



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ



ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΣΧΟΛΗ ΕΥΕΛΠΙΔΩΝ

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΥ ΕΤΟΥΣ 2017-18

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Τμήμα Στρατιωτικών Επιστημών

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ

Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗ ΕΡΕΥΝΑ & ΑΝΑΛΥΣΗ

(ΠΔ 97 /2015 /ΦΕΚ 163Α'/20.08.2014)

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΔΙΑΛΟΓΟΥ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ

Δρόσος Ε. Κατσαβέλης
(drosos_dk@hotmail.com)

A.M. 2018018021

Στρατιωτική Σχολή Ευελπίδων/Πολυτεχνείο
Κρήτης, Αθήνα, GR

14 Δεκεμβρίου 2020

Η Μεταπτυχιακή Διατριβή του Κατσαβέλη Δρόσου εγκρίνεται:

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής Ματσατσίνης Νικόλαος (Επιβλέπων) .Matsatsinis Nikolaos

Digitally signed by
Nikolaos Matsatsinis
Date: 2021.02.10
17:09:12 +02'00'

Καθηγητής Δάρας Νικόλαος ,



Καθηγητής Παπαδάκης Νικόλαος , Νικόλαος Παπαδάκης

Αφιερώνω την εργασία αυτή στην οικογένεια μου, για την αμέριστη
στήριξη τους κατά τη σύνταξη αυτής, και στον υπεύθυνο καθηγητή κ.
Ματσατσίνη Νικόλαο, για το μοναδικό ενδιαφέρον και την καθοδήγησή
του.

***Εν μόνον αγαθόν είναι, την επιστήμην, και
εν μόνον κακόν, την αμαθίαν.***

Σωκράτης (469 π.Χ.-399 π.Χ)

ΣΕΛΙΔΑ ΣΚΟΠΙΜΑ ΚΕΝΗ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

| | |
|---|--------|
| 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ | σελ:9 |
| 2. ΥΠΟΒΑΘΡΟ | σελ:12 |
| 2.1 ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΡΑΚΤΟΡΑ | σελ:12 |
| 2.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ | σελ:16 |
| 2.3 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ | σελ:20 |
| 2.3.1 ΔΙΑΠΡΑΓΜΑΤΕΥΣΗ | σελ:20 |
| 2.3.2 ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ | σελ:21 |
| 2.3.3 ΣΥΝΤΟΝΙΣΜΟΣ | σελ:22 |
| 2.4 ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΠΡΑΚΤΟΡΩΝ | σελ:23 |
| 2.5 ΓΛΩΣΣΕΣ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ | σελ:24 |
| 2.6 ΔΙΑΛΟΓΟΣ | σελ:30 |
| 3. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ | σελ:42 |
| 3.1 ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ | σελ:42 |
| 3.2 ΕΠΑΝΕΝΑΡΞΗ ΔΙΑΛΟΓΩΝ | σελ:44 |

3.3 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΔΙΑΛΟΓΟΥ ΚΑΙ ΓΡΑΦΙΚΗ
ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ

σελ:46

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

σελ:51

5. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

σελ:52

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

σελ:57

Περίληψη

Τα συστήματα διαλόγου προσπαθούν να συλλάβουν πτυχές της επικοινωνίας πολλαπλών πρακτόρων, με σκοπό την κατανόηση, βελτίωση, αυτοματοποίηση και παράλληλα την αναδημιουργία της επικοινωνίας αυτής. Αν και υπάρχει πλήθος ερευνών για τις επίσημες πτυχές των συστημάτων διαλόγου που αφορούν την επιχειρηματολογία, οι έρευνες λογισμικού και εργαλείων ανάπτυξης που ενισχύουν την ανάπτυξη διαλόγων ανοιχτού τύπου και πολλαπλών πρακτόρων είναι ελάχιστες. Επεξηγείται, λοιπόν, το πρώτο βήμα προς ένα αναπτυξιακό πλαίσιο για ένα ανοιχτό σύστημα πολλαπλών πρακτόρων στο οποίο οι διάφοροι πράκτορες μπορούν να συμμετάσχουν σε debate ή διαλόγους επιχειρηματολογίας τύπου peer-to-peer.

Επιπλέον, περιγράφεται μια γλώσσα επικοινωνίας πρακτόρων, η οποία ξεχωρίζει τον διάλογο πρακτόρων από κάθε ειδική τεχνολογία λογισμού. Αυτή η γλώσσα έχει σκοπό να αποδώσει έναν ικανοποιητικό αριθμό ικανοτήτων μετάδοσης πληροφοριών και γνώσεων σε σχέση με το θεωρητικό μοντέλο, που μελετά την επικοινωνία πρακτόρων, πάνω στο οποίο βασίστηκε η γλώσσα FIPA-ACL. Η γλώσσα επικοινωνίας εκφράζει το διάλογο μεταξύ πρακτόρων, μέσω της χρήσης πρωτοκόλλων, και έχει σκοπό να αποτελέσει μια ανεξάρτητη τεχνολογία μετάδοσης μηνυμάτων. Παρουσιάζονται σε αυτή την εργασία, τα χαρακτηριστικά αυτής της γλώσσας επικοινωνίας, καθώς και η έννοια της λειτουργίας της, η οποία καθορίζει την εκτέλεσή της. Το ειδικό-ξεχωριστό γνώρισμα αυτής της γλώσσας ανάγεται στη διαδικασία λογισμού και έτσι δημιουργεί ένα στιβαρό μηχανισμό για την επαλήθευση των πρωτοκόλλων πρακτόρων.

1. Εισαγωγή

Αρχικά, για λόγους ορθού νοήματος, ο όρος agent της βιβλιογραφίας, έχει αποδοθεί στην ελληνική με τον όρο πράκτορας, όπως δηλαδή είναι η ακριβής μετάφραση (Ματσατσίνης et al., 2005). Στη σύγχρονη εποχή, ο όρος πράκτορας χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε διάφορα ερευνητικά πεδία, κυρίως στα πεδία της επιστήμης υπολογιστών και της τεχνητής νοημοσύνης. Παρουσιάζεται, λοιπόν, ένα γενικό πλαίσιο περί της έκφρασης διαλόγων επιχειρηματολογίας σε ανοιχτά συστήματα πολλαπλών πρακτόρων (Testerink and Bex, 2017).

Μια κινητήριος δύναμη της μελέτης είναι ο στόχος να αναπτυχθούν συστήματα διαλόγου πιο προσιτά, με αποτέλεσμα την αύξηση και ακολούθως την ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων σε ρεαλιστικές συνθήκες εκτεταμένων διαστάσεων. Για παράδειγμα, αναγάγουμε την ανάπτυξη ενός πρωτότυπου συστήματος πολλαπλών πρακτόρων για την Ολλανδική Αστυνομία (Bex et al., 2016), όπου διάφοροι πράκτορες συνεργάζονται για να δημιουργήσουν μια υπόθεση σχετικά με τη διαδικτυακή απάτη (π.χ. απατεώνες στο Amazon ή ψεύτικα ιστοσελίδες πωλήσεων). Θα συμπεριληφθούν πράκτορες που αλληλεπιδρούν με ανθρώπους (ενάγων, εξετάζων όργανο), πράκτορες που ανταλλάσσουν πληροφορίες με εξωτερικές υπηρεσίες (εφορία, πολυκαταστήματα) και πράκτορες που συνδυάζουν τις

πληροφορίες που προέρχονται από αυτές τις διαφορετικές πηγές και παράγουν το δικό τους πόρισμα.

Επιπλέον, οι πράκτορες χρησιμοποιούν την peer-to-peer επικοινωνία, δηλαδή δεν υπάρχει κάποιο middleware(ενδιάμεσο λογισμικό) ή κάποιος ορισμένος «διαιτητής» που να ελέγχει την επικοινωνία. Έχει επιλεγθεί αυτό το προσιτό, ανοιχτό σύστημα πρακτόρων, επειδή αφ' ενός η αστυνομία λειτουργεί με αυστηρές πολιτικές απορρήτου, οι οποίες απαγορεύουν τη συγκέντρωση και ανάλυση δεδομένων και αφ' ετέρου το σύνολο των συμμετεχόντων στο σύστημα είναι για εμάς άγνωστο (για παράδειγμα, τα φυσικά πρόσωπα που εκφράζουν αντιρρήσεις στο Διαδίκτυο είναι άγνωστα).

Ως κύρια τεχνική συλλογισμού χρησιμοποιείται η επιχειρηματολογία (Bench-Capon and Dunne, 2007), η οποία ταιριάζει στη νομική διάσταση των υποθέσεων εμπορικής απάτης και έχει προσθέσει επιπλέον τη δυνατότητα να γίνονται συζητήσεις με περισσότερη διαφάνεια μεταξύ των χρηστών-πρακτόρων. Η επικοινωνία μεταξύ των πρακτόρων ελέγχεται επομένως από πρωτόκολλα διαλόγων επιχειρηματολογίας, τα οποία έχουν τη δυνατότητα να καθορίσουν τη νομιμότητα ενός μηνύματος μεταξύ δύο πρακτόρων στο πλαίσιο του διαλόγου τη δεδομένη χρονική στιγμή.

Επίσης, στο άρθρο των Testerink and Bex (Testerink and Bex, 2017) παρουσιάζεται η επίσημη βάση προδιαγραφών της peer-to-peer επιχειρηματολογίας με βάση συγκεκριμένες πλατφόρμες που ονομάζονται πρότυπα διαλόγου (Bex and Reed, 2012). Σε αυτή την εργασία παρουσιάζεται μια πρακτική εφαρμογή αυτής της αρχής που είναι η ανάπτυξη ενός πλαισίου που υποστηρίζει πρωτόκολλα προγραμματισμού και πρωτόκολλα

διερμηνίας. Το πλαίσιο αυτό προϋποθέτει εμπειρία επί της γλώσσας προγραμματισμού JAVA. Οι πράκτορες που χρησιμοποιούν τους μηχανισμούς αυτούς έχουν πρόσβαση στα ισχύοντα δεδομένα του διαλόγου σύμφωνα με το πρωτόκολλο και με βάση τα εισερχόμενα και εξερχόμενα μηνύματα. Η προβολή του διαλόγου αυτού μπορεί να προβληθεί ως αντικείμενο JSON, έτσι ώστε η λογική της απόφασης σχετικά με το τι πρέπει να γίνει σε αυτή την προβολή (δηλ. να καθορισθεί εάν θα εκφωνηθεί μια προειδοποίηση και αν ναι, ποια θα είναι η επόμενη ενέργεια που θα εκτελεστεί), να μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλη γλώσσα επικοινωνίας, αν απαιτείται.

Το πλαίσιο είναι ανοιχτού κώδικα και ενισχύει, την ανάπτυξη συστημάτων διαλόγου επιχειρηματολογίας ή μπορεί να χρησιμεύσει ως παράδειγμα σε άλλους συντάκτες-προγραμματιστές. Σε αυτήν την επίδειξη παρουσιάζονται τέσσερις κύριες συνιστώσες: **1)** η ικανότητα ανάπτυξης πρωτοκόλλων, **2)** ο αριθμός των πρακτόρων που ερμηνεύουν ένα πρωτόκολλο, το οποίο καθορίζει το νομικό πλαίσιο των μηνυμάτων και την ερμηνεία τους, **3)** ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων και **4)** η γραφική απεικόνιση της άποψης ενός πράκτορα σε διάλογο, δεδομένου του πρωτοκόλλου συστήματος πολλαπλών πρακτόρων.

Στην Ενότητα 2 αναλύεται η σχετική ορολογία περί των πρακτόρων, των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, των γλωσσών επικοινωνίας πρακτόρων και των διαλόγων μεταξύ πρακτόρων, με σκοπό την κατανόηση της δοκιμής, μαζί με ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου.

Το τμήμα 3.1 περιγράφει την προσέγγιση της εφαρμογής

πρωτοκόλλων. Το τμήμα 3.2 περιγράφει τη λειτουργία του προγράμματος ανάγνωσης ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων για την αναπαράσταση του διαλόγου. Τέλος, το τμήμα 3.3 επικεντρώνεται στο σενάριο του παραδείγματος ενός διαφορετικού συστήματος πολλαπλών πρακτόρων και στην απεικόνισή του.

Η ενότητα 4 επικεντρώνεται στα ατομικά συμπεράσματα. Στον επίλογο, αναφέρεται κυρίως στη σχετική και μελλοντική εργασία, κάποια επιπλέον συμπεράσματα και ακολούθως ολοκληρώνεται το άρθρο.

2. Υπόβαθρο

2.1. Έννοια του πράκτορα

Καταρχάς, προκειμένου να γίνει κατανοητή η έννοια των διαλόγων πολλαπλών πρακτόρων, απαιτείται να οριστεί τι είναι ο πράκτορας.

