



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ ΣΕ ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Διπλωματική Εργασία

Παπαδημητρίου Μιχαήλ - Εμμανουήλ

Επιβλέπουσα: Δασκαλοπούλου Ασπασία

Βόλος 2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ
ΠΡΑΚΤΩΡΩΝ ΣΕ ΠΟΛΥΠΡΑΚΤΟΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

Διπλωματική Εργασία

Παπαδημητρίου Μιχαήλ - Εμμανουήλ

Επιβλέπουσα: Δασκαλοπούλου Ασπασία

Βόλος 2019



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**DYNAMIC MODIFICATION OF AGENTS BEHAVIOR IN
MULTI-AGENT SYSTEMS**

Diploma Thesis

Papadimitriou Michail - Emmanouil

Supervisor: Daskalopoulou Aspasia

Volos 2019

Στην οικογένεια και στους φίλους μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια της διπλωματικής μου εργασίας, κα Δασκαλοπούλου Ασπασία για την πολύτιμη βοήθειά της, αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την πρώτη στιγμή της συνεργασίας μας.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές Τσουκαλά Ελευθέριο και Μπαργιώτα Δημήτριο ως συνεπιβλέποντες αυτής της διπλωματικής.

Τέλος εκ βάθους καρδιάς θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου, για την πολύτιμη στήριξη της κατά τη διάρκεια όλης της διαδρομής αυτής, αλλά και τους φίλους μου για τα υπέροχα φυτικά χρονιά που μου προσέφεραν.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής».

Ο Δηλών

Παπαδημητρίου Μιχαήλ – Εμμανουήλ

09 Οκτωβρίου 2019

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα τελευταία χρόνια, η χρήση των ευφυών πρακτόρων αποδεικνύεται όλο και σημαντικότερη σε διάφορα ερευνητικά πεδία, ειδικότερά όμως στην Επιστήμη των Υπολογιστών και της Τεχνητής Νοημοσύνης. Τα πολυπρακτορικά συστήματα ή αλλιώς τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, είναι συστήματα που έχουν δημιουργηθεί και υλοποιηθεί ως ένα σύνολο πρακτόρων που αλληλεπιδρούν, με σκοπό την επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων. Σήμερα, όλο και περισσότερα κατανεμημένα πληροφοριακά συστήματα χρειάζεται να λειτουργούν σε ανοικτά, δυναμικά και ετερογενή περιβάλλοντα και ως εκ τούτου απαιτείται να παρουσιάζουν προσαρμογή στις περιβαλλοντικές αλλαγές, προκειμένου να ικανοποιηθούν οι στόχοι σχεδιασμού. Τα αυτοπροσαρμοζόμενα πολυπρακτορικά συστήματα είναι ένα είδος σύνθετων συστημάτων, λόγω της πολυπλοκότητας του περιβάλλοντος χώρου και των δυναμικών προσαρμογών των δομών και συμπεριφορών του συστήματος. Για την ανάπτυξη τέτοιων σύνθετων συστημάτων, έχουν αναπτυχθεί προσανατολισμένου πράκτορα μεθοδολογίες, όπως η GAIA και η ODAM, τις οποίες θα δούμε και θα συγκρίνουμε στην παρούσα εργασία.

ABSTRACT

In recent years, the use of intelligent agents has proven to be increasingly important in various research fields, but especially in Computer Science and Artificial Intelligence. Multi-agent systems are systems that have been designed and implemented as a set of interacting agents to solve complex problems. Today, more and more distributed information systems need to operate in open, dynamic and heterogeneous environments and therefore need to adapt to environmental changes in order to meet design goals. Self-adaptive multi-agent systems are a type of complex systems, due to the complexity of the environment and the dynamic adaptations of the structures and behaviors of the system. To develop such complex systems, agent-oriented methodologies have been developed, such as GAIA and ODAM, which we are going to examine and compare in the present work.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ABSTRACT	viii
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	ix
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	1
1.1 Ορισμός έξυπνου πράκτορα	1
1.2 Κατηγορίες Πρακτόρων.....	6
1.3 Πολυπρακτορικά Συστήματα	7
1.4 Χαρακτηριστικά πολυπρακτορικών συστημάτων.....	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΥ MAS	10
2.1 Μοντελοποίηση MAS με ODAM	10
2.1.1 Μεθοδολογία ODAM	12
2.1.2 Δυναμικός μηχανισμός δέσμευσης και μετα-μοντέλο ODAM	13
2.2 Μοντελοποίηση MAS με GAIA	14
2.2.1 Παράγοντες που διευκολύνουν την προσαρμοστικότητα στη Gaia.....	16
2.2.2 Το Σύστημα Διαχείρισης Συνεδρίων στη Gaia	17
2.2.3 Οργανωτικοί κανόνες.....	19
2.3 Σύγκριση GAIA – ODAM	21
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	25
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1 Ορισμός έξυπνου πράκτορα

Οι πράκτορες ως επιστημονικός χώρος, φαίνεται να αποκτούν όλο και περισσότερο ενδιαφέρον, γνωρίζοντας μεγάλη ανάπτυξη στον κλάδο της τεχνολογίας της πληροφορίας. Είναι υπολογιστικά συστήματα τρίτης γενιάς (Pagunak, 1999) με την ικανότητα να αλληλεπιδρούν με άλλα συστήματα λογισμικού, διατηρώντας χαρακτηριστικά αυτονομίας σε ανοιχτά και πολυπρακτορικά συστήματα.

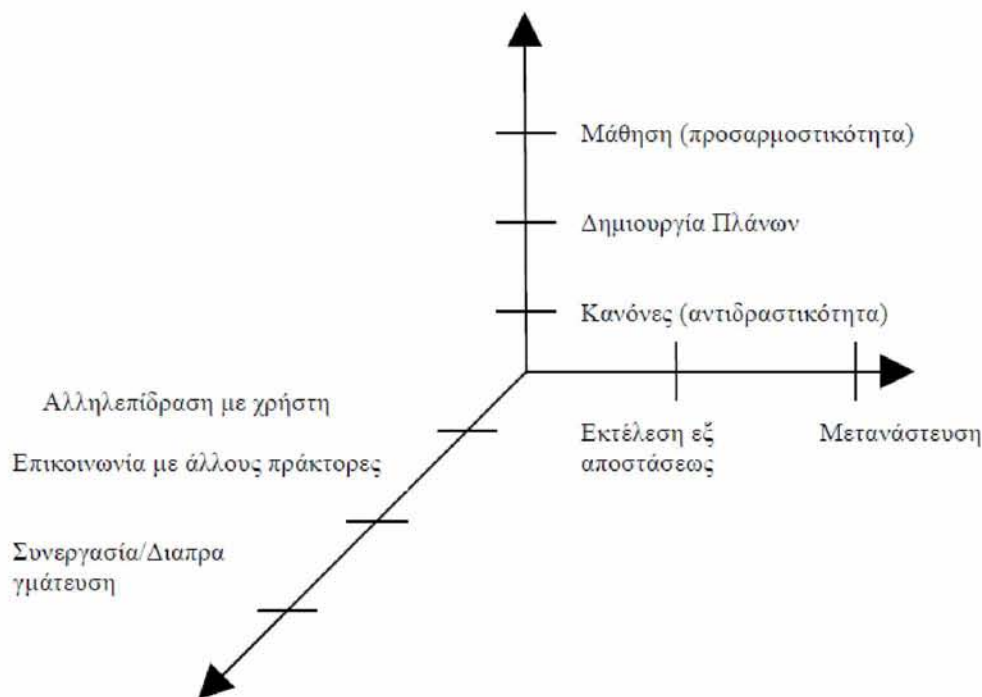
Προκειμένου να προσδιορίσουμε τι είναι πράκτορας πρέπει να λάβουμε υπόψη αρκετούς ορισμούς που ήδη υπάρχουν και να σεβαστούμε τις διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις πρακτόρων (Franklin & Graesser, 1997). Σύμφωνα με τον Wooldridge (Wooldridge & Jennings, 1995) έξυπνος πράκτορας είναι εκείνο το υπολογιστικό σύστημα εντός ενός περιβάλλοντος που έχει την ικανότητα να μπορεί να δράσει αυτόνομα εντός αυτού με στόχο να εκπληρώσει το λόγο για τον οποίο σχεδιάστηκε. Κατά τον Wooldridge ένας έξυπνος πράκτορας διαθέτει τα εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- **Αυτονομία:** Ενεργεί προς εκπλήρωση των δικών του στόχων χωρίς να δέχεται παρεμβάσεις από χρήστες άλλων πρακτόρων.
- **Αντιδραστικότητα:** Δέχεται ερεθίσματα από το περιβάλλον του και σύμφωνα με αυτά ενεργεί πίσω σε αυτό, μέσα σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.
- **Προνοητικότητα:** Σύμφωνα με τις συνθήκες που ισχύουν στο περιβάλλον του, ενεργεί λαμβάνοντας αποφάσεις προς την εκπλήρωση των στόχων του.
- **Κοινωνικότητα:** Ενεργεί συνεργατικά με άλλους πράκτορες, υπό μια κοινώς αντιληπτή γλώσσα, προς εκπλήρωση των στόχων του.

Σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν οι πράκτορες προσφέρεται η δυνατότητα κατηγοριοποίησης τους όπως παρουσιάζεται στο ακόλουθο διάγραμμα (διάγραμμα 1.1). Είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι λόγω της πολυπλοκότητας των

πρακτόρων, η κατηγοριοποίηση που προκύπτει δεν είναι απόλυτη ούτε και κοινά αποδεκτή από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας.

Διάγραμμα 1.1: Οι άξονες προσδιορισμού των χαρακτηριστικών των πρακτόρων



Οι ιδιότητες αυτές είναι περισσότερο απαιτητικές απ' ότι φαίνονται στην αρχή. Αρχικά εστιάζουμε την προσοχή μας στην προνοητικότητα: εστιασμένη στον σκοπό συμπεριφορά. Δεν είναι πραγματικά δύσκολο να δημιουργεί ένα σύστημα που να παρουσιάζει συμπεριφορά προσανατολισμένη στον σκοπό σχεδίασης – αυτό γίνεται κάθε φορά που γίνεται συγγραφή σε μια διαδικασία σε Pascal, μια συνάρτηση σε C ή μια μέθοδο σε Java. Η συγγραφή μιας τέτοιας διαδικασίας, προσδιορίζεται με βάση κάποιους υποθετικούς όρους (προϋποθέσεις - pre-conditions), οι οποίοι όταν επαληθεύονται παράγεται κάποιο αποτέλεσμα (εξαγόμενο - post-condition). Τα αποτελέσματα της, εν λόγω, διαδικασίας αποτελούν και το σκοπός της: αυτό που ήθελε να πετύχει ο δημιουργός της. Αν οι προϋποθέσεις ισχύουν, τότε η διαδικασία θα κληθεί κανονικά και αναμένεται ότι θα εκτελεστεί ορθά: θα τερματιστεί και με το τερματισμό θα προκύψει ένα αποτέλεσμα, οπότε ο σκοπός θα έχει υλοποιηθεί.

Γενικά αυτό το προγραμματιστικό μοντέλο είναι ικανοποιητικό για αρκετά περιβάλλοντα. Για παράδειγμα είναι ιδανικό σε σχέση με την λειτουργία τους για όλα τα συναρτησιακά περιβάλλοντα, αυτά που απλά δέχονται μια είσοδο X και παράγουν

σαν έξοδο την συνάρτηση $f(x)$ της εισόδου. Αλλά σε μη-συναρτησιακά συστήματα αυτό το απλό μοντέλο προγραμματισμού προσανατολισμένο στο σκοπό, δεν είναι αποδεκτό, καθώς δημιουργεί σημαντικά περιοριστικές υποθέσεις. Ειδικότερα θεωρεί δεδομένο ότι το περιβάλλον δε μεταβάλλεται, ενώ η διαδικασία υλοποιείται. Αν το περιβάλλον αλλάξει και ειδικότερα αν οι υποθέσεις - προϋποθέσεις της διαδικασίας πάντως να είναι σε ισχύ στο πλαίσιο της εκτέλεσης, τότε η συμπεριφορά της διαδικασίας θα' ναι ακαθόριστη και σε αρκετές περιπτώσεις καταλήγει σε ανεπιτυχή σίγουρο τερματισμό (crash).

Ακόμα υποθέτει ότι ο σκοπός, ο λόγος εκτέλεσης της διαδικασίας, είναι σε ισχύ τουλάχιστον έως την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Αν ο σκοπός πάψει να υφίσταται, τότε απλά δεν υπάρχει λόγος συνέχισης της εκτέλεσης της διαδικασίας. Σε αρκετά περιβάλλοντα καμία από τις παραπάνω υποθέσεις δεν είναι δυνατόν να θεωρείται δεδομένη. Ειδικότερα, σε πεδία όπου είναι αρκετά πολύπλοκα για τον πράκτορα να τα ανιχνεύει και ελέγχει, όπως τα περιβάλλοντα πολλαπλών πρακτόρων (multi-agent) -που περιλαμβάνονται πολλοί πράκτορες με δυνατότητα να προκαλούν μεταβολές- ή τα επισφαλή (uncertain) περιβάλλοντα, αυτές οι υποθέσεις δεν είναι λογικές. Σε τέτοια περιβάλλοντα, η τυφλή εκτέλεση μιας διαδικασίας χωρίς τον διαρκή έλεγχο της ισχύος των προϋποθέσεων, δεν μπορεί παρά να αναφερθεί ως μια φτωχή στρατηγική.

Γενικά στα δυναμικά περιβάλλοντα ένας πράκτορας είναι αναγκαίο να διακρίνεται από αντιδραστικότητα, δηλαδή θα πρέπει να είναι ικανός να ανταποκρίνεται σε κάθε γεγονός που παρουσιάζεται στο περιβάλλον του. Τα γεγονότα αυτά είτε επιδρούν στους σκοπούς του πράκτορα, είτε σε κάποιες προϋποθέσεις διαδικασιών, τις οποίες εκτελεί ο πράκτορας για την επίτευξη των στόχων του.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η ανάπτυξη αμιγώς προσανατολισμένων στο σκοπό συστημάτων δε διακρίνεται από σημαντική δυσκολία. Αντίστοιχα η ανάπτυξη αμιγώς αντιδραστικών συστημάτων που ανταποκρίνονται διαρκώς στο περιβάλλον επίσης δεν είναι δύσκολη. Αυτό, όμως, που γίνεται εμφανώς δύσκολο είναι η ανάπτυξη συστημάτων που υλοποιούν μια ισορροπημένη κι αποδοτική συμπεριφορά συνδυάζοντας την προσανατολισμένη στον σκοπό και την αντιδραστική συμπεριφορά. Είναι επιθυμητό οι πράκτορες να προσπαθούν την επίτευξη των στόχων τους συστηματικά, ίσως με χρήση διαδικαστικών κινήσεων. Δεν είναι αναγκαίο οι πράκτορες να συνεχίζουν τυφλά την εκτέλεση διαδικασιών, που θα

οδηγούσαν σε επιτυχία, όταν οι διαδικασίες αυτές παύουν να λειτουργούν, ή όταν ο σκοπός παύει, για οποιοδήποτε λόγο, να μην ισχύει. Σ' αυτές τις περιπτώσεις ο κάθε πράκτορας είναι αναγκαίο να αντιδρά στα καινούργια στοιχεία του περιβάλλοντος του. Ταυτόχρονα ο πράκτορας δεν θα πρέπει να αναλώνεται σε αντιδράσεις, μη επικεντρώνοντας έτσι, όσο απαιτείται στην πραγματοποίηση του στόχου του. Στην βάση των όσων προαναφέρθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι η επιτυχία ισορροπημένου συνδυασμού, των δύο προαναφερθέντων συμπεριφορών, στην σχεδίαση και ανάπτυξη πρακτόρων είναι αρκετά δύσκολη. Δεν θα ήταν υπερβολή να αναφερθεί ότι σπάνια συναντάται και άνθρωπος που να συνδυάζει ικανοποιητικά τις συμπεριφορές αυτές. Χαρακτηριστικά παραδείγματα θα ήταν οι διευθυντές, που παρατηρείται να εμμένουν τυφλά σε κάποια εργασία όσο κι αν η αποτελεσματικότητά της έχει γίνει αμφίβολη. Εξίσου εύκολο είναι να παρατηρηθούν διευθυντές που μεταπηδούν από μια εργασία σε άλλη, χωρίς να εστιάζουν ικανοποιητικά την προσοχή τους στην επίτευξη συγκεκριμένου στόχου. Η τελευταία πτυχή της ευελιξίας στην αυτονομία κινήσεων ενός ευφυή πράκτορα έχει οριστεί, όπως έχει αναφερθεί να είναι η κοινωνική συμπεριφορά. Κατά μια αντίληψη η κοινωνική συμπεριφορά είναι τετριμμένη: καθημερινά εκατομμύρια υπολογιστές γύρω από τον κόσμο ανταλλάσσουν πληροφορίες τόσο μεταξύ τους, όσο και με ανθρώπους. Η ανταλλαγή όμως ροής πληροφορίας, δεν προσδιορίζει κοινωνική συμπεριφορά. Εστιάζοντας στην καθημερινή ζωή, εύκολα διακρίνεται ότι σχετικά λίγοι σημαντικοί στόχοι υλοποιούνται χωρίς συνεργασία με άλλους ανθρώπους, οι οποίοι δεν έχουν κατ' ανάγκη τους ίδιους με μας στόχους. Διακρίνονται στην ουσία από αυτονομία κι έχουν δικιά τους πλάνα δράσης. Για την επιτυχία των σκοπών σ' αυτές τις περιπτώσεις, είναι αναγκαία η διαπραγμάτευση και συνεργασία με το σύνολο. Έτσι γίνεται αναγκαία η κατανόηση και κρίση των στόχων των άλλων, για να υπάρχει η δυνατότητα να υλοποιηθούν κινήσεις, που διαφορετικά δεν θα γινόταν και που θα έχουν σαν πιθανό αποτέλεσμα την συνεργασία, χωρίς την οποία ίσως να μην ήταν δυνατή, ή να ήταν δυσκολότερη, η πραγματοποίηση του στόχου. Προφανώς, αυτού του τύπου η συνεργασία είναι κατά πολύ περισσότερο πολύπλοκη και κατά πολύ λιγότερο κατανοητή από την ανταλλαγή ροής δεδομένων πληροφορίας (Βλαχάβας, και συν., 2006).

Σε αυτό το σημείο είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι στους πράκτορες αποδίδονται και άλλα δευτερεύοντα χαρακτηριστικά τα οποία όμως δεν βρίσκουν εφαρμογή στο σύνολο των κατηγοριών των πρακτόρων. Ορισμένα από αυτά είναι προσαρμοστικότητα, ελαστικότητα και κινητικότητα.

Οι πράκτορες διακρίνονται ως ένα πεδίο στο οποίο υπάρχει ενδιαφέρον από αρκετές περιοχές της επιστήμης των υπολογιστών, καθώς μπορεί να αναλυθούν από διαφορετικές σκοπιές για κάθε πεδίο. Είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι αν και η τεχνολογία πρακτόρων δέχεται στοιχεία και ερευνητικά αποτελέσματα από πλήθος πεδίων, παρόλα αυτά αποτελεί αυτόνομο επιστημονικό πεδίο με εξαιρετική τα τελευταία χρόνια ερευνητική δράση. Σε αυτό το πλαίσιο διακρίνονται οι ακόλουθες δύο σύγχρονες θεωρήσεις για τους πράκτορες:

- **Χαλαρή:** Γενικά, οι πράκτορες είναι αναγκαίο να είναι αυτοπροσδιοριζόμενοι και να εκτελούνται παράλληλα με κάποιους άλλους. Η άποψη αυτή διευρύνει την έννοια πράκτορας στο πλαίσιο της τεχνολογίας λογισμικού και αναφέρει ότι οι πράκτορες δεν είναι αναγκαίο να είναι "ευφυείς".
- **Ισχυρή:** Από την οπτική γωνία της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) οι πράκτορες πρέπει να διαθέτουν γνώση, επιθυμίες, προθέσεις και υποχρεώσεις. Η άποψη αυτή προϋποθέτει ότι οι πράκτορες κατέχουν ένα αυστηρά προσδιορισμένο μοντέλο του κόσμου μέσα στον οποίο λαμβάνουν αποφάσεις, μέσα από τη χρήση της συλλογιστικής τους. Η προσέγγιση δεν αποτελεί κάποιου είδους αυθαίρετο ανθρωπομορφισμό, αλλά ουσιαστικά αποτελεί ένα εργαλείο αφαίρεσης, το οποίο συμβάλει στο να περιγραφεί η κατάσταση ενός συνόλου πολύπλοκων συστημάτων.

Σύμφωνα με το φιλόσοφο D. Denned υπάρχουν τρεις προσεγγίσεις για την περιγραφή ενός συστήματος: Η φυσική προσέγγιση, η οποία στηρίζεται στη γνώση νόμων των θετικών επιστημών. Η σχεδιαστική προσέγγιση, όπου η περιγραφή υλοποιείται στη βάση του σκοπού για τον οποίο σχεδιάστηκε και δημιουργήθηκε το σύστημα. Και η προθεσιαρχική προσέγγιση, που προβλέπει τη συμπεριφορά του συστήματος θεωρώντας το σαν ένα έλλογο πράκτορα ο οποίος δρα βάσει των "νοητικών" του καταστάσεων, δηλαδή πεποιθήσεων, επιθυμιών, προθέσεων κ.α.

Η τελευταία προσέγγιση έχει σημαντική απήχηση στην περιγραφή συστημάτων πρακτόρων. Είναι αναγκαίο να επισημανθεί ότι η ακρίβεια της περιγραφής των προσεγγίσεων περιορίζεται, καθώς μεταβαίνουμε από τη φυσική περιγραφή στην

προθεσιαρχική, ενώ η περιγραφική ικανότητα διογκώνεται. Για παράδειγμα, η φυσική περιγραφή είναι ακριβέστερη όλων, αλλά εμφανίζει μεγάλες και σημαντικές δυσκολίες στην περιγραφή πολύπλοκων συστημάτων. Οι επιθετικοί προσδιορισμοί συχνά περιγράφουν την κύρια λειτουργία των πρακτόρων, όπως πράκτορες αναζήτησης, αναφοράς, παρουσίασης, προσανατολισμού, διαχείρισης, κ.α.

1.2 Κατηγορίες Πρακτόρων

Σε ένα πιο ευρύτερο πλαίσιο οι πράκτορες είναι εφικτό να διαχωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τους βιολογικούς και τους τεχνητούς πράκτορες όπως περιγράφεται στο ακόλουθο διάγραμμα (Διάγραμμα 1.2).

Διάγραμμα 1.2: Μια ιεραρχική ταξινόμηση των πρακτόρων.

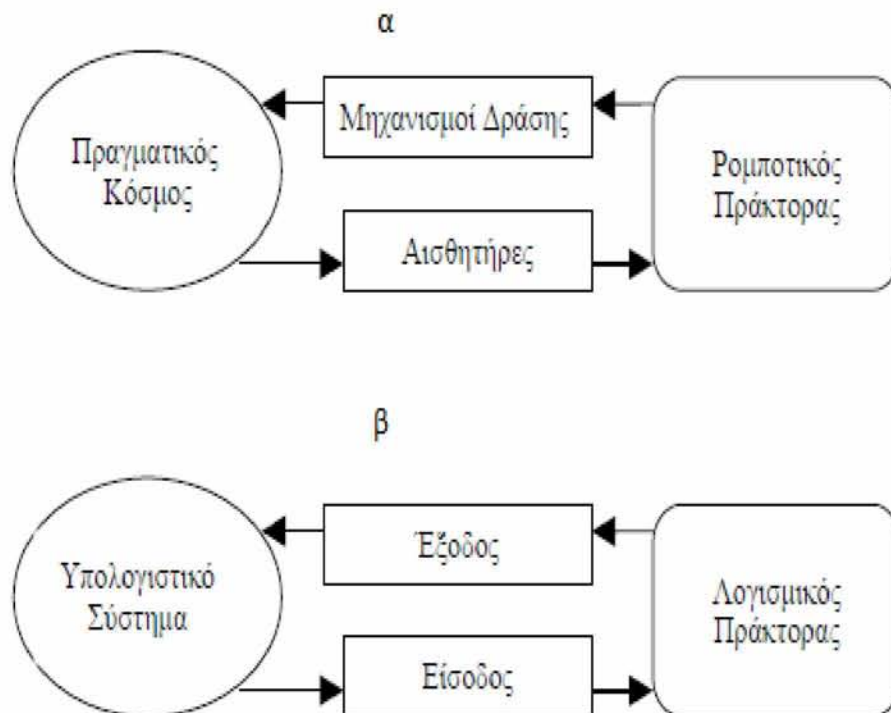


Οι βιολογικοί πράκτορες κάνουν χρήση των αισθήσεων σε μια προσπάθεια αντιλήψεως του κόσμου που τους περιβάλλει και τις γνώσεις τους για να καταλήξουν σε συμπεράσματα για αυτόν, και τα μέρη του σώματος τους για να εφαρμόσουν τις ενέργειες που προκύπτουν από τη συλλογιστική τους.

Οι τεχνητοί πράκτορες λειτουργούν με ανάλογο τρόπο και διαχωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες, τους ρομποτικούς και τους λογισμικούς πράκτορες. Οι ρομποτικοί πράκτορες διαθέτουν σαν αισθητήρες και μηχανισμούς δράσης μηχανικά ή ηλεκτρονικά τμήματα και δρουν στον πραγματικό κόσμο (Διάγραμμα 1.3.α). Οι

λογισμικοί πράκτορες είναι προγράμματα και δρουν σε ένα υπολογιστικό σύστημα (Διάγραμμα 1.3.β).

Διάγραμμα 1.3: (α) Ρομποτικός πράκτορας, (β) Λογισμικός πράκτορας.



Και στα δύο είδη πρακτόρων εμπεριέχεται μία συλλογιστική διαδικασία, μέσω της οποίας επεξεργάζονται τα ερεθίσματα του περιβάλλοντος τους και εφαρμόζουν τα αποτελέσματα της συλλογιστικής αυτής πίσω στο περιβάλλον μεταβαλλόντας με αυτόν τον τρόπο κατάσταση του (Wooldridge, 2008: 26-30).

1.3 Πολυπρακτορικά Συστήματα

Ένα πολυπρακτορικό σύστημα (multi-agent system, MAS) περιλαμβάνει ένα σύνολο από πράκτορες που δραστηριοποιούνται συνεργατικά για την επίλυση ενός ζητήματος. Ένα τέτοιο σύστημα επιδιώκει τη διασύνδεση στη λειτουργία των ήδη υπάρχοντων συστημάτων, καθώς και την επίλυση ζητημάτων:

- Που είναι πέρα των δυνατοτήτων και της γνώσης για ένα και μόνο πράκτορα.

- Τα οποία είναι από τη φύση τους κατανεμημένα. Τα πολυπρακτορικά συστήματα αποτελούν κεντρικό τομέα της κατανεμημένης ΤΝ από πλευράς χαλαρής θεώρησης των πρακτόρων.
- Όπου η σχετική γνώση είναι κατανεμημένη σε διακριτές πηγές, όπως για παράδειγμα η υπάρχουσα εμπειρία στα επιμέρους γραφεία ενός οργανισμού.

Παραδείγματα πολυπρακτορικών συστημάτων έχει τη δυνατότητα να συναντήσει κάποιος σε διαδικτυακές εφαρμογές παροχής πληροφοριών σε σύνθετα διαδραστικά περιβάλλοντα.

Εικόνα 1.1: Πολυπρακτορικό σύστημα για την περιβαλλοντική εποπτεία, την παρακολούθηση και οικολογική προστασία.



Πηγή: http://repfiles.kallipos.gr/html_books/93/06a-main.html

1.4 Χαρακτηριστικά πολυπρακτορικών συστημάτων

Βασικό στοιχείο των συνεργαζόμενων πρακτόρων είναι ο συντονισμός. Όπου ένας αντιπροσωπευτικός ορισμός του είναι ο ακόλουθος: «Ο συντονισμός είναι η ιδιότητα

ενός συστήματος πρακτόρων να φέρουν εις πέρας ενέργειες μέσα σε ένα κοινό περιβάλλον.»

Διακρίνονται δύο τρόποι συντονισμού:

- Διαπραγμάτευση (Negotiation)
- Συνεργασία (Cooperation)

Άλλα χαρακτηριστικά των πολυπρακτορικών συστημάτων είναι τα παρακάτω:

- Κανένας πράκτορας δεν διαθέτει πληροφορία, γιατί τα δεδομένα είναι κατανομημένα.
- Δεν περιλαμβάνεται κεντρικός έλεγχος στο σύστημα.
- Οι υπολογισμοί υλοποιούνται με ασύγχρονο τρόπο.

Τα χαρακτηριστικά ενός πολυπρακτορικού συστήματος επιδρούν παράλληλα στον σχεδιασμό και τη λειτουργία των πρακτόρων που το περιλαμβάνουν. (http://repfiles.kallipos.gr/html_books/93/06a-main.html, Ανάκτηση:8/09/19)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΕΣ ΑΥΤΟ-ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΩΝ MAS

2.1 Μοντελοποίηση MAS με ODAM

Περιγραφή

Για τους πράκτορες ο προσανατολισμός αναφέρεται ως ένα κατάλληλο και ισχυρό παράδειγμα για την ανάπτυξη σύνθετων συστημάτων. Προκειμένου να σχεδιαστούν πολύπλοκα αυτοπροσαρμοζόμενα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, γίνεται αναφορά στο δυναμικό δεσμευτικό μηχανισμό και μεθοδολογία που ονομάζεται ODAM, η οποία εκμεταλλεύεται την ευελιξία και την αφαίρεση υψηλού επιπέδου στον προσανατολισμό του πράκτορα με βάση τις οργανωτικές μεταφορές.

Τα μεταμοντέλα και η γλώσσα μοντελοποίησης του ODAM με βάση το δυναμικό δεσμευτικό μηχανισμό είναι εφικτό να αντιμετωπίσει αποτελεσματικά τις δυναμικές και αυτοπροσαρμοζόμενες πτυχές του MAS (Multi-Agent System). Ακόμα, η προσέγγιση MDA (Model Driven Approach) και η ανάπτυξη επανάληψης ενσωματώνονται στο ODAM για να προσαρμοστούν στην ποικιλία των τεχνολογιών και των πλατφορμών πρακτόρων, ώστε να αντιμετωπίσουν την πολυπλοκότητα των συστημάτων και να απλοποιήσουν την ανάπτυξη του MAS.

Πρόσφατα, όλο και περισσότερα συστήματα λογισμικού διακρίνονται να διαθέτουν τα χαρακτηριστικά πολυπλοκότητας όπως η θέση, το άνοιγμα, η αυτονομία, η αυτο-προσαρμογή και η αυτοοργάνωση (Zambonelli & Van Dyke Parunak, 2003), Mao & Yu, 2005).

Προφανώς, για την ανάπτυξη τέτοιων σύνθετων συστημάτων χρειάζονται καινούργιες και αποτελεσματικές τεχνικές λογισμικού (Luck et. al., 2005). Η τεχνολογία λογισμικού προσανατολισμένων πρακτόρων (Agent-Oriented Software Engineering - AOSE) θεωρείται ως ένα κατάλληλο και ισχυρό παράδειγμα για την ανάπτυξη τέτοιων πολύπλοκων συστημάτων και τα τελευταία χρόνια έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος στον τομέα αυτό. Ωστόσο, η επιτυχής εφαρμογή της στην ανάπτυξη σύνθετων συστημάτων, θα πρέπει να μελετάται στο διπλάσιο κατά τη διεξαγωγή ερευνών στο AOSE. Πρώτον, η AOSE θα πρέπει να δανείζεται επιτυχημένες τεχνολογίες και πρακτικές της μηχανικής λογισμικού, ώστε να έχει τη δυνατότητα να ενσωματωθεί στις τεχνολογίες που κυριαρχούν και να επωφεληθεί από

τις καλές εμπειρίες και τις λύσεις της μηχανικής λογισμικού. Δεύτερον, η δυνατότητα και η ευελιξία του παραδείγματος προσανατολισμού των παραγόντων πρέπει να αξιοποιηθεί εκτεταμένα.

Κύρια μέρη της μεθοδολογίας ODAM

Το ODAM είναι μια μεθοδολογία προσανατολισμένων πρακτόρων, η οποία στηρίζεται στους οργανισμούς και στην MDA. Περιέχει τρία συστατικά ως εξής (βλ. Σχήμα 1).

1. Γλώσσα μοντελοποίησης με προσανατολισμένους πράκτορες:

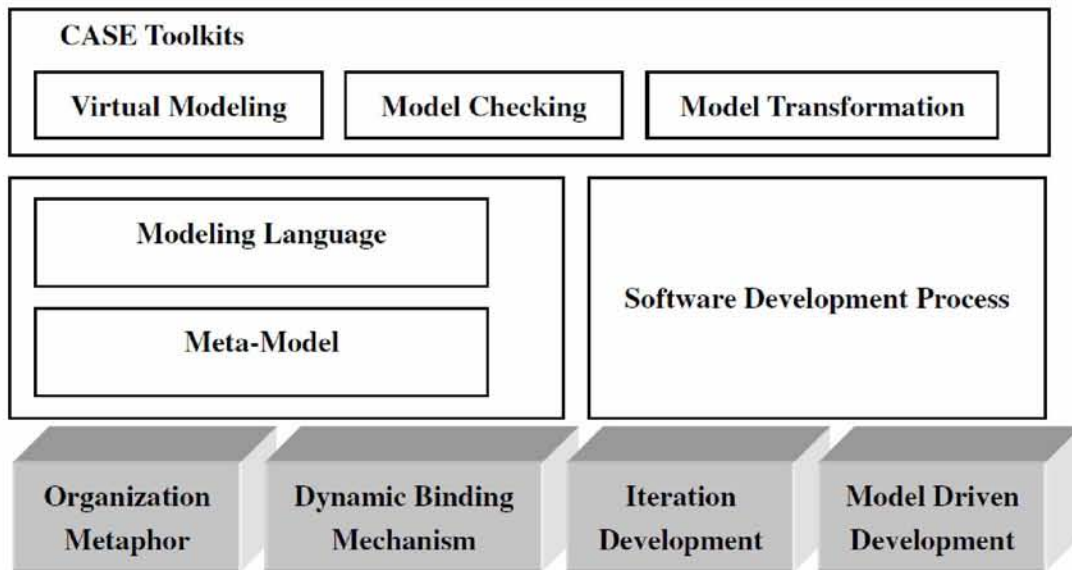
Η γλώσσα μοντελοποίησης στηρίζεται στο μετα-μοντέλο της αφαίρεσης οργάνων και του μηχανισμού δυναμικής σύνδεσης. Προσφέρει πολλαπλές οπτικές γωνίες και μοντέλα για τον προσδιορισμό και την ανάλυση του αυτοπροσαρμοζόμενου MAS με ολοκληρωμένο τρόπο.

2. Διαδικασία ανάπτυξης λογισμικού με προσανατολισμό του πράκτορα:

Η διαδικασία ανάπτυξης του ODAM καλύπτει απαιτήσεις, ανάλυση, σχεδιασμό αρχιτεκτονικής, φάσεις σχεδιασμού λεπτομέρειας. Κάθε φάση περιλαμβάνει μια σειρά βημάτων ανάπτυξης. Ειδικά, το ODAM διακρίνει τα ανεξάρτητα από την πλατφόρμα μοντέλα και εξαρτώμενα από την πλατφόρμα μοντέλα και υποστηρίζει τη μετατροπή μοντέλου μεταξύ διαφορετικών μοντέλων επιπέδου και την ανάπτυξη επανάληψης.

3. CASE Toolkits: Τα εργαλεία περιλαμβάνουν ένα πλήθος χαρακτηριστικών λογισμικού για την υποστήριξη της ανάπτυξης λογισμικού με τη μεθοδολογία ODAM, όπως εργαλείο εικονικής μοντελοποίησης, εργαλείο ελέγχου συνέπειας μοντέλου και εργαλείο μετασχηματισμού μοντέλου.

Σχήμα 1. Το πλαίσιο της μεθοδολογίας ODAM



2.1.1 Μεθοδολογία ODAM

Το ODAM βασίζεται σε οργανωτικές αφαιρέσεις και στην προσέγγιση της επαναλαμβανόμενης ανάπτυξης. Παρέχει μια σειρά μοντέλων για να περιγραφούν οι δομικές και συμπεριφορικές πτυχές του αυτοπροσαρμοστικού πολυπρακτορικού συστήματος. Αυτά τα μοντέλα είναι υψηλού επιπέδου και ανεξάρτητα από την πλατφόρμα.

- **Μοντέλο οργανωτικού σεναρίου**, περιγράφει τις αρχικές απαιτήσεις λειτουργίας του MAS από την οπτική της συμπεριφοράς. Συνήθως, το μοντέλο σεναρίων οργάνωσης καθορίζει τους συμμετέχοντες ρόλους, τις προϋποθέσεις/συνθήκες, τις μετα-συνθήκες και τις ροές γεγονότων του σεναρίου οργάνωσης.
- **Μοντέλο δομής οργάνωσης**, ορίζει τη συνολική δομή του MAS από δομική άποψη και καθορίζει τους ρόλους, τις οργανωτικές σχέσεις μεταξύ τους και τους κανόνες οργάνωσης που θα περιορίσουν τους ρόλους και τις σχέσεις και τις αλληλεπιδράσεις τους. Το ODAM ορίζει τέσσερα είδη σχέσεων: διαχείριση, κληρονομιά, εποπτεία και συνεργασία.
- **Μοντέλο Συμπεριφοράς ρόλων**, καθορίζει τις συμπεριφορές του ρόλου από την άποψη της συμπεριφοράς, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών ρόλου, των ευθυνών, των ενεργειών, των περιβαλλόντων και των πόρων. Οι σχέσεις μεταξύ αυτών των συστατικών περιγράφονται με σαφήνεια για να

προσδιοριστεί και να αναλυθεί ο τρόπος, με τον οποίο πρέπει να έρθουν σε πέρας οι ευθύνες με την αλληλεπίδραση με περιβάλλοντα και τη χρήση πόρων αλλά και τον τρόπο με τον οποίο οι ενέργειες πρόκειται να ενθυλακωθούν ως υπηρεσίες.

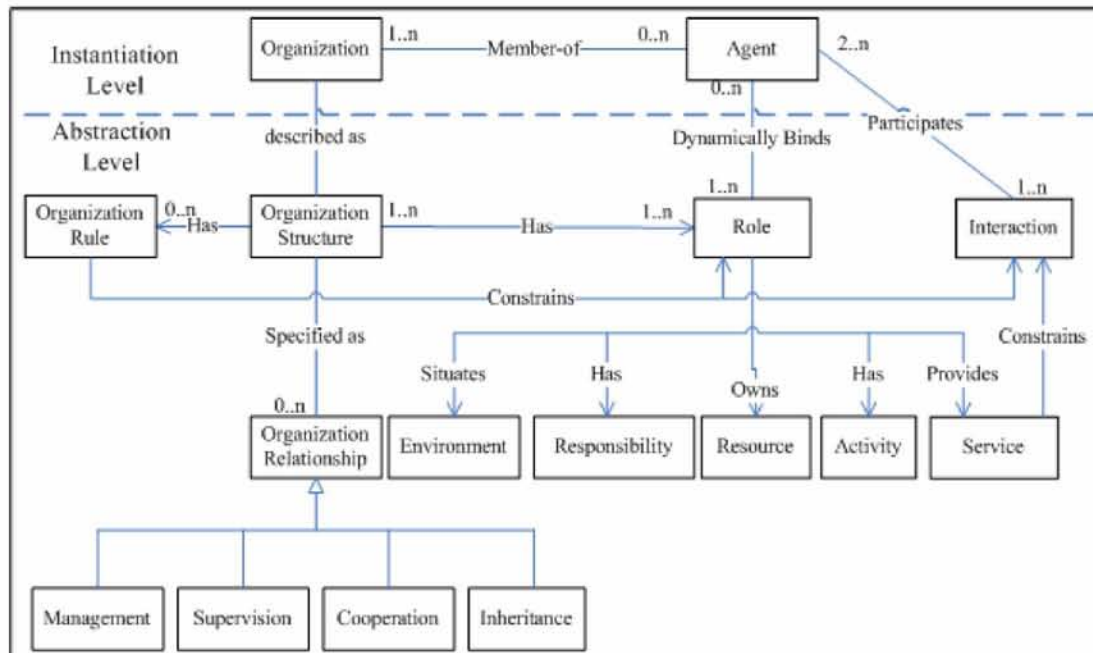
- **Μοντέλο αλληλεπίδρασης με τον οργανισμό**, καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο οι πράκτορες εντός της οργάνωσης αλληλεπιδρούν μεταξύ τους για την επίτευξη σεναρίων οργάνωσης από άποψη συμπεριφοράς.
- **Μοντέλο μετάβασης ρόλου**, ορίζει τη δυναμική και την αυτο-προσαρμοστική ιδιότητα των πρακτόρων από άποψη συμπεριφοράς. Προσδιορίζει τον τρόπο με τον οποίο ένας πράκτορας δεσμεύεται δυναμικά σε ρόλους υπό διάφορες οργανωτικές καταστάσεις, για να προσαρμοστεί στις αλλαγές του περιβάλλοντος. Στο μοντέλο μετάβασης ρόλου, οι μεταβάσεις περιγράφουν τους μετασχηματισμούς μεταξύ των διαφορετικών καταστάσεων αυτοπροσδιορισμού.

2.1.2 Δυναμικός μηχανισμός δέσμευσης και μετα-μοντέλο ODAM

Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένας δυναμικός δεσμευτικός μηχανισμός στην προσπάθεια ερμηνείας και ανάλυσης των δυναμικών και αυτοπροσαρμοζόμενων πτυχών του MAS. Σε σύνθετο MAS, ο πράκτορας μπορεί να αναλάβει δράση για να συμμετάσχει σε ένα ρόλο ή να παραιτηθεί από ένα ρόλο και συνεπώς αποκτά ή χάνει τα δομικά και συμπεριφορικά χαρακτηριστικά που προσδιορίζονται από αυτόν τον ρόλο. Όταν ο πράκτορας εντάσσεται σε ένα ρόλο, λέμε ότι ο ρόλος πρέπει να δεσμεύεται από τον πράκτορα. Η κατάσταση των ρόλων που ο πράκτορας έχει δεσμεύσει μπορεί να είναι ενεργός ή ανενεργός και να αλλάξει με την απενεργοποίηση ή την ενεργοποίηση των ενεργειών. Μόνο όταν ο ρόλος που δεσμεύεται είναι σε ενεργό κατάσταση, μπορεί να κυβερνά τη συμπεριφορά του πράκτορα. Για παράδειγμα, ο πράκτορας θα προβεί σε ενέργειες βάσει των προδιαγραφών συμπεριφοράς του ρόλου ή θα έχει στην κατοχή του τους πόρους που καθορίζονται στον ρόλο. Διαφορετικά, όταν ο ρόλος στον οποίο συνδέεται ο πράκτορας είναι ανενεργός, δεν θα κυβερνάει τις συμπεριφορές του πράκτορα. Ωστόσο, ο πράκτορας διατηρεί ακόμα τις πληροφορίες του ρόλου. Επιπλέον, όταν ο πράκτορας συνδέεται ενεργά με τον ρόλο και πάλι ενεργοποιώντας την ενέργεια, οι πληροφορίες για τον ρόλο θα επαναληφθούν στον πράκτορα. Το σενάριο αυτό είναι

διαφορετικό από αυτό που ο πράκτορας κλείνει. Το Σχήμα 2 απεικονίζει το μοντέλο του ODAM με βάση τις ομαδικές αφαιρέσεις και το δυναμικό δεσμευτικό μηχανισμό.

Σχήμα 2. Μετα-μοντέλο ODAM



2.2 Μοντελοποίηση MAS με GAIA

Καμία από τις διαθέσιμες σήμερα μεθοδολογίες AOSE για την ανάπτυξη MAS δεν αντιπροσωπεύει ρητά μια προοπτική σχεδιασμού για αλλαγή. Παρ' όλα αυτά, η μεθοδολογία Gaia παρουσιάζει συγκεκριμένες πτυχές που έχουν τη δυνατότητα τουλάχιστον να προωθήσουν ένα σχέδιο για την προοπτική της αλλαγής (Bresciani, et. al., 2001).

Η Gaia επικεντρώνεται στη χρήση οργανωτικών αφαιρέσεων για να οδηγήσει την ανάλυση και το σχεδιασμό των MAS. Η Gaia μοντελοποιεί τόσο την μακροοικονομική όσο και την μικροσκοπική πτυχή ενός MAS και αφιερώνει μια συγκεκριμένη προσπάθεια να μοντελοποιήσει την οργανωτική δομή και τους οργανωτικούς κανόνες που διέπουν την παγκόσμια συμπεριφορά των πρακτόρων στην οργάνωση. Αυτό που καθιστά τη Gaia κατάλληλη για μια προοπτική σχεδιασμού για αλλαγή είναι ο σαφής διαχωρισμός της μεταξύ της ανάλυσης και της αρχιτεκτονικής φάσης σχεδιασμού. Ο στόχος στη φάση της ανάλυσης στη Gaia, που

καλύπτει τις απαιτήσεις ως προς τις λειτουργίες και τις δραστηριότητες, είναι να προσδιορίσει πρώτα ποιες υποοργανώσεις ζευγαριών πιθανώς συνθέτουν το σύνολο των συστημάτων και στη συνέχεια, για καθένα από αυτά, παράγουν τέσσερα βασικά αφηρημένα μοντέλα:

1. Το περιβαλλοντικό μοντέλο, με στόχο την καταγραφή των χαρακτηριστικών του επιχειρησιακού περιβάλλοντος MAS.
2. Ένα προκαταρκτικό μοντέλο ρόλων, το οποίο θα συλλέγει τις βασικές δραστηριότητες με γνώμονα τις δραστηριότητες που θα παίζουν ρόλο στο MAS.
3. Ένα προκαταρκτικό μοντέλο αλληλεπιδράσεων, για την αντίληψη των βασικών αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των ρόλων.
4. Μια σειρά οργανωτικών κανόνων που εκφράζουν παγκόσμιους περιορισμούς και οδηγίες που πρέπει να βασίζονται στη λειτουργία του MAS. Τα παραπάνω μοντέλα ανάλυσης χρησιμοποιούνται ως εισροές στη φάση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού.

Ειδικότερα, η αρχιτεκτονική φάση σχεδιασμού είναι υπεύθυνη για τον προσδιορισμό της πλέον κατάλληλης οργανωτικής δομής για το MAS. Ο ορισμός της οργανωτικής δομής πρέπει να συνυπολογίζει διάφορους παράγοντες, μεταξύ των οποίων η ανάγκη να αντικατοπτρίζεται κάπως η δομή του πραγματικού οργανισμού στη δομή του MAS, τα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος και τα πρότυπα πρόσβασης σε αυτό, η ανάγκη της απλούστευσης της θέσπισης των οργανωτικών κανόνων, της ανάγκης τήρησης οποιωνδήποτε αναγνωρισμένων μη λειτουργικών απαιτήσεων, καθώς και της προφανής ανάγκης να διατηρηθεί ο σχεδιασμός όσο το δυνατόν πιο απλός.

Μόλις προσδιοριστεί η καταλληλότερη οργανωτική δομή, έχουν τη δυνατότητα να οριστικοποιούν τα μοντέλα ρόλων και αλληλεπιδράσεων που προσδιορίστηκαν στη φάση ανάλυσης, να λαμβάνουν υπόψη όλες τις καινούργιες αλληλεπιδράσεις και πιθανός προσφάτους προσδιορισμένους ρόλους. Πέρα από τη φάση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, ο λεπτομερής σχεδιασμός περιλαμβάνει τον προσδιορισμό:

- (i) Ενός μοντέλου πράκτορα, δηλαδή του συνόλου των κατηγοριών πράκτορα στο MAS, υλοποιώντας τους καθορισμένους ρόλους και τις ειδικές περιπτώσεις αυτών των κατηγοριών.

- (ii) Ένα μοντέλο υπηρεσιών, που εκφράζει υπηρεσίες και πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης που πρέπει να παρέχονται μέσα στις τάξεις πράκτορα. Το αποτέλεσμα της φάσης σχεδιασμού θεωρείται ότι είναι κάτι που θα μπορούσε να εφαρμοστεί με τεχνολογικά ουδέτερο τρόπο (Cernuzzi & Zambonelli, 2005).

2.2.1 Παράγοντες που διευκολύνουν την προσαρμοστικότητα στη Gaia

Από τη σύντομη περιγραφή που έγινε προηγούμενος, η Gaia προβλέπει να διαχωρίσει ξεκάθαρα τη φάση ανάλυσης, όπου τα κεντρικά στοιχεία της προς την επίτευξη συστήματος συλλαμβάνονται και οργανώνονται, από τη φάση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, όπου όλα τα αποτελέσματα της ανάλυσης τίθενται σε λειτουργία και εντοπίζεται η καταλληλότερη οργανωτική δομή. Ο παραπάνω σαφής διαχωρισμός, μαζί με τη συγκεκριμένη διάρθρωση της φάσης ανάλυσης και των μοντέλων της, αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για τη διευκόλυνση των προσαρμοστικών αλλαγών. Το αποτέλεσμα της φάσης ανάλυσης στη Gaia είναι ξεκάθαρο, διαχωρίζοντας σαφώς τα βασικά χαρακτηριστικά και λειτουργικότητες των συστημάτων από τα χαρακτηριστικά του λειτουργικού περιβάλλοντος και από τυχόν πρόσθετους περιορισμούς ότι το MAS θα πρέπει να σέβεται δηλαδή, τους οργανωτικούς κανόνες. Αυτό συνεπάγεται ότι κάθε φορά που υπάρχουν περιστατικά που έχουν ανάγκη από επανεξέταση ορισμένων προδιαγραφών του MAS, ο σαφής διαχωρισμός των ανησυχιών των μοντέλων ανάλυσης Gaia είναι πιθανό να αποφύγει την παγκόσμια επανεξέταση ολόκληρης της ανάλυσης και, ανάλογα με τα είδη απρόβλεπτων ενδεχομένων, να προωθήσει έναν τοπικό συντονισμό ενός περιορισμένου συνόλου μοντέλων. Για παράδειγμα, κάποια λειτουργική αλλαγή στο "πώς" αναμένεται να επιτευχθεί μια υποεργασία θα επηρεάσει μόνο το προκαταρκτικό μοντέλο ρόλου. Κάποιες αλλαγές στους παγκόσμιους περιορισμούς που πρέπει να σέβεται το MAS συνεπάγονται μόνο αλλαγές στους οργανωτικούς κανόνες. Η διαμόρφωση για την καθυστέρηση της αναγνώρισης της οργανωτικής δομής στη φάση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού είναι επίσης ύψιστης σημασίας. Στην πραγματικότητα, περισσότερο από το αποτέλεσμα της ανάλυσης, είναι η επιλογή μιας συγκεκριμένης οργανωτικής δομής που είναι πιθανότερο να επηρεαστεί από απρόβλεπτες καταστάσεις. Εκτός από τη σωστή διάρθρωση των λειτουργικών απαιτήσεων της φάσης ανάλυσης, η επιλογή μιας συγκεκριμένης οργανωτικής δομής

πρέπει να λαμβάνει υπόψη και επηρεάζεται από μια σειρά μη λειτουργικών απαιτήσεων και από διάφορα χαρακτηριστικά του λειτουργικού περιβάλλοντος. Επομένως, κάθε φορά που οι απρόβλεπτες περιπτώσεις απαιτούν προσαρμοστικές αλλαγές στο MAS, είναι πολύ πιθανό ότι αυτά τα ενδεχόμενα θα απαιτήσουν μια νέα οργανωτική δομή, η οποία στη Gaia μπορεί να επιλεγεί χωρίς να επηρεάζει συνολικά το σχεδιασμό. Στην πραγματικότητα, το αποτέλεσμα της ανάλυσης της Gaia είναι ένα σύνολο προκαταρκτικών ρόλων και μοντέλων αλληλεπιδράσεων που δεν παρουσιάζουν εξαρτήσεις από μια συγκεκριμένη οργανωτική δομή. Στη φάση αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, αφού έχουν επιλέξει μια συγκεκριμένη οργανωτική δομή, μπορούν να οριστικοποιηθούν οι ρόλοι και τα μοντέλα αλληλεπίδρασης. Κατά συνέπεια, στους τελικούς ρόλους και στα μοντέλα αλληλεπίδρασης είναι δυνατόν να προσδιοριστούν σαφώς οι ρόλοι και οι αλληλεπιδράσεις που είναι εγγενείς των συστημάτων από αυτά που αντ' αυτού απορρέουν από την υιοθέτηση μιας συγκεκριμένης οργανωτικής δομής. Αποτέλεσμα αυτού, κάθε φορά που οι απρόβλεπτες περιπτώσεις απαιτούν μια νέα οργανωτική δομή, ο σχεδιαστής διευκολύνεται σαφώς στον προσδιορισμό των τμημάτων του συστήματος που απαιτούν κάποιο είδος ανασχεδιασμού και σε ένα ορισμένο τμήμα, αντίθετα, μπορεί να παραμείνει αμετάβλητο (Lind, 2001).

Έτσι, ακόμη και αν η Gaia δεν καθορίζει ακόμα συγκεκριμένες κατευθυντήριες γραμμές για προσαρμοστική συντήρηση, η δομή της διαδικασίας ανάπτυξης διευκολύνει κάπως τις προσαρμοστικές αλλαγές και επιτρέπει επίσης την αποτελεσματική επαναχρησιμοποίηση προηγούμενων εμπειριών και μοντέλων. Στην πραγματικότητα, ένας σχεδιαστής εμπειρογνομόνων μπορεί εύκολα να εφαρμόσει γνωστές οργανωτικές δομές και ενδεχομένως υποστηριζόμενες από τη διαθεσιμότητα καταλόγων οργανωτικών προτύπων στο πλαίσιο ενός συγκεκριμένου συστήματος, έτσι ώστε να είναι ευκολότερη η επιλογή και να προσδιοριστεί μια συγκεκριμένη οργανωτική δομή για ένα MAS, σε μια τέτοια περίπτωση ώστε να αναμορφωθεί εύκολα η οργανωτική δομή ενός υπάρχοντος συστήματος που έχει ανάγκη κάποια προσαρμογή (Cernuzzi & Zambonelli, 2005).

2.2.2 Το Σύστημα Διαχείρισης Συνεδρίων στη Gaia

Πιθανές υποοργανώσεις

Σε αυτό το σημείο, μπορούν να προσδιοριστούν με σαφήνεια τρεις ανεξάρτητοι συνδυασμοί, άσχετα από το μέγεθος της διάσκεψης. Ο πρώτος είναι ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για τη διαδικασία υποβολής, ο δεύτερος είναι ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για τη διαδικασία επανεξέτασης και ο τρίτος είναι ο οργανισμός που είναι υπεύθυνος για τη δημοσίευση της διαδικασίας. Υπάρχουν πράκτορες / ρόλοι που διαθέτουν συγκεκριμένες ικανότητες που συμμετέχουν σε ορισμένους οργανισμούς και όχι σε άλλους, ενώ άλλοι, όπως και η ηλεκτρονική καρέκλα, είναι πιθανό να συμμετάσχουν σε όλους τους οργανισμούς. Επομένως, αυτές οι τρεις διαδικασίες μπορούν να αντιμετωπιστούν με την ανάλυση τους ως τρία χωριστά MAS (Cernuzzi & Zambonelli 2005).

Προκαταρκτικό μοντέλο ρόλων

Κατά την οργάνωση της διαδικασίας επανεξέτασης, ανεξάρτητα από την οργανωτική δομή, υπάρχουν ορισμένοι σαφώς αναγνωρίσιμοι λειτουργικοί ρόλοι: ο ρόλος που διαχειρίζεται η επιλογή αναθεωρητών και η ανάθεση εγγράφων σε αυτές (ReviewCatcher), ο ρόλος της συμπλήρωσης των εντύπων επισκόπησης για τα ανατεθέντα έγγραφα, ο ρόλος είναι υπεύθυνος για τη συλλογή και την κατάταξη των κριτικών και του ρόλου της οριστικοποίησης του τεχνικού προγράμματος. Έτσι, η φάση ανάλυσης μπορεί να προσδιορίσει με σαφήνεια τα καθήκοντα και τη δομή αυτών των ρόλων, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε ενδεχόμενη επιλογή για την οργανωτική δομή, αλλά με βάση μόνο τις λειτουργικές προδιαγραφές. Σαφώς, ανάλογα με τις πραγματικές οργανωτικές δομές που επιλέχθηκαν για να χωρέσουν το μέγεθος της διάσκεψης, διάφοροι παράγοντες μπορούν να κληθούν να παίξουν τέτοιους ρόλους (Cernuzzi & Zambonelli 2005).

Προκαταρκτικό μοντέλο πρωτοκόλλων

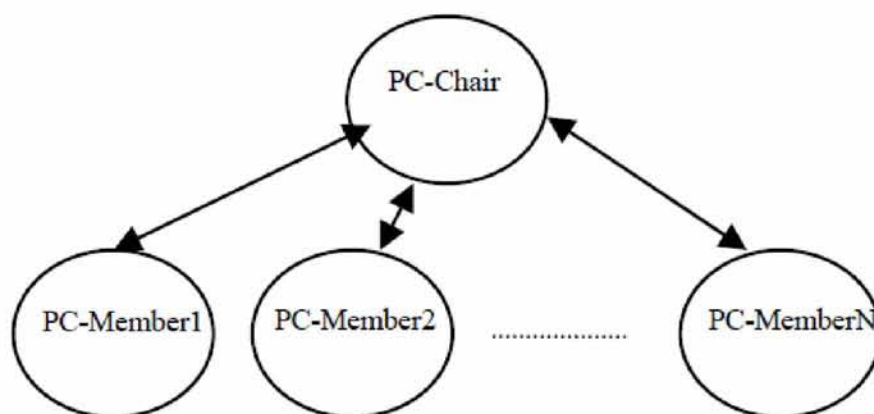
Όσον αφορά το μοντέλο των προκαταρκτικών ρόλων, ορισμένα προκαταρκτικά πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης μπορεί να προσδιορίζονται ανεξάρτητα από το μέγεθος της διάσκεψης. Ωστόσο, έως ότου οριστεί η οργανωτική δομή, ορισμένα από τα πρωτόκολλα μπορούν να παραμείνουν επικαλυμμένα για παράδειγμα χωρίς σαφώς προσδιορισμένους ρόλους ή πλήρως άγνωστοι.

2.2.3 Οργανωτικοί κανόνες

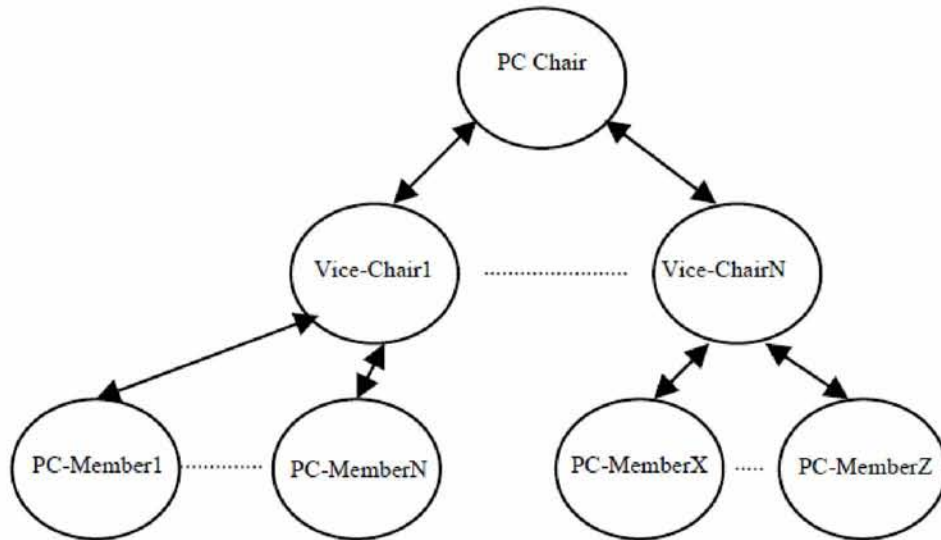
Οι κανόνες οργανώσεως στα συστήματα διαχείρισης συνεδρίων ενδέχεται να υπαγορεύουν περιορισμούς σχετικά με το ποιος μπορεί να ελέγξει ποια έγγραφα και τον τρόπο με τον οποίο πρέπει να προχωρήσει η διαδικασία επανεξέτασης δηλαδή, έχοντας τουλάχιστον τρεις αναθεωρήσεις από τρία διαφορετικά κριτήρια για κάθε δημοσίευση. Και πάλι, τέτοιοι κανόνες τυπικά εκφράζουν περιορισμούς οι οποίοι είναι ως επί το πλείστον ανεξάρτητοι από οποιονδήποτε συγκεκριμένο εσωτερικό ορισμό ρόλων και από οποιαδήποτε συγκεκριμένη οργανωτική δομή, δηλαδή οι παραπάνω κανόνες πρέπει να ισχύουν τόσο για ένα μικρό όσο και για ένα μεγάλο συνέδριο (Padgham & Winikoff, 2002).

Σε αυτή την εφαρμογή, το περιβαλλοντικό μοντέλο απλά μειώνεται σε ένα εικονικό υπολογιστικό περιβάλλον PDF εγγράφων που ενδεχομένως είναι εμπλουτισμένο με σημασιολογικές περιγραφές XML και μορφές επανεξέτασης txt.

Σχήμα 3. Η δομή του οργανισμού ανασκόπησης για μια μικρή διάσκεψη



Σχήμα 4. Η δομή του οργανισμού ανασκόπησης για μια μεγάλη διάσκεψη



Επιλογή της Οργανωτικής Δομής

Η οργανωτική δομή είναι η πτυχή του συστήματος που είναι πιθανότερο να επηρεαστεί από το μέγεθος της διάσκεψης. Αν υποθέσουμε πρώτα ότι οι διοργανωτές του συνεδρίου αναμένουν περιορισμένο αριθμό υποβολών και στη συνέχεια αποφασίζουν να οργανώσουν τη διαδικασία αναθεώρησης γύρω από μια απλή ιεραρχία. Το PC-Chair παίζει τον ρόλο του Review Catcher και διανέμει τις δημοσιεύσεις μεταξύ των μελών του υπολογιστή, τα οποία απλώς παίζουν ρόλο αναθεωρητών. Τα PC-μέλη, τελικά στέλνουν ανασκοπήσεις στον κεντρικό υπολογιστή, ο οποίος επομένως παίζει επίσης τον ρόλο του Review Collector. Με βάση αυτό, οι προκαταρκτικοί ρόλοι που εντοπίστηκαν στην ανάλυση είναι ήδη επαρκείς και μπορούν απλά να οργανωθούν (μέσω κατάλληλης ολοκλήρωσης του μοντέλου των αλληλεπιδράσεων) σε μια ιεραρχία. Τώρα ας εξετάσουμε την περίπτωση που ο αριθμός των υποβολών είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αναμενόμενο. Σε αυτό το σημείο, οι διοργανωτές του συνεδρίου μπορούν να αποφασίσουν να υιοθετήσουν μια διαφορετική δομή, δηλ. μια ιεραρχία πολλαπλών επιπέδων, υποδηλώνοντας κάποια αλλαγή και στο υποκείμενο MAS που υποστηρίζει τη διαδικασία. Η πολυεπίπεδη ιεραρχία θα μπορούσε να οργανωθεί ως εξής. Το βασικό PC θα πρέπει να διαδραματίσει έναν νέο ρόλο που δεν είχε εντοπιστεί του Review Partitioner, να χωρίζει τις δημοσιεύσεις "ανά περιοχή" και να διανέμει κάθε διαμέρισμα σε ειδικά διορισμένους αντιπροέδρους, κάθε ένας από τους οποίους είναι

υπεύθυνος για το χειρισμό εγγράφων στον τομέα αρμοδιότητάς του. Αυτοί οι αντιπρόεδροι πρέπει να ενεργούν ως Review Catcher για τα καταναμημένα τμήματα τους, προσλαμβάνοντας μέλη PC ως αναθεωρητές.

Οι αντιπρόεδροι παίζουν επίσης ως Review Collector για το διαχωρισμό τους και το ίδιο κάνουν και ο πρόεδρος του PC για το σύνολο των κριτικών. Τώρα, τι θα πρέπει να κάνει ένας σχεδιαστής αν αναγκαστεί να μεταβεί από το σχέδιο "μικρών συνεδρίων" στο σχέδιο "μεγάλης διάσκεψης"; Λόγω της σπονδυλωτής μορφής των μοντέλων Gaia και του σαφούς διαχωρισμού από τη φάση της ανάλυσης και του αρχιτεκτονικού σχεδιασμού, ο σχεδιαστής μπορεί εύκολα να επαναχρησιμοποιήσει όλα τα μοντέλα της ανάλυσης που είχαν προσδιοριστεί προηγουμένως, επαναπροσδιορίζοντάς στις υπο-ιεραρχίες των υπό-βασικών PC και εισάγοντας το νέο ρόλο του "ReviewPartitioner" για να προσδιοριστεί το ανώτερο επίπεδο της ιεραρχίας (Cernuzzi & Zambonelli 2005).

Λεπτομερές σχέδιο

Είναι σαφές ότι ο λεπτομερής σχεδιασμός των πρακτόρων και των υπηρεσιών δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από την ειδική οργανωτική δομή, όσον αφορά τους "εγγενείς" ρόλους και τις αλληλεπιδράσεις. Όσον αφορά τους πρόσθετους ρόλους και τις αλληλεπιδράσεις που εισάγονται λόγω μιας συγκεκριμένης οργανωτικής δομής, για παράδειγμα ο ρόλος του αναθεωρητή, είναι πολύ πιθανό να είναι ρόλοι και αλληλεπιδράσεις που επαναλαμβάνονται ξανά και ξανά στο σχεδιασμό των οργανισμών MAS, καθιστώντας έτσι πιθανό για τους σχεδιαστές να ξαναχρησιμοποιούν παρελθοντική εμπειρία από τον κατάλογο των οργανωτικών δειγμάτων MAS (Cernuzzi & Zambonelli 2005).

2.3 Σύγκριση GAIA – ODAM

Οι υπάρχουσες AOSE μεθοδολογίες για πολυπρακτορικά συστήματα, μπορούν να διακριθούν σε δύο βασικές κατηγορίες. Στην πρώτη, υπάρχει μια μεθοδολογία που αρχικά προσπαθεί να δημιουργήσει μια σημειολογία και ένα λεξιλόγιο για να αντιμετωπίσει κάποια συγκεκριμένα στάδια ανάπτυξης. Στο δεύτερη, η σημειολογία και το λεξιλόγιο κατανέμονται σε ένα εργαλείο που επιτρέπει τη μετάβαση από την ανάλυση και το σχεδιασμό στην υλοποίηση.

Στην πρώτη ομάδα, υπάρχουν έργα που παρουσιάστηκαν ως μεθοδολογίες πριν πολλά χρόνια, αλλά θα έπρεπε να εισαχθούν με μεγαλύτερη ακρίβεια ως μέθοδοι συγκεκριμένης φάσης. Τέτοια είναι η περίπτωση της GAIA, η οποία αναφέρεται σε μεγάλο βαθμό και θεωρείται ευρέως ως μέθοδος προσανατολισμένου πράκτορα (agent-oriented). Παρέχει μια σημειολογία και ένα λεξιλόγιο, αλλά επικεντρώνεται στις δραστηριότητες ανάλυσης και σχεδιασμού. Επίσης, η GAIA δεν καθιστά τη δομή του πολυπρακτορικού συστηματική και πειθαρχημένη, καθώς καλύπτει μόνο ένα μέρος του κύκλου ζωής. Ως εκ τούτου, είναι πιο λογικό να μιλάμε για τη μέθοδο ανάλυσης προσανατολισμένου πράκτορα GAIA και τη μέθοδο σχεδιασμού προσανατολισμένου πράκτορα GAIA, καθώς αυτές είναι οι φάσεις του κύκλου ζωής του λογισμικού που είναι δομημένες.

Η Gaia (Zambonelli et al., 2003, Wooldridge et al., 2000) έχει σχεδιαστεί για να μοντελοποιεί και να αναπαριστά ρητά τις κοινωνικές πτυχές των ανοιχτών συστημάτων πρακτόρων, με ιδιαίτερη προσοχή στους κοινωνικούς στόχους, τα κοινωνικές εργασίες ή τους οργανωτικούς κανόνες. Η κεντρική ιδέα της Gaia είναι ο τύπος του πράκτορα, ο οποίος είναι μέρος ενός Οργανισμού, συνεργάζεται με άλλους τύπους πρακτόρων, παρέχει υπηρεσίες και παίζει αρκετούς ρόλους. Επιπλέον, ένας ρόλος αναφέρεται σε ενέργειες. Οι ρόλοι του Μύστη και του Συμμετέχων αναπτύσσουν μια ειδική επικοινωνία που καθορίζει ένα πρωτόκολλο.

Σε αντιδιαστολή με τη GAIA, η μεθοδολογία ODAM αποτελεί μια συστηματική προσέγγιση για την ανάπτυξη αυτοπροσαρμοστικού πολυπρακτορικού συστήματος. Μέσω της ODAM γίνεται η ανάλυση και ο σχεδιασμός του αυτοπροσαρμοστικού πολυπρακτορικού συστήματος και ο αυτο-προσαρμοστικός μηχανισμός περιγράφεται με το μοντέλο μετάβασης ρόλων.

Τα βασικά γνωρίσματα της ODAM που την κάνουν να ξεχωρίζει από την GAIA είναι (Cernuzzi & Zambonelli, 2006), (Ferber & Gutknecht, 1998), (Zambonelli, Jennings & Wooldridge, 2003), (Odell, Nodine & Levy, 2005): Τα περιβάλλοντα των πρακτόρων διαμορφώνονται ρητά και εξετάζονται σε μοντέλο συμπεριφοράς ρόλων, προκειμένου να διερευνηθούν οι προσαρμοστικοί πράκτορες. Ο μηχανισμός δυναμικής δέσμευσης παρουσιάζεται για να ερμηνεύσει και να αναλύσει τις προσαρμοστικές συμπεριφορές των πρακτόρων. Ο μηχανισμός επιτρέπει στον πράκτορα να αλλάζει τους ρόλους του προκειμένου να προσαρμοστεί στις μεταβολές του περιβάλλοντος και του πλαισίου οργάνωσης. Προσφέρει ακόμα τη δυνατότητα στον πράκτορα να αλλάξει την κατάσταση των ρόλων στους οποίους έχει

δεσμευτεί. Ένας τέτοιος μηχανισμός μπορεί να λειτουργήσει ως βάση για μετα-μοντέλο προσανατολισμένου πράκτορα και γλώσσα μοντελοποίησης για προσαρμοστικό πολυπρακτορικό σύστημα. Επίσης το μετα-μοντέλο του ODAM που στηρίζεται στην οργανωτική αφαίρεση και στο μηχανισμό δυναμικής δέσμευσης, είναι υψηλού επιπέδου και υποστηρίζει τη φυσική μοντελοποίηση. Ιδιαίτερα, υπάρχει το μοντέλο μετάβασης ρόλων, για να καθορίζεται πώς οι πράκτορες εξελίσσονται και υιοθετούν αλλαγές στο κύκλο ζωής τους. Τέλος το ODAM εισάγει την προσέγγιση MDA και την επαναλαμβανόμενη ανάπτυξη. Τα μοντέλα που στηρίζονται σε αφαίρεση οργανώσεων χαρακτηρίζονται ως ανεξάρτητα από την πλατφόρμα μοντέλα (Platform Independent Model - PIM) και τα λεπτομερή μοντέλα σχεδιασμού θεωρούνται μοντέλα ανεξάρτητα από την πλατφόρμα. Το κενό μεταξύ τους γεφυρώνεται με μετασχηματισμό μοντέλου (Xinjun & Ji, 2007).

Ένα από τα κύρια προβλήματα της GAIA είναι ότι καλύπτει τις φάσεις ανάλυσης και σχεδιασμού της ανάπτυξης του πολυπρακτορικού, αλλά δεν εξετάζει τη φάση υλοποίησης, δηλ. δεν επιλύει πλήρως το πώς θα επιτύχει την απόδοση του μοντέλου από το σχεδιασμό του συστήματος σε μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Έτσι, ο μηχανικός αναγκάζεται είτε να επιλέξει με κάποιο τρόπο μία από τις υπάρχουσες πλατφόρμες πρακτόρων για να υλοποιήσει το σχεδιασμό προσανατολισμένων πρακτόρων ή τη χρήση μιας συγκεκριμένης πλατφόρμας πρακτόρων, επειδή είναι η μόνη που υποστηρίζεται από τη μεθοδολογία σχεδίασης και η οποία απαιτεί εξειδικευμένες προγραμματιστικές δεξιότητες.

Εκτός αυτού, αυτή η διαδικασία μετασχηματισμού πρέπει να ορίζεται επιτούτου σε κάθε μία περίπτωση, για κάθε μεθοδολογία και για κάθε πλατφόρμα πράκτορα. Έτσι, κάθε προγραμματιστής πρέπει να καθορίσει και να εφαρμόσει τις αντιστοιχίσεις και μετασχηματισμούς από το σχεδιασμό που παράγεται από την επιλεγμένη μεθοδολογία προσανατολισμένων πρακτόρων, στα API (Application programming interface) που παρέχει η συγκεκριμένη πλατφόρμα, χωρίς κατεύθυνση ή βοήθεια.

Αυτή η ατέλεια όμως μπορεί να βελτιωθεί με μια model-driven προσέγγιση. Η ODAM προσπαθεί να καλύψει τον πλήρη κύκλο ζωής των συστημάτων λογισμικού, επιτρέποντας τον ορισμό των μοντέλων εφαρμογής και δεδομένων, τα οποία επιτρέπουν μακροπρόθεσμη ευελιξία στην εφαρμογή, ολοκλήρωση, συντήρηση, δοκιμή και προσομοίωση. Ορίζονται μοντέλα ανεξάρτητα από την πλατφόρμα (PIM), μοντέλα συγκεκριμένης πλατφόρμας (PSM) και μετασχηματισμοί μεταξύ τους.

Καμία από τις υπάρχουσες μεθοδολογίες δεν μπορεί να θεωρηθεί τέλεια. Πρέπει να χρησιμοποιούνται ξανά και ξανά και αυτό σίγουρα θα εξελίξει τις τρέχουσες μεθοδολογίες. Η εξέλιξη αυτή θα οδηγήσει κατά πάσα πιθανότητα στην αντιμετώπιση νέων αναπτυξιακών δραστηριοτήτων αυξάνοντας το πεδίο εφαρμογής της μεθοδολογίας, στη γενική βελτίωση υποστηρικτικών εργαλείων και στην αύξηση του αριθμού των εξελίξεων που αξιοποιούν τις δυνατότητες κάθε μεθοδολογίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Την περασμένη δεκαετία, με την προσοχή στραμμένη στους προσανατολιζόμενους πράκτορες και την αποδοχή που είχαν ως κάτι καινοτόμο στη μηχανική λογισμικού, έγιναν πολλές προσπάθειες και πρόοδοι στο πεδίο της AOSE. Ωστόσο, εξακολουθεί να είναι πρόβλημα η εφαρμογή τεχνολογίας πρακτόρων για την ανάπτυξη πολύπλοκων αυτο-προσαρμοστικών MAS. Η έλλειψη αποτελεσματικών και εύχρηστων γλωσσών (για προσανατολισμένους πράκτορες) και υποστηριζόμενων πλατφορμών, παρεμποδίζει την καθολική αποδοχή και υιοθέτηση της στη βιομηχανία. Οι περισσότερες από τις υπάρχουσες προσεγγίσεις βασίζονται σε οργανωτικές αφαιρέσεις μοντέλων συστημάτων και σε αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού για την κατασκευή συστημάτων, γεγονός που αφήνει ένα μεγάλο χάσμα μεταξύ μοντέλων υψηλού επιπέδου και εφαρμογής χαμηλού επιπέδου.

Τα τελευταία χρόνια, υπάρχουν πολλές τεχνολογίες λογισμικού που απεδείχθησαν αποτελεσματικές για την αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας και τη βελτίωση της ποιότητας και της αποτελεσματικότητας της ανάπτυξης, όπως η μεθοδολογία GAIA. Για να ολοκληρωθεί η μηχανική λογισμικού προσανατολισμένων πρακτόρων σε αυτές τις τεχνολογίες λογισμικού, είναι σημαντικό να γίνει η AOSE πιο αποδεκτή και χρησιμοποιήσιμη και να εμπλουτιστεί το δυναμικό της για την υποστήριξη της ανάπτυξης πολύπλοκων συστημάτων. Το MDA, όπως η ODAM, θεωρεί μοντέλα ως τα κύρια αντικείμενα της μηχανικής λογισμικού και της ανάπτυξης λογισμικού ως μια σειρά από μετασχηματισμούς μοντέλων. Η επαναχρησιμοποίηση των μοντέλων και των αντιστοιχίσεων μεταξύ των μοντέλων μπορεί να βελτιώσει αποτελεσματικά την ποιότητα και την αποδοτικότητα της ανάπτυξης λογισμικού, η οποία αποδείχθηκε στην αντικειμενοστραφή τεχνολογία λογισμικού (Object Oriented Software Engineering, OOSE – πριν την AOSE).

Γενικά μια μεθοδολογία στοχεύει στο να αυξήσει τις πιθανότητες επιτυχούς κατασκευής του συστήματος. Κατά συνέπεια, πρέπει να εφαρμοστεί και να αξιολογηθεί μια μεθοδολογία. Προφανώς, η ενσωμάτωση αποτελεσματικής και επιτυχημένης τεχνολογίας λογισμικού (όπως επαναχρησιμοποίηση λογισμικού, model-driven ανάπτυξη, επαναληπτική ανάπτυξη) με τεχνολογίες πρακτόρων, είναι σημαντική για την μηχανική λογισμικού προσανατολισμένων πρακτόρων και είναι ευρέως αποδεκτή από τους επαγγελματίες και χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bresciani P., Perini A., Giorgini P., Giunchiglia F., and Mylopoulos J. (2001). A Knowledge Level Software Engineering Methodology for Agent Oriented Programming. In: Proceedings of the 5th International Conference on Autonomous Agents. ACM Press, Montreal (Canada), 648-655
- Cernuzzi L. & Zambonelli F.,(2005). Dealing with Adaptive Multi-Agent Organizations in the Gaia Methodology.
- Cernuzzi L., Zambonelli F.(2006). Dealing with adaptive multi-agent organizations in the gaia methodology. In: Müller, J.P., Zambonelli, F. (eds.) AOSE 2005. LNCS, vol. 3950, pp. 109–123. Springer, Heidelberg
- Franklin S. & Graesser A., (1997), Is it an agent, or just a program? In Intelligent Agents III, LNAI Volume 1193, pp. 21-36, Springer, Berlin.
- Ferber, J., Gutknecht, O. (1998). A meta-model for the analysis and design of Organizations in MASs. In: Proc. Of ICMAS, pp. 128–135
- Juan, T., Sterling, L. (2003). A Meta-model for Intelligent Adaptive MASs in Open Environments. In: Proc. Of AAMAS, pp. 1024–1025
- Intelligent Agents. Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems - AAMAS '02, Third International Workshop on Agent-Oriented Software Engineering AOSE-2002, July 15, 2002, Bologna (Italy), (2002) 135-146
- Lind J., (2001). Iterative Software Engineering for Multiagent Systems, the MASSIVE Method. Springer Verlag, New York, Secaucus, NJ, USA Padgham, L. and Winikoff, M. (2002). Prometheus: A Methodology for Developing
- Luck, M., McBurney, P., Shehory, O., Willmott, S.(2005). Agent Technology: Computing as Interaction (A Roadmap for Agent Based Computing), AgentLink.
- Mao, X., Yu, E.(2005). Organizational and social concepts in agent oriented software engineering. In: Odell, J.J., Giorgini, P., Müller, J.P. (eds.) AOSE 2004. LNCS, vol. 3382, pp. 1– 15. Springer, Heidelberg.
- Odell, J.J., Nodine, M., Levy, R. (2005). A metamodel for agents, roles, and groups. In: Odell, J.J., Giorgini, P., Müller, J.P. (eds.) AOSE 2004. LNCS, vol. 3382, pp. 78–92. Springer, Heidelberg.
- Wooldridge & Jennings (1995). M. Wooldridge, N. R. Jennings (1995), Intelligent

- Agents: Theory & Practice. The Knowledge Engineering Review, 10(2), pp. 115-152.
- Wooldridge M. (2002), An introduction to multi-agent systems, John Wiley & Sons
- Wooldridge M. (2008). The computational complexity of agent design problem, In Proceedings of the 4th International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS-2000), Boston, MA, pp.341-348
- Xinjun M. & Ji W.,(2007). Engineering Adaptive Multi-Agent Systems with ODAM Methodology, Conference Paper · November 2007 DOI: 10.1007/978-3-642-01639-4_34 · Source: DBLP
- Zambonelli F. Van Dyke Parunak H.(2003). Towards a paradigm change in computer science and software engineering: a synthesis. The Knowledge Engineering Review 18(4), 329– 342.
- Zambonelli, F. and Omicini, A.(2004). Challenges and Research Directions in Agent-Oriented Software Engineering. Journal of Autonomous Agents and Multiagent Systems, vol. 9, No. 3, Kluwer Academic Publishers,253-283.

Ηλεκτρονικές πηγές.

- http://repfiles.kallipos.gr/html_books/93/06a-main.html, Ανάκτηση:8/09/19