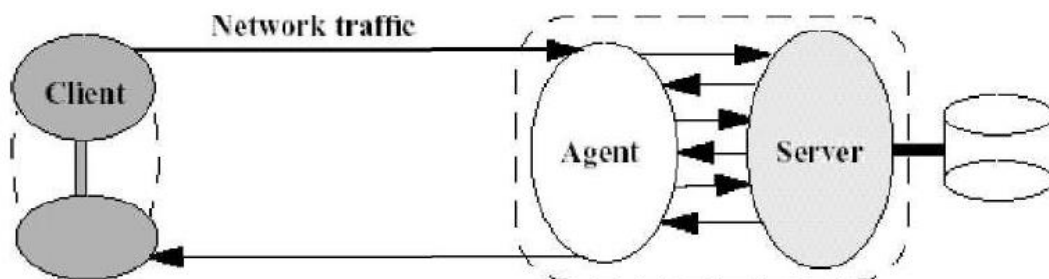
1.4.6 Απομακρυσμένη Πρόσβαση

Οι χρήστες σε ένα δίκτυο θέλουν να έχουν πρόσβαση σε πόρους που βρίσκονται σε οποιαδήποτε τοποθεσία στο δίκτυο. Ένας ευφυής πράκτορας που θα βρίσκεται μέσα στο δίκτυο θα μπορεί να ικανοποιεί τις αιτήσεις των χρηστών και παράλληλα να κάνει και κάποια επεξεργασία των δεδομένων που μεταφέρονται (πχ συμπίεση).



Εικόνα 11 Ελεγκτής για απομακρυσμένη βοήθεια

Στην περίπτωση του απομακρυσμένου χειρισμού οι δύο υπολογιστές συμφωνούν εκ των προτέρων για τη διεργασία που θα εκτελεστεί. Η διεργασία αυτή αποτελείται από επιμέρους εντολές και δεδομένα τα οποία καταγράφονται στην κατάσταση της διεργασίας. Ο όρος κατάσταση συνήθως περιγράφει τα στοιχεία εκείνα τα οποία καθορίζουν τι ακριβώς πρέπει να κάνει η διεργασία στο απομακρυσμένο σύστημα. Με τον τρόπο αυτό ομαδοποιούνται όλα τα στάδια της συνομιλίας. Η διεργασία εκτελείται στον απομακρυσμένο υπολογιστή εξολοκλήρου και αυτόνομα χωρίς τον έλεγχο του υπολογιστή που την δημιούργησε.



Εικόνα 12 Μοντέλο απομακρυσμένης εκτέλεσης

Όταν ολοκληρωθεί η λειτουργία της τότε επιστρέφει στην αφετηρία με τα αποτελέσματα. Αυτή η διεργασία καλείται κινητός πράκτορας ώστε να δοθεί έμφαση στο γεγονός ότι ανήκει στον τοπικό και όχι στον απομακρυσμένο υπολογιστή.

1.4.7 Συνεργασία

Στη συνεργασία πολλοί χρήστες εργάζονται την ίδια στιγμή πάνω σε κοινά έγγραφα μέσω δικτύου συνήθως χρησιμοποιώντας βιντεοδιάσκεψη. Οι ευφυείς πράκτορες μπορούν να βοηθήσουν στη διαχείριση της συνεργασίας των ατόμων της ομάδας.



ικώνα 13 Συζήτηση μέσω skype

1.4.8 Ψυχαγωγικές Εφαρμογές

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η ιδέα της χρησιμοποίησης ευφυών πρακτόρων σε τομείς όπως τα παιχνίδια, η εικονική πραγματικότητα και ο κινηματογράφος. Η βασική ιδέα σε τέτοιου είδους εφαρμογές είναι η κατασκευή εικονικών κόσμων πρακτόρων. Για την κατασκευή τέτοιων εικονικών κόσμων πρέπει πρώτα να κατασκευάσουμε *αληθοφανείς πράκτορες (believable agents)* δηλαδή πράκτορες που η συμπεριφορά τους μας δίνει την ψευδαίσθηση ότι έχουν πραγματικά ζωή. Η σημαντικότερη ιδιότητα αυτών των πρακτόρων είναι το συναίσθημα, δηλαδή δεν δρουν στο περιβάλλον με έναν “μηχανικό” τρόπο, αλλά έχουν μία συμπεριφορά που κατά κάποιο τρόπο μοιάζει με την ανθρώπινη.

2. ΤΥΠΟΙ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

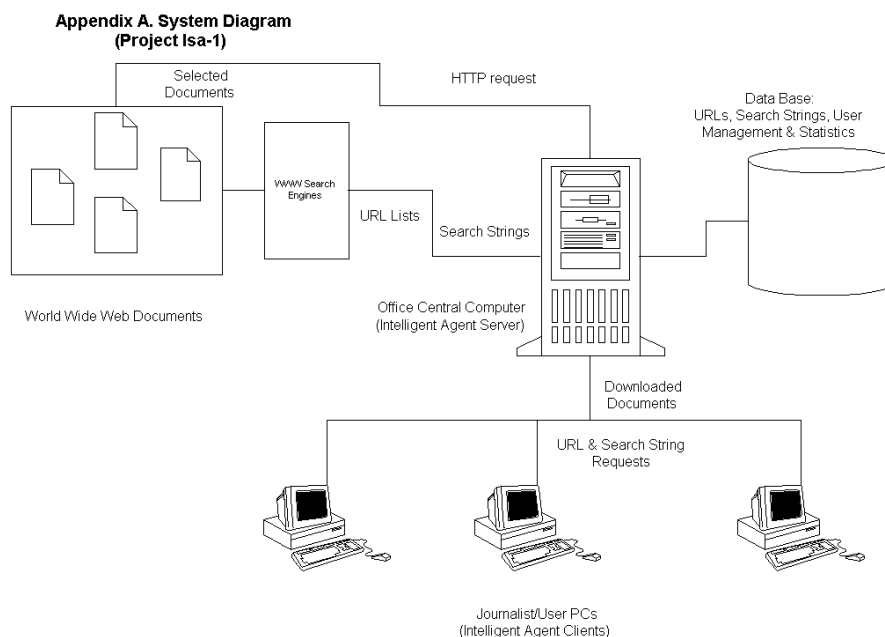
Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στις δύο κύριες κατηγορίες ευφυών πρακτόρων, τους πράκτορες με εσωτερική κατάσταση και στους αντανακλαστικούς πράκτορες. Η δεύτερη κατηγορία, όπως αναλύσαμε χαρακτηρίζεται για την απλότητα της δομής της. Στο παρόν κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στην πρώτη κατηγορία, αυτή των πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση. Οι ευφυείς πράκτορες που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία συνδυάζουν πολλούς διαφορετικούς τομείς της επιστήμης υπολογιστών, όπως είναι τα αντικείμενα και η κατανεμημένη αρχιτεκτονική αντικειμένων, τα προσαρμοσίμα συστήματα μάθησης, η τεχνητή νοημοσύνη, τα έμπειρα συστήματα, οι γενετικοί αλγόριθμοι, η κατανεμημένη επεξεργασία, οι κατανεμημένοι αλγόριθμοι, τα συνεργατικά δικτυακά περιβάλλοντα καθώς και η ασφάλεια. Παρουσιάζουν επίσης ενδιαφέρον για την δυνατότητά τους να λύσουν προβλήματα παραγωγικότητας καθώς αυτό που υπόσχονται να υλοποιήσουν είναι η ικανότητα να “σκέφτονται” εκ μέρους του χρήστη αντί για αυτόν. Σύμφωνα με τους Nwana και Ndumu (1998), οι πράκτορες μπορούν να διακριθούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Πράκτορες Συνεργασίας
- Πράκτορες Διεπαφής
- Πληροφοριακοί/ Διαδικτυακοί Πράκτορες
- Πράκτορες Αντίδρασης
- Κινητοί Πράκτορες

2.1 Πράκτορες Συνεργασίας

Οι πράκτορες συνεργασίας δίνουν σημασία στην αυτονομία και τη συνεργασία με άλλους πράκτορες για να εκτελέσουν τις εργασίες που τους αναθέτουν οι «ιδιοκτήτες» (owners) τους. Στην εργασία των Carlos José M. Olguin et (2000), περιγράφεται μια αρχιτεκτονική πρακτόρων λογισμικού, αποτελούμενη από μία ομάδα πρακτόρων (agencies) για την εφαρμογή ενός συνεργατικού πλαισίου μάθησης.



Εικόνα 14 Ευφυής συνεργατικός πράκτορας αναζήτησης εγγράφων για περιβάλλον γραφείου

Συνήθως κινούνται σε ανοικτά περιβάλλοντα με πλήθος άλλων πρακτόρων και χρονικούς περιορισμούς (open and time-constrained multi-agent environments). Η

λειτουργία τους ενδέχεται να περιλαμβάνει κάποια περιορισμένης μορφής μάθηση, χωρίς αυτό όμως να αποτελεί βασικό κομμάτι της συμπεριφοράς τους.

Οι συνεργατικοί πράκτορες, όπως συμβαίνει και με τους ανθρώπους, μπορούν να είναι περισσότερο χρήσιμοι όταν λειτουργούν με άλλους πράκτορες για την εκτέλεση ενός έργου. Μια συλλογή πρακτόρων λογισμικού που επικοινωνούν και συνεργάζονται ο ένας με τον άλλο, καλείται αντιπροσωπεία (agency). Οι σχεδιαστές συστημάτων που χρησιμοποιούν πράκτορες λογισμικού, εξετάζουν τις ικανότητες κάθε πράκτορα ξεχωριστά και πώς πολλοί πράκτορες μπορούν να εργαστούν από κοινού. Ένα μοντέλο μάθησης βασισμένο σε πράκτορες, όπως αυτό που περιγράφουμε, επιτρέπει στο σχεδιαστή να εφαρμόσει ένα σύστημα, χρησιμοποιώντας πολλούς πράκτορες, με κάθε πράκτορα να ειδικεύεται σε έναν συγκεκριμένο στόχο. Για παράδειγμα, μια εφαρμογή ηλεκτρονικού εμπορίου μπορεί να έχει πράκτορες αγοραστών (buyer agents), πράκτορες πωλητών (seller agents), πράκτορες για εφοδιασμό (stocking agents), πράκτορες βάσεων δεδομένων (database agents), πράκτορες ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email agents). Όλοι αυτοί οι πράκτορες πρέπει να επικοινωνούν ο ένας με τον άλλο και πρέπει να έχουν την ικανότητα να συνεργαστούν για να επιτύχουν ένα σύνολο κοινών στόχων.



Εικόνα 15 Μια συλλογή πρακτόρων λογισμικού που επικοινωνούν και συνεργάζονται ο ένας με τον άλλο, καλείται αντιπροσωπεία (agency).

Μια αντιπροσωπεία (agency) στην πραγματικότητα είναι ένας πράκτορας λογισμικού (agent). Έργο του είναι να λαμβάνει τις προδιαγραφές των στόχων των χρηστών και να εκτελεί ενέργειες που εκπληρώνουν αυτούς τους στόχους, αναθέτοντας ορισμένες από αυτές σε νέους πράκτορες που θα βοηθήσουν την αντιπροσωπεία στην ολοκλήρωση της αποστολής της. Η αντιπροσωπεία είναι επίσης το σημείο πρόσβασης των χρηστών για τη δημιουργία συνεδρίας (group session) ή για τη λήψη πληροφοριών από άλλες αντιπροσωπείες.

Για την ομαλή λειτουργία ενός agent οι πράκτορες συνεργασίας συχνά υποχρεώνονται να προχωρήσουν σε διαπραγματεύσεις (negotiations) με άλλους πράκτορες. Σκοπός των διαπραγματεύσεων αυτών είναι να καταλήξουν σε κάποιες από κοινού συμφωνίες που θα συντονίσουν καλύτερα τις ενέργειες τους.

Μερικά από τα πλεονεκτήματα των πράκτορες συνεργασίας είναι τα ακόλουθα:

1. Μπορούν να λύσουν με επιτυχία προβλήματα που χρειάζονται μεγάλο υπολογιστικό χρόνο, και που είναι αδύνατον να λυθούν από έναν μόνο πράκτορα, λόγω ελλείψεως

πόρων. Επίσης εξαιτίας της παράλληλης λειτουργίας καταφέρνουν να αυξήσουν την ταχύτητα τους.

2. Επιτρέπουν να συνενωθούν και να συνεργαστούν υπάρχοντα συστήματα όπως έμπειρα συστήματα, συστήματα υποστήριξης αποφάσεων και συμβατικά προγράμματα. Επίσης, μπορούν να δώσουν λύση σε προβλήματα με κατανεμημένη δομή ή κατανεμημένες πηγές πληροφοριών. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα τους είναι η ευελιξία (flexibility) και η αξιοπιστία (reliability).

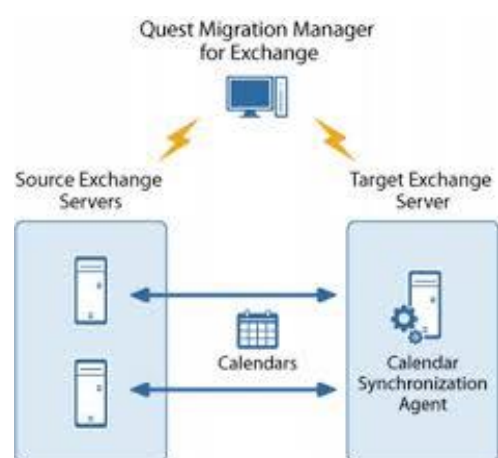
2.2 Πράκτορες Διεπαφής

Οι πράκτορες διαμεσολάβησης δίνουν μεγαλύτερη έμφαση στην αυτονομία (autonomy) και τη μάθηση (learning) για να φέρουν σε πέρας τα καθήκοντα που τους έχουν ανατεθεί. Η Pattie Maes (1994) τονίζει ότι οι πράκτορες διαμεσολάβησης πρέπει να εννοούνται ως “προσωπικοί βοηθοί που συνεργάζονται με τον χρήστη στο ίδιο περιβάλλον”.

Οι πράκτορες διαμεσολάβησης πρέπει να υποστηρίζουν και να παρέχουν προσανατολισμένη στον στόχο (proactive) βοήθεια, τυπικά σε άτομα που μαθαίνουν τη χρήση μιας συγκεκριμένης εφαρμογής, όπως είναι ένα λειτουργικό σύστημα. Ο πράκτορας παρακολουθεί και καταγράφει τις ενέργειες του ατόμου, μαθαίνει και τελικά προτείνει καλύτερες μεθόδους για την εκτέλεση των διαφόρων λειτουργιών. Η μάθηση του πράκτορα μπορεί να γίνει με έναν από τους εξής τρόπους: (i) παρακολουθώντας τον χρήστη, (ii) λαμβάνοντας θετική και αρνητική ανάδραση από τον χρήστη (iii) λαμβάνοντας ρητές οδηγίες από τον χρήστη, και τέλος (iv) ζητώντας συμβουλές από άλλους πράκτορες. Βασική προϋπόθεση για την επιτυχή λειτουργία ενός πράκτορα διαμεσολάβησης είναι η εφαρμογή που χρησιμοποιείται να επιδεικνύει κάποια επαναλαμβανόμενη συμπεριφορά, την οποία να μπορεί να μάθει ο πράκτορας και ακόμα πιο βασικά, αυτή η συμπεριφορά να είναι διαφορετική για κάθε χρήστη – γιατί αλλιώς το πρόβλημα θα μπορούσε να λυθεί από ένα απλό σύστημα βασισμένο σε γνώση knowledge-based system.

Το βασικό πλεονέκτημα ενός πράκτορα διαμεσολάβησης είναι ότι διευκολύνει σε μεγάλο βαθμό το έργο του χρήστη αλλά και του προγραμματιστή εφαρμογών. Ακόμα,

σημαντικό είναι ότι ο πράκτορας μπορεί να προσαρμόζεται όσο περνάει ο χρόνος, με βάση τις προτιμήσεις και τις συνήθειες του χρήστη.



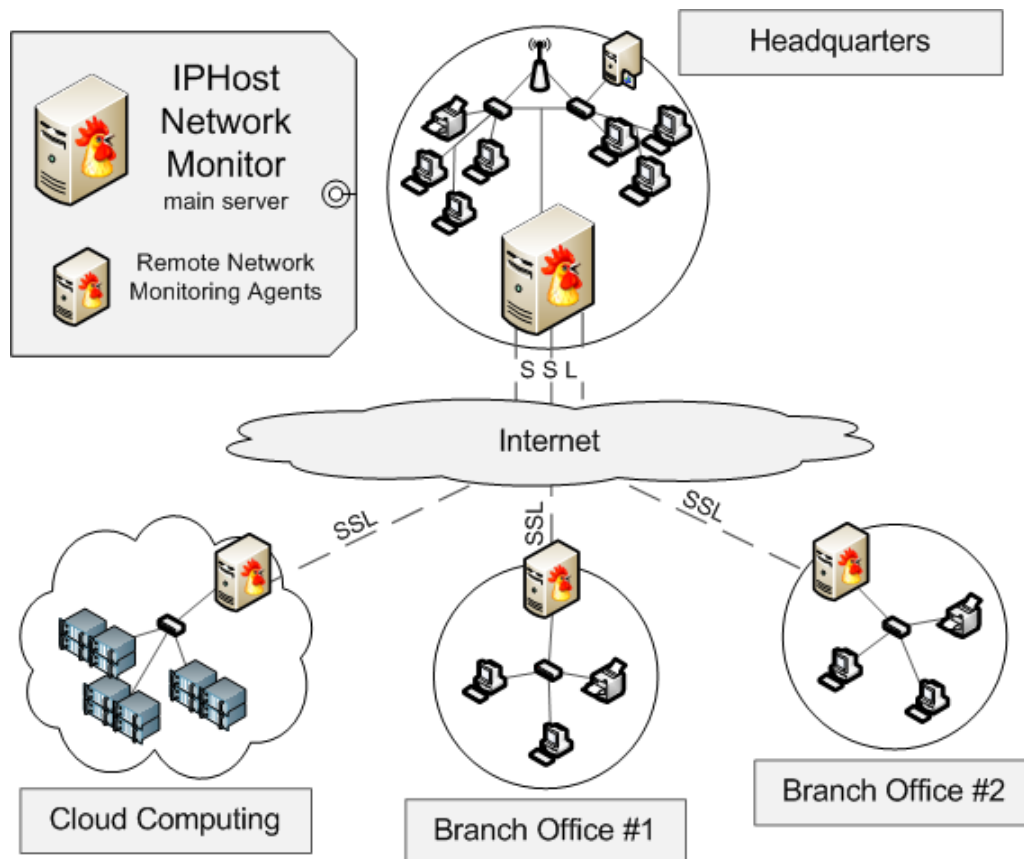
Χαρακτηριστικό παράδειγμα πράκτορα διαμεσολάβησης είναι ο “Calendar Agent” (Kozierok, Maes, 1994), ο οποίος βοηθάει το χρήστη με τον προγραμματισμό των καθημερινών υποχρεώσεων του. Με το πέρασμα του χρόνου μαθαίνει τις προτιμήσεις του χρήστη (όπως π.χ. ότι δεν επιθυμεί να κανονίζει συναντήσεις τα πρωινά της Δευτέρας) και έτσι βελτιώνει τις υπηρεσίες που παρέχει.

Ένας ακόμα χαρακτηριστικός πράκτορας διαμεσολάβησης είναι ο “NewT” (Maes), ο οποίος βοηθάει τους χρήστες να φιλτράρουν και να επιλέγουν ενδιαφέροντα άρθρα από ένα συνεχές ρεύμα κειμένων του Usenet. Ο NewT εκπαιδεύεται ώστε να εντοπίζει τόσο θετικά (ενδιαφέροντα άρθρα) όσο και αρνητικά (μη-ενδιαφέροντα άρθρα) παραδείγματα.

2.3 Πληροφοριακοί/ Διαδικτυακοί Πράκτορες

Οι πληροφοριακοί πράκτορες ασχολούνται με τη διαχείριση, την επεξεργασία και τη συγκέντρωση δεδομένων που προέρχονται από πολλές κατανεμημένες πηγές. Η εμφάνιση τους οφείλεται κατά κύριο λόγο στην αρχική ανάγκη εύρεσης ενός τρόπου για να τιθασευτεί η πληθώρα πληροφοριών του Διαδικτύου.

Οι διαδικτυακοί πράκτορες θα μπορούσαν να είναι κινητοί. Κάτι τέτοιο όμως δεν ισχύει ακόμα. Συνήθως είναι στατικοί, προσκολλημένοι σε κάποια μηχανή πλοήγησης του Διαδικτύου (Internet browser) και χρησιμοποιούν ένα σύστημα αναζήτησης (search engine) ώστε να συλλέγουν τις ζητούμενες πληροφορίες. Ο σχεδιασμός τους γίνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να «ανέχονται» πιθανές ασάφειες, παραλείψεις ή λάθη από την πλευρά του χρήστη. Η πρόβλεψη πάντως για τους διαδικτυακούς πράκτορες είναι ότι πολύ σύντομα θα ενσωματώσουν πολλά από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των κινητών πρακτόρων, κάτι που θα συμπληρώσει και θα κάνει ακόμα πιο πετυχημένη τη λειτουργία τους.



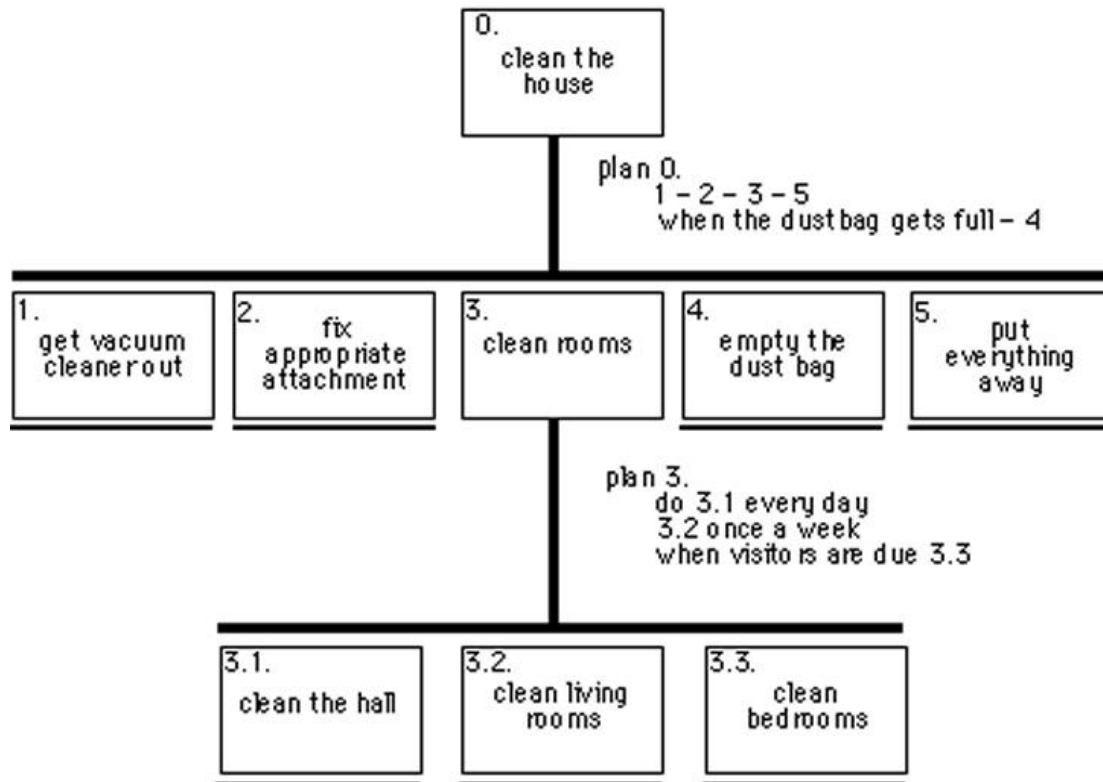
Εικόνα 16 Διαγραμματική απεικόνιση εφαρμογής διαδικτυακών πρακτόρων

2.4 Πράκτορες Αντίδρασης

Οι πράκτορες αντίδρασης, για τους οποίους χρησιμοποιείται και η ονομασία «αυτόνομοι πράκτορες», αντιπροσωπεύουν μια ειδική κατηγορία πρακτόρων οι οποίοι δεν διαθέτουν εσωτερικά, συμβολικά μοντέλα του περιβάλλοντος τους. Απεναντίας, λειτουργούν με βάση ένα πλήθος ζευγαριών «ερεθίσματος-αντίδρασης». Για κάθε ερέθισμα που δέχονται όντας σε μια συγκεκριμένη κατάσταση (state) επιλέγουν την αντίστοιχη αντίδραση, την οποία και εκτελούν.

Οι πράκτορες αντίδρασης είναι σχετικά απλοί στη σύλληψη και τη λειτουργία, και η επικοινωνία τους με άλλους πράκτορες γίνεται χρησιμοποιώντας στοιχειώδεις μεθόδους. Παρόλα αυτά, σύνθετα μοτίβα συμπεριφοράς προκύπτουν όταν ένας

μεγάλος αριθμός αντιδραστικών πρακτόρων έρθει σε επαφή. Έτσι, δεν υπάρχει ένας αριστοί τρόπος να καθοριστεί η συμπεριφορά μιας κοινωνίας τέτοιων πρακτόρων. Επίσης, ένα άλλο ενδιαφέρον χαρακτηριστικό που τους αφορά άμεσα είναι ο καταμερισμός των ευθυνών (task decomposition).



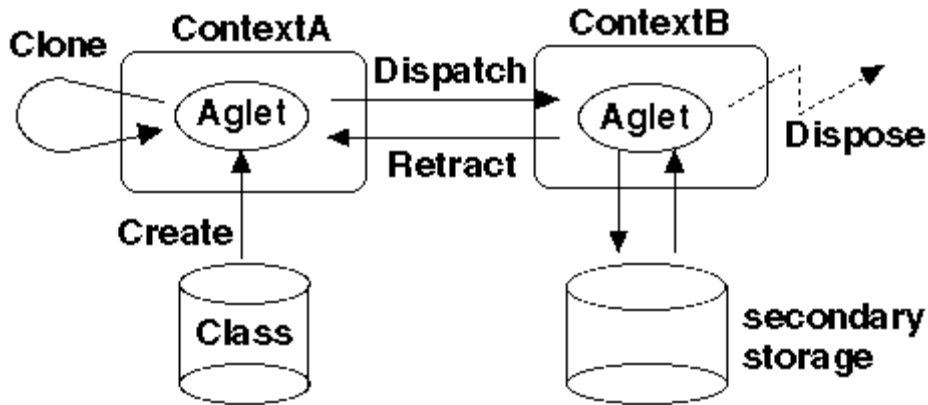
Εικόνα 17 Διαγραμματική απεικόνιση ενός μοντέλου δράσης αντίδρασης

Ένας πράκτορας αντίδρασης μπορεί να αντιμετωπιστεί ως η συνένωση πολλών διαφορετικών τμημάτων, καθένα από τα οποία ενεργεί αυτόνομα και είναι υπεύθυνο για συγκεκριμένα καθήκοντα. Η επικοινωνία ανάμεσα σε αυτά τα τμήματα είναι πολύ περιορισμένης μορφής. Τέλος, οι πράκτορες αντιδράσεις συνήθως λειτουργούν βασισμένοι σε αναπαραστάσεις (representations) που είναι πολύ κοντά σε «ακατέργαστα δεδομένα αισθητήρα» (raw sensor data) σε αντίθεση με άλλες μορφές πρακτόρων που χρησιμοποιούν υψηλού επιπέδου συμβολικές αναπαραστάσεις. Αυτό το χαρακτηριστικό τους καθιστά σθεναρούς (robust) και περισσότερο ανθεκτικούς σε σφάλματα (fault tolerant).

2.5 Κινητοί Πράκτορες

Οι κινητοί πράκτορες είναι διεργασίες λογισμικού με την ικανότητα να διατρέχουν (roaming) τον κόσμο του Διαδικτύου, να έρχονται σε επαφή με ξένους κεντρικούς υπολογιστές (hosts), να εκτελούν τις εργασίες που έχουν αναλάβει από τους «ιδιοκτήτες» τους και τελικά να επιστρέφουν έχοντας φέρει σε πέρας όλα τα καθήκοντα τους. Τα καθήκοντα τους μπορούν να περιλαμβάνουν από κρατήσεις αεροπορικών εισιτηρίων μέχρι τη διαχείριση ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου. Οι κινητοί πράκτορες αποκαλούνται «πράκτορες» επειδή είναι αυτόνομοι και συνεργάζονται, αν και διαφορετικά απ'ότι οι πράκτορες συνεργασίας (collaborative agents).

Όπως είναι φυσικό, πλεονεκτούν σε σχέση με τους στατικούς πράκτορες όσον αφορά ένα μεγάλο αριθμό -δικτυακών κυρίως- εργασιών. Οι κινητοί πράκτορες δεν μένουν προσκολλημένοι (bound) στο σύστημα απ' όπου ξεκίνησαν να εκτελούνται. Είναι ελεύθεροι να κινούνται ανάμεσα σε υπολογιστές (hosts) του δικτύου. Παρότι δημιουργούνται σε συγκεκριμένο περιβάλλον εκτέλεσης, έχουν τη δυνατότητα να μεταφέρουν την κατάσταση και τον κώδικα τους (state and code) μαζί τους σε διαφορετικό περιβάλλον εκτέλεσης, στο οποίο συνεχίζουν την εκτέλεση τους. Η ικανότητα τους να «ταξιδεύουν» (travel), επιτρέπει στους κινητικούς πράκτορες να μεταπηδούν σε συστήματα που περιλαμβάνουν αντικείμενα (objects) με τα οποία οι πράκτορες επιθυμούν να έρθουν σε επαφή, και στη συνέχεια να επωφεληθούν του γεγονότος ότι βρίσκονται στον ίδιο υπολογιστή ή δίκτυο με το συγκεκριμένο αντικείμενο. Παρόλα τα πλεονεκτήματα που έχουν οι κινητοί πράκτορες, υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα, που οφείλονται κυρίως στην έλλειψη εμπιστοσύνης. Οι άνθρωποι συνήθως χρειάζονται αρκετά κίνητρα για να επιτρέψουν την λειτουργία μιας διεργασίας ενός πράκτορα μέσα στο λειτουργικό τους που όχι μόνο θα τους σπαταλήσει πόρους αλλά και πιθανόν μπορεί να πρόκειται για κάποιον ιό που θα τους προκαλέσει αρκετές ζημιές στο σύστημα τους. Τα διάφορα “worms” που έχουν κατακλύσει το Διαδίκτυο δεν είναι τίποτα άλλο από κινητούς πράκτορες που εισέρχονται στο σύστημα του κάθε χρήστη και προκαλούν κάθε είδους δυσλειτουργίες. Όμως αυτό το πρόβλημα μπορεί να λυθεί χρησιμοποιώντας την Java, η οποία επιτρέπει την εκτέλεση αυτών των διεργασιών σε μια περιοχή που μπορεί ο χρήστης να καθορίσει το είδος της πρόσβασης.



Εικόνα 18 Χαρακτηριστικό παράδειγμα κινητών πρακτόρων είναι τα Aglets. Τα aglets αποτελούν ουσιαστικά αντικείμενα της Java που μπορούν να μετακινούνται από έναν υπολογιστή (host) του διαδικτύου σε ένα άλλο

Συγκεκριμένα, ένα aglet που εκτελείται σε κάποιον υπολογιστή (host) μπορεί ξαφνικά να σταματήσει την εκτέλεση του, να αποστείλλει τον εαυτό του σε έναν άλλο απομακρυσμένο υπολογιστή (host) και να συνεχίσει την εκτέλεση του σε αυτόν. Όταν ένα aglet μετακινείται, παίρνει μαζί του τον κώδικα προγράμματος καθώς και τα δεδομένα του. Γενικά μπορούμε να ισχυριστούμε ότι τα aglets αντιπροσωπεύουν το επόμενο μεγάλο βήμα στην εξέλιξη του εκτελέσιμου περιεχομένου (executable content) στο διαδίκτυο, εισάγοντας κώδικα προγράμματος που μπορεί να μεταφερθεί μαζί με τις πληροφορίες για την παρούσα κατάσταση του πράκτορα (agent state information).

2.6 Πολυπρακτορικά Συστήματα

Τα συστήματα που βασίζονται στην λειτουργία ενός πλήθους πρακτόρων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αποτελούν την επικρατούσα τάση. Η τάση δεν εμπεριέχει κάποια καινοτομία, καινοτόμα είναι όμως η δυναμική αλληλεπίδραση των πρακτόρων, οι οποίοι έως πρόσφατα αλληλεπιδρούσαν στατικά και καθορισμένα. Η δυναμική αλληλεπίδραση τους δίνει την δυνατότητα στο σύστημα να συμπεριφερθεί με λογική ακόμη και σε περιπτώσεις που δεν είχαν προβλεφθεί πως το σύστημα θα αντιμετωπίσει. Ένα πολυπρακτορικό σύστημα μπορεί να έχει σαν στόχους :

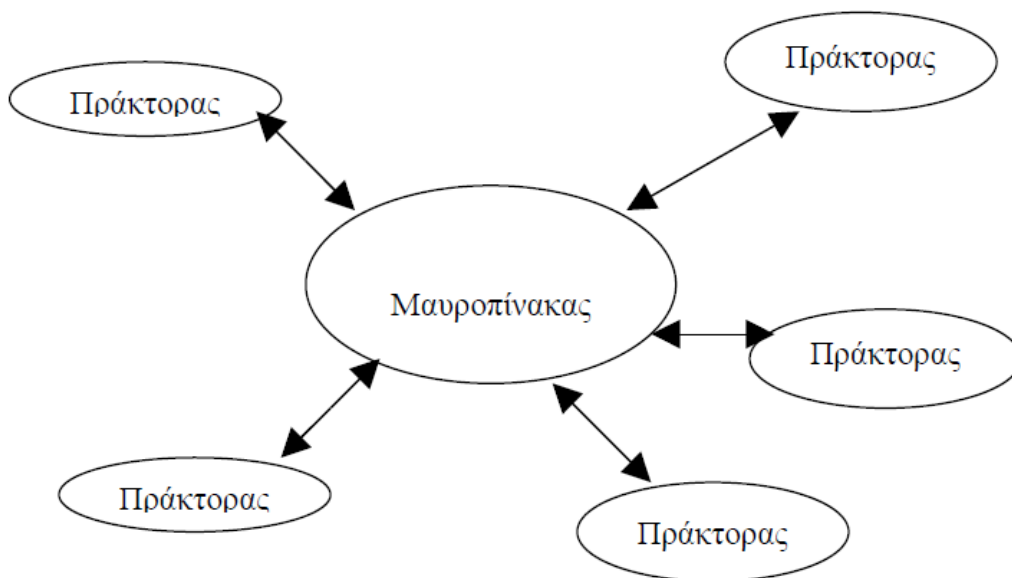
- Την επίλυση προβλημάτων που είναι πολύ πολύπλοκα για να επιλυθούν αποδοτικά από ένα μόνο πράκτορα.
- Την επίλυση προβλημάτων τα οποία είναι από τη φύση τους καταναμημένα, όπως για παράδειγμα προβλήματα στα οποία απαιτείται συλλογή πληροφοριών από καταναμημένες πηγές, όπως δίκτυα αισθητήρων, καταναμημένες βάσεις πληροφοριών και έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας.
- Την επίλυση προβλημάτων στα οποία η εμπειρογνωμοσύνη είναι καταναμημένη, όπως για παράδειγμα ροή εργασιών σε κάποιο περιβάλλον εργασίας.
- Τη διασύνδεση και λειτουργία ήδη υπάρχοντων συστημάτων έτσι ώστε να είναι εύκολη η εκμετάλλευση τους χωρίς σημαντικές τροποποιήσεις

Ένα από τα πιο σημαντικά και κρίσιμα σημεία στην ανάπτυξη πολυπρακτορικών συστημάτων είναι η υλοποίηση της επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων, που αποτελεί ουσιαστικά προϋπόθεση για οποιονδήποτε τύπο συντονισμού. Η επικοινωνία απαιτεί την ύπαρξη τριών διαφορετικών επιπέδων. Το *κατώτερο* επίπεδο αφορά τον τρόπο διασύνδεσης, το *μεσαίο* επίπεδο αφορά τη σύνταξη και τη μορφή των μηνυμάτων και το *ανώτερο* επίπεδο αφορά τη σημασιολογία.

Υπάρχουν μέθοδοι συντονισμού οι οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί και προβλέπουν ελάχιστη ή καθόλου επικοινωνία μεταξύ των ΕΠ. Έτσι, αν οι ΕΠ δεν χρειάζονται να συνεργαστούν για να πετύχουν τους στόχους τους αλλά ούτε συγκρούονται τα συμφέροντά τους τότε η επικοινωνία μεταξύ τους δεν είναι απαραίτητη για την εύρυθμη λειτουργία τους. Ακόμα υπάρχουν περιπτώσεις όπου ελάχιστη επικοινωνία με τη μορφή ενός πεπερασμένου συνόλου σημάτων αρκεί για τον συντονισμό των πρακτόρων (Georgeff, 1983). Τέλος, οι πράκτορες σε κάποια άλλα μοντέλα μπορούν να συντονιστούν παρατηρώντας τις αλλαγές που επιφέρουν άλλοι πράκτορες στο περιβάλλον (παρατηρούν τις αλλαγές γύρω τους). Σε αυτή την περίπτωση οι πράκτορες ενδέχεται να προσπαθήσουν να «μαντέψουν» ποιοι κινήθηκαν και τι κίνηση έκαναν παρατηρώντας τις επιδράσεις τους στο περιβάλλον (Rosenschein και Breese, 1989). Τέτοιες μεθόδους επικοινωνίας-συντονισμού χρησιμοποιούν συνήθως οι *πράκτορες που αντιδρούν σε ερεθίσματα*.

Τα μοντέλο, διασύνδεσης τα οποία έχουν προταθεί για τη συνεργασία ανάμεσα στους πράκτορες περιλαμβάνουν δύο βασικές κατηγορίες: τα συστήματα μαυροπίνακα και τα συστήματα ανταλλαγής μηνυμάτων.

Ο μαυροπίνακας είναι μια μορφή κοινής μνήμης (Nii, 1986) όπου όλοι οι πράκτορες μπορούν να γράψουν κάτι ή να τον διαβάσουν. Συνήθως ο μαυροπίνακας χωρίζεται σε περιοχές και οι πράκτορες αποκτούν προνόμια με την ικανότητα να διαβάζουν περιοχές. Έτσι, άλλοι μπορούν να διαβάσουν και να γράψουν σε περισσότερες περιοχές από κάποιους άλλους. Στα συστήματα μαυροπίνακα (εικόνα 16) υπάρχει ένας κοινός χώρος εργασίας για όλους τους πράκτορες του συστήματος, μέσω του οποίου είτε ανταλλάσσουν αποτελέσματα ή διαμοιράζονται εργασίες.



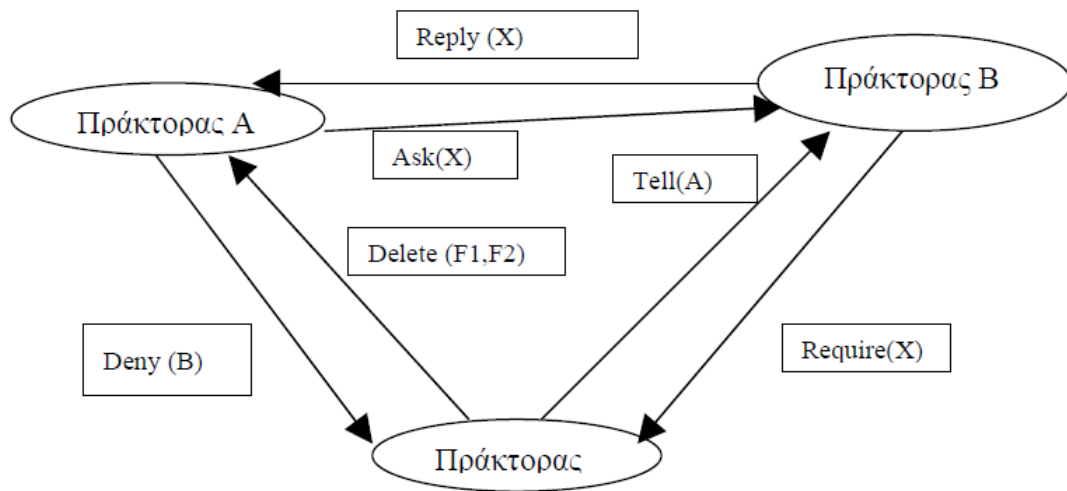
Εικόνα 19 Ο μαυροπίνακας είναι μια μορφή κοινής μνήμης (Nii, 1986) όπου όλοι οι πράκτορες μπορούν να γράψουν κάτι ή να τον διαβάσουν.

Τονίζεται ότι από τη στιγμή που κάτι αποθηκεύεται στην κοινή αυτή περιοχή είναι προσπελάσιμο από όλους τους πράκτορες που συμμετέχουν στο σύστημα. Ο πιο διαδεδομένος τρόπος επικοινωνίας στα σύγχρονα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων είναι η ανταλλαγή μηνυμάτων. Το περιεχόμενο του μηνύματος διαφοροποιείται σημαντικά από σύστημα σε σύστημα. Αυτό που χρειάζεται στην περίπτωση των μηνυμάτων είναι η διαμόρφωση ενός πρωτοκόλλου - γλώσσας σύνταξης και μεταφοράς του μηνύματος όπως και ο προσδιορισμός των διαφορετικών τύπων

μηνυμάτων (π.χ. το πρωτόκολλο contract-net των Smith και Davis, 1981). Κάποιοι μελετητές πρότειναν την ανταλλαγή των σχεδίων δράσης των πρακτόρων μέσω των μηνυμάτων για τον καλύτερο συντονισμό τους. Ο Rosenschein το 1986 περιέγραψε τους κινδύνους του να μεταφέρεται μέσω μηνυμάτων το σχέδιο δράσης ενός πράκτορα. Οι κίνδυνοι αυτοί υπάρχουν επειδή σε αυτή την περίπτωση ανταλλάσσονται μεγάλα μηνύματα πράγμα που κάνει χρονοβόρα την μετάδοσή τους και που αυξάνει τις ανάγκες σε ευρύς διαύλους επικοινωνίας. Ακόμα, σε ένα δυναμικό περιβάλλον όταν το σχέδιο φτάσει μπορεί πια να μην εκφράζει τις προθέσεις του αποστολέα. Τέλος, ειδικά στην περίπτωση των αυτόνομων πρακτόρων αλλά και σε κάθε άλλη περίπτωση εκτός του πράκτορα αφέντη και του πράκτορα σκλάβου, είναι αμφίβολο το αν οι αποδέκτες ενός σχεδίου δράσης θα το υιοθετήσουν.

Οι δυνατότητες επικοινωνίας μεταξύ πρακτόρων μπορούν να επεκταθούν και πέραν της ανταλλαγής ενός απλού μηνύματος εισάγοντας σε ένα μήνυμα τη δυνατότητα να επηρεάζει τις γνώσεις και πεποιθήσεις του πράκτορα που λαμβάνει το μήνυμα όπως και να περιέχει στοιχεία της θεωρίας λόγου-δράσης (speech-act, προτάθηκε από τον Searle το 1969). Έτσι όταν οι πράκτορες ακολουθούν την BDI λογική οι πεποιθήσεις τους μπορεί να αλλάζουν αντίστοιχα με αλλαγές στο περιβάλλον ή στη συμπεριφορά άλλων πρακτόρων. Με χρήση σύγχρονων γλωσσών όπως η γλώσσα χειρισμού ερωταπαντήσεων γνώσης (Knowledge Query Manipulation Language, KQML) ή η γλώσσα επικοινωνίας πρακτόρων (Agent Communication Language, συντομογραφία: ACL) είναι δυνατή αυτή η λειτουργία όπως και η δυνατότητα speech-act δηλαδή δράσης μέσω του λόγου (κάποιος πράκτορας μπορεί να ζητήσει κάτι λέγοντας «παρακαλώ θέλω...» ενώ κάποιος άλλος-πιθανόν σε ιεραρχικές δομές- να το ζητήσει λέγοντας «θέλω αμέσως...»). Αυτές οι δυνατότητες επικοινωνίας συνήθως αξιοποιούνται από *κοινωνικούς πράκτορες* και περιγράφονται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.

Στα συστήματα ανταλλαγής μηνυμάτων οι πράκτορες ανταλλάσσουν πληροφορία και συνεργάζονται μέσω μηνυμάτων τα οποία αποστέλλουν ο ένας στον άλλο βάσει συγκεκριμένων γλωσσών υψηλού επιπέδου (εικόνα 17). Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την υλοποίηση πολύπλοκων μοντέλων συνεργασίας μεταξύ των πρακτόρων και γενικά προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στην ανταλλαγή πληροφοριών απ' ό,τι τα συστήματα μαυροπίνακα. Κατά συνέπεια στα σύγχρονα συστήματα πρακτόρων η επικοινωνία γίνεται μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων.



Εικόνα 20 Παράδειγμα ανταλλαγής μηνυμάτων μεταξύ πρακτόρων

2.7 Αρχιτεκτονικές Ευφυών Πρακτόρων

Με τον όρο αρχιτεκτονική ενός διαμεσολαβητή (και κατ' επέκταση ενός συστήματος πολλαπλών διαμεσολαβητών) εννοούμε την μέθοδο κατασκευής του και τον τρόπο που το σύνολο των δομικών του στοιχείων (modules) σχετίζονται και επικοινωνούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον.

- οι αρχιτεκτονικές νοημοσύνης (deliberative architectures),
- οι αρχιτεκτονικές αντίδρασης (reactive architectures),
- οι υβριδικές αρχιτεκτονικές (hybrid architectures), που συνδυάζουν χαρακτηριστικά των άλλων δύο.

Από τους προαναφερόμενους τύπους ευφυών πρακτόρων όλοι εφαρμόζουν αρχιτεκτονικές νοημοσύνης, ενώ δύναται ορισμένοι εξ αυτών να εφαρμόσουν και υβριδικές αρχιτεκτονικές, βασίζοντας της επιλογές στις ανάγκες του χειριστή τους και της βάσης δεδομένων όπου ανατρέχουν για να βρουν την πιο λογική απάντηση.

Η μόνη κατηγορία ευφυών πρακτόρων η οποία άνηκε στους αντανakλαστικούς πράκτορες και χρησιμοποιεί αρχιτεκτονική αντίδρασης είναι οι πράκτορες αντίδρασης

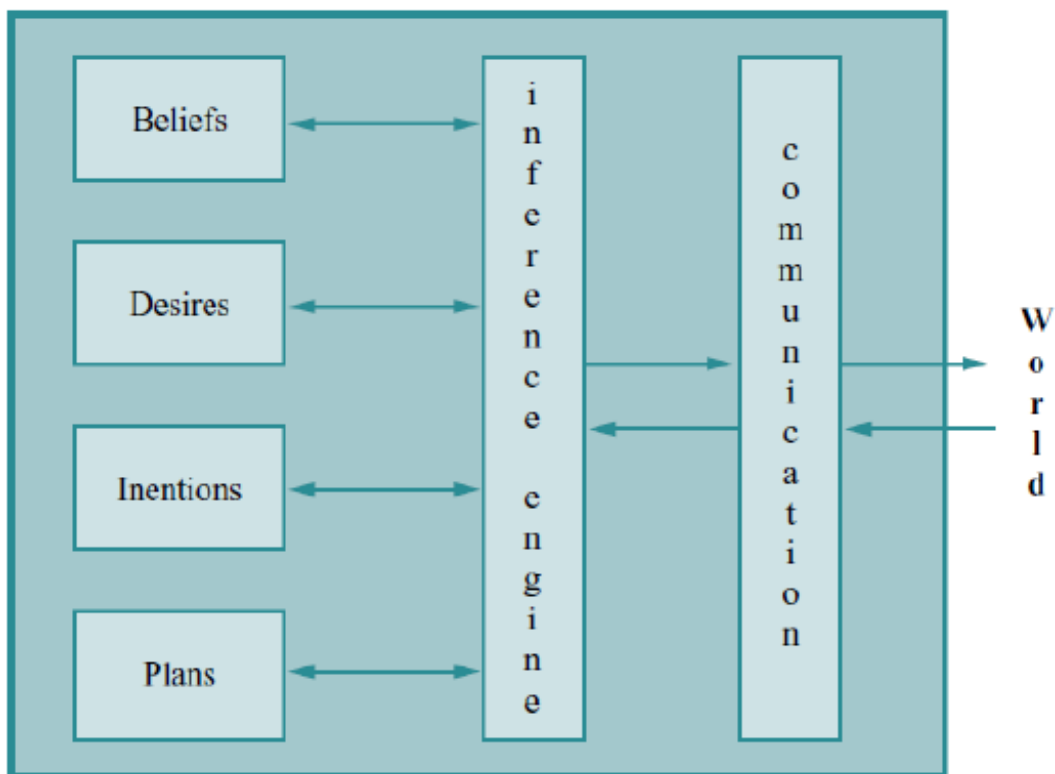
2.6.1 Αρχιτεκτονικές Νοημοσύνης

Η παραδοσιακή και επικρατούσα άποψη θεωρεί τους διαμεσολαβητές ως συστήματα συμβόλων και με αυτόν τον τρόπο κωδικοποιείται η νοητική τους κατάσταση.

Η νοημοσύνη τους προκύπτει, μέσω των μηχανισμών διαχείρισης της νοητικής κατάστασης, που παρέχουν δυνατότητα λήψης αποφάσεων, παραγωγής συμπερασμάτων από τη γνώση τους, επιλογής των ενεργειών τους και ανανέωσης της γνώσης τους. Μία τέτοια αρχιτεκτονική καλείται αρχιτεκτονική νοημοσύνης (deliberative architecture).

Ένας διαμεσολαβητής κατασκευασμένος σύμφωνα με την αρχιτεκτονική νοημοσύνης περιέχει σε συμβολική αναπαράσταση το μοντέλο του κόσμου, όπου δραστηριοποιείται, μοντέλο το οποίο αντιστοιχεί στις πεποιθήσεις του, και ο τρόπος σκέψης και απόφασης βασίζεται σε κάποιο μηχανισμό παραγωγής λογικών συμπερασμάτων.

Η λειτουργία του ακολουθεί έναν κύκλο τριών βημάτων, σύμφωνα με τον οποίο παρατηρεί το περιβάλλον και για όσα γεγονότα τον αφορούν, σκέπτεται (deliberates) και κατόπιν, ενεργεί βασιζόμενος στα συμπεράσματα που έφθασε και τις αποφάσεις που πήρε. Η μεγάλη πλειοψηφία των συστημάτων διαμεσολαβητών που έχουν αναπτυχθεί βασίζονται σε αρχιτεκτονικές νοημοσύνης.



Εικόνα 21 Η εσωτερική δομή ενός διαμεσολαβητή σύμφωνα με τη BDI αρχιτεκτονική.

Η αρχιτεκτονική BDI που ανήκει στην κατηγορία της αρχιτεκτονικής νοημοσύνης και χρησιμοποιείται ευρέως, όχι μόνο περιέχει τα βασικά συστατικά των συστημάτων προθέσεων αλλά ικανοποιεί και τις αρχές του πρακτικού λογισμού (practical reasoning). Ο πρακτικός λογισμός αποτελεί αντικείμενο μελέτης από φιλοσόφους και σχετίζεται με θεωρίες που απευθύνονται στην ανθρώπινη συμπεριφορά. Με αυτόν τον όρο απλά εννοούμε τον πραγματικό λογισμό που χρησιμοποιούμε για να αποφασίσουμε τι να κάνουμε. Η ονομασία της αρχιτεκτονικής BDI οφείλεται στα αρχικά των λέξεων beliefs (B), desires (D), intentions (I), στοιχεία που αποτελούν τα βασικά χαρακτηριστικά της αρχιτεκτονικής.

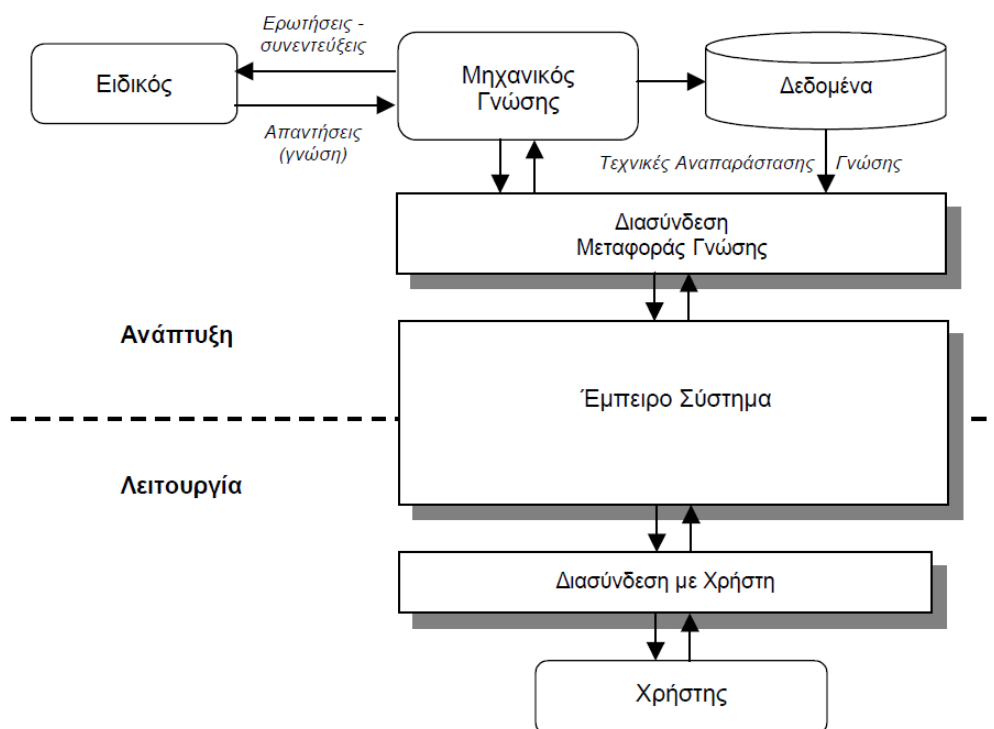
Τα BDI αναπαριστούνται ρητά ως μεταβλητές των γλωσσών προγραμματισμού ή ως δομές δεδομένων. Βιβλιοθήκη πλάνων (plan library) που περιγράφει τους τρόπους με τους οποίους μπορούν να επιτευχθούν οι διάφοροι στόχοι. Ουσιαστικά, ένα πλάνο είναι μία μερική δέσμευση στον τρόπο που θα επιτευχθεί μία επιθυμία.

Ο μηχανισμός παραγωγής συμπερασμάτων (inference engine) αναπαριστά και διαχειρίζεται την νοητική κατάσταση του διαμεσολαβητή όπως επίσης και τις ενέργειες

επικοινωνίας με το περιβάλλον. Το συστατικό επικοινωνίας (communication component) αναπαριστά ένα ξεχωριστό μηχανισμό υπεύθυνο για την επικοινωνία του διαμεσολαβητή. (Προαιρετικό - η επικοινωνία γίνεται μέσω άλλων συστατικών).

Χαρακτηριστική εφαρμογή των αρχιτεκτονικών νοημοσύνης είναι σε εμπειρικά συστήματα, δηλαδή προγράμματα τα οποία επιδεικνύουν νοήμονα συμπεριφορά σε συγκεκριμένους τομείς και διαδικασίες, ανάλογη ενός ανθρώπου εμπειρογνώμονα με ειδικότητα στον ίδιο τομέα. Παράλληλα τα εμπειρικά προγράμματα κωδικοποιούν και χειρίζονται τη γνώση και τη συλλογιστική ενός ανθρώπου-ειδικού σε έναν εξειδικευμένο τομέα, με σκοπό την επίλυση προβλημάτων ή την παροχή συμβουλών.

Για την ανάπτυξη ενός εμπειρου συστήματος πρέπει να συνεργαστούν ένας ειδικός του τομέα (domain expert) και ένας μηχανικός γνώσης (knowledge engineer) με σκοπό τη λήψη της εμπειρίας (γνώσης) του πρώτου.



Εικόνα 22 Ανάπτυξη και λειτουργία εμπειρικού συστήματος

2.6.2 Αρχιτεκτονικές Αντίδρασης

Οι αρχιτεκτονικές αντίδρασης (reactive architectures) στηρίζονται στην φιλοσοφία της απόρριψης οποιαδήποτε συμβολική αναπαράσταση και μηχανισμούς διαχείρισης

αυτής. Η έξυπνη συμπεριφορά ενός συστήματος είναι κάτι υποκειμενικό και κρίνεται από τον παρατηρητή του συστήματος, ενώ ταυτόχρονα

- δεν είναι απαραίτητη ούτε η συμβολική αναπαράσταση ούτε
- οι διαδικασίες συλλογισμού που εφαρμόζονται σε αυτή.
- Αντίθετα, η έξυπνη συμπεριφορά μπορεί να προκύψει από τον συνδυασμό πολλών στοιχειωδών ενεργειών και από
- τον τρόπο που αλληλεπιδρά ένας διαμεσολαβητής με το περιβάλλον του.

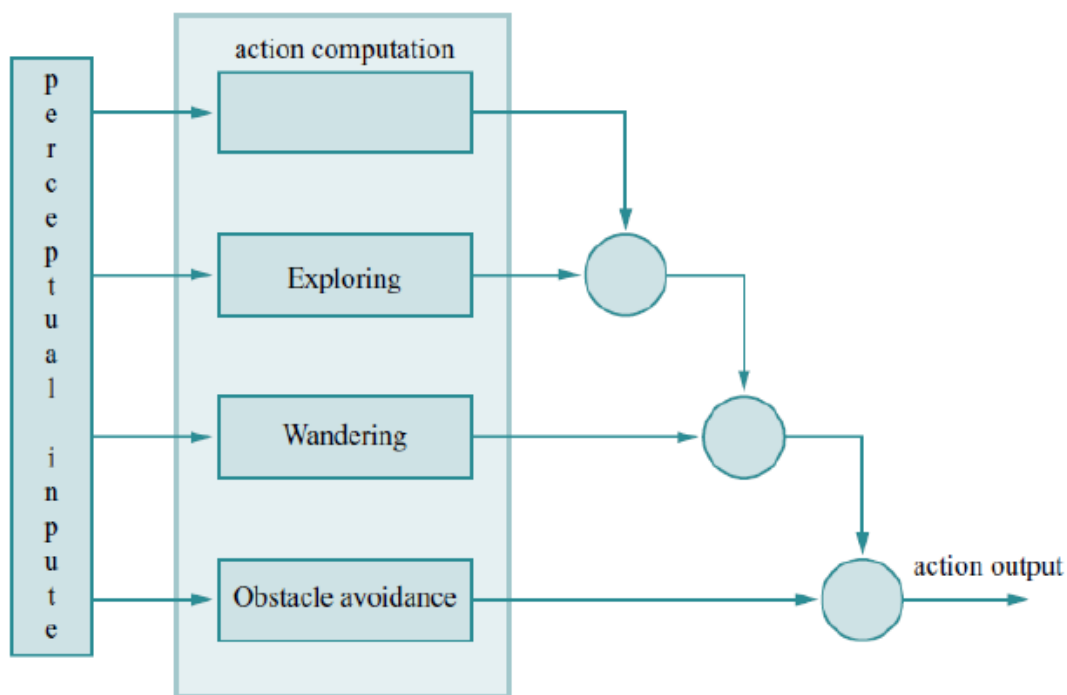
Τρία είναι τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τους διαμεσολαβητές που στηρίζονται σε αυτές τις αρχιτεκτονικές, οι οποίοι καλούνται *διαμεσολαβητές αντίδρασης (reactive agents)*:

- Οι διαμεσολαβητές είναι σχετικά απλοί και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με στοιχειώδη τρόπο. Έτσι, δεν υπάρχουν εκ των προτέρων προδιαγραφές της συμπεριφοράς των διαμεσολαβητών. Από αυτές τις αλληλεπιδράσεις προκύπτει σύνθετη συμπεριφορά, από μία καθολική παρατήρηση του συστήματος.
- Ένας διαμεσολαβητής θεωρείται ως μία συλλογή διαφόρων συστατικών που λειτουργούν αυτόνομα και είναι υπεύθυνα για συγκεκριμένα έργα. Η επικοινωνία μεταξύ αυτών των συστατικών είναι η ελάχιστη δυνατή και αρκετά χαμηλού επιπέδου (δηλαδή κοντά σε επίπεδο μηχανής). Η συνολική συμπεριφορά του διαμεσολαβητή προκύπτει από τα συστατικά του, αφού δεν υπάρχει κάποιο μοντέλο αυτής στους διαμεσολαβητές.
- Οι διαμεσολαβητές λειτουργούν βασισμένοι στην επεξεργασία στοιχειωδών αναπαραστάσεων, όπως τα δεδομένα που προέρχονται από διάφορους αισθητήρες.

Αρχικά, η υλοποίηση συστημάτων βασισμένων σε τέτοιου είδους αρχιτεκτονικές αφορούσε κυρίως robots, ωστόσο δεν περιορίστηκε εκεί. Για να αποδείξει τους ισχυρισμούς του ο Brooks προχώρησε στην υλοποίηση συστημάτων (κυρίως hardware) βασισμένων στην *αρχιτεκτονική υπαγωγής (subsumption architecture)*

Η αρχιτεκτονική υπαγωγής αποτελείται από ένα σύνολο στοιχειωδών συμπεριφορών που συνδυάζονται μεταξύ τους με αποτέλεσμα μία έξυπνη δραστηριότητα για την

επίτευξη ενός έργου. Η αρχιτεκτονική είναι πολυεπίπεδη (multi layer architecture) όπου κάθε επίπεδο περιλαμβάνει *συστατικά συμπεριφοράς (behavior modules)* για την αντίληψη γεγονότων στο περιβάλλον και την εκτέλεση αντίστοιχων στοιχειωδών ενεργειών. Στα κατώτερα επίπεδα αναπαριστώνται περισσότερο συγκεκριμένες συμπεριφορές, όπως η αποφυγή αντικειμένων, ενώ στα ανώτερα επίπεδα οι συμπεριφορές είναι πιο αφηρημένες. Ωστόσο, ο τρόπος που θα ενεργήσει το σύστημα εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις των συστατικών συμπεριφοράς και αυτό διότι μία συμπεριφορά μπορεί να εμποδίσει κάποια άλλη.



Εικόνα 23 Αρχιτεκτονική αντίδρασης

2.6.3 Υβριδικές Αρχιτεκτονικές

Οι υβριδικές αρχιτεκτονικές (hybrid architectures) είναι συνήθως πολυεπίπεδες χρησιμοποιούν συνήθως συμβολική αναπαράσταση και μηχανισμούς για τη γνώση, την παραγωγή συμπερασμάτων και τη λήψη αποφάσεων (αρχιτεκτονικές νοημοσύνης) στα ανώτερα επίπεδα της ιεραρχίας, ενώ διαθέτουν μηχανισμούς (κυρίως hardware)

για την παρατήρηση του περιβάλλοντος και την άμεση αντίδραση σε κρίσιμα γεγονότα (αρχιτεκτονικές αντιδράσεις) στα κατώτερα επίπεδα της ιεραρχίας.

Έτσι, χρησιμοποιώντας κατάλληλα στοιχεία και από τις δύο παραπάνω αρχιτεκτονικές, εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα αυτών αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος.

2.7 Λογισμικά Ανάπτυξης Συστημάτων Πρακτόρων

2.7.1 COOGAR

Γλώσσα java για την κατασκευή κατανεμημένων (distributed) εφαρμογών μεγάλης κλίμακας, βασισμένες σε πράκτορες. Είναι προϊόν της πολύχρονης ερευνητικής εργασίας DARPA σε μεγάλης κλίμακας πρακτορικά συστήματα (agent systems). Η Cougaar είναι εφαρμογή ανοιχτού κώδικα open source software και είναι γραμμένη 100% σε γλώσσα Java και τρέχει σε όλα τα λειτουργικά συστήματα.

2.7.2 MADKIT

Το MadKit είναι δωρεάν λογισμικό και βασίζεται στο μοντέλο AGR (Agent/Group/Role), ωστόσο ο προγραμματιστής μπορεί να αναπτύξει τους δικούς του πράκτορες χωρίς να λάβει υπόψη του τα χαρακτηριστικά του μοντέλου.

Τα γενικά χαρακτηριστικά του MadKit είναι:

- Η γενική αρχιτεκτονική του MadKit είναι βασισμένη σε ‘μικροπυρήνες’ οι οποίοι παρέχουν μόνο τις βασικές υπηρεσίες: αποστολή μηνυμάτων σε τοπικούς πράκτορες, διαχείριση των ομάδων και των ρόλων, εκκίνηση και τερματισμό των πρακτόρων. Όλες οι άλλες λειτουργίες (αποστολή απομακρυσμένων μηνυμάτων, παρουσίαση, παρακολούθηση και έλεγχος των πρακτόρων) εκτελούνται από τους πράκτορες.
- Οι πράκτορες του MadKit μπορούν να προγραμματιστούν σε διαφορετικές γλώσσες: Java, Scheme (Kawa), Jess, Python (Jython), BeanShell
- Ο προγραμματισμός της παρουσίασης-μορφής (display) των πρακτόρων μπορεί να είναι ανεξάρτητος. Είναι δυνατόν ο προγραμματιστής να επεξεργάζεται τους ίδιους πράκτορες είτε σε γραφική κατάσταση (GUI mode) είτε σε κατάσταση κειμένου (text (console) mode)
- Το MadKit μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε σαν μία πλατφόρμα προσανατολισμένη στη γραφική διασύνδεση χρήστη (GUI) είτε σαν εξυπηρετητής (server)
- Το MadKit προσφέρει μια φιλική διασύνδεση χρήστη, η οποία μπορεί να παραμεροποιηθεί, να εκκινεί, να παρουσιάζει και να παρακολουθεί πράκτορες.
- Απλότητα: Το MadKit θεωρείται ότι είναι μια πολύ απλή πλατφόρμα για την ανάπτυξη εφαρμογών πολυπρακτόρων (multiagent applications).
- Το MadKit τρέχει με ποικίλες διαφορετικές μορφές (JSP, Applet, Console mode, GUI κτλ)

3. ΕΥΦΥΕΙΣ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΙΚΗΣ ΔΙΗΘΗΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Εισαγωγή

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναφερθήκαμε στους ευφείς πράκτορες συνεργασίας, οι οποίοι, όπως αναφέραμε δίνουν σημασία στην αυτονομία και τη συνεργασία με άλλους πράκτορες για να εκτελέσουν τις εργασίες που τους αναθέτουν οι «ιδιοκτήτες» (owners) τους. Στο παρόν κεφάλαιο θα εμβαθύνουμε σε αυτή την τεχνολογία, θα αναλύσουμε τις υποκατηγορίες πρακτόρων που υπάρχουν καθώς και θα αναλύσουμε ένα παράδειγμα μελέτης για την κάθε μια περίπτωση.

3.1 Φιλτράρισμα Δεδομένων

Τα συστήματα ανάκτησης πληροφοριών επιτρέπουν στους χρήστες να εκφράσουν ερωτήσεις για να επιλέξουν στοιχεία που ταιριάζουν με ένα συγκεκριμένο θέμα και παράλληλα επιτρέπουν στις εταιρείες να συλλέξουν πληροφορίες σχετικά με το προφίλ του κάθε χρήστη. Οι τεχνικές ανάκτησης πληροφοριών ωστόσο δεν είναι αρκετά χρήσιμες στην πραγματική διαδικασία σύστασης, δεδομένου ότι δεν συλλαμβάνουν καμία πληροφορία για τις προτιμήσεις των χρηστών πέραν της συγκεκριμένης ερώτησης. Για την αποτελεσματικότερη προσέγγιση των πελατών εφαρμόζονται μέθοδοι φιλτραρίσματος των πληροφοριών, τα χαρακτηριστικά των οποίων παρουσιάζονται ακολούθως.

3.1.1 Δημογραφικό Φιλτράρισμα

Οι δημογραφικές προσεγγίσεις φιλτραρίσματος χρησιμοποιούν τις περιγραφές των χρηστών για να μάθουν τη σχέση μεταξύ ενός στοιχείου και του τύπου ανθρώπων που τους αρέσει. Τα προφίλ χρηστών δημιουργούνται με την ταξινόμηση των χρηστών σε στερεοτυπικές περιγραφές, που αντιπροσωπεύουν τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των κατηγοριών των χρηστών. Τα προσωπικά στοιχεία του χρήστη είναι απαραίτητα και χρησιμοποιούνται για την ταξινόμηση. Οι ταξινομήσεις χρησιμοποιούνται ως γενικοί χαρακτηρισμοί για τους χρήστες και τα ενδιαφέροντά τους. Συνήθως, τα προσωπικά στοιχεία του χρήστη λαμβάνονται κατά την αίτηση εγγραφής στο σύστημα (φύλο, επάγγελμα, ηλικία, τρόπος ζωής κ.α.). (X. Χριστάκου, 2012)

Το δημογραφικό σύστημα φιλτραρίσματος έχει δύο βασικά μειονεκτήματα:

- Είναι βασισμένο σε μια γενίκευση των ενδιαφερόντων του χρήστη, έτσι ώστε το σύστημα συστήνει τα ίδια στοιχεία στους ανθρώπους με παρόμοια δημογραφικά προφίλ. Δεδομένου ότι κάθε χρήστης είναι διαφορετικός, αυτές οι συστάσεις αποδεικνύονται πάρα πολύ γενικές.
- Οι δημογραφικές προσεγγίσεις δεν παρέχουν οποιαδήποτε μεμονωμένη προσαρμογή στις αλλαγές ενδιαφέροντος. Τα ενδιαφέροντα του χρήστη τείνουν να αλλάζουν με το πέρασμα του χρόνου, και έτσι οι παράμετροι του χρήστη πρέπει να προσαρμόζονται στην αλλαγή.

3.1.2 Φιλτράρισμα Περιεχομένου

Το φιλτράρισμα περιεχομένου επιλέγει τις σωστές πληροφορίες για τους χρήστες με τη σύγκριση της αναπαράστασης της πληροφορίας αναζήτησης με την αναπαράσταση του περιεχομένου των παραμέτρων χρήστη που εκφράζει τα ενδιαφέροντά του (profile). Το φιλτράρισμα περιεχομένου πληροφοριών έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό στην εντόπιση κειμενικών στοιχείων σχετικών με ένα θέμα χρησιμοποιώντας τεχνικές, όπως Boolean ερωτήσεις, ερωτήσεις διανυσματικού χώρου, το πιθανολογικό πρότυπο, τα νευρωνικά δίκτυα και το μοντέλο ασαφών συνόλων.

Το φιλτράρισμα περιεχομένου ενώ ορθώς είναι βασισμένο στις αντικειμενικές πληροφορίες του προϊόντος πολλές φορές, η επιλογή κάποιου στοιχείου βασίζεται σε ένα μεγάλο ποσοστό στις υποκειμενικές ιδιότητες του στοιχείου. Για παράδειγμα στα έγγραφα κειμένων οι αντιπροσωπεύσεις συλλαμβάνουν μόνο ορισμένες πτυχές του περιεχομένου, ενώ υπάρχουν πολλές άλλες που θα επηρέαζαν την εμπειρία ενός χρήστη. Για ιστοσελίδες, παραδείγματος χάριν, οι τεχνικές φιλτραρίσματος περιεχομένου αγνοούν εντελώς τις αισθητικές ιδιότητες, και τους παράγοντες δικτύων όπως ο χρόνος φόρτωσης. Ακόμα, είναι δύσκολο να προέρχονται οι συστάσεις από ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, επειδή όλες οι πληροφορίες επιλέγονται και συστήνονται βασισμένες στο περιεχόμενο.

3.1.3 Φιλτράρισμα με βάση την Γνώση

Τα συστήματα αυτού του είδους στηρίζονται για τις συστάσεις που κάνουν σε συγκεκριμένη γνώση η οποία καθορίζει κατά πόσο τα χαρακτηριστικά ενός προϊόντος ανταποκρίνονται στις ανάγκες και τα ενδιαφέροντα του χρήστη, δηλαδή αν το προϊόν θα είναι χρήσιμο στον χρήστη ή όχι. Το σύστημα συγκεντρώνει τα αιτήματα του χρήστη και προτείνει και εξηγεί τις συστάσεις που βρίσκει ως λύση. Η συνάρτηση ομοιότητας στα Συστήματα Προτάσεων με βάση την γνώση εκτιμά πόσο οι ανάγκες του χρήστη συσχετίζονται με τις συστάσεις και έτσι τελικά δείχνει την χρησιμότητα της σύστασης για τον ενδιαφερόμενο.

3.1.4 Συνεργατικό Φιλτράρισμα (Διήθηση) Δεδομένων

Στην συνεργατική προσέγγιση αντί να συστηθούν στοιχεία επειδή είναι παρόμοια με τα στοιχεία που ένας χρήστης επιδοκίμασε στο παρελθόν, συστήνονται στοιχεία που άλλοι χρήστες με γειτονικό προφίλ έχουν συμπαθήσει. Αντί δηλαδή να υπολογιστεί η ομοιότητα των προϊόντων, υπολογίζεται η ομοιότητα των πελατών. Χαρακτηριστικά, για κάθε χρήστη βρίσκεται ένα σύνολο «πλησιέστερων χρηστών γειτόνων» με των οποίων τις μέχρι τώρα εκτιμήσεις υπάρχει ο ισχυρότερος συσχετισμός. Τα αποτελέσματα για τα άγνωστα στοιχεία προβλέπονται με βάση συνδυασμό αποτελεσμάτων που είναι γνωστά από τους «πλησιέστερους γείτονες».

3.1.5 Υβριδικό Φιλτράρισμα

Η κατηγορία αυτή συστημάτων χρησιμοποιεί ένα συνδυασμό των μεθόδων που αναφέραμε παραπάνω, εκμεταλλευόμενα τα προτερήματα τις μίας τεχνικής για να καλύψουν τα μειονεκτήματα της άλλης. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τρόποι με τους οποίους συνδυάζονται δύο ή και περισσότερες τεχνικές συστημάτων προτάσεων για να δημιουργηθεί ένα υβριδικό σύστημα. Στόχος του συνδυασμού διαφορετικών μεθόδων είναι η βελτίωση της απόδοσής

3.2 Συνεργατική Διήθηση Δεδομένων

Με τον όρο collaborative filtering, «συνεργατική διήθηση δεδομένων», περιγράφεται η διαδικασία της απόρριψης ή αποδοχής κάποιων δεδομένων σε σχέση με κάποια άλλα. Η διαδικασία πραγματοποιείται μέσω υπολογιστή και με χρήση τεχνικών που απαιτούν την συνεργασία παραγόντων όπως είναι τα αποθηκευτικά μέσα, οι απόψεις των χρηστών, οι πηγές πληροφόρησης κλπ.

Ο όρος αναφέρεται κυρίως στα δεδομένα χρηστών του διαδικτύου, καθώς σ' αυτό υπάρχουν υπερβολικά μεγάλες συγκεντρώσεις πηγών πληροφορίας.

Για να γίνει περισσότερο κατανοητή η σημασία του όρου, πρέπει να σημειωθεί ότι στην καθημερινή ζωή, οι άνθρωποι προκειμένου να κάνουν μια επιλογή, βασίζονται σε συστάσεις ή προτροπές άλλων ανθρώπων μέσω του προφορικού λόγου, συστατικών επιστολών, ειδησεογραφικών αναφορών από τα μέσα ενημέρωσης, γενικών ερευνών, τουριστικών οδηγιών και ούτω καθεξής. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί παρόμοια ηλεκτρονικά συστήματα συστάσεων, τα οποία προτείνουν την καταλληλότερη για το χρήστη πληροφορία. Τα ηλεκτρονικά συστήματα συστάσεων, ενισχύουν και αυξάνουν αυτή τη φυσική κοινωνική διαδικασία βοηθώντας τους ανθρώπους να διακρίνουν ανάμεσα στα διαθέσιμα βιβλία, άρθρα, ιστοσελίδες, ταινίες, μουσική, εστιατόρια ή λίστα ανεκδότητων ώστε να επιλέξουν τις πιο ενδιαφέρουσες και αξιόλογες για τους ίδιους πληροφορίες.

Ουσιαστικά, λοιπόν, πρόκειται για την μέθοδο παραγωγής μιας αυτόματης πρόβλεψης (φιλτράρισμα, διήθηση) προς όφελος του χρήστη με συλλογή πληροφοριών για τις προτιμήσεις άλλων χρηστών (συνεργασία).

Να σημειωθεί ότι παρ' όλο που αυτές οι προβλέψεις απευθύνονται στον συγκεκριμένο χρήστη χρησιμοποιούν πληροφορίες προερχόμενες από πολλούς άλλους. Αυτό διαφέρει από την πιο απλή προσέγγιση της παροχής μιας μέσης βαθμολογίας για το αντικείμενο ενδιαφέροντος, όπως για παράδειγμα με βάση τον αριθμό των θετικών ψήφων που παρέχονται σε ένα ερωτηματολόγιο.

Ο όρος "collaborating filtering" επινοήθηκε από τους προγραμματιστές ενός από πρώτα συστήματα συστάσεων, του Tapestry και έκτοτε έχει υιοθετηθεί ευρέως, ανεξαρτήτως του ότι οι "συστήνοντες" δεν "συνεργάζονται" στην πραγματικότητα ούτε μεταξύ τους

ούτε με τους αποδέκτες. Από την άλλη, ενώ τα αποτελέσματα μπορεί να υποδεικνύουν εξαιρετικά ενδιαφέρουσες επιλογές για το χρήστη, μπορεί όμως να περιέχουν και προτάσεις που θα έπρεπε τελικά να φιλτράρονται και να μην εμφανίζονται. (Δ. Παρούτσας, 2013)

3.3 Αναγκαιότητα Πρακτόρων Συνεργατικής Διήθησης Δεδομένων

Πλέον τα συστήματα καταγραφής και η διαχείριση δεδομένων από ηλεκτρονικές εφαρμογές, καλούνται να εφαρμόσουν νέες τεχνικές καθώς τα δεδομένα αυξάνονται ραγδαία και σε πολλές περιπτώσεις καταρρίπτονται καθιερωμένες μέθοδοι επεξεργασίας τους. Παράλληλα η αυξημένη χρήση των web υπηρεσιών δημιούργησε την ανάγκη εμφάνισης προσωποποιημένων συστάσεων στους χρήστες. Αποτέλεσμα αυτής της εξέλιξης είναι η αναζήτηση νέων μεθόδων διαχείρισης του μεγάλου όγκου πληροφοριών στα πλαίσια παροχής εξατομικευμένων υπηρεσιών στους χρήστες. (Μ. Ρήγκου, 2012)

Το Collaborative Filtering είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται κυρίως από συστήματα που κάνουν στον χρήστη προτάσεις επιλογών. Συστήματα που έχουν επεξεργαστεί τις επιλογές και τις συνήθειες των προηγούμενων χρηστών και με τη μορφή προτιμήσεων ή βαθμολογήσεων που δίνουν οι χρήστες και μέσω μιας μηχανής, προσεγγίζουν τις προτιμήσεις των νέων χρηστών. Λόγω του ότι στηρίζεται στην εμπειρία που αποκτά από τη συμπεριφορά των χρηστών, συνεχώς βελτιώνονται τα αποτελέσματα του. Το σύστημα ταιριάζει τις συμπεριφορές των χρηστών και μόλις εντοπίσει κοινά στοιχεία των νέων χρηστών με τους παλιότερους κάνει σύσταση για το πιθανώς ο νέος πελάτης χρειάζεται. (Χ. Χριστάκου, 2012)

Η πολυπλοκότητα του συστήματος έγκειται στο γεγονός ότι συγκεντρώνει φαινομενικά ασύνδετες πληροφορίες και από τον συνδυασμό τους πιθανολογεί το αποτέλεσμα. Αν βρει άλλους χρήστες με τις ίδιες καταναλωτικές συμπεριφορές τότε ελέγχει τι δεν καταναλώθηκε και γίνεται σύσταση.

Επίσης χαρακτηριστικό στοιχείο του συστήματος είναι ότι όσο περισσότερο το χρησιμοποιεί ο ίδιος χρήστης τόσο περισσότερο πιο εξατομικευμένη γίνεται η σελίδα προς αυτόν. Σύμφωνα με τα ως άνω προκύπτει πως η εφαρμογή ισχυροποιείται όταν :

- Οι χρήστες που την χρησιμοποιούν γίνονται περισσότεροι

- Το σύστημα αποκτήσει εμπειρία για τον εκάστοτε χρήστη

Στα προβλήματα που αντιμετωπίζει η εφαρμογή τοποθετείται ότι δεν μπορεί αυτομάτως και εξ αρχής να κατηγοριοποιήσει τον χρήστη. Χρειάζεται να αποκτήσει εμπειρία μέσα από την χρήση της σελίδας από τον χρήστη. Πέραν αυτού όμως οι επιλογές του νέου χρήστη μπορεί να προκαλέσουν επιπλοκές στο σύστημα και να αποπροσανατολίσουν την κατεύθυνση του συστήματος.

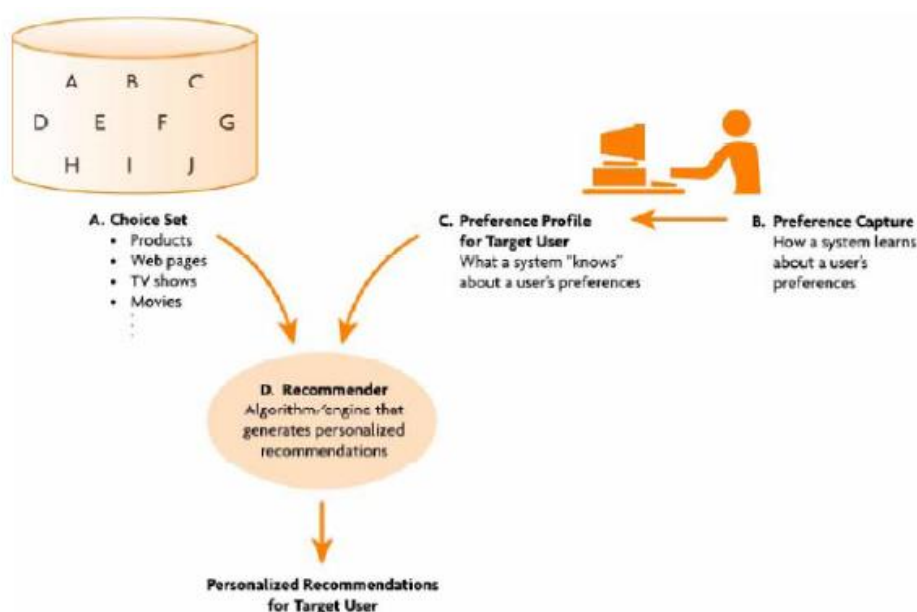
3.4 Στόχος Πρακτόρων Συνεργατικής Διήθησης Δεδομένων

Οι πράκτορες συνεργατικής διήθησης δεδομένων αξιοποιούνται στις μηχανές αναζήτησης με την βοήθεια των οποίων φιλτράρονται τα δεδομένα και αποδίδεται στον τελικό χρήστη προσωποποιούμενες προτάσεις. Δηλαδή στοχεύει από ένα τεράστιο όγκο πληροφοριών να είναι σε θέση να επιλέξει μόνο τις επιθυμητές από τον χρήστη. Το πρόβλημα που καλείται να λύσει η εφαρμογή είναι υπαρκτό καθώς εκατομμύρια χρήστες επισκέπτονται συγκεκριμένα sites με χιλιάδες προϊόντα (Amazon), ή με εκατομμύρια αναρτήσεις (Google News). Το πρόβλημα γιγαντώνεται από την συνεχή ροή νέων πληροφοριών που εισάγονται, είτε από την πλευρά των χρηστών είτε από των προσφερόμενων υπηρεσιών, (προϊόντα, ειδήσεις, κλπ)

Στην εποχή που διανύουμε η οποία χαρακτηρίζεται από την έκρηξη των πληροφοριών η τεχνική το CF μπορεί να αποδειχθεί πολύ χρήσιμη, καθώς ο αριθμός των αντικειμένων σε μία μόνο κατηγορία (μουσική, ταινίες, βιβλία, ειδήσεις, ιστοσελίδες) έχει γίνει τόσο μεγάλος, ώστε ένα άτομο δεν δυνατό να τον προσπελάσει, προκειμένου να επιλέξει αυτά που τον ενδιαφέρουν. Αν η τεχνική στηριζόταν μόνο σε ένα σύστημα βαθμολόγησης το οποίο εντοπίζει το μέσο όρο για όλους τους χρήστες τότε θα αγνοούσε τις απαιτήσεις του συγκεκριμένου χρήστη, και θα ήταν ιδιαίτερα φτωχή σε περιπτώσεις όπου υπάρχει μεγάλη διακύμανση ενδιαφέροντος, όπως για παράδειγμα η πρόταση για συγκεκριμένο είδος μουσικής.

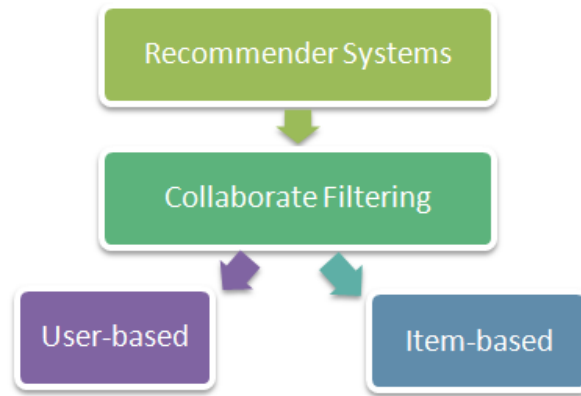
3.5 Δομή Ευφρών Πρακτόρων Συνεργατικής Διήθησης Δεδομένων

Οι τεχνικές CF χρησιμοποιούν βάσεις δεδομένων που προκύπτουν από τις επιλογές των χρηστών, ώστε να γίνουν προβλέψεις για προϊόντα που πιθανώς να χρειαστούν νέοι πελάτες με το ίδιο προφίλ. Σε ένα τυπικό σενάριο υπάρχει μια λίστα με χ χρήστες ($\chi_1, \chi_2, \dots, \chi_n$) και μια λίστα με ψ προϊόντα ($\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_n$) και κάθε χρήστης (χ_n) έχει μια λίστα με προϊόντα (Ψ_{χ_n}), τα οποία ο χρήστης έχει βαθμολογήσει. Η βαθμολόγηση μπορεί να είναι της κλίμακας από 1 έως 5 είτε μέσω ενδείξεων από τις οποίες ο χρήστης έχει να επιλέξει. Εντούτοις είναι πολύ πιθανό να μην υπάρχουν πάντα δεδομένα αξιολογήσεων αλλά αντίθετα να υπάρχουν διάφορα δυαδικά στοιχεία. (π.χ αν ένα αντικείμενο αγοράστηκε ή όχι.)



Εικόνα 24 Η δομή του συστήματος συνίσταται σε 4 στάδια

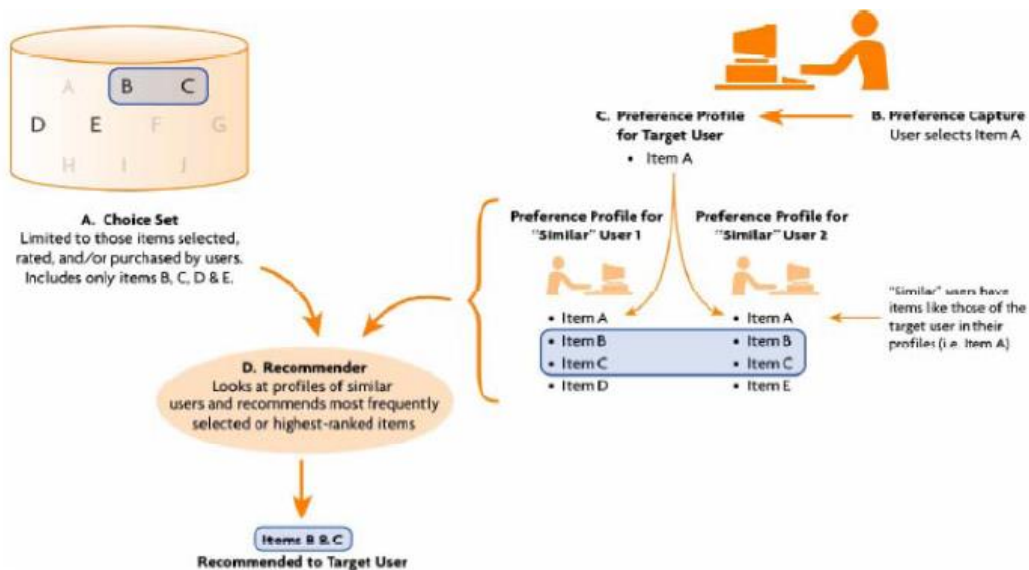
Στην συνέχεια η συνδυαστική σύγκριση της βαθμολόγησης του κάθε χρήστη για το κάθε προϊόν δίνει στο σύστημα την δυνατότητα να κάνει προβλέψεις για ένα καινούργιο χρήστη ο οποίος έχει δώσει στο σύστημα πληροφορίες σχετικά με τις προτιμήσεις του. Κατά μια έννοια το κλικ το κάθε χρήστη πάνω σε μια επιλογή (άρθρο, προϊόν, κλπ) αποτελεί μια ψήφο. Τα συστήματα Collaborate Filtering διακρίνονται σε Item-based και User-based.



Εικόνα 25 Διάκριση συστημάτων συνεργατικής διήθησης

3.6 User-based Collaborative Filtering

Ο όρος στα Ελληνικά αποδίδεται ως «συνεργατική διήθηση με βάση τους χρήστες». Στην κατηγορία αυτή ελέγχεται ποιοι χρήστες μοιράζονται τα ίδια πρότυπα αξιολόγησης με το χρήστη για τον οποίο προορίζεται η πρόβλεψη. Στη συνέχεια χρησιμοποιούνται αυτές οι αξιολογήσεις για τη δημιουργία μιας πρόβλεψης που απευθύνεται στο συγκεκριμένο άτομο.



Εικόνα 26 Η δομή του συστήματος συνίσταται σε 4 στάδια

3.6.1 Παράδειγμα Μελέτης

Ας θεωρήσουμε μια βάση δεδομένων 5 χρηστών με ιστορικό 4 προϊόντων. Εισάγεται ένα νέο προϊόν το οποίο έχουν χρησιμοποιήσει οι 4 εξ αυτών και επιχειρείται να γίνει πρόβλεψη για τον 5^ο χρήστη. Τα στοιχεία δίνονται στον ακόλουθο πίνακα

Πίνακας 9 Καταγραφή δεδομένων

	Προϊόν 1	Προϊόν 2	Προϊόν 3	Προϊόν 4	Προϊόν 5
Χρήστης 5	5	3	4	4	?
Χρήστης 4	3	1	2	3	3
Χρήστης 3	4	3	4	3	5
Χρήστης 2	3	3	1	5	4
Χρήστης 1	1	5	5	2	1

Τα ερωτήματα που δημιουργούνται είναι

- Πως θα μετρηθεί η ομοιότητα μεταξύ των χρηστών;
- Πόσους και ποιούς χρήστες θα πρέπει να συγκρίνουμε;
- Πως θα παράξουμε συμπεράσματα από την σύγκριση;

Για τον υπολογισμό της ομοιότητας των δεδομένων χρησιμοποιείται ο δείκτης ομοιότητας Jaccard ο οποίο λαμβάνει τιμές από 0 έως 1

$$sim(a, b) = \frac{\sum_{p \in P} (r_{a,p} - \bar{r}_a)(r_{b,p} - \bar{r}_b)}{\sqrt{\sum_{p \in P} (r_{a,p} - \bar{r}_a)^2} \sqrt{\sum_{p \in P} (r_{b,p} - \bar{r}_b)^2}}$$

Όπου

a, b : Οι συγκρινόμενοι χρήστες. Πάντα τοποθετούνται ζευγάρια μεταξύ αυτού που προσπαθεί να προσεγγιστεί και αυτού που ήδη γνωρίζουμε

$r_{a,p}$: βαθμολόγηση για το προϊόν a από τον χρήστη p

P : ο αριθμός των προϊόντων που βαθμολογήθηκαν και από τους δύο χρήστες

Για το παράδειγμα μελέτης προέκυψαν οι εξής τιμές

Πίνακας 10 Δημιουργία ζευγών χρηστών

Ζευγάρια Χρηστών	Sim
Χρήστες 5 - 4	0,85
Χρήστες 5 - 3	0,00
Χρήστες 5 - 2	0,70
Χρήστες 5 - 1	0,79

Από τα 4 ζευγάρια θα επιλεγθούν τα δύο, αυτά με την μεγαλύτερη τιμή - ομοιότητα. Προκύπτουν τα ζευγάρια χρηστών 5-4 και 5-1 Στην συνέχεια γίνεται πρόβλεψη βάσει των αποτελεσμάτων των δύο πιο κοντινών χρηστών όπως προέκυψε από το sim.

Δημιουργείται ο παρακάτω πίνακας :

Πίνακας 11 Προσδιορισμός βαθμολόγησης προϊόντος από τον χρήστη

Ζευγάρια Χρηστών	Μέσος όρος Βαθμολόγησης	Βαθμολόγηση για το Προϊόν 5
Χρήστης 4	2,25	3
Χρήστης 5	4	?

Και τέλος πραγματοποιείται η εξής πράξη : $(2,25-3)+(3,25-1)/2 = 0,75$

Οπότε η πρόβλεψη για τον χρήστη 5 είναι $4-0,75 = 3,25$. Από τα ως άνω γίνεται κατανοητό πως είναι ο εφικτός ο προσδιορισμός της τάσης των καταναλωτών, ειδικά όταν η βάση δεδομένων περιέχει μεγάλο αριθμό εγγεγραμμένων.

3.7 Item-based Collaborative Filtering

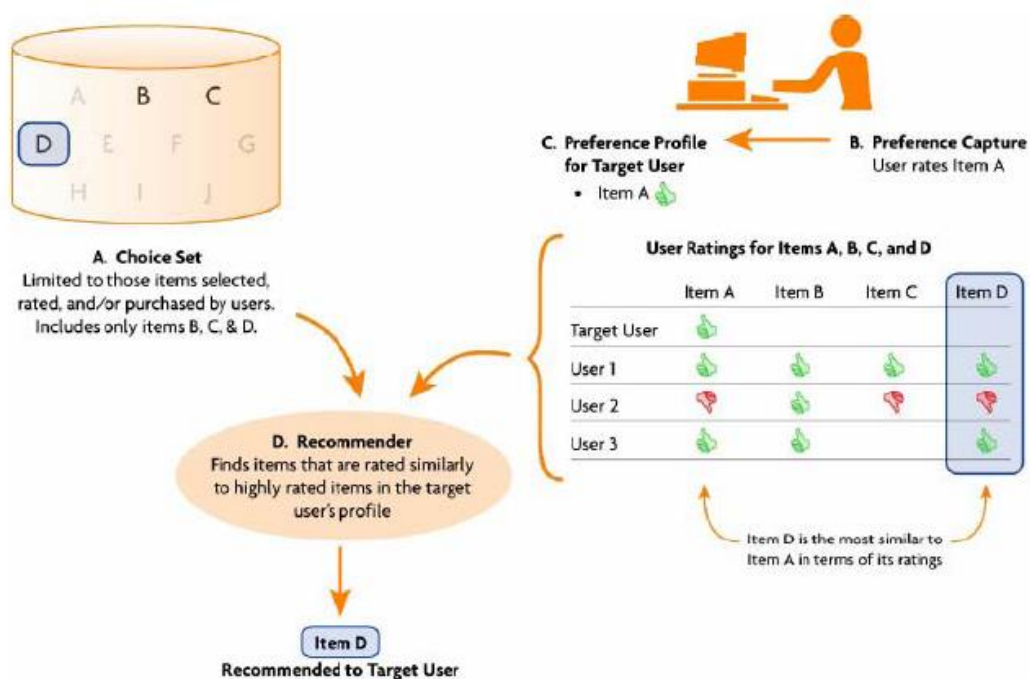
Εκτός από τη μέθοδο «συνεργατική διήθηση με βάση τους χρήστες» υπάρχει και η μέθοδος «συνεργατική διήθηση με βάση το αντικείμενο» η οποία διαδόθηκε από την εταιρεία Amazon όπου τα διάφορα αντικείμενα βαθμολογούνται από τους χρήστες και στη συνέχεια με βάση τον μέσο όρο των αξιολογήσεων δημιουργούνται οι προβλέψεις.

Ο τρόπος λειτουργίας είναι ο εξής: Πρώτα δημιουργείται ένας πίνακας που καθορίζει τις σχέσεις μεταξύ ζευγών αντικειμένων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας αυτή τη "μήτρα" συνάγονται συμπεράσματα για τις προτιμήσεις του συγκεκριμένου χρήστη.

Η πρόβλεψη βασίζεται σε ένα πίνακα που καθορίζει τις σχέσεις μεταξύ ζευγών αντικειμένων. Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας αυτή τη "μήτρα" συνάγονται συμπεράσματα για τις προτιμήσεις του συγκεκριμένου χρήστη.

Η διαδικασία αυτή είναι η απλούστερη μορφή συνεργατικής διήθησης δεδομένων που βασίζεται σε πραγματικές αξιολογήσεις από πραγματικούς χρήστες. Η απλότητά της καθιστά ιδιαίτερα εύκολη την αποτελεσματική εφαρμογή της, ενώ η ακρίβειά της είναι συχνά στο ίδιο επίπεδο με τους πιο περίπλοκους και ακριβούς υπολογιστικούς αλγορίθμους. Έτσι όταν υπάρχουν διαθέσιμες αξιολογήσεις ενός αντικειμένου, όπως για παράδειγμα όταν δίνεται στους ανθρώπους η ευκαιρία να βαθμολογήσουν ένα προϊόν (π.χ από 1 ως 5), η συνεργατική διήθηση στοχεύει στο να προβλέψει την αξιολόγηση ενός ατόμου, με βάση κάποιες παλιότερες αξιολογήσεις του ή μια (μεγάλη) βάση δεδομένων με αξιολογήσεις άλλων χρηστών.

Εντούτοις είναι πολύ πιθανό να μην υπάρχουν πάντα δεδομένα αξιολογήσεων αλλά αντίθετα να υπάρχουν διάφορα δυαδικά στοιχεία. (π.χ αν ένα αντικείμενο αγοράστηκε ή όχι.). Στην περίπτωση αυτή οι αλγόριθμοι με βάση την βαθμολόγηση δεν ισχύουν.



3.7.1 Παράδειγμα Μελέτης

Ας θεωρήσουμε μια βάση δεδομένων 3 χρηστών με ιστορικό 3 προϊόντων. Καθένας από τους χρήστες αγόρασε ή δεν αγόρασε καθένα από τα προϊόντα. Τα στοιχεία δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 12 Καταγραφή δεδομένων

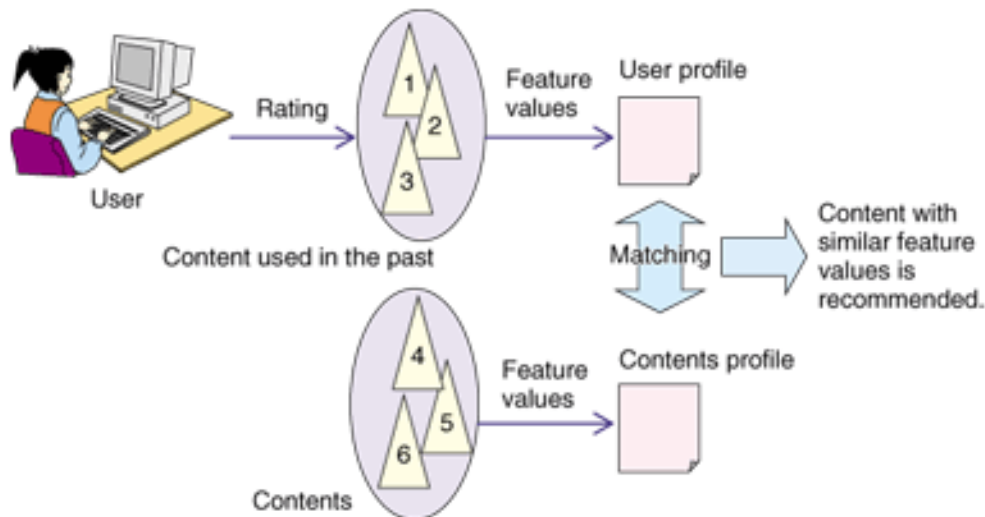
	Προϊόν 1	Προϊόν 2	Προϊόν 3
Χρήστης 1	Το αγόρασε	Το αγόρασε	Δεν το αγόρασε
Χρήστης 2	Δεν το αγόρασε	Το αγόρασε	Δεν το αγόρασε
Χρήστης 3	Το αγόρασε	Δεν το αγόρασε	Το αγόρασε

Ως εκ τούτου, στον χρήστη που επιλέγει το αντικείμενο 1 θα προταθεί το αντικείμενο 3, (αφού ο Χρήστης 1 που αγόρασε το 1 αγόρασε επίσης και το 3), στον χρήστη που επιλέγει το αντικείμενο 2 θα προταθεί επίσης το 3 (αφού ο Χρήστης 2 αγόρασε επίσης τα ίδια βιβλία) και, τέλος, ένας χρήστης που επιλέγει το αντικείμενο 3, θα λάβει το αντικείμενο 1 (και, στη συνέχεια, το αντικείμενο 2) ως πρόταση, αφού από τους δύο που αγόρασαν το αντικείμενο 3 ο πρώτος αγόρασε το 1 και ο δεύτερος το 2.

Αυτός ο πίνακας στην πραγματικότητα αποτελείται από χιλιάδες χρήστες οι οποίοι δημιουργούν για την περίπτωση των 3 προϊόντων (3!) 6 διαφορετικούς συνδυασμούς. Το σύστημα για κάθε νέο χρήστη δημιουργεί προβλέψεις του τι θέλει να αγοράσει με βάση την ταύτιση του σε επιλογές από κάποιον από τους προηγούμενους χρήστες

3.8 Content Based Filtering

Τα συστήματα βασισμένα στο περιεχόμενο (content-based recommendation systems), βασίζονται στον εντοπισμό ομοιοτήτων ανάμεσα στα αντικείμενα του ενδιαφέροντος (όπως οι ιστοσελίδες) και στα προφίλ των χρηστών. Τα Συστήματα Συστάσεων που βασίζονται στο περιεχόμενο προτείνουν ένα στοιχείο στον χρήστη βασιζόμενα στην περιγραφή του στοιχείου και στο προφίλ των ενδιαφερόντων του χρήστη. Τα προφίλ των χρηστών μπορούν να έχουν προκύψει είτε από πληροφορίες που έχει δώσει ο ίδιος ο χρήστης, σε μορφή βαθμολόγησης ή like/don't like (explicit data) είτε από πληροφορίες που έχουν συλλεχθεί έμμεσα και τον αφορούν, το οποίο μπορεί να προκύπτει από το ιστορικό, την συμπεριφορά και τις προτιμήσεις του χρήστη (implicit data). Τα Συστήματα Συστάσεων βασισμένα στο περιεχόμενο μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ποικίλους τομείς από την σύσταση ιστοσελίδων, άρθρων ειδήσεων, εστιατορίων, τηλεοπτικών προγραμμάτων, και των στοιχείων για πώληση.



Το προφίλ συχνά δημιουργείται και ενημερώνεται αυτόματα μέσω της ανατροφοδότησης των επιθυμητών στοιχείων που έχουν παρουσιαστεί στο χρήστη.

Τα Συστήματα Συστάσεων βασισμένα στο περιεχόμενο αναλύουν τις περιγραφές των στοιχείων για να προσδιορίσουν τα στοιχεία που παρουσιάζουν ενδιαφέρον για το χρήστη. Το προφίλ με τα ενδιαφέροντα του χρήστη χρησιμοποιείται από τα περισσότερα Συστήματα Συστάσεων και μπορεί να αποτελείται από διαφορετικούς τύπους πληροφορίας. Οι δύο βασικοί τύποι πληροφορίας είναι:

1. Το μοντέλο προτιμήσεων του χρήστη, δηλαδή μια περιγραφή των ειδών των στοιχείων που ενδιαφέρουν το χρήστη. Υπάρχουν πολλές πιθανές εναλλακτικές αναπαραστάσεις αυτής της περιγραφής, αλλά μια κοινή αναπαράσταση είναι μια λειτουργία που για οποιοδήποτε στοιχείο προβλέπει την πιθανότητα ο χρήστης να ενδιαφέρεται για εκείνο το στοιχείο.

2. Το ιστορικό των αλληλεπιδράσεων του χρήστη με το Σύστημα Συστάσεων. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αποθήκευση των στοιχείων που ένας χρήστης έχει δει μαζί με άλλες πληροφορίες που αφορούν την αλληλεπίδραση του χρήστη, (π.χ., εάν ο χρήστης έχει ξανά αγοράσει το στοιχείο ή μια αξιολόγηση που μπορεί να έχει κάνει ο χρήστης για το στοιχείο).

3.9 Αλγόριθμοι

Στην τεχνολογία της συνεργατικής διήθησης δεδομένων «Collaborative Filtering» διακρίνονται δύο μοντέλα (όπως αναλύθηκαν παραπάνω) και εφαρμόζονται αντίστοιχα δύο τύποι αλγόριθμων, οι Memory-based και οι Model-based.

Στα CF χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τρόποι προσέγγισης για την σύσταση την βασισμένη στην μνήμη «Memory-based» και βασισμένη στο μοντέλο «Model based».

Στην «Memory-based» προσέγγιση το σύστημα επεξεργάζεται όλα τα αντικείμενα που έχει αξιολογήσει ο χρήστης για να μπορέσει να τον καταχωρίσει σε ομάδα κοινών ενδιαφερόντων. Το πρόβλημα είναι ότι τις περισσότερες φορές πρέπει να προσπελάσει μεγάλο όγκο δεδομένων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα έχει να είναι αδύνατο μερικές φορές να πραγματοποιηθεί σύσταση σε πραγματικό χρόνο. Στην βασισμένη στο μοντέλο «Model-based» προσέγγιση δημιουργούμε ένα πρότυπο για τα δεδομένα που χρειαζόμαστε για την εκάστοτε σύσταση. Με άλλα λόγια, χρησιμοποιούμε μόνο τις αξιολογήσεις των χρηστών που μας χρειάζονται, όχι το σύνολο τους. Αυτή η προσέγγιση προσφέρει την ζητούμενη ταχύτητα και εξατομίκευση σε μια σύσταση.

Πλεονεκτήματα: Τα πλεονεκτήματα του φιλτραρίσματος συνεργασίας είναι αρκετά. Πρώτον, το σύστημα δεν χρειάζεται να έχει καμία γνώση πάνω στο αντικείμενο για το οποίο πραγματοποιείται η σύσταση. Δεύτερον, μέσα από την μεθοδο του φιλτραρίσματος μπορούν να πραγματοποιηθούν ασυνήθιστες συστάσεις αλλά, ταυτόχρονα, άκρως ουσιαστικές. Τρίτον, αν ακολουθήσουμε την «Model-based» προσέγγιση θα έχουμε χαμηλές απαιτήσεις σε μνήμη και ελάχιστο χρόνο επεξεργασίας δεδομένων.

Μειονεκτήματα: Τα μειονεκτήματα είναι κυρίως δύο. Το πρώτο είναι ότι η ποσότητα των δεδομένων που επεξεργάζεται επηρεάζει την ποιότητα της σύστασης που λαμβάνει ο χρήστης. Το δεύτερο πρόβλημα που υπάρχει είναι το λεγόμενο «cold start problem». Δηλαδή, είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί μια σύσταση σε έναν νέο χρήστη που δεν έχει αξιολογήσει τίποτα ακόμα και για το νέο αντικείμενο είναι δύσκολο να συσταθεί αφού δεν έχει αξιολογηθεί από κανέναν χρήστη.

Όσον αφορά την μέθοδο «συνεργατική διήθηση με βάση τους χρήστες» αυτή αντιστοιχεί με τον αλγόριθμο Memory-based όπου γίνονται προβλέψεις μέσω της αξιολόγησης των χρηστών βασιζόμενοι σε στοιχεία προηγούμενων αξιολογήσεων που οι ίδιοι οι χρήστες έχουν κάνει. Η πρόβλεψη υπολογίζεται ως ένας μέσος όρος αξιολογήσεων του κάθε χρήστη αλλά και των χρηστών που το προφίλ τους έχει ομοιότητες. Για την υλοποίηση της πρόβλεψης δημιουργούνται πίνακες ομοιότητας ζευγών χρηστών οι οποίοι λειτουργούν παρασκηνιακά. Οι συγκριτικοί πίνακες λειτουργούν με διάδικο σύστημα με 1 ή 0 ανάλογα με την αξιολόγηση ή όχι ενός αντικειμένου από τον χρήστη. Παράλληλα έχει οριστεί ένα κατώτατο όριο ομοιοτήτων για να αποφασιστεί αν υπάρχει τελικώς ομοιότητα μεταξύ των χρηστών του ζεύγους.

3.9.1 Αλγόριθμοι Βασισμένοι σε Μνήμη

Όσον αφορά τους αλγόριθμους που είναι βασισμένοι σε μνήμη θα πρέπει να αναφερθεί πως το σύστημα διατηρεί στην μνήμη όλες τις γνωστές βαθμολογίες/προτιμήσεις και τις χρησιμοποιεί για να βρει ομοιότητες ανάμεσα σε χρήστες ή αντικείμενα. Δύο χρήστες μοιάζουν όταν ενδιαφέρονται για παρόμοια πράγματα ενώ δύο αντικείμενα μοιάζουν όταν ένα σύνολο χρηστών τα αντιμετωπίζουν με παρόμοια αρέσκεια.

Στην περίπτωση που θέλουμε να βασιστούμε στις ομοιότητες χρηστών (user-based collaborative filtering), αναπαριστούμε τους χρήστες ως διανύσματα στο χώρο των αντικειμένων και υπολογίζουμε την ομοιότητα τους με βάση την απόσταση αυτών των διανυσμάτων. Όταν θέλουμε να εκτιμήσουμε την προτίμηση ενός χρήστη για ένα άγνωστο αντικείμενο συγκεντρώνουμε τις προτιμήσεις των N κοντινότερων χρηστών που έχουν εκφράσει την προτίμηση τους για το αντικείμενο. Εκτιμούμε την προτίμηση του χρήστη εφαρμόζοντας μια συναθροιστική συνάρτηση, συνήθως τον σταθμισμένο μέσο όρο, πάνω στις τιμές που συγκεντρώσαμε.

Φορμαλιστικά, έστω $s(u_i, u_j)$ η συνάρτηση που υπολογίζει την ομοιότητα ανάμεσα στους χρήστες u_i και u_j , $S \subseteq A$ το σύνολό των N όμοιων χρηστών, $r_{u,I}$ η προτίμηση του χρήστη u για το αντικείμενο I . Η γενική μορφή της συνάρτησης για τον υπολογισμό της εκτιμώμενης προτίμησης θα είναι $E(u,I) = aggr(S)$ και αν η συναθροιστική συνάρτηση είναι ο av η συναθροιστική συ

$$E(u, I) = \frac{\sum_{u_o \in S} s(u, u_o) * r_{u_o, I}}{\sum_{u_o \in S} s(u, u_o)}$$

Αντίστοιχα όταν βασιζόμαστε στις ομοιότητες αντικειμένων (item-based collaborative filtering) αναπαριστούμε τα αντικείμενα ως διανύσματα στον χώρο των χρηστών και υπολογίζουμε τις αποστάσεις των διανυσμάτων. Όταν θέλουμε να εκτιμήσουμε την προτίμηση ενός χρήστη για ένα άγνωστο αντικείμενο βρίσκουμε τα N κοντινότερα αντικείμενα τα οποία έχει βαθμολογήσει ο χρήστης και υπολογίζουμε μέσω μιας συνάρτησης συνήθως με σταθμισμένο μέσο όρο, την τιμή βάσει των άλλων προτιμήσεων του. Φορμαλιστικά έστω $s(I_i, I_j)$ η ομοιότητα ανάμεσα στα αντικείμενα I_i και I_j και $SI \subseteq B$ το σύνολο των N όμοιων αντικειμένων. Η εκτίμηση της προτίμησης είναι $E(u, I) = \text{aggr}(SI)$ και αν υποθέσουμε ότι χρησιμοποιούμε τον σταθμισμένο μέσο όρο

$$E(u, I) = \frac{\sum_{I_o \in SI} s(I, I_o) * r_{u, I_o}}{\sum_{I_o \in SI} s(I, I_o)}$$

3.9.2 Αλγόριθμοι βασισμένοι σε μοντέλο

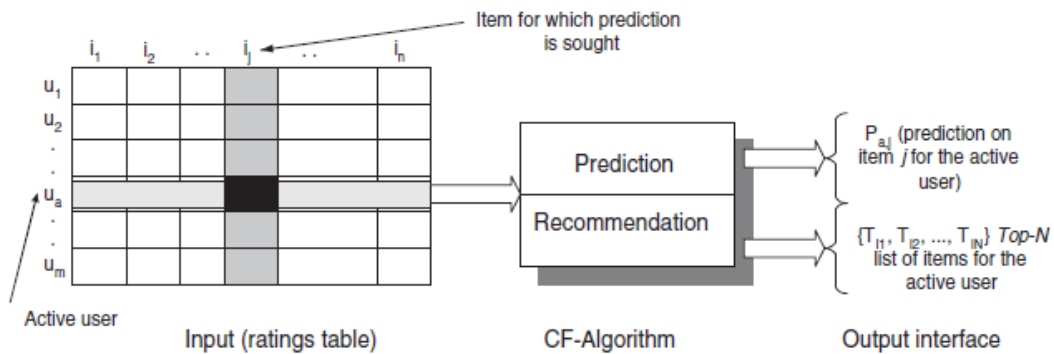
Τα περισσότερα συστήματα συνεργατικών τεχνικών βασίζονται σε αλγορίθμους μνήμης καθώς υλοποιούνται εύκολα. Παρουσιάζουν όμως πρόβλημα κλιμάκωσης και είναι ευαίσθητα στην εισαγωγή ψεύτικων προφίλ (profile injection). Σε αυτού του τύπου τις επιθέσεις γίνεται προσπάθεια εισαγωγής ψεύτικων προφίλ χρηστών ώστε μέσω των προτιμήσεων να ευνοηθούν αντικείμενα που στην πραγματικότητα δεν θα ήταν το ίδιο δημοφιλή. Οι αλγόριθμοι που βασίζονται σε μοντέλο χρησιμοποιούν τα δεδομένα των προτιμήσεων/βαθμολογιών ως σύνολο εκπαίδευσης αλγόριθμων μηχανικής μάθησης για να παράξουν μοντέλα πρόβλεψης βαθμολογιών. Η επεξεργασία γίνεται σε μη πραγματικό χρόνο και έτσι μειώνεται το πρόβλημα κλιμάκωσης καθώς μπορεί να γίνει επεξεργασία μεγάλου αριθμού από προφίλ καθώς

δεν απαιτείται απάντηση σε πραγματικό χρόνο. Η δυνατότητα της επεξεργασίας σ τ ρ παρασκήνιο επιτρέπει την εκτέλεση πολύπλοκων αλγορίθμων αντιμετώπισης του θορύβου που προκαλούν οι επιθέσεις ψεύτικων προφίλ.

Τα μοντέλα πολλές φορές τείνουν να έχουν λιγότερο ακριβή αποτελέσματα από τους αλγορίθμους μνήμης (O'Conner & Herlocker 1999). Για αυτό οι σχεδιαστές συστημάτων συστάσεων θα πρέπει να αναλογιστούν την σχέση κλιμάκωσης προς απόδοση πριν αποφασίσουν ποιες τεχνικές θα χρησιμοποιήσουν.

Δεδομένου ότι η πλειονότητα των χρηστών παρουσιάζουν πολλά ενδιαφέροντα βρίσκονται αντίστοιχα ταξινομημένοι σε διαφορετικές και περισσότερες της μιας κατηγορίες χρηστών. Για να αντιμετωπιστεί αυτή η πολυπλοκότητα χρησιμοποιείται η μέθοδος ομαδοποίησης MinHash. Η μέθοδος MinHashing είναι μια μέθοδος ομαδοποίησης πιθανοτήτων. Αναθέτει ένα ζεύγος χρηστών της ίδιας κατηγορίας, με πιθανότητα ανάλογη της επικάλυψης των αντικειμένων που οι δύο χρήστες έχουν επιλέξει. Ο κάθε χρήστης αντιπροσωπεύεται από μια λίστα αντικειμένων, τα οποία αποτελούν το ιστορικό της αναζήτησης του. Η ομοιότητα μεταξύ των δύο χρηστών καθορίζεται από την επικάλυψη (κινά αντικείμενα) μεταξύ των λιστών του καθενός. Η ομοιότητα αποδίδεται από τον συντελεστή Jaccard που αναλύθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ωστόσο η πρόβλεψη όταν πρόκειται για πραγματικό χρόνο δεν είναι πάντα εφικτή. Προκύπτουν για αυτό τεχνικές που περιορίζουν την αναζήτηση, όπως για παράδειγμα η δημιουργία ενός hash table, για να ανακαλύψουμε χρήστες που έχουν τουλάχιστον μια κοινή ψήφο- επιλογή.

Η βασική ιδέα του MinHashing είναι να υπολογίζεται μια ενιαία τιμή για κάθε χρήστη ώστε να μειώνεται ο όγκος των συσχετίσεων που μπορούν να προκύψουν. Επομένως μπορούμε να σκεφτούμε το MinHashing ως ένα αλγόριθμο που μπορεί να καταδείξει την πιθανότητα ομοιότητας, κάνοντας το με το να αντιστοιχεί σε μια θέση για κάθε χρήστη.



3.9.3 Σύγκριση Αλγορίθμων

Όπως προκύπτει από την έως τώρα ανάλυση ο παραδοσιακός αλγόριθμος collaborative filtering κάνει ελάχιστο ή καθόλου offline υπολογισμούς, και ο online υπολογισμός εξαρτάται από τον αριθμό των πελατών και των αντικείμενων των καταλόγων. Ο αλγόριθμος είναι μη πρακτικός σε μεγάλα σύνολα στοιχείων, εκτός αν χρησιμοποιεί τη μείωση διαστατικότητας, δειγματοληψία, ή χωρισμός –εκ των οποίων όλα μειώνουν την ποιότητα σύστασης.

Τα βασισμένα στην αναζήτηση πρότυπα κατασκευάζουν τη λέξη κλειδί, την κατηγορία, και τις ενδείξεις των συντακτών offline, αλλά αποτυγχάνουν να παρέχουν συστάσεις με ενδιαφέροντες, επιλεγμένους τίτλους. Κάνουν επίσης κακές εκτιμήσεις για τους πελάτες με πολυάριθμες αγορές και εκτιμήσεις.

Το κλειδί για την εξελιξιμότητα και την απόδοση του ο αλγόριθμος item-to-item collaborative filtering είναι ότι δημιουργεί τους ακριβούς πίνακες για παρόμοια στοιχεία offline. Τα online συστατικά του αλγορίθμου -που ανατρέχει σε παρόμοια στοιχεία για τις αγορές και τις εκτιμήσεις του χρήστη- κάνουν εκτιμήσεις ανεξάρτητα από το μέγεθος καταλόγων ή το συνολικό αριθμό από τους πελάτες, εξαρτάται μόνο από το μέγεθος των τίτλων που ο χρήστης έχει αγοράσει ή έχει εκτιμήσει. Κατά συνέπεια, ο αλγόριθμος είναι γρήγορος ακόμη και για τα εξαιρετικά μεγάλα σύνολα στοιχείων. Επειδή ο αλγόριθμος συστήνει ιδιαίτερα υψηλά συσχετισμένα παρόμοια στοιχεία, η ποιότητα σύστασης είναι άριστη. Αντίθετα από τον παραδοσιακό αλγόριθμο collaborative filtering, ο αλγόριθμος αποδίδει επίσης καλά με περιορισμένα στοιχεία χρηστών, παράγοντας υψηλής ποιότητας συστάσεις με βάση μόνο δύο ή τρία στοιχεία.

Οι αλγόριθμοι σύστασης παρέχουν μια αποτελεσματική μορφή οροθετημένου μάρκετινγκ με τη δημιουργία μιας εξατομικευμένης εμπειρίας αγορών για κάθε πελάτη. Για τους μεγάλους λιανοπωλητές όπως το Amazon.com, ένας καλός αλγόριθμος σύστασης είναι εξελικτικός αναφορικά με μια πολύ μεγάλη βάση πελατών και έναν μεγάλο κατάλογο προϊόντων, απαιτεί μόνο κλάσματα δευτερολέπτου επεξεργασίας για να παραχθούν οι online συστάσεις, είναι σε θέση να αντιδράσει αμέσως στις αλλαγές στα στοιχεία ενός χρήστη, και κάνει αναγκαστικές συστάσεις για όλους τους χρήστε ανεξάρτητα από τον αριθμό αγορών και εκτιμήσεων. Αντίθετα με άλλους αλγόριθμους, ο αλγόριθμος item-to-item collaborative filtering είναι ικανός να αντιμετωπίσει αυτήν την πρόκληση.

Στο μέλλον, αναμένουμε τη λιανική βιομηχανία να εφαρμόσει ευρύτερα τους αλγορίθμους σύστασης για οροθετημένο μάρκετινγκ, και online και offline. Ενώ οι επιχειρήσεις ηλεκτρονικού εμπορίου έχουν τα ευκολότερα οχήματα για την εξατομίκευση, τα αυξανόμενα ποσοστά μετατροπής της τεχνολογίας όπως αυτά συγκρίνονται με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις ευρείας κλίμακας, θα καταστήσουν επίσης αναγκαίο για τους offline λιανοπωλητές τη χρήση αυτού στις ταχυδρομικές αποστολές, δελτία, και άλλες μορφές επικοινωνίας πελατών.

3.10 Περιορισμοί Εφαρμογής

Οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιούνται για συμβουλευτικές υπηρεσίες στο ηλεκτρονικό εμπόριο συχνά δρουν σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον, ειδικά για μεγάλα ηλεκτρονικά καταστήματα, όπως το eBay και το Amazon. Συχνά ένα συμβουλευτικό σύστημα προωθεί γρήγορα και ακριβή αποτελέσματα προτάσεις προσελκύουν το ενδιαφέρον των πελατών και προσφέρουν κέρδη στις εταιρείες. Για τα συστήματα CF η απόδοση έγκυρων αποτελεσμάτων εξαρτάται από το πόσο καλά οργανωμένα εισάγονται οι πληροφορίες το οποίο είναι άλλωστε και το χαρακτηριστικό της λειτουργίας τους – η εισαγωγή δεδομένων

Υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί στις βάσεις μνήμης των τεχνικών CF. Χαρακτηριστικά αναφέρεται πως είναι αναξιόπιστες όταν ο χρήστης δεν έχει συμπληρώσει όλα τα απαιτούμενα πεδία με αποτέλεσμα να μην μπορεί να υπάρξει ταύτιση των δεδομένων ώστε να γίνει κάποια πρόβλεψη.

Πίνακας 13 Παράδειγμα έλλειψης απαιτούμενων πληροφοριών για την λήψη πρόβλεψης

(a)

Alice: (like) Shrek, Snow White, (dislike) Superman
Bob: (like) Snow White, Superman, (dislike) spiderman
Chris: (like) spiderman, (dislike) Snow white
Tony: (like) Shrek, (dislike) Spiderman

(b)

	Shrek	Snow White	Spider-man	Super-man
Alice	Like	Like		Dislike
Bob		Like	Dislike	Like
Chris		Dislike	Like	
Tony	Like		Dislike	?

Αραιή Αναπαράσταση Δεδομένων –Data Sparsity : Στην πραγματικότητα πολλά διαφημιστικά προωθητικά συστήματα χρησιμοποιούνται για να βελτιστοποιήσουν την διαχείριση μεγάλων ποσοτήτων προϊόντων. Οι πίνακες στοιχείων των χρηστών χρησιμοποιούνται για συνδυαστικό φιλτράρισμα το οποίο στις περιπτώσεις που οι χρήστες δεν συμπληρώνουν ολοκληρωμένα αμφισβητείται η αξιοπιστία του.

Η ελλιπής συμπλήρωση πινάκων στοιχείων από τους χρήστες είναι σύνηθες φαινόμενο. Παρατηρείται κυρίως όταν οι πληροφορίες ζητούνται να εισαχθούν στην αρχή όταν ακόμα η σχέση μεταξύ του χρήστη και του προγράμματος είναι κρύα.

Επίσης τα νέα προϊόντα δεν μπορούν να εκτιμηθούν μέχρι κάποιος χρήστης τα βαθμολογήσει και συνήθως οι για αυτό το λόγο στα πρώτα στάδια το σύστημα δεν μπορεί να κάνει σωστές προβλέψεις λόγω έλλειψης ιστορικού του προϊόντος.

Κάλυψη – Coverage : Μπορεί να οριστεί ως για ποια προϊόντα μπορεί το σύστημα να κάνει προβλέψεις στους υποψήφιους πελάτες. Η μειωμένη κάλυψη παρουσιάζεται όταν οι χρήστες βαθμολογούν μόνο ένα μικρό μέρος των προϊόντων, με αποτέλεσμα οι αλγόριθμοι να μην μπορούν να καταλήξουν σε ασφαλή συμπεράσματα.

Μεταβλητότητα Γειτονικά Δεδομένων – Neighbor Transitivity : Το πρόβλημα παρουσιάζεται από την ύπαρξη βάσεων δεδομένων με λίγες πληροφορίες που προκαλείται όταν οι χρήστες δεν έχουν εισάγει όλα τα δεδομένα που απαιτούνται. Ως αποτέλεσμα το σύστημα μπορεί να ταυτίσει μόνο μερικές από τις απαντήσεις με αυτές των άλλων χρηστών και δεν μπορεί να καταλήξει σε συμπεράσματα. Αυτό επηρεάζει κυρίως συστήματα που συγκρίνουν τα δείγματα σε ζευγάρια – και ενώ δηλαδή έχει δημιουργηθεί ένα τέτοιο ζευγάρι δύο πελατών – η έλλειψη στοιχείων για το ένα δεν μπορεί να τελεσφορήσει αποτελέσματα για το άλλο.

Όπως διαπιστώνεται η βασική περιοριστική παράμετρος στην επίτευξη πρόβλεψης είναι ο ανθρώπινος παράγοντας και συγκεκριμένα η έλλειψη πνεύματος συνεργασίας με το σύστημα.

Οι ευφυείς βοηθοί στους ιστοχώρους, ιδιαίτερα σε ιστοχώρους ηλεκτρονικού εμπορίου, γίνονται όλο και περισσότερο κοινοί. Ένα βασικό μειονέκτημα είναι ότι, πολύ συχνά αυτοί οι οδηγοί απόφασης αποτελούνται από έναν τεράστιο κατάλογο ερωτήσεων, οι οποίες πρέπει να απαντηθούν προκειμένου να βρεθεί το καταλληλότερο στοιχείο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να δημιουργούνται διάλογοι μεγάλης διάρκειας, οι οποίοι οδηγούν στην μείωση του ενδιαφέροντος του χρήστη καθώς δεν τον ενθαρρύνουν στην χρήση αυτού του είδους των ιστοχώρων. Επομένως, στόχος είναι η ύπαρξη ενός ευφυή βοηθού, ο οποίος θα υποβάλλει τον *ελάχιστο αριθμό* ερωτήσεων στην κατάσταση διαλόγου, ελαχιστοποιώντας ταυτόχρονα και τον αριθμό των κύκλων αίτημα-απάντησης. Η μείωση του μήκους του διαλόγου μπορεί να επιτευχθεί μέσω της παραγωγής *επικεντρωμένων (focused)* ερωτήσεων στον χρήστη. (Aha D., 1995)

3.11 Αντιμετώπιση Προβλημάτων

Για την άμβλυνση των προβλημάτων που δημιουργούνται από την έλλειψη πληροφοριών έχουν προταθεί αρκετές τεχνικές αντιμετώπισης. Τεχνικές μείωσης της διάστασης του φαινομένου όπως η SVD Singular Value Decomposition η οποία δεν λαμβάνει υπόψη τα ερωτηματολόγια που παρουσιάζουν ελλείψεις, ώστε να μειώσουν τα φαινόμενα αναντιστοιχίας. Η μέθοδος της SVD στηρίζεται στο ότι είναι προτιμότερο να μην μπορούν να γίνουν προβλέψεις για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα λόγω έλλειψης ιστορικού από το να δίνονται εσφαλμένες προτάσεις στους

καταναλωτές. Το πρόβλημα της μεθόδου είναι ότι καθώς απορρίπτει τα ελλιπή βιογραφικά, υπάρχει ο κίνδυνος να χαθούν και σημαντικές πληροφορίες.

Μια άλλη τεχνική η (LSI) Latent Semantic Indexing (LSI) χρησιμοποιεί την αρχή ανάκτησης πληροφοριών. Η μέθοδος αξιοποιεί όλα τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν ανεξαρτήτου της πυκνότητας των δεδομένων και από τις ομοιότητες που εντοπίζει μεταξύ του καταναλωτικού προφίλ των χρηστών προσπαθεί να κάνει προβλέψεις. (Χ. Χριστάκου, 2012)

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης αποτέλεσαν οι ευφυείς πράκτορες (intelligent agents), ο οποίος είναι ένας από τους πιο πρόσφατους και με μεγαλύτερο ενδιαφέρον κλάδους της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Τα συστήματα πρακτόρων που βασίζονται στην λειτουργία ενός πλήθους πρακτόρων που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους αποτελούν την επικρατούσα τάση. Στα συστήματα αυτά οι πράκτορες ανταλλάσσουν πληροφορίες και συνεργάζονται μέσω μηνυμάτων τα οποία αποστέλλουν ο ένας στον άλλο βάσει συγκεκριμένων γλωσσών υψηλού επιπέδου. Τα συστήματα αυτά επιτρέπουν την υλοποίηση πολύπλοκων μοντέλων συνεργασίας μεταξύ των πρακτόρων και γενικά προσφέρουν μεγαλύτερη ευελιξία στην ανταλλαγή πληροφοριών απ' ό,τι τα συστήματα μαυροπίνακα. Κατά συνέπεια στα σύγχρονα συστήματα πρακτόρων η επικοινωνία γίνεται μέσω ανταλλαγής μηνυμάτων.

Η ιδιαιτερότητα των πολυπρακτορικών συστημάτων είναι ότι χρησιμοποιούν τεχνικές που αναπτύχθηκαν σε όλους τους επιμέρους κλάδους, όπως για παράδειγμα του φιλτραρίσματος και παραγωγή συστάσεων στις μηχανές αναζήτησης δεδομένων στο διαδίκτυο, (συνεργατική διήθηση δεδομένων).

Η Συνεργατική Διήθηση αποτελεί ίσως την πιο πετυχημένη οικογένεια τεχνικών για την παραγωγή συστάσεων. Η μεγάλη απήχησή της στο διαδίκτυο αλλά και η ευρεία εφαρμογή της σε σημαντικά εμπορικά περιβάλλοντα, έχουν οδηγήσει στη σημαντική ανάπτυξη της θεωρίας την τελευταία δεκαετία, όπου μια ευρεία ποικιλία αλγορίθμων και μεθόδων έχουν προταθεί. Η συνεργατική διήθηση δεδομένων στηρίζεται στην φιλοσοφία των ευφών πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση και υλοποιείται μέσα από πράκτορες συνεργασίας.

Οι πράκτορες συνεργασίας δίνουν σημασία στην αυτονομία και τη συνεργασία με άλλους πράκτορες για να εκτελέσουν τις εργασίες που τους αναθέτουν οι «ιδιοκτήτες» (owners) τους. Στην εργασία των Carlos José M. Olguín et (2000), περιγράφεται μια αρχιτεκτονική πρακτόρων λογισμικού, αποτελούμενη από μία ομάδα πρακτόρων (agencies) για την εφαρμογή ενός συνεργατικού πλαισίου μάθησης.

Οι πράκτορες συνεργατικής διήθησης δεδομένων αξιοποιούνται στις μηχανές αναζήτησης με την βοήθεια των οποίων φιλτράρονται τα δεδομένα και αποδίδεται στον τελικό χρήστη προσωποποιούμενες προτάσεις. Δηλαδή στοχεύει από ένα τεράστιο όγκο πληροφοριών να είναι σε θέση να επιλέξει μόνο τις επιθυμητές από τον χρήστη. Το πρόβλημα που καλείται να λύσει η εφαρμογή είναι υπαρκτό καθώς εκατομμύρια χρήστες επισκέπτονται συγκεκριμένα sites με χιλιάδες προϊόντα (Amazon), ή με εκατομμύρια αναρτήσεις (Google News). Το πρόβλημα γιγαντώνεται από την συνεχή ροή νέων πληροφοριών που εισάγονται, είτε από την πλευρά των χρηστών είτε από των προσφερόμενων υπηρεσιών, (προϊόντα, ειδήσεις, κλπ)

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- . **Markus Jessenitschnig and Markus Zanker** .
<http://books.google.be/books?id=KHABLTiTiXAC&pg=PA336&lpg=PA336&dq=Markus+Jessenitschnig+and+Markus+Zanker,+ISeller:+A+Flexible+Personalization+Infrastructure+for+e-Commerce+Applications,&source=bl&ots=UNqpTeAzGU&sig=spx4xrxJrhUspxy0ZfFNJ05uMo&hl=nl&sa=X> [Ηλεκτρονικό] // ISeller A Flexible Personalization Infrastructure for e-Commerce Applications, Lecture Notes in Computer Science,. - 2013.
- Addicted A** Κατασκευή Mobile Site για Smart phones [Ηλεκτρονικό] // <http://www.addicted.gr/mobile-sites/>. - 2012.
- Aha D. Bankert R.**, A Comparative Evaluation of Sequential Feature Selection Algorithms [Βιβλίο]. - [s.l.] : in proceedings of AI & Statistics Workshop, 1995.
- Auriol E. Manago M. , Althoff S. Wess S., Dittrich S. ,** Intergrating Induction and Case Based Reasoning [Βιβλίο]. - France : Springer, 1994.

Burke R. B Hybrid Recommender Systems. Survey and Experiments. User Modeling and User-Adapted Interaction [Βιβλίο]. - 2002.

C.Nigel Engineering Design Methods, Strategies for Product Design [Βιβλίο]. - UK : Wiley, 2000.

Deloitte Digital D The Dawn of Mobile Influence [Βιβλίο]. - USA : Delloite Digital, 2012.

DeutscheWelle D Architecturbiennale Sao Paulo 2011 [Ηλεκτρονικό]. - 2.11.2011.

Dien D. D E-business development for competitive advantagesQ a case study [Βιβλίο]. - [s.l.] : Information and Management, 2002.

Ellsworth J. & Ellsworth W. E Επιχειρηματικές Εφαρμογές με το Internet [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Γκιούρδας, 1997.

Forrester F Mobile Commerce Forecast 2011 to 2012 Forrester Report [Βιβλίο]. - USA : [s.n.], 2012.

H. Marmanis D. Babenko , Algorithms of the Intelligent Web, in Artificial Intelligence [Βιβλίο]. - 2008.

Hausman A. H A multi-method investigation og consumer motivations in impulse buying behavior [Βιβλίο]. - [s.l.] : Journal of Consumer Marketing, 2000. - Τόμ. 17.

info.magento.com Magento [Ηλεκτρονικό]. -
http://info.magento.com/rs/magentocommerce/images/Magento_Mobile_Datasheet.pdf, 2011.

Manber U. Patel A. , Robinson J. , Experience with Personalization on Yahoo! [Βιβλίο]. - [s.l.] : Communications of the ACM, 2000.

Masnbridge John History of Architecture [Βιβλίο]. - 1996.

Mobasher B. Cooley R., Srivastava J. Automatic Personalization Based on Web Usage MINING [Βιβλίο]. - [s.l.] : Communications of the ACM, 2000.

Montainer M. Beatriz Lopez, Josef De la Rosa , A taxonomy of Recommender agents on the internet [Βιβλίο]. - [s.l.] : Artificial Intelligence Review, 2003.

Promoting Urban Sustainable Development in Local Authorities P Leonardo da Vinci - Βιώσιμες Αστικές Κατασκευές [Βιβλίο]. - [s.l.] : Ajuntament de Sabadell, 2009.

Sven R. Beck M. Freitag B. , Generating Recommendation Dialogues from Product Models [Βιβλίο]. - Passau : University of Passau - Germany, 2003.

Synergic Software S Κατασκευή ιστοσελίδων για smart phones και tablets [Ηλεκτρονικό] // <http://www.synergic.gr/blog>. - 2012.

T. Wailgum T EPR Definition and Solutions [Ηλεκτρονικό] // www.cio.com. - 18 3 2013.

Turban E., J. Lee, D. King, and H.M. Chung , Electronic commerce: a managerial perspective [Βιβλίο]. - NJ : Prentice Hall Upper Saddle River, 2000.

www.magentocommerce.com [Ηλεκτρονικό]. - 2013.

www.plugme.eu Building Energy Management Systems (B.E.M.S.) [Ηλεκτρονικό]. - Intelen Group , 2008.

Z. I. Magabe Z Open Access Technology [Βιβλίο]. - Stockholm : Royal Institute of Technology, 2006.

Α.Σ.Αδριανοπούλου Β. Ασίκη, Ε. Βασιλειάδη, Ι. Μίνη, Γ. Παναγιωτοπούλου, Ι. Παπακυριακοπούλου , Τα Πληροφοριακά Συστήματα Enterprise Resource Planning (ERP) στην Ελληνική Επιχείρηση [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], 2000.

Αθανασάκης Εμ. Α Διείσδυση και Ανάπτυξη του Ηλεκτρονικού Εμπορίου στις Ελληνικές Επιχειρήσεις [Βιβλίο]. - Κρήτη : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2012.

Β. Γκιντσιούδης Β Σχεδίαση και Ανάπτυξη Εξατομικευμένης Εφαρμογής Κινητού Ηλεκτρονικού Εμπορίου [Βιβλίο]. - Θεσσαλονίκη : Πανεπιστήμιο Μακεδονίας - Μεταπτυχιακή Εργασία, 2008.

Δ. Παρούτσας Δ Αναζήτηση Πληροφοριών στον Παγκόσμιο Ιστό [Ηλεκτρονικό] // Η Εκπαίδευση στο Δημοτικό Σχολείο. - <http://paroutsas.jmc.gr/search.htm>, 2013.

Δήμος Σαρωνικού [Ηλεκτρονικό] // www.saronikocity.gr. - 2011.

Διάλεξη 10η : Κινητό Εμπόριο Δ Ψηφιακό Περιεχόμενο και Ηλεκτρονικό Εμπόριο (Δ' Εξάμηνο) [Βιβλίο]. - Πανεπιστήμιο Αιγαίου : Σχολή Κοινωνικών Επιστημών , 2011.

Καρακατσούλης Δ. Κ Υλοποίηση Ηλεκτρονικού Καταστήματος YouBooks [Βιβλίο]. - Πάτρα : Πανεπιστήμιο Πατρών Πολυτεχνική Σχολή - Τμήμα Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών και Πληροφορικής, 2011.

Κατσίκας Σ. & Μήτρου Α. Κ Ασφάλεια Πληροφοριακών & Επικοινωνιακών Συστημάτων στο Χώρο του Ηλεκτρονικού Επιχειρείν [Βιβλίο]. - Αθήνα : Ομάδα Εργασίας B1 του e-businessforum, 2002. - Τόμ. διαθέσιμο στον διαδικτυακό τόπο "www.ebusinessforum.gr".

Κατσουλάκος Γ. Κ Νέα Οικονομία, Διαδίκτυο και Ηλεκτρονικό Εμπόριο [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Κέρκυρα, 2001.

Α. Στάμκου Α Πληροφοριακά Συστήματα στο Λιανικό Εμπόριο [Βιβλίο]. - Θεσσαλονίκη : Μεταπτυχιακό Τμήμα Εφαρμοσμένης Επιχειρηματικής Πληροφορίας, 2011.

Μ. Κωνσταντίνου Μ Συστήματα Συστάσεων σε Ηλεκτρονικά καταστήματα Λιανικής [Βιβλίο]. - Λάρισα : Τμήμα Τεχνολογίας Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, 2012.

Μ. Ρήγκου Μ Personalization, Τεχνολογίες & Υπηρεσίες [Βιβλίο]. - Πάτρα : Πανεπιστήμιο Πατρών, 2012.

Πασχόπουλος Α. Π Ηλεκτρονικό Εμπόριο [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Κλειδάριθμος, 2007.

Πασχόπουλος Α. Σκάλτσας Π. , Ηλεκτρονικό Εμπόριο [Βιβλίο]. - Αθήνα : Κλειδάριθμος 2η Έκδοση, 2001.

Σάββας Ι. & Μαυρέλλης Ν. Σ Ελληνικά ERP & Εμπορικές - Λογιστικές Εφαρμογές Financial RAM [Βιβλίο]. - Αθήνα : [s.n.], 2005.

Σιωμίκος Γ. Σ Συμπεριφορά Καταναλωτή και Στρατηγικό Μάρκετινγκ [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εκδόσεις Σταμούλη, 2002.

Σωχωράκη Ε. Ραφαηλία Β. , Ηλεκτρονικό Εμπόριο μέσω Κινητών Τηλεφώνων, Μελέτη για την Ασφάλεια των Συναλλαγών [Βιβλίο]. - Ηράκλειο : Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, 2009.

Τζιάστα Α. Τ Ηλεκτρονικό Εμπόριο και Ηλεκτρονικό Μάρκετινγκ [Βιβλίο]. - Αθήνα : Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο - Τμήμα Οικιακής Οικονομίας και Οικολογίας, 2011.

Τσόπογλου Σ. Τ Συγκριτική Ανάλυση και Μελέτη ERP Συστημάτων [Βιβλίο]. - Μακεδονία : Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής - Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, 2013.

Φ. Μιχελινάκης Φ Μετάδοση σε Πραγματικό Χρόνο Ροών Πολυμέσων Πάνω απο Δίκτυα Ομοτίμων Κόμβων [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο, 2011.

Φούκη Ι Φ Έρευνα Αγοράς για Κινητές Συσκευές [Βιβλίο]. - Λάρισα : Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών - Τμήμα Τεχνολογίας Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, 2013.

Χ. Χριστάκου Χ Εισηγητικά Συστήματα Βασισμένα σε Μοντελοποίηση Προτιμήσεων Χρήστη και Μεθόδους Διήθησης της Πληροφορίας [Βιβλίο]. - Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, 2012.