Λόγω της πρόσφατης ανάπτυξης του τομέα της τεχνητής νοημοσύνης, δεν παρουσιάζεται διεθνώς κάποιος κοινά αποδεκτός ορισμός για τον όρο πράκτορας. Για τον προσδιορισμό, ωστόσο, του αντικειμενικού σκοπού της έννοιας, παρατίθεται ο εξής ορισμός των Wooldridge και Jennings (2000): «Ένας πράκτορας είναι ένα υπολογιστικό σύστημα που είναι εγκατεστημένο σε

κάποιο περιβάλλον και έχει την ικανότητα αυτόνομης δράσης στο περιβάλλον προκειμένου να ανταποκριθεί στους σκοπούς σχεδίασής του».

Επιπλέον, το σύνολο των χαρακτηριστικών που περιγράφουν ή κατέχει ένας πράκτορας έχει διαφορετική αξία για κάθε επιστημονικό τομέα. Για παράδειγμα, η διαπραγματευτική ικανότητα ενός πράκτορα ενδέχεται να είναι σημαντική σε μία εφαρμογή εμπορικής συναλλαγής, ενώ σε κάποια εφαρμογή διαφορετικής φύσεως μπορεί να είναι ασήμαντη. Ακόμη, η έννοια της αυτονομίας σχετίζεται άμεσα με αυτή του πράκτορα. Συγκεκριμένα, σε κάθε περίπτωση εξετάζεται το κατά πόσο ο πράκτορας μπορεί να επηρεάσει και να ελέγξει το πεδίο στο οποίο ανήκει.

Ως επί το πλείστον ο πράκτορας δεν έχει τον απόλυτο έλεγχο του περιβάλλοντος που ενεργεί και συνήθως περιορίζεται σε ένα συγκεκριμένο εύρος κινήσεων και δυνατοτήτων το οποίο έχει καθοριστεί κατά τη σχεδίαση του. Χρησιμοποιεί φυσικούς αισθητήρες, για περιπτώσεις που αφορούν το φυσικό κόσμο, και αισθητήρες λογισμικού, για περιπτώσεις υπολογιστικών εφαρμογών (Dastani and Testerink, 2014). Οι κινήσεις που έχει διαθέσιμες μπορούν να εκτελεστούν, ώστε να προκαλέσουν μεταβολές στο περιβάλλον όπου ενεργεί ο πράκτορας.

Με μία γενική κατηγοριοποίηση μπορούμε να διακρίνουμε δύο κατηγορίες πρακτόρων: οι βιολογικοί πράκτορες και οι τεχνητοί πράκτορες (Jennings, 2000). Οι βιολογικοί, μέσω των αισθήσεων τους δέχονται δεδομένα για τον φυσικό κόσμο, χρησιμοποιούν τις γνώσεις και τις εμπειρίες τους, ώστε να επεξεργαστούν τα δεδομένα, και το σώμα τους, ώστε να εκτελέσουν τις κινήσεις που προέρχονται από τη σκέψη τους. Οι

τεχνητοί ενεργούν με τον ίδιο τρόπο και αποτελούνται από 2 υποκατηγορίες: τους λογισμικούς και τους ρομποτικούς. Η συλλογιστική διαδικασία συναντάται και στις δύο κατηγορίες που αναφέρθηκαν και μέσω αυτής πραγματοποιείται επεξεργασία των εξωτερικών δεδομένων και στη συνέχεια εφαρμογή των συμπερασμάτων στο περιβάλλον, η οποία μεταβάλλει την αρχική κατάσταση.

Τα χαρακτηριστικά των πρακτόρων βοηθούν στη διάκριση με τα συμβατικά προγράμματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις, οι διαφορές τους είναι δυσδιάκριτες, σε άλλες όμως παρατηρούνται διαφορές σε ορισμένα χαρακτηριστικά και σε πολυπλοκότητα.

Ο πράκτορας λοιπόν σύμφωνα με τον Jennings (2000) παρουσιάζει τις παρακάτω ιδιότητες: 1) Κοινωνικότητα: μέσω της κοινής γλώσσας πραγματοποιείται επικοινωνία μεταξύ πρακτόρων και χρηστών, με σκοπό τη συνεργασία για την ολοκλήρωση των στόχων τους. Αυτό συμβαίνει τόσο για ατομικούς στόχους όσο και για έναν κοινό, 2) Προνοητικότητα: η αντίδραση στα δεδομένα του περιβάλλοντος δεν είναι πάντοτε απλή. Οι πράκτορες ενδέχεται να ενεργήσουν με βάση τους στόχους που έχουν και τις συνθήκες στις οποίες ενεργούν. 3) Αντιδραστικότητα: οι αλλαγές στο περιβάλλον γίνονται αντιληπτές από τους πράκτορες και εν συνεχεία ακολουθεί η αντίδραση τους εντός ορισμένου χρονικού πλαισίου. Η ικανότητα για συλλογισμό από τον πράκτορα είναι απαραίτητη τόσο για την αντιδραστικότητα όσο και για την προνοητικότητα. 4) Αυτονομία: η λειτουργία των πρακτόρων είναι αυτόνομη, δηλαδή δεν απαιτεί την παρέμβαση άλλων πρακτόρων ή χρηστών προκειμένου να αντιδράσουν σε μία μεταβολή του περιβάλλοντος. Επομένως ο χρήστης επιβαρύνεται μόνο με το έργο του καθορισμού του τελικού στόχου, ενώ ο πράκτορας

επιδιώκει τους δικούς του ενδιαμέσους στόχους, δίχως να απαιτήσει καθοδήγηση από εξωτερικό παράγοντα.

Παρατίθεται, τέλος, μερικοί ορισμοί για την έννοια του πράκτορα, οι οποίοι μπορεί να μην είναι κοινά αποδεκτοί από την επιστημονική κοινότητα, ωστόσο, αναλόγως της οπτικής που εξετάζονται προσδίδουν σημαντικά στοιχεία για την κατανόηση του όρου.

Με βάση την επίδραση των πρακτόρων στο περιβάλλον τους: «πράκτορας είναι οτιδήποτε μπορεί να αντιληφθεί το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων και να αντιδράσει πάνω στο περιβάλλον μέσω μηχανισμών δράσης» (Russel and Norvig, 1995). Από την οπτική της αυτόνομης εκτέλεσης: «ο όρος πράκτορας χρησιμοποιείται για να αναπαραστήσει δύο ορθογώνιες έννοιες: την αυτόνομη εκτέλεση και τη συλλογιστική πάνω σε κάποιο συγκεκριμένο πεδίο» (Virdhagriswaran, 1987). Από άποψη συλλογιστικής: «οι ευφυείς πράκτορες κάνουν συνεχώς τις εξής τρεις λειτουργίες: 1) Αντιλαμβάνονται τις δυναμικές συνθήκες του περιβάλλοντος, 2) δρουν πάνω στο περιβάλλον ώστε να το αλλάξουν και 3) συλλογίζονται ώστε να ερμηνεύσουν αυτά που αντιλαμβάνονται, να λύσουν προβλήματα, να συμπεράνουν και να καθορίσουν τη δράση τους» (Roth, 1990).

Ορμώμενοι από τη διαδραστικότητα: «λογισμικοί πράκτορες είναι προγράμματα που διενεργούν διάλογο, διαπραγματεύονται και συντονίζουν τη ροή πληροφοριών» (Coen, 1995). Εστιάζοντας στη δυναμικότητα του περιβάλλοντος: «οι πράκτορες είναι υπολογιστικά συστήματα που δρουν σε ένα πολύπλοκο περιβάλλον, αντιλαμβάνονται και δρουν αυτόνομα πάνω σε αυτό, πετυχαίνοντας έτσι ένα σύνολο από στόχους για τους οποίους έχουν κατασκευαστεί» (Maes, 1990).

2.2. Σύστημα Πολλαπλών Πρακτόρων (ΣΠΠ)

Τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων είναι ένα συχνό φαινόμενο στον τομέα της επιστήμης των υπολογιστών. Επιπλέον το φαινόμενο της δυναμικής αλληλεπίδρασης που συναντάται στα συστήματα αυτά, δηλαδή η ικανότητα του συστήματος να αντιδράσει με ορθό τρόπο ακόμα και σε εξελίξεις που δεν είχαν αρχικά σχεδιαστεί, έχει οδηγήσει στη δημιουργία ενός νέου κλάδου προγραμματισμού με επίκεντρο τον πράκτορα, τόσο περί της σχεδίασης όσο και περί της υλοποίησης του συστήματος.

Το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων αποτελεί ένα σύστημα σχεδιασμένο να περιλαμβάνει μία ομάδα πρακτόρων που ενεργούν μαζί είτε διαπραγματεύονται για ένα κοινό πρόβλημα. Είναι ουσιαστικά ένα υποσύνολο του ευρύτερου συνόλου της τεχνητής νοημοσύνης, όπως και η κατανομημένη επίλυση προβλημάτων (Wooldridge, 2000). Πιο συγκεκριμένα τα συστήματα αυτά αποτελούν ένα σύνολο πρακτόρων, που καλούνται να επιλύσουν διάφορα θέματα, για τα οποία απαιτείται γνώση και δυνατότητες περισσότερες από αυτές που διαθέτει ο κάθε πράκτορας ξεχωριστά.

Επιπλέον οι πράκτορες είναι αυτόνομοι, δηλαδή ενεργούν και αποφασίζουν μόνοι τους για τον τρόπο συνεργασίας με άλλους πράκτορες. Οι στόχοι των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων

μπορεί να είναι η επίλυση πολύπλοκων προβλημάτων, η επίλυση κατανεμημένων προβλημάτων (π.χ. συλλογή πληροφοριών από πολλαπλές πηγές), η επίλυση εμπειρικών προβλημάτων (όπου απαιτείται εμπειρία από διάφορους τομείς) ή ο συνδυασμός δύο ή περισσότερων συστημάτων για περαιτέρω εκμετάλλευση.

Στα συστήματα αυτά οι πράκτορες ενεργούν αυτόματα μοιράζοντας γνώσεις ή υπηρεσίες προκειμένου να πετύχουν τους ατομικούς τους στόχους, ή αλληλεπιδρούν με άλλους χωρίζοντας το ευρύτερο πρόβλημα σε μικρότερα, η επίλυση των οποίων θα οδηγήσει στην τελική λύση.

Ένα από τα χαρακτηριστικά που περιγράφει τους πράκτορες είναι η επικοινωνία μέσω μιας γλώσσας, που θα τους οδηγήσει σε ένα κοινά αποδεκτό αποτέλεσμα και θα συντελέσει στο να αποφύγουν ενδεχόμενες συγκρούσεις, λόγω των ατομικών τους συμφερόντων (Wooldridge, 2000). Ο συντονισμός βοηθά τους πράκτορες στην επίτευξη ατομικών στόχων ή ενός ευρύτερου κοινού στόχου. Κάποια γνωρίσματα ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων είναι η απουσία κεντρικού ελέγχου στο σύστημα, η κατανομή των δεδομένων, η ανεπάρκεια πληροφοριών ατομικά από τους πράκτορες και ο σύγχρονος τρόπος υπολογισμών.

Ένα πρόβλημα, προφανώς, λύνεται ευκολότερα με τη συνεργασία πολλών πρακτόρων, ωστόσο κατά τη διαδικασία αυτή προκύπτουν ορισμένα προβλήματα, τα οποία αφορούν κυρίως το συντονισμό και την επικοινωνία των πρακτόρων. Επομένως συμπεραίνουμε, ότι κατά τη σχεδίαση ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων, απαιτείται να δοθεί έμφαση σε ορισμένα σημεία περί της επικοινωνίας τους. Προβλήματα όπως ο χρόνος επικοινωνίας των πρακτόρων, το είδος πληροφοριών που

ανταλλάσσονται, η αλληλεπίδραση μεταξύ των πρακτόρων, ο τρόπος διαχείρισης ενδεχόμενων συγκρούσεων και ο τρόπος παρουσίασης των διαφόρων ενεργειών του κάθε πράκτορα, αποτελούν σημαντικό πεδίο έρευνας για την τεχνητή νοημοσύνη.

Οι τρέχουσες απαιτήσεις προσαρμοστικότητας των Συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, έχουν οδηγήσει τους σχεδιαστές τέτοιων συστημάτων στο να παρέχουν τη βασική δομή οργάνωσης, με σκοπό το σύστημα να προσαρμόζεται ευκολότερα στα νέα δεδομένα. Σε ένα σύνολο πολλαπλών πρακτόρων, η δομή ορίζει τον τρόπο που σχετίζεται η πληροφορία και ο έλεγχος, εντός αυτού, παρέχοντας ουσιαστικά στους πράκτορες το βασικό τρόπο επίλυσης προβλημάτων εντός του συνόλου. Η οργάνωση, που διέπει τα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων, αφορά κυρίως την ταξινόμηση των ζητημάτων αλλά και των δράσεων των πρακτόρων εντός των ορίων του συνόλου. Συγκεκριμένα ένα σύνολο πρακτόρων θεωρείται οργανωμένο στην περίπτωση που οι ενέργειές τους, οι στόχοι τους ή τα κριτήριά τους διέπονται από κάποιου είδους σύνδεση.

Ένας σημαντικός τομέας κατά την υλοποίηση ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων είναι η ανάπτυξη της επικοινωνίας μεταξύ τους, η οποία είναι βασικό στοιχείο για το συντονισμό των ενεργειών τους (Milner, 1989). Η επικοινωνία διακρίνεται σε δύο είδη την άμεση (απευθείας αποστολή πληροφοριών) και την έμμεση (συγκέντρωση πληροφοριών σε ένα κοινό χώρο-μαυροπίνακα). Κατά τη σχεδίαση του συστήματος, λοιπόν, η επικοινωνία αναπτύσσεται σε τρία επίπεδα, το κατώτερο το μεσαίο και το ανώτερο. Το πρώτο επικεντρώνεται στη βασική σύνδεση των πρακτόρων, το δεύτερο στον τρόπο σύνταξης των μηνυμάτων και στη μορφή τους, και το τρίτο στη σημασιολογία.

Παρόλο που χρησιμοποιήθηκαν και τα δύο είδη επικοινωνίας κατά το σχεδιασμό συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, αυτό της άμεσης επικοινωνίας, δηλαδή η ανταλλαγή μηνυμάτων, είναι το συνηθέστερο που συναντάμε σε σύγχρονα συστήματα (Wooldridge, 2000). Υπάρχει, επιπλέον, η δυνατότητα, σε αυτό το είδος επικοινωνίας, της επιρροής των πρακτόρων μέσω μηνυμάτων. Συγκεκριμένα, σε σύγχρονες γλώσσες όπως η KQML και η ACL, παρατηρούμε τη δυνατότητα *speech-act* (δράση με το λόγο). Ο συγκεκριμένος τρόπος επικοινωνίας (ανταλλαγή μηνυμάτων) ενισχύει τη δημιουργία εξελιγμένων μοντέλων συνεργασίας και παρέχει ευελιξία στη μετάδοση πληροφοριών.

Διάκριση της επικοινωνίας πραγματοποιείται και με βάση τον τύπο της. Υπάρχει ο σύγχρονος τύπος, κατά τον οποίο η παροχή της πληροφορίας είναι απαραίτητη για την ομαλή συνέχιση της λειτουργίας ενός πράκτορα, και ο ασύγχρονος τύπος, κατά τον οποίο η παροχή της πληροφορίας δύναται να πραγματοποιηθεί σε δεύτερο χρόνο, χωρίς να επηρεάζεται ο πράκτορας.

Ακόμη, η αριθμητική σχέση μεταξύ αποστολέα και αποδεκτή (βαθμός επικοινωνίας), ταξινομεί την επικοινωνία σε τρεις κατηγορίες, την ένα προς ένα, την ένα προς N, και την N προς N.

Τέλος, κάθε τύπος διασύνδεσης του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων προϋποθέτει την ανάπτυξη δύο πρωτοκόλλων, της επικοινωνίας και της αλληλεπίδρασης. Το πρώτο αφορά τον τρόπο σύστασης των μηνυμάτων καθώς και το νόημά τους, το οποίο πρέπει να είναι κατανοητό από όλους τους συμμετέχοντες. Το δεύτερο παρέχει τη δυνατότητα συζήτησης μεταξύ των πρακτόρων, που συμμετέχουν σε ένα σύστημα(π.χ. σύστημα εμπορικών συναλλαγών).

2.3. Πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης

Η συζήτηση μεταξύ των πρακτόρων γίνεται μέσω των πρωτοκόλλων αλληλεπίδρασης και έχει σκοπό το βέλτιστο συντονισμό τους. Στα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων ο συντονισμός επιταχύνει τη λειτουργία του συστήματος, αποτρέπει τις καταστάσεις χάους (σύγκρουση πρακτόρων), βελτιώνει την αποδοτικότητα (ελάχιστος χρόνος), ικανοποιεί τους περιορισμούς του συστήματος (όρια που πρέπει να τηρούνται) και χρησιμοποιεί στο έπακρο τις δυνατότητες και γνώσεις κάθε πράκτορα.

2.3.1. Διαπραγμάτευση

Μία από τις έννοιες της αλληλεπίδρασης μεταξύ των πρακτόρων είναι αυτή της διαπραγμάτευσης. Μέσω αυτής συντονίζεται καλύτερα μία ομάδα πρακτόρων. Για την περίπτωση της αυτοματοποίησής της απαιτείται να καθορίσουμε το αντικείμενο διαπραγμάτευσης, τα πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης και το μοντέλο λήψης αποφάσεων, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν από τους πράκτορες για την επίτευξη του στόχου ενός συστήματος.

Σύμφωνα με τον Jennings (2000) μία σύγκρουση, που λύνεται αποκεντρικά, και η ύπαρξη πρακτόρων με ατελή

ενημέρωση και τετελεσμένη λογική, συνιστούν δύο γνωρίσματα, για τα οποία η διαπραγμάτευση είναι απαραίτητη.

Η διαπραγμάτευση σε ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων πραγματοποιείται με την παρουσίαση μιας πρότασης από έναν πράκτορα σε έναν άλλον, η οποία είτε μπορεί να δεχτεί κριτική (critique), είτε μπορεί να δεχτεί κάποιου είδους αντιπρόταση (counter-proposal).

Κατά τον Jennings (2000), οι τρόποι για να διαπραγματευτούν οι πράκτορες είναι οι πλειστηριασμοί, οι θεωρίες παιγνίων, οι ευριστικές προσεγγίσεις και οι προσεγγίσεις που βασίζονται σε επιχειρήματα.

2.3.2. Συνεργασία

Όσον αφορά τη συνεργασία σε ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων, οι στόχοι που πρέπει να ικανοποιούνται είναι η ταχύτερη εκπλήρωση των ζητούμενων, η διεύρυνση του συνόλου των επιμερισμένων εργασιών, η ελαχιστοποίηση του συσχετισμού των εργασιών και η εξασφάλιση της ολοκλήρωσης των εργασιών, μέσω του διπλού ελέγχου τους (Durfée et al., 1989).

Επιπλέον ο όρος ομάδα κατά τους Cohen and Levesque (1990), περιγράφει ένα σύνολο πρακτόρων, που διαθέτει την ίδια πρόθεση και μία όμοια για αυτούς δέσμευση, περί της ολοκλήρωσης της κοινής προθέσεως. Για να ενταχθεί ένας πράκτορας στην ομάδα, οφείλει να αποδεχτεί το σύνολο των πεποιθήσεων και των δεσμεύσεων που χαρακτηρίζουν τη συγκεκριμένη ομάδα.

2.3.3. Συντονισμός

Ο συντονισμός μεταξύ των πρακτόρων επιτυγχάνεται με διάφορους τρόπους και ουσιαστικά αυξάνει την αποτελεσματικότητα των εργασιών τους.

Οι συμβάσεις και οι δεσμεύσεις είναι ένας από τους τρόπους, με τους οποίους μπορούμε να συντονίσουμε τους πράκτορες, με την προϋπόθεση ότι οι πράκτορες είναι ακέραιοι και ενεργούν αυτόνομα (Jennings, 1993). Συνήθως κατά τη σχεδίαση των δράσεων σε ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων πραγματοποιείται και ο συντονισμός μεταξύ τους, δηλαδή πριν την έναρξη της λειτουργίας του συστήματος. Ωστόσο υπάρχει πιθανότητα να μεταβάλουμε τον τρόπο συντονισμού, μετά την έναρξη της λειτουργίας, όταν οι συνθήκες το επιβάλλουν.

Ορισμένες από τις κατηγορίες πρωτοκόλλων συντονισμού σε ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων είναι αυτά της σύναψης συμβολαίων, του σχεδιασμού, της διαπραγμάτευσης και αυτά, που βασίζονται στην οργάνωση.

2.4. Ανάπτυξη συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων

Υπάρχουν πολλές προτάσεις για τον τρόπο ανάπτυξης ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων στο διεθνή επιστημονικό χώρο. Ωστόσο η μεθοδολογία Gaia (Wooldridge, 2000) είναι μία από τις ελάχιστες σύγχρονες μεθοδολογίες ανάπτυξης συστημάτων, η οποία καλύπτει επαρκώς όλα τα στάδια υλοποίησης ενός συστήματος, από τις απαιτήσεις έως τη συντήρηση. Ένας σημαντικός όρος για την ανάπτυξη συστημάτων είναι ο ρόλος των πρακτόρων (Ndumu et al., 1999).

Καθορίζοντας σαφείς προδιαγραφές για τους ρόλους των πρακτόρων, επιτυγχάνουμε την απλοποίηση της μοντελοποίησης τους. Κατά τον Ndumu και άλλους (1999) ορισμένα από τα χαρακτηριστικά των ρόλων είναι η υψηλή συνοχή (αρμοδιότητες και σαφείς ενέργειες), η σαφήνεια (σαφή όρια αρμοδιοτήτων), η τμηματικότητα (καθορισμός ομάδων πρακτόρων με δυνατότητα ανάληψης του συγκεκριμένου ρόλου και των λειτουργιών του), πληρότητα και ανεξαρτησία (απουσία συσχέτισης μεταξύ των ρόλων).

Αναφορικά, λοιπόν, με την πρότυπη μεθοδολογία Gaia, δοθείσες τις απαιτήσεις, το στάδιο σχεδίασης του συστήματος ολοκληρώνεται σε δύο φάσεις: την ανάλυση και τη σχεδίαση. Ακολούθως, στη φάση της ανάλυσης εξελίσσεται το μοντέλο των ρόλων και το μοντέλο των αλληλεπιδράσεων, και στη φάση της

σχεδίασης, αντίστοιχα, το μοντέλο των πρακτόρων, των υπηρεσιών και των γνωριμιών (Wooldridge, 2000).

Συγκεκριμένα το μοντέλο ρόλων αφορά τον καθορισμό των κύριων ρόλων του συστήματος και το μοντέλο αλληλεπιδράσεων σχετίζεται με τη σύνδεση μεταξύ των ρόλων, δηλαδή τα πρωτόκολλα αλληλεπίδρασης των κύριων ρόλων. Επιπλέον, το μοντέλο πρακτόρων καθορίζει τον τύπο κάθε πράκτορα, το μοντέλο υπηρεσιών αναλύει τις ενέργειες, τις οποίες θα εκτελεί κάθε πράκτορας με συγκεκριμένο ρολό, και το μοντέλο γνωριμιών σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίον συνδέονται ή επικοινωνούν οι πράκτορες ανάλογα με τον τύπο τους.

2.5. Γλώσσες επικοινωνίας

Όπως προαναφέραμε η επικοινωνία είναι βασικό συστατικό της εύρυθμης λειτουργίας ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων, διότι ουσιαστικά αυξάνοντας τον συντονισμό μεταξύ τους μπορεί να επιτευχθεί ο συνολικός στόχος σε συντομότερο χρονικό διάστημα. Συνήθως, κατά τη σχεδίαση συστημάτων, χρησιμοποιούνται γλώσσες επικοινωνίας με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά που αφορούν το συγκεκριμένο σύστημα, με αποτέλεσμα την αδυναμία χρησιμοποίησής τους σε κάποιο έτερο σύστημα. Δημιουργείται, λοιπόν, επιτακτική ανάγκη ανάπτυξης μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας των πρακτόρων, η οποία θα

μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σύνολο των συστημάτων που σχεδιάζονται. Η γλώσσα αυτή είναι η λεγόμενη ACL (Agent Communication Language). Μέσω της ACL δίνεται η δυνατότητα στους πράκτορες να επιλύσουν προβλήματα, για τα οποία απαιτείται γνώση περισσότερων από έναν πρακτόρων. Επίσης οι πράκτορες μπορούν να τα αλλάξουν πληροφορίες και εντολές, ώστε να επηρεάσουν το περιβάλλον, στο οποίο ενεργούν, είτε άμεσα είτε έμμεσα μέσω ενός άλλου πράκτορα.

Η προσπάθεια για την εξέλιξη μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας έχει ξεκινήσει από το 1990. Συγκεκριμένα το μοντέλο knowledge sharing effort (KSE) αναπτύχθηκε μέσω της συνεργασίας διαφόρων ακαδημαϊκών, με σκοπό το διαμοιρασμό γνώσεων και τεχνικών των συστημάτων πρακτόρων. Στο μοντέλο αυτό οι πληροφορίες ανταλλάσσονται με τη μορφή προτάσεων σε μία κοινή γλώσσα μεταξύ των συστημάτων.

Απόρροια της KSE ήταν η εξέλιξη της γλώσσας Knowledge Query and Manipulation Language (KQML). Συγκεκριμένα, η γλώσσα αυτή καθορίζει το πλαίσιο της ανταλλαγής πληροφοριών των πρακτόρων, καθώς και τη μορφή, την οποία θα έχουν τα μηνύματα και τα πρωτόκολλα χειρισμού τους.

Ακολούθως, αναπτύχθηκε η γλώσσα FIPA ACL. Ο FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) εστιάζει στην τυποποίηση της επικοινωνίας μεταξύ των πρακτόρων, και η γλώσσα αυτή, όντας η πρώτη προερχόμενη από τον χώρο της βιομηχανίας, είναι μία από τις συνιστώσες της μελέτης αυτής. Ένα από τα χαρακτηριστικά της FIPA ACL είναι η ενασχόληση με πρακτικά κυρίως θέματα και προβλήματα συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων (FIPA Foundation for Intelligent Physical Agents, 1999).

Για να χαρακτηριστεί η λειτουργική μία γλώσσα επικοινωνίας προϋποθέτει την ικανοποίηση ορισμένων προδιαγραφών. Αναφορικά οι κατηγορίες των προδιαγραφών αυτών είναι το περιεχόμενο, η σημασιολογία, η φόρμα, η τεχνολογία δικτύων, η υλοποίηση, η αξιοπιστία και το περιβάλλον.

Όσον αφορά το περιεχόμενο μια γλώσσα επικοινωνίας πρέπει να ορίζει ένα σαφές σύνολο στοιχείων των εντολών επικοινωνίας και να διαθέτει σαφή διαχωρισμό μεταξύ της γλώσσας επικοινωνίας των ενεργειών, και των διαφόρων εννοιών του συγκεκριμένου συστήματος.

Ο όρος σημασιολογία αναφέρεται στην έννοια των εκφράσεων της γλώσσας επικοινωνίας εντός του συστήματος. Οι εκφράσεις αυτές θα πρέπει να βασίζονται σε ένα σαφές θεωρητικό υπόβαθρο χρησιμοποιώντας συγκεκριμένη φόρμα. Το ίδιο ισχύει και για τις ενέργειες εντός του συστήματος, οι οποίες πρέπει να επεξηγούνται εννοιολογικά και όχι μόνο πρακτικά. Το θεματικό περιβάλλον του συστήματος επηρεάζει σαφώς τη σημασιολογία της γλώσσας επικοινωνίας.

Η φόρμα μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας χαρακτηρίζεται από απλότητα στη σύνταξη και είναι εύκολα αναγνωρίσιμη. Ακόμη το συντακτικό της πρέπει να δέχεται επεκτάσεις προκειμένου να ταιριάζει στους διάφορους τύπους συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων.

Το εκάστοτε επίπεδο της σύγχρονης τεχνολογίας δικτύων λαμβάνεται υπόψη κατά τη σχεδίαση μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας πρακτόρων. Οι διάφορες λειτουργίες (όπως broadcast, ασύγχρονες συνδέσεις, κλπ) πρέπει να υποστηρίζονται από τη γλώσσα, ωστόσο ο τρόπος μεταφοράς του μηνύματος

(TCP/IP protocol) οφείλει να είναι ανεξάρτητος από τη σχεδίασή της.

Κατά την υλοποίηση της επικοινωνίας, μέσω της γλώσσας στοχεύουμε στη μέγιστη ταχύτητα και την ευρεία χρήση. Επιπλέον, η υλοποίηση της γλώσσας θα πρέπει να είναι πραγματοποιήσιμη ΚΑΙ σε μερικό επίπεδο, εφόσον ορισμένες εφαρμογές δεν απαιτούν το πλήρες εύρος δυνατοτήτων της.

Όσον αφορά την αξιοπιστία, η γλώσσα επικοινωνίας οφείλει να εξασφαλίζει την αξιόπιστη επικοινωνία των πρακτόρων, όπως για παράδειγμα ιδιωτικές συνομιλίες και μηχανισμούς επαλήθευσης των διαπιστευτηρίων ενός πράκτορα. Τέλος πρέπει να δημιουργηθεί και ένας μηχανισμός feedback προκειμένου να τηρούνται λεπτομέρειες τυχαίων λαθών που θα προκύψουν.

Επιπλέον το περιβάλλον που ενδέχεται να ενεργήσουν οι πράκτορες είναι τυχαίας μορφής, και έτσι η κοινή γλώσσα επικοινωνίας πρέπει να διαθέτει την ικανότητα υποστήριξης άλλων γλωσσών.

Τα στοιχεία που συνθέτουν μία γλώσσα επικοινωνίας είναι η σημασιολογία το συντακτικό και η ρεαλιστική. Η σημασιολογία αφορά την έννοια των συμβόλων, το συντακτικό αφορά τη δομή τους, και η ρεαλιστική αφορά το αποτέλεσμα που επιφέρει κάθε έκφραση στη νοητική κατάσταση των συμμετεχόντων. Όσον αφορά τη σημασιολογία των ενεργειών, αυτή επηρεάζεται από τη νοητική κατάσταση των πρακτόρων του συστήματος. Ως νοητική κατάσταση καλείται το σύνολο των στόχων, των προθέσεων, των πιστεύω και των επιθυμιών κάθε πράκτορα.

Η κοινή γλώσσα επικοινωνίας (ACL) ΔΕΝ αποτελεί πρωτόκολλο επικοινωνίας. Συγκεκριμένα τα πρωτόκολλα εμφανίζουν έννοιες όπως πρωτόκολλα διαπραγμάτευσης,

πρωτόκολλα μεταφοράς ή πρωτόκολλα θεωρίας παιγνίων. Επομένως η γλώσσα επικοινωνίας χρησιμοποιεί ή χρησιμοποιείται από τα πρωτόκολλα των παραπάνω κατηγοριών για την ομαλή τους λειτουργία.

Επιπλέον εντός του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων οι συμμετέχοντες δεν μένουν στην αποστολή μηνυμάτων αλλά πραγματοποιούν διάλογο. Αυτό, ουσιαστικά, σημαίνει σειρές μηνυμάτων με συγκεκριμένο σκοπό όπως συμβαίνει για παράδειγμα σε μία δημοπρασία.

Το γνωστό πρόβλημα για τη σχεδίαση μιας ACL, λύνεται με τον επιμερισμό του σε μικρότερα επίπεδα. Το πρώτο συνδέει τις υπάρχουσες γλώσσες σε επίπεδο σύνταξης, το δεύτερο παρέχει συνοχή στις έννοιες που περιέχονται εντός του συστήματος και το τρίτο αφορά την πραγματική επικοινωνία των πρακτόρων. Συγκεκριμένα για το τελευταίο κρίνεται απαραίτητη η δυνατότητα συνομιλίας των πρακτόρων για θέματα που αφορούν ανταλλαγή πληροφοριών αναζήτηση τρεχουσών εξελίξεων, κ.α.

Τα μηνύματα μιας κοινής γλώσσας επικοινωνίας μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: 1) Οδηγίες (π.χ. Γέμισε το ποτήρι), 2) Δεσμεύσεις (π.χ. Θα γεμίσω το ποτήρι), 3) Διακηρύξεις (π.χ. Το ποτήρι είναι γεμάτο), 4) Απαγορεύσεις (π.χ. Μην γεμίσεις το ποτήρι), 5) Επιτρεπτικές (π.χ. Μπορείς να γεμίσεις το ποτήρι), 6) Εκφράσεις (π.χ. Ελπίζω το ποτήρι να είναι γεμάτο) και 7) Δηλώσεις (π.χ. Δηλώνω ότι το ποτήρι είναι γεμάτο).

Κατά τη σχεδίαση μιας γλώσσας επικοινωνίας βασικό στοιχείο, στο οποίο πρέπει να δοθεί προσοχή από τον σχεδιαστή είναι η ξεκάθαρη κατηγοριοποίηση του μηνύματος που αποστέλλεται.

Για τη σχεδίαση των ACL διακρίνουμε δύο διαφορετικές προσεγγίσεις, τη διαδικαστική και τη δηλωτική.

Κατά την πρώτη οι συμμετέχοντες στο σύστημα ανταλλάσσουν μηνύματα με προκαθορισμένη κατάλληλη απάντηση. Τα πρωτόκολλα, που χρησιμοποιούνται από τέτοιες γλώσσες είναι ειδικά σχεδιασμένα και ελέγχουν το σύνολο της εξέλιξης της συνομιλίας. Αυτή η προσέγγιση γλώσσας εξυπηρετεί σαφώς καλύτερα τα υπολογιστικά συστήματα, ωστόσο υστερεί σε ευελιξία, άρα και σε περιπτώσεις συστημάτων με επικοινωνιακές ενέργειες. Παραδείγματα γλωσσών επικοινωνίας με αυτή την προσέγγιση είναι η *telescript* και η *TCL*.

Κατά τη δεύτερη παρατηρούμε αρκετές ομοιότητες με τη φυσική γλώσσα. Επομένως οι έξυπνοι πράκτορες αντιλαμβάνονται τον σκοπό των μηνυμάτων και σχεδιάζουν ατομικά τις ορθές αποκρίσεις. Παραδείγματα γλωσσών με τη δηλωτική προσέγγιση είναι η *FIPA ACL* και η *KQML*.

Η *FIPA ACL*, συγκεκριμένα, ενστερνίζεται τη θεωρία των δράσεων μέσω του λόγου, δηλαδή κάθε μήνυμα έχει ως σκοπό να προκληθεί κάποια δράση μεταξύ των παραγόντων. Επιπλέον ένα μήνυμα στη γλώσσα αυτή απαρτίζεται από ένα σύνολο στοιχείων. Κάθε είδος διαλόγου προϋποθέτει διαφορετικά στοιχεία ως απαραίτητα, αυτό όμως που απαιτείται σε όλες τις περιπτώσεις είναι το είδος της επικοινωνιακής ενέργειας (*Foundation for Intelligent Physical Agents*, 1999).

Τέλος όσον αφορά τη σημασιολογία στη γλώσσα *FIPA ACL*, αυτή πραγματοποιείται μέσω της *Semantic Language*. Μία ακολουθία από εκφράσεις της *SL* απεικονίζει την προ του μηνύματος κατάσταση κάθε πράκτορα και το σύνολο των ενεργειών έως την τελική κατάσταση, μετά την επικοινωνιακή

ενέργεια. Η προ του μηνύματος κατάσταση (FP) αναφέρετε στις προϋποθέσεις για κάθε πράκτορα, ώστε να μπορεί να στείλει το μήνυμα. Η τελική κατάσταση (RF) περιγράφει το αποτέλεσμα, που αναμένει ο αποστολέας μετά την επικοινωνιακή του ενέργεια. Το επιθυμητό από τον αποστολέα αποτέλεσμα είναι δυνατόν να μην ικανοποιηθεί από τον παραλήπτη, λόγω ιδιαίτερων συνθηκών.

2.6. Διάλογος

Ο διάλογος μεταξύ δύο πρακτόρων αποτελείται από μία σειρά μηνυμάτων που αποστέλλουν οι πράκτορες μεταξύ τους και αφορούν ένα συγκεκριμένο ζήτημα. Επιπλέον επιδιώκουν την επίτευξη των στόχων τους μέσω του διαλόγου, χωρίς απαραίτητα οι στόχοι αυτοί να είναι κοινοί. Μπορούμε να διακρίνουμε τις εξής κατηγορίες διαλόγων (Walton and Krabbe, 1995):

1. Διάλογος πρόθεσης
2. διάλογος έρευνας
3. διάλογος αναζήτηση της πληροφορίας
4. διάλογος πειθούς
5. διάλογος διαπραγμάτευσης
6. εριστικός διάλογος

Υπάρχουν τρία γνωρίσματα στις παραπάνω κατηγορίες διαλόγων (πλην εριστικού) τα οποία είναι: η αρχική κατάσταση κάθε πράκτορα, οι στόχοι κάθε πράκτορα, και οι κοινοί στόχοι των συμμετεχόντων.

Ένας διάλογος έρευνας έχει ως κύριο γνώρισμα την απουσία γνώσης πάνω σε ένα αντικείμενο. Οι πράκτορες που συμμετέχουν

σε ένα τέτοιο διάλογο συνομιλούν προκειμένου να συνδυάσουν τις υπάρχουσες γνώσεις, με σκοπό να αποκτήσουν τα απαραίτητα δεδομένα για την επίλυση του αρχικού προβλήματος. Στην κατηγορία αυτή, οι ατομικοί στόχοι των πρακτόρων συνήθως πλησιάζουν τον κοινό στόχο.

Ο διάλογος αναζήτησης πληροφορίας εκτυλίσσεται μεταξύ δύο πρακτόρων που κατέχουν άνισο μέγεθος πληροφοριών. Οι προσωπικοί στόχοι κάθε πράκτορα μπορεί όπως και στην περίπτωση του διαλόγου έρευνας να πλησιάζουν, και αφορούν κυρίως την δοσοληψία πληροφοριών.

Ο διάλογος διαπραγμάτευσης διαθέτει έναν τύπο σύγκρουσης μεταξύ των πρακτόρων ως κοινό γνώρισμα της αρχικής κατάστασης. για παράδειγμα κατά την πραγματοποίηση μιας δημοπρασίας κάθε πράκτορας επιδιώκει να μεγιστοποιήσει το κέρδος του, ωστόσο κάθε πλευρά γνωρίζει ότι τελικά η πώληση θα επιτευχθεί. Συγκριτικά με τους διαλόγους πειθούς, δεν απαιτείται να υπάρχει αντίθεση μεταξύ των απόψεων των πρακτόρων, ούτε δέσμευση για μία κοινή συμφωνία, δηλαδή κάθε πράκτορας με το πέρας του διαλόγου έχει την δυνατότητα να διατηρήσει την αρχική του άποψη.

Ένας διάλογος πρόθεσης περιγράφει τα στάδια για την επιλογή ενός σχεδίου δράσης. Κάθε πράκτορας στη συγκεκριμένη κατηγορία διαλόγου προσπαθεί να καθοδηγήσει το σχέδιο αυτό προς όφελος του. Ο κοινός στόχος των πρακτόρων είναι η συμφωνία μεταξύ τους, οπότε η ανταλλαγή μηνυμάτων επικεντρώνεται στον στόχο αυτό, και στο σχέδιο δράσης. Κύρια διαφορά με τους διαλόγους διαπραγμάτευσης είναι η απουσία αντίθετων απόψεων, όπου διαπραγματεύονται προτάσεις και αντιπροτάσεις.

Οι διάλογοι επιχειρηματολογίας (Prakken, 2006) αποτελούν ένα σύνολο εκφράσεων ή ομιλιών των συμμετεχόντων στο διάλογο. Οι διάλογοι αυτού του είδους, που περιλαμβάνουν πολλούς πράκτορες, διέπονται από συγκεκριμένα πρωτόκολλα, τα οποία περιγράφουν τις επιτρεπόμενες εκφράσεις, το χρονικό πλαίσιο του διαλόγου (δηλαδή την έναρξη και λήξη του), τον τρόπο με τον οποίο οι παίκτες δεσμεύονται με συγκεκριμένες αξιώσεις, λόγω των εκφράσεων που χρησιμοποιούν και τον τρόπο με τον οποίο οι εκφράσεις δύναται να συνδυαστούν σε συνομιλίες ή συναλλαγές.

Για παράδειγμα, ένα είδος πρωτοκόλλου λειτουργεί ως εξής: Καθορίζει ότι η έναρξη ενός διαλόγου υφίσταται με την υποβολή μίας αξίωσης P από έναν πράκτορα, τον αμυνόμενο, ο οποίος δεσμεύεται για αυτή την αξίωση P . Ένας άλλος πράκτορας, ο αντίπαλος, μπορεί είτε να αμφισβητήσει την αξίωση ερωτώντας «γιατί P ;», το οποίο με τη σειρά του μπορεί να αντιμετωπίσει ο υποστηρικτής με απόσυρση της δέσμευσής του για το P ή παρέχοντας ένα υποστηρικτικό επιχείρημα για το P ονομαζόμενο ως Q . Ένας ισχυρισμός P μπορεί επίσης να τύχει αμφισβήτησης με την παροχή ενός αντίθετου επιχειρήματος: P δηλαδή ενός Q . Επιπλέον, οποιοδήποτε επιχείρημα R ή S που έχει υποβληθεί από οποιαδήποτε πλευρά μπορεί να αντιμετωπισθεί από την άλλη πλευρά, δίνοντας ένα επιχείρημα που ορίζεται ως S για κάθε μία από τις παραπάνω περιπτώσεις. Ο διάλογος τερματίζεται όταν είτε ο αμυνόμενος ανακαλέσει την αρχική του αξίωση P είτε όταν ο αντίπαλος παραδέχεται την αρχική αξίωση P .

Ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων μπορεί να οριστεί ως ένα σύνολο πρακτόρων, οι οποίοι αποτελούν αυτόνομα και λογικά συστατικά ενός συστήματος, τα οποία αλληλεπιδρούν εντός ενός

περιβάλλοντος (Jennings, 2000). Ένας μεμονωμένος πράκτορας ενός συστήματος πολλαπλών πρακτόρων παρουσιάζει έξυπνη συμπεριφορά βασισμένη σε αλληλεπιδράσεις με άλλους πράκτορες, το περιβάλλον και τις εσωτερικές διαδικασίες συλλογισμού.

Μια δημοφιλής βάση για αυτήν την αλληλεπίδραση είναι η θεωρία της ορθολογικής δράσης από τους Cohen και Levesque (Cohen and Levesque, 1990). Η γλώσσα επικοινωνίας FIPA-ACL (FIPA, 1999) αναγνωρίζει αυτή τη θεωρία παρέχοντας μια επίσημη σημασιολογία για τις επιδόσεις που εκφράζονται και στη λογική BDI (Rao and Georgeff, 1995). Ωστόσο, υπάρχει μια αυξανόμενη δυσαρέσκεια για το διανοητικό μοντέλο της αντιπροσωπείας ως βάση για τον ορισμό των «έξυπνων» πρακτόρων στις διάφορες πλατφόρμες (Singh, 1998).

Ο μόνος περιορισμός στην αυτονομία των πρακτόρων είναι ότι ακολουθούν το πρωτόκολλο διαλόγου, το οποίο κωδικοποιεί όλες τις απαραίτητες πληροφορίες με τις οποίες θα συμμετάσχουν στον διάλογο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα πρωτόκολλα διαλόγου βοηθούν επίσης στο σχεδιασμό μεγάλων συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων καθώς επιβάλλουν τη δομή τους στους πράκτορες και συντονίζουν τα καθήκοντα μεταξύ των πρακτόρων. Απλοποιούν επίσης το σχεδιασμό που απαιτούν οι μεμονωμένοι πράκτορες, καθώς διαχωρίζουν το καθήκον του συντονισμού των πρακτόρων από τον ορισμό των συμπεριφορών των πρακτόρων. Αυτός ο διαχωρισμός επιτρέπει επίσης την απλούστευση και την επαλήθευση του πρωτοκόλλου πρακτόρων, ανεξάρτητα από το σχεδιασμό των μεμονωμένων πρακτόρων.

Ένα πρωτόκολλο διαλόγου επιτρέπει την ανεξάρτητη έκφραση στις έννοιες του διαλόγου. Αυτή η προσέγγιση έχει ορισμένα πλεονεκτήματα, για παράδειγμα, η δυνατότητα συνοπτικής έκφρασης των κανόνων μιας δημοπρασίας ως πρωτόκολλο διαλόγου, ενώ οι πράκτορες που συμμετέχουν σε αυτόν τον διάλογο διατηρούν το δικαίωμα της επιλογής δικών τους στρατηγικών δημοπρασίας, επομένως τα πρωτόκολλα διαλόγου δεν θέτουν σε κίνδυνο το προσωπικό συμφέρον των μεμονωμένων αντιπροσώπων. Οι πράκτορες μπορούν να εκφραστούν σε διαφορετικές γλώσσες επικοινωνίας, χρησιμοποιώντας διαφορετικές ορθολογικές διαδικασίες, και εξακολουθούν να συμμετέχουν στον διάλογο που εκφράζεται στο ίδιο πρωτόκολλο.

Η γλώσσα των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων είναι μια απλή γλώσσα πρωτοκόλλου διαλόγου, που αντικαθιστά την αναπαράσταση του χάρτη κατάστασης πρωτοκόλλου, που βρίσκεται στα διάφορα ηλεκτρονικά ιδρύματα (Esteva et al., 2001). Ο φορμαλισμός επιτρέπει τον ορισμό των απείρων διαλόγων και την επεξεργασία των πρωτοκόλλων διαλόγου που προκύπτουν.

Ο διαχωρισμός των διαλόγων πρακτόρων σε σκηνές είναι μια βασική ιδέα στη γλώσσα των πρωτοκόλλων. Μια σκηνή μπορεί να δείχνει ένα πλαίσιο, στο οποίο μια ομάδα πρακτόρων αλληλεπιδρά μόνο σε ένα έργο. Η χρήση σκηνών χωρίζει ένα μεγάλο πρωτόκολλο σε μικρότερα διαχειρίσιμα μέρη. Για παράδειγμα, μια σκηνή διαπραγμάτευσης μπορεί να είναι μέρος ενός μεγαλύτερου συνόλου αγορών (Wooldridge, 2000). Οι σκηνές προσθέτουν επίσης ένα μέτρο ασφάλειας σε ένα πρωτόκολλο, καθώς οι πράκτορες που δεν σχετίζονται με την εργασία εξαιρούνται από τη

σκηνή. Αυτό μπορεί να αποτρέψει την παρεμβολή εξωγενών πρακτόρων στο πρωτόκολλο και να περιορίσει τον αριθμό των εξαιρέσεων και ειδικών περιπτώσεων που πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό του πρωτοκόλλου.

Πρόσθετα μέτρα ασφαλείας μπορούν επίσης να εισαχθούν σε μια σκηνή, όπως η τοποθέτηση συνθηκών εισόδου και εξόδου στους πράκτορες. Ωστόσο, υποθέτουμε ότι μια σκηνή θέτει συνθήκες φραγμού στους πράκτορες, έτσι ώστε να μην δύναται να ξεκινήσει έως ότου παρευρεθούν όλοι οι πράκτορες και, παράλληλα, οι πράκτορες δεν μπορούν να εγκαταλείψουν τη σκηνή έως ότου ολοκληρωθεί ο διάλογος. Η έννοια του ρόλου του πράκτορα, όπως αναφέρθηκε πριν, είναι επίσης κεντρική στον ορισμό ενός πρωτοκόλλου διαλόγου.

Οι πράκτορες που εισέρχονται σε μια σκηνή αναλαμβάνουν έναν σταθερό ρόλο που παραμένει μέχρι το τέλος της σκηνής. Για παράδειγμα, μια σκηνή διαπραγμάτευσης μπορεί να περιλαμβάνει πράκτορες με ρόλους αγοραστή και πωλητή. Το πρωτόκολλο που ακολουθεί ο πράκτορας σε έναν διάλογο συνήθως εξαρτάται από το ρόλο του πράκτορα. Για παράδειγμα, ένας πράκτορας που ενεργεί ως πωλητής συνήθως θα προσπαθήσει να μεγιστοποιήσει το κέρδος και θα ενεργήσει ανάλογα κατά τη διαπραγμάτευση (M. Wooldridge, 2000). Ένας ρόλος προσδιορίζει επίσης δυνατότητες που πρέπει να διαθέτει ο πράκτορας. Για παράδειγμα, ο αγοραστής πρέπει να έχει τη δυνατότητα να λαμβάνει αποφάσεις αγοράς και να αγοράζει αντικείμενα. Οι δυνατότητες σχετίζονται με τις ορθολογικές διαδικασίες του πράκτορα και εγκλείονται με διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

| | | | |
|------------------------------------|---|---|------------------------|
| S ∈ Scene | = | $n[R, A, P^{(k)}]$ | (Scene definition) |
| P ∈ Protocol | = | $\text{agent}(a, r, \varphi^{(k)}) = \text{op}$ | (Agent Protocol) |
| op ∈ Operation | = | a | (Action) |
| | | op1 then op2 | (Sequence) |
| | | op1 or op2 | (Choice) |
| | | op1 par op2 | (parallel composition) |
| | | waitfor op1 timeout op2 | (Iteration) |
| | | agent $\varphi^{(k)}$ | (Recursion) |
| a ∈ Action | = | ϵ | (No Action) |
| | | $u = p(\varphi^{(k)})$ | (Decision Procedure) |
| | | $M \Rightarrow \text{agent}(\varphi^{(2)})$ | (Send) |
| | | $M \Leftarrow \text{agent}(\varphi^{(2)})$ | (Receive) |
| M ∈ Message | = | $\rho(\varphi^{(k)})$ | (Performative) |
| φ ∈ Term | = | $u \mid a \mid r \mid c \mid _$ | |

Σχ.1 Παράδειγμα σύνταξης MAS

Παράδειγμα πρωτοκόλλου

```

1      LawyerScene [{%client, %lawyer}, [!client1, !lawyer1]],
2
3      agent (!client1, %client)=

```

```
4      request(appointment) => agent(_, %lawyer) then
5      waitfor
6      (accept(appointment, $appointment)) <= agent($lawyer, %lawyer) then
7      ($cases = getCases () then
8      inform(cases, $cases) => agent($lawyer, %lawyer) then
9      waitfor
10     (inform(refer)) <= agent($lawyer, %lawyer) or
11     inform(norefer) <= agent($lawyer, %lawyer)
12     timeout (e) or
13     reject(appointment) <= agent($lawyer, %lawyer)
14     timeout (e)
15
16     agent(!Lawyer1, %lawyer) =
17     waitfor (request(appointment) <= agent($client, %client)) timeout (e) then
18     ($appointment = makeAppointment (client) then
19     accept(appointment, $appointment) => agent($patient, %patient) then
20     waitfor
21     (inform(case, $case) <= agent($client, %client) then
22     ($ref = doReferral($client, $case) then
23     inform(refer) => agent($client, %client)) or
24     inform(norefer) => agent($client, %client))
25     timeout (e)) or
26     reject(appointment) => agent($client, %client)]
```

Σχ.2 : Παράδειγμα πρωτοκόλλου δικηγόρου.

Παραπάνω εξετάζεται ένα παράδειγμα πρωτοκόλλου συστήματος πολλαπλών πρακτόρων, προκειμένου να επεξηγηθούν αυτές οι έννοιες. Το συγκεκριμένο παράδειγμα έχει

υλοποιηθεί για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, εμπνευσμένο από το αντίστοιχο πρωτόκολλο του Walton (2003). Στο σχήμα 2 φαίνεται ένα παράδειγμα σκηνής (scene), το οποίο θα αποτελούσε μέρος ενός μεγαλύτερου συστήματος (Walton, 2003).

Αυτή η σκηνή καθορίζει ένα πρωτόκολλο αλληλεπίδρασης μεταξύ ενός δικηγόρου και του πελάτη, και προορίζεται να αντιπροσωπεύσει έναν πελάτη που επισκέπτεται έναν δικηγόρο για να βρει λύση για μια ή περισσότερες υποθέσεις. Η διάκριση των διαφορετικών τύπων όρων, πραγματοποιείται προσθέτοντας ονόματα μεταβλητών με το σύμβολο \$, ονόματα ρόλων με το % και ονόματα πρακτόρων με το !. Ορίζονται δύο πράκτορες !Client1 και !Lawyer1 που έχουν ρόλους %client και %lawyer αντίστοιχα. Το πρωτόκολλο για τον πελάτη καθορίζεται ξεχωριστά από τον δικηγόρο, παρά το γεγονός ότι θα αλληλεπιδρούν στενά. Οι πράκτορες συντονίζονται μέσω της ανταλλαγής μηνυμάτων.

Κατά την ανταλλαγή μηνυμάτων, μέσω ενεργειών αποστολής και λήψης, πραγματοποιείται σύζευξη των όρων στον πράκτορα ορισμού (φ1, φ2), όπου το φ1 αντιστοιχεί στο όνομα του πράκτορα και το φ2 αντιστοιχεί στον ρόλο του πράκτορα. Για παράδειγμα, το αίτημα για ραντεβού στη γραμμή 4 του πρωτοκόλλου θα ταιριάζει με οποιονδήποτε πράκτορα του οποίου ο ρόλος είναι %lawyer. Ομοίως, η παραλαβή του αιτήματος στη γραμμή 17 του πρωτοκόλλου θα ταιριάζει με οποιονδήποτε πράκτορα του οποίου ο ρόλος είναι %client και το όνομα αυτού του πράκτορα θα δεσμευτεί στη μεταβλητή \$client. Μπορούν, λοιπόν, με αυτό τον τρόπο να οριστούν ευρύτερες και σύνθετες επικοινωνίες. Τέλος, το παράδειγμα θα κλιμακωθεί όταν υπάρξουν περισσότεροι από δύο πράκτορες στη σκηνή.

Η σημασιολογία της αποστολής μηνυμάτων στη γλώσσα των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων έγκειται σε μια αξιόπιστη και προσωρινή αποθήκευση, χωρίς αποκλεισμούς (Wooldridge, 2000). Η αποστολή ενός μηνύματος θα πετύχει, εάν ένας πράκτορας ταιριάζει με τον αντίστοιχο ορισμό, και στη συνέχεια το μήνυμα *M* θα αποθηκευτεί σε ένα *buffer* του παραλήπτη. Η λήψη ενός μηνύματος περιλαμβάνει ένα επιπλέον βήμα ταυτοποίησης. Το μήνυμα *M* που παρέχεται στον ορισμό αντιμετωπίζεται ως πρότυπο για αντιστοίχιση με οποιοδήποτε μήνυμα στο *buffer*. Για παράδειγμα, στη γραμμή 6 του πρωτοκόλλου, το μήνυμα πρέπει να ταιριάζει με την αποδοχή (*appointment*, *\$appointment*) και η μεταβλητή *\$appointment* θα δεσμευτεί για τη δεύτερη φάση της ταυτοποίησης του μηνύματος εάν η αρχική ταυτοποίηση είναι επιτυχής.

Η αποστολή ενός μηνύματος θα αποτύχει εάν κανένας πράκτορας δεν ταιριάζει με τους όρους και η λήψη ενός μηνύματος θα αποτύχει εάν κανένα μήνυμα δεν ταιριάζει με το πρότυπο μηνύματος. Η επικοινωνία εξασφαλίζει ότι οι ενέργειες αποστολής και λήψης δεν καθυστερούν τον πράκτορα και το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων (Walton, 2003). Για το λόγο αυτό, όλες οι ενέργειες λήψης ενώνονται από *waitfor* βρόχους για να αποφευχθούν οι συνθήκες του αγώνα. Για παράδειγμα, στη γραμμή 17 ο πράκτορας θα επαναλαμβάνει τις ενέργειές του μέχρι να ληφθεί ένα μήνυμα. Εάν δεν υπήρχε αυτός ο βρόχος, ο πράκτορας ενδέχεται να μην δεχόταν κάποια αίτηση για ραντεβού και το πρωτόκολλο θα τερματιζόταν πρόωρα. Το πλεονέκτημα της μη αποκλειστικής επικοινωνίας είναι ότι μπορεί να ελεγχθεί αριθμός διαφορετικών μηνυμάτων. Για παράδειγμα, στις γραμμές 9 έως 12 του πρωτοκόλλου ο πράκτορας περιμένει είτε μια

απόφαση refer είτε μία norefer. Ο βρόχος waitfor περιλαμβάνει μια συνθήκη χρονικού ορίου που ενεργοποιείται μετά την παρέλευση ενός συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος, η οποία είναι χρήσιμη για τον χειρισμό ορισμένων ειδών σφαλμάτων.

Σε διάφορα σημεία του πρωτοκόλλου, απαιτείται ένας πράκτορας για την εκτέλεση εργασιών, όπως η λήψη απόφασης ή η ανάκτηση ορισμένων πληροφοριών. Αυτό γίνεται με τη χρήση διαδικασιών λήψης αποφάσεων (Jennings, 2000). Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, οι διαδικασίες απόφασης παρέχουν μια σύνδεση μεταξύ του πρωτοκόλλου διαλόγου και των ορθολογικών διαδικασιών του πράκτορα. Στη γλώσσα των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, η διαδικασία λήψης αποφάσεων λαμβάνει ορισμένους όρους ως επιχειρήματα και επιστρέφει μια μεταβλητή αποτελέσματος u. Η πραγματική εφαρμογή της διαδικασίας απόφασης είναι εκτός του φάσματος πρωτοκόλλου διαλόγου. Στην πραγματικότητα, η διαδικασία απόφασης λειτουργεί ως σύνδεσμος μεταξύ του διαλόγου και των διαδικασιών λογισμού. Για παράδειγμα, η διαδικασία λήψης απόφασης makeAppointment στη γραμμή 18 του διαλόγου αναφέρεται σε μια διαδικασία εξωτερικού ραντεβού, η οποία ενδέχεται να είναι περίπλοκη.

Οι λειτουργίες στο πρωτόκολλο ακολουθούνται από τον τελεστή (operator) THEN, ο οποίος αξιολογεί το op1 ακολουθούμενο από το op2, εκτός εάν το op1 περιλαμβάνει μια ενέργεια που απέτυχε. Η αποτυχία ενεργειών αντιμετωπίζεται γενικά από τον τελεστή (operator) OR. Αυτός ο τελεστής (operator) λειτουργεί με τέτοιο τρόπο, ώστε εάν το op1 αποτύχει, τότε το op2 αξιολογείται, διαφορετικά το op2 αγνοείται. Για παράδειγμα, εάν η διαδικασία doReferral στη γραμμή 22 αποτύχει, τότε ένα μήνυμα

noRefer θα σταλεί στη γραμμή 24. Αυτή η γλώσσα περιλαμβάνει επίσης έναν παράλληλο τελεστή (par-operator), ο οποίος αξιολογεί παράλληλα τα op1 και op2. Αυτό είναι χρήσιμο όταν ένας πράκτορας εμπλέκεται σε περισσότερες από μία ενέργειες ταυτόχρονα.

Τα εξωτερικά δεδομένα αντιπροσωπεύονται από σταθερές c σε αυτήν τη γλώσσα (Jennings, 2000). Δεν επιχειρείται η εκχώρηση τύπων σε αυτά τα δεδομένα, συγκεκριμένα η ερμηνεία αυτών των δεδομένων αφήνεται στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων. Λόγου χάρη, στη γραμμή 7 του παραδείγματος οι υποθέσεις επιστρέφονται με τη διαδικασία (procedure) getCase και ερμηνεύονται με τη διαδικασία (procedure) doReferral στη γραμμή 22. Οι σταθερές μπορούν επομένως να αναφέρονται σε πολύπλοκους τύπους δεδομένων, όπως έγγραφα XML ή εικόνες.

3. Επισκόπηση και επίδειξη λογισμικού

3.1. Πρωτόκολλα προγραμματισμού

Το πλαίσιο που αναλύεται παρέχει συγκεκριμένα στοιχεία που βοηθούν έναν προγραμματιστή να καθορίσει γραφήματα και πρότυπα διαλόγου. Οι ακόλουθοι τύποι κόμβων χρησιμοποιούνται σε γραφήματα διαλόγου: Το `Argument2Node` αντιπροσωπεύει εκφράσεις που εκφωνήθηκαν, και οι άκρες (edges) μεταξύ αυτών των κόμβων (nodes) αντιπροσωπεύουν μεταβάσεις από τη μία έκφραση στην άλλη (Dastani and Testerink, 2014). Οι κόμβοι AIF I- και S εφαρμόζονται ως I-Node και S-Nodes. Οι Commitment-Nodes παρακολουθούν ποιος πράκτορας έχει δεσμευτεί σε ποιες προτάσεις.

Το Effect-Node παρακολουθεί το μέγεθος παρανομίας των εκφράσεων, δηλαδή ποια είναι η επίδραση μιας έκφρασης στο γράφημα επιχειρήματος 1 ή στις δεσμεύσεις. Το προεπιλεγμένο διάγραμμα διαλόγου μπορεί να επεκταθεί για πρόσθετες λειτουργίες (functions). Η δυνατότητα αυτή προσδίδει ευελιξία αλλά και διευρυμένο επίπεδο ελέγχου στο σχεδιαστή του συστήματος πολλαπλών πρακτόρων.

Τα πρότυπα (templates) μπορούν να κατασκευαστούν παρέχοντας τρεις λειτουργίες: τη προστασία, την απόκριση και την ενημέρωση του επιχειρήματος 1 (Dastani and Testerink, 2014). Ο

ελεγκτής του προτύπου υποδεικνύει, με βάση ένα γράφημα διαλόγου και ένα νέο κόμβο επιχειρήματος 2, εάν το πρότυπο ισχύει. Η συνάρτηση απόκρισης (response function) επιστρέφει, δεδομένου ενός γραφήματος διαλόγου και μιας νέας έκφρασης, τον κόμβο επιχειρήματος 2 από το γράφημα διαλόγου, στο οποίο η νέα έκφραση είναι μία άμεση απάντηση. Η ενημέρωση του επιχειρήματος 1 είναι μια συνάρτηση που δέχεται ένα γράφημα διαλόγου και έναν νέο κόμβο επιχειρήματος 2. Η κλάση του προτύπου διαθέτει μια προγραμματισμένη μέθοδο εφαρμογής, κατά την οποία κάθε νέο μήνυμα δέχεται έλεγχο από τον ελεγκτή, και στην περίπτωση που ο έλεγχος είναι επιτυχής, εφαρμόζει τη συνάρτηση απόκρισης και ενημερώνει το επιχείρημα 1.

Οποιοσδήποτε αλλαγές, οι οποίες έγιναν κατά την εκτέλεση της ενημέρωσης του επιχειρήματος 1 καταγράφονται αυτόματα. Αφού εφαρμοστεί η συνάρτηση, το πρότυπο θα δημιουργήσει έναν άλλο κόμβο που θα συνδέει το νέο μήνυμα με τις αλλαγές που πραγματοποιήθηκαν κατά την εκτέλεση της συνάρτησης ενημέρωσης του επιχειρήματος 1. Το ίδιο το πρωτόκολλο είναι απλά ένα σύνολο προτύπων.

Τέλος, έχουν προγραμματιστεί προγράμματα εκπαίδευσης για την ανάπτυξη πρακτόρων που βασίζονται σε Java, τα οποία αλληλεπιδρούν χρησιμοποιώντας πρωτόκολλα διαλόγου επιχειρηματολογίας. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιήθηκε ως βάση το OO2APL (Dastani and Testerink, 2014). Όταν ένας πράκτορας λάβει ένα μήνυμα, θα ελέγξει αν ο αποστολέας διέθετε την έγκριση, ώστε να στείλει αυτό το μήνυμα, ελέγχοντας εάν ισχύει κάποιο από τα πρότυπα του τρέχοντος διαγράμματος διαλόγου. Εάν όχι, τότε ο πράκτορας απαντά αμέσως με ένα μήνυμα αναπήδησης στον

αποστολέα. Εάν υπάρχει ένα ισχύον πρότυπο, τότε αυτό το πρότυπο ενημερώνει το γράφημα διαλόγου. Ο πράκτορας μπορεί να στείλει ένα μήνυμα με μία προγραμματισμένη μέθοδο αποστολής που επαναλαμβάνει αυτόματα τη διαδικασία, όσον αφορά το κομμάτι της αποστολής του μηνύματος. Εάν ο πράκτορας προσπαθεί να στείλει παράνομα ένα μήνυμα, τότε λαμβάνει αυτόματα ένα μήνυμα εσωτερικού σφάλματος.

3.2. Επανεναρξη διαλόγων

Η παρουσίαση ξεκινά με ένα πρόγραμμα ανάγνωσης διαλόγου, το οποίο είναι ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων και μπορεί να αρχίσει επανειλημμένως έναν διάλογο (Bex and Reed, 2012). Υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα ανάγνωσης. Κατά την ανάπτυξη ενός πρωτοκόλλου, κάποιος χρήστης μπορεί να γράψει χειροκίνητα διαλόγους (όμοια με τους χρήστες) και να ελέγξει εάν το πρωτόκολλο δημιουργεί το γράφημα διαλόγου, όπως προβλέπεται. Για παράδειγμα, στο σενάριο που περιγράφεται δεν είναι επιθυμητό να δεσμεύεται ο πράκτορας πρόσληψης στους διαλόγους με τους καταγγέλλοντες για το γεγονός ότι κάποιος είναι ψεύτης. Μια άλλη χρήση είναι να ενεργοποιηθεί ξανά ο διάλογος που έχει αποθηκευτεί σε ένα αρχείο καταγραφής όταν ορισμένες συνθήκες έχουν επιτευχθεί ή όταν κάποιος πράκτορας παραβιάσει το πρωτόκολλο.

Το πρόγραμμα ανάγνωσης διαλόγου καταθέτει δύο υποχρεωτικά αρχεία. Το πρώτο είναι το αρχείο προσκλήσεων, το οποίο εξηγεί στο σύστημα ποιος στρατολόγησε ποιον κατά το στάδιο της επιχειρηματολογίας. Το δεύτερο αρχείο είναι αυτό της καταγραφής των εκφράσεων που χρησιμοποιήθηκαν. Σε επίπεδο Java το πρόγραμμα ανάγνωσης απαιτεί περαιτέρω ένα πρόγραμμα ανάλυσης συμβόλων (οι εκφράσεις και το αρχείο εκφράσεων) στα αντικείμενα εκφράσεων που αντιπροσωπεύουν, καθώς και τον κατασκευαστή του πρωτοκόλλου που θα χρησιμοποιηθεί.

Το πρόγραμμα ανάγνωσης στη συνέχεια διαβάζει όλα τα αρχεία, επανεκκινεί το διάλογο και εξάγει τα γραφήματα διαλόγου των πρακτόρων ως JSON (Bex and Reed, 2012). Η επανεκκίνηση γίνεται μέσω ενδεικτικών πρακτόρων τύπου Dialog-Reader Agent. Η λογική απόφασης ενός τέτοιου πράκτορα, όταν λαμβάνει ένα μήνυμα, είναι απλώς να ζητά από τον επόμενο πράκτορα να στείλει το επόμενο μήνυμα στο σενάριο. Να σημειωθεί ότι αυτό το σύστημα πολλαπλών πρακτόρων διαλόγου μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κύριος κορμός, δηλαδή οι πράκτορες δύνανται να χρησιμοποιούν μια μέθοδο που ονομάζεται Handle-Received-Argumentation-Message, με την οποία ο κύριος κορμός των αποφάσεων μπορεί να αντικατασταθεί από μια διαφορετική σειρά αποφάσεων, σχετικά με τον τρόπο απάντησης. Έτσι, μπορούν να αναπτυχθούν εύκολα συστήματα πολλαπλών πρακτόρων που περιλαμβάνουν πράκτορες με γνώσεις, προσωπικές βάσεις και λογικές αποφάσεων.

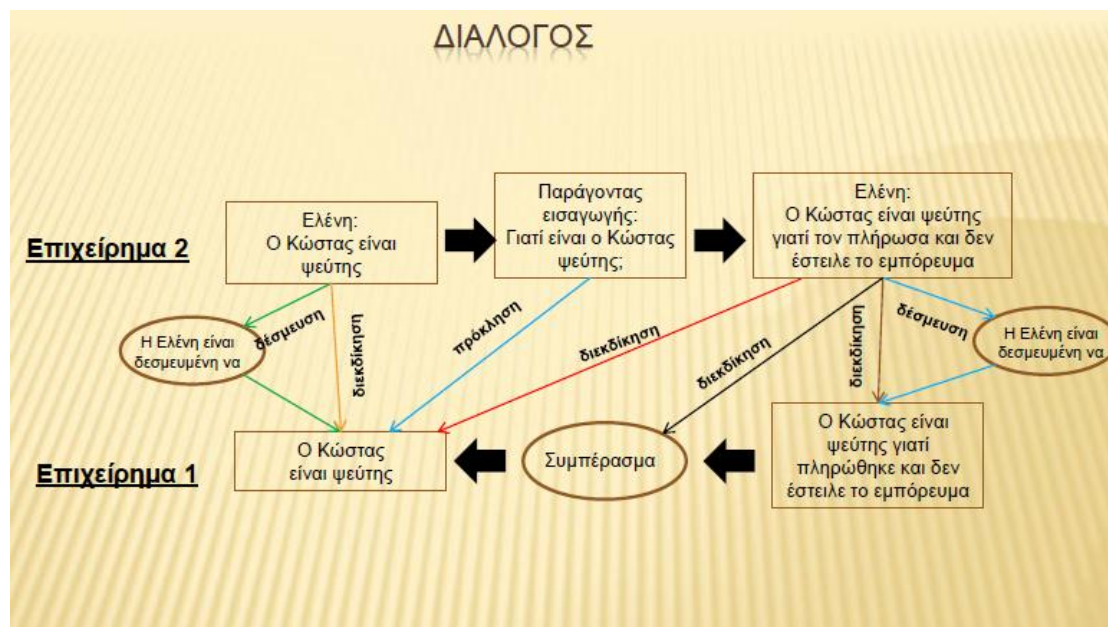
3.3. Παράδειγμα διαλόγου και γραφική αναπαράσταση

Το πρόγραμμα ανάγνωσης διαλόγου δημιουργεί αντικείμενα JSON που αντιπροσωπεύουν τα γραφήματα διαλόγου των συμμετεχόντων στο διάλογο, οι οποίοι απεικονίζονται σε μια ιστοσελίδα. Το γράφημα είναι χωρισμένο σε 5 στοιχεία: α) ο ίδιος ο διάλογος, το γράφημα επιχειρήματος 1, το γράφημα επιχειρήματος 2, ο επιβλέπων της παράνομης δύναμης και το γράφημα AIF (Testerink and Bex, 2017).

Η παρούσα επίδειξη χρησιμοποιεί ένα παράδειγμα που βασίζεται σε μια εφαρμογή για την ολλανδική αστυνομία, και μοιάζει έντονα με το τρέχον *modus operandi* περιπτώσεων (π.χ. διαδικτυακής εμπορικής απάτης) (Reed et al., 2010). Το σενάριο εξηγεί, ότι οι καταγγέλλοντες μπορούν να αναφέρουν τα παράπονά τους αλληλεπιδρώντας με έναν πράκτορα πρόσληψης πληροφοριών και έναν ντετέκτιβ, ο οποίος αλληλεπιδρά με έναν αναλυτή. Όταν ο ντετέκτιβ ρωτά τον αναλυτή πράκτορα την ερώτηση, συζητά το ίδιο θέμα της ερώτησης με τον πράκτορα πρόσληψης πληροφοριών και έναν άλλο πράκτορα που μπορεί να παρέχει πληροφορίες από τρίτους. Το παράδειγμα περιέχει, λοιπόν, πράκτορες που εκπροσωπούν ανθρώπους, τρίτους και άλλους αυτοματοποιημένους πράκτορες.

Οι ανθρώπινοι πράκτορες στο παράδειγμα είναι η καταγγέλουσα Ελένη και ο ύποπτος Κώστας, ο οποίος κατηγορείται για απάτη, και ένας ντετέκτιβ, που ρωτά αν ο Κώστας είναι ο αναμενόμενος απατεώνας. Τα τρίτα πρόσωπα είναι μια

γενική ιστοσελίδα συναλλαγών (όπως π.χ. η Marktplaats), μια τράπεζα και το σύστημα διοίκησης Δήμων που ονομάζονται GBA. Οι αυτοματοποιημένοι πράκτορες βρίσκονται μεταξύ των άλλων πρακτόρων. Ένας πράκτορας αιτήσεων μπορεί να απαιτήσει πληροφορίες από τρίτους, ένας πράκτορας πρόσληψης αλληλεπιδρά με τους καταγγέλλοντες και ένας πράκτορας αναλύσεων αλληλεπιδρά με τον ντετέκτιβ. Οι παραπάνω πράκτορες μπορούν επίσης να αλληλεπιδράσουν μεταξύ τους για να συζητήσουν θέματα ενδιαφέροντος.



Σχ.3 : Γραφικό παράδειγμα αντιπαράθεσης 1 και 2 (Bench-Caron and Dunne, 2007)

Για διαλόγους επιχειρηματολογίας είναι σημαντικό να γίνει διάκριση μεταξύ επιχειρήματος τύπου 1 –επιχειρήματα που απεικονίζουν λόγους υπέρ ή κατά των συμπερασμάτων (όπως στο, **αυτός προετοίμασε ένα επιχείρημα**) -και το επιχείρημα τύπου 2 –επιχειρήματα δηλαδή ως debate (όπως στο, **αμφότεροι παρουσίασαν ένα επιχείρημα**). Η ιδέα είναι ότι κατά τη διάρκεια ενός διαλόγου (επιχείρημα 2) οι συμμετέχοντες κατασκευάζουν και οδηγούν ένα υποκείμενο επιχείρημα τύπου 1 αποτελούμενο από ισχυρισμούς και επιχειρήματα (Reed et al., 2010). Για παράδειγμα, σκεφτείτε το Σχ.3. Στην πρώτη σειρά, παρατηρείται ένας απλός διάλογος στον οποίο η Ελένη ισχυρίζεται ότι ο Κώστας εκφράζει κάτι μη αληθές, και τα βέλη υποδεικνύουν τη ροή του διαλόγου. Στη δεύτερη σειρά, αποδίδεται το πλήρες επιχείρημα 1 εξ' αρχής, δηλαδή «Η Ελένη πλήρωσε τον Κώστα ΚΑΙ ο Κώστας δεν έστειλε το προϊόν», οπότε συνεπάγεται το συμπέρασμα ότι «ο Κώστας δεν είναι φερέγγυος».

Ο σύνδεσμος μεταξύ των επιχειρημάτων 1 και 2 πηγάζει από τη θεωρία της ομιλίας, όπου μια ομιλία είναι ουσιαστικά μια έκφραση («η Ελένη λέει ότι ο Κώστας είναι ψεύτης»), και από μια παράνομη πράξη, η οποία αποτελείται από την παράνομη δύναμη, η οποία έχει πρόθεση να εκφωνήσει μια έκφραση (ο πράκτορας εισαγωγής λέει «γιατί ο Κώστας είναι ψεύτης;», έχοντας πρόθεση να αμφισβητήσουμε ότι «ο Κώστας είναι ψεύτης») και από το περιεχόμενο προτάσεων(όπως πχ το «Ο Κώστας είναι ψεύτης»). Σημαντικό είναι πως η ίδια έκφραση μπορεί να περιλαμβάνει πολλές δηλώσεις πράξεων, δηλαδή λέγοντας «Ο Κώστας είναι ψεύτης», η Ελένη ισχυρίζεται όχι μόνο ότι «ο Κώστας είναι ψεύτης», αλλά και ότι δεσμεύεται σε αυτήν την πρόταση, υποστηρίζοντάς την. (όπως η δέσμευση στο Σχ.3).

Δύο βασικές τυπικές έννοιες στο (Testerink and Bex, 2017), στις οποίες βασίζεται η παρούσα εργασία, είναι τα γραφήματα διαλόγου και τα πρότυπα διαλόγου. Ένα γράφημα διαλόγου καταγράφει την κατάσταση του διαλόγου από την οπτική ενός από τους πράκτορες. Στην εργασία αυτή, το γράφημα αντιπροσωπεύει το επιχείρημα 1, το επιχείρημα 2 και τις δεσμεύσεις (βλέπε σχήμα 3). Τα γραφήματα επιχειρήματος στην εφαρμογή αυτή είναι ελαφρώς προσαρμοσμένες εκδόσεις του γραφήματος επιχειρήματος AIF (Reed et al., 2010), τα οποία βασίζονται στις υφιστάμενες προδιαγραφές AIF (Bex et al., 2012).

Μέσω αυτής της οντολογίας διακρίνονται οι κόμβοι πληροφοριών ή I-κόμβοι, για την αναπαράσταση εκφράσεων ή προτάσεων, και οι κόμβοι σχήματος ή S-κόμβοι, οι οποίοι δηλώνουν γενικά πρότυπα συλλογιστικής ή τις σχέσεις μεταξύ των κόμβων I. Υποκατηγορίες των S-κόμβων είναι RA (rule application=εφαρμογής κανονισμού) κόμβοι και CA (conflict application=εφαρμογής διαμάχης) κόμβοι. Προσθέτουμε περαιτέρω κόμβους δέσμευσης που δείχνουν τη δέσμευση ενός πράκτορα σε έναν κόμβο I.

Τα πρότυπα διαλόγου υποδεικνύουν τον τρόπο ενημέρωσης του γραφήματος κατά τη λήψη και την αποστολή εκφράσεων. Τα πρότυπα αυτά, χρησιμοποιούνται για την εκπροσώπηση κανόνων πρωτοκόλλου διαλόγου, καθώς περιέχουν πιθανές απαντήσεις (πιθανή μετάβαση σε άλλες εκφράσεις) για κάθε τύπο έκφρασης που αποστέλλεται ή λαμβάνεται. Για παράδειγμα, ένα πρότυπο υποδεικνύει ότι εάν ληφθεί το μήνυμα P, το γράφημα επιχειρήματος 2 αλλάζει για να συμπεριλάβει αυτήν την έκφραση, το γράφημα επιχειρήματος 1 παραμένει αμετάβλητο και ένα P έως Q μπορεί να σταλεί πίσω ως απάντηση. Ένα άλλο πρότυπο

μπορεί ενδεχομένως να υποστηρίζει ότι η αποστολή ενός μηνύματος P έως Q δεν ενημερώνει μόνο το γράφημα επιχειρήματος 2, αλλά ενημερώνει και το γράφημα του επιχειρήματος 1 για να περιλαμβάνει το Q και το συμπέρασμα (RA-node) μεταξύ Q και P , και δεσμεύει επίσης τον αποστολέα σε P και Q .

4. Συμπέρασμα

Ένα σημαντικό μέρος της σύνδεσης μεταξύ των πρακτόρων έχει τη μορφή διαλόγων. Ορισμένα από τα είδη διαλόγου είναι οι συναλλαγές, οι διάλογοι επιχειρηματολογίας και τα μηνύματα με προκαθορισμένη μορφή. Ένα κύριο εργαλείο για το σχεδιασμό ενός συστήματος διαλόγου είναι το πρωτόκολλο. Από τη στιγμή που έχει δημιουργηθεί και εδραιωθεί το πρωτόκολλο, οι επιλογές που κάνουν οι πράκτορες κατά την εξέλιξη του διαλόγου είναι αμιγώς θέμα στρατηγικής. Συγκρίνοντας τη δομή των πρωτοκόλλων με αυτή της στρατηγικής, παρατηρείται ότι το πρωτόκολλο διαλόγου έχει μια σταθερή δομή χωρίς μεροληπτικές και συναισθηματικές επιρροές από τους πράκτορες που συμμετέχουν, εν αντιθέσει με τη στρατηγική. Η δομή της στρατηγικής καθορίζεται σαφώς από τις επιδιώξεις του κάθε πράκτορα, τις γνώσεις του επί του θέματος διαλόγου καθώς επίσης και με την ατομική του ψυχοσύνθεση.

Τα πρωτόκολλα διαλόγου αποτελούν τη νέα μέθοδο για την εύρεση των πιθανών αποτελεσμάτων ή εκβάσεων μιας υπόθεσης, καθώς θέτουν σαφείς περιορισμούς και όρια στους διάφορους πράκτορες που απαρτίζουν τη διαδικασία αυτή, με αποτέλεσμα να υπάρχει η δυνατότητα ανάλυσης δεδομένων στους διαλόγους, άρα και πρόβλεψη των πιθανότερων αποτελεσμάτων. Η περαιτέρω έρευνα θα αυτοματοποιήσει περισσότερο τις διαδικασίες, που πλέον απαιτούν την ένταξη νομικού πλαισίου, των δημοσιονομικών πολιτικών (π.χ. του κράτους στο οποίο

εξελίσσεται μια δημοπρασία) και των οικονομικών παραμέτρων του εκάστοτε θέματος διαλόγου.

5. Επίλογος

Σε αυτή την εργασία παρουσιάστηκε το αναπτυξιακό πλαίσιο για προγραμματισμό πρωτοκόλλων διαλόγου επιχειρηματολογίας που είναι κατάλληλα για περιπτώσεις peer-to-peer. Η χρησιμότητα και αποτελεσματικότητα του πλαισίου αποδείχθηκε με ένα παράδειγμα που ελήφθη από ένα ερευνητικό πρόγραμμα με την Ολλανδική Εθνική Αστυνομία. Το πλαίσιο επιτρέπει σε έναν προγραμματιστή να δημιουργήσει ένα πρωτόκολλο καθορίζοντας τα πρότυπα διαλόγου. Το λογισμικό παρέχει επίσης ένα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων που μπορεί να διαβάσει στοιχεία διαλόγων και να παράγει τα γραφήματα διαλόγου για κάθε συμμετέχοντα. Τα γραφήματα διαλόγου εξάγονται ως αντικείμενα JSON, γεγονός που καθιστά το λογισμικό ικανό να συνδεθεί με άλλες τεχνολογίες μέσω ίντερνετ. Επιπλέον, παρουσιάστηκε μια γραφική αναπαράσταση του διαλόγου μεταξύ των πρακτόρων έτσι ώστε ένας προγραμματιστής να μπορεί να ελέγξει τα γραφήματα με πιο αναγνώσιμο τρόπο.

Στενά συνδεδεμένη με το πλαίσιο είναι η πλατφόρμα εκτέλεσης παιχνιδιών διαλόγου (Dialogue Game Execution

Platform-DGEP) (Bex et al., 2014), η οποία είναι επίσης ένα εργαλείο που βοηθά στην ανάπτυξη πρωτοκόλλων διαλόγου επιχειρηματολογίας. Η κύρια διαφορά στο πλαίσιο αυτό είναι ότι η DGEP δεν είναι ένα ανοιχτό πλαίσιο πολλαπλών πρακτόρων, αλλά κυρίως μια πλατφόρμα μέσου λογισμικού που, αναλόγως της έκφρασης, παράγει τις νομικές κινήσεις. Το πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον προγραμματισμό πρακτόρων που αλληλεπιδρούν με την πλατφόρμα DGEP, παρόλο που δεν είναι απολύτως απαραίτητο, αφού οι πράκτορες μπορούν να ερμηνεύσουν οι ίδιοι τις προδιαγραφές του πρωτοκόλλου.

Επίσης, αναφέρθηκε η γλώσσα FIPA-ACL, μια ευρέως χρησιμοποιούμενη γλώσσα επικοινωνίας και διαλόγου πρακτόρων σε συστήματα πολλαπλών πρακτόρων. Η γλώσσα επικοινωνίας των πρωτοκόλλων πολλαπλών πρακτόρων καλύπτει ένα ουσιαστικό κενό μεταξύ της διαδικασίας συλλογισμού χαμηλού επιπέδου και των διαδικασιών συλλογισμού υψηλού επιπέδου που συναντώνται σε τέτοια συστήματα. Η γλώσσα επικοινωνίας βασίζεται στον υπολογισμό της διαδικασίας και είναι αρκετά εκφραστική για να περιγράψει ένα μεγάλο εύρος πρωτοκόλλων πρακτόρων.

Τα πρωτόκολλα διαλόγου, που καθορίζουν τη ροή των διαλόγων εντός των συστημάτων πολλαπλών πρακτόρων, έχουν σχεδιαστεί, ώστε να εκτελούνται άμεσα από τους πράκτορες, που συμμετέχουν στο διάλογο. Για το σκοπό αυτό, παρουσιάστηκε μια λειτουργική σημασιολογία για τη γλώσσα επικοινωνίας, η οποία καθορίζει με ακρίβεια τη συμπεριφορά αξιολόγησης της γλώσσας. Η παρουσίασή από πλευράς φυσικής σημασιολογίας επιτρέπει την άμεση εφαρμογή των κανόνων αξιολόγησης της γλώσσας. Έχουν εφαρμοστεί οι κανόνες αυτοί απευθείας ως ρήτρες Prolog Horn

χρησιμοποιώντας το LINDA για επικοινωνία μεταξύ αντιπροσώπων. Έχει επίσης εφαρμοστεί σε σύστημα πολλαπλών πρακτόρων η γλώσσα προγραμματισμού JAVA χρησιμοποιώντας ταυτόχρονα νήματα για τους μεμονωμένους πράκτορες και τον διερμηνέα που παρέχει την απαραίτητη συμπεριφορά παρακολούθησης και ενοποίησης.

Τα πρωτόκολλα διαλόγου καθορίζουν σύνθετες σύγχρονες και ασύγχρονες αλληλεπιδράσεις, και επομένως είναι δύσκολο να σχεδιαστούν. Η εμπειρία για τον καθορισμό πρωτοκόλλων στα σύστημα πολλαπλών πρακτόρων έδειξε ότι η πρόβλεψη ανεπιθύμητης συμπεριφοράς είναι μια σημαντική εργασία. Για να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα, διερευνάται αυτήν τη περίοδο η χρήση τεχνικών ελέγχου μοντέλων (Clarke et al., 1999) για την αυτόματη επαλήθευση. Η διαφορά αυτής της προσέγγισης έναντι της προσομοίωσης είναι ότι εκτελείται διεξοδική εξερεύνηση του χώρου διαλόγου (σκηνή). Τα πρώτα πειράματα με αυτήν την τεχνική έχουν δείξει υψηλό ποσοστό επιτυχίας στον εντοπισμό αποτυχιών στους διαλόγους. Ο εκσυγχρονισμός στις διαδικασίες που περιλαμβάνουν διαλόγους, όπως δηλαδή μια εμπορική συναλλαγή ή μια δημοπρασία, εξασφαλίζουν κέρδος χρόνου και απλοποίηση, λόγω της χρήσης κατάλληλου λογισμικού και πρωτοκόλλων.

Το σύγχρονο περιβάλλον επιβάλλει την επιλογή των βέλτιστων αποφάσεων, σε συνέχεια της ανάλυσης δεδομένων κατά μία διαδικασία. Οι επιχειρήσεις, οι οποίες συνεχώς προσβλέπουν στη μεγιστοποίηση των κερδών τους, αναζητούν με τη χρήση της τεχνολογίας στα πληροφοριακά συστήματα, τρόπους ώστε να πετυχαίνουν τους στόχους τους χρησιμοποιώντας τους ελάχιστους πόρους και στον ελάχιστο χρόνο. Η διαδικασία λήψης

αποφάσεων δεν είναι απλή και δεν υπάρχει συγκεκριμένο πρότυπο συνόλου ενεργειών, οι οποίες θα οδηγούν σε ενιαία αντιμετώπιση του προβλήματος. Καταλαβαίνουμε, λοιπόν, ότι η ανάπτυξη πρωτοκόλλων διαλόγου, ως εργαλείο για την αυτόματη λήψη αποφάσεων, αποτελεί ένα ενισχυτικό εργαλείο για την επίτευξη στόχων.

Επιπλέον, το απαιτητικό νομικό περιβάλλον της εποχής, επιβάλλει την ενισχυτική χρήση κατάλληλου λογισμικού και πρωτοκόλλων, με τα οποία ο χειριστής μιας υπόθεσης, θα την μελετά ολόπλευρα, χωρίς να παραβλέπει ισχύοντες νομικούς περιορισμούς και υποχρεώσεις.

Η μελλοντική εργασία αφορά την έρευνα που χρησιμεύει ως βάση για αυτή τη παρουσίαση. Έχουν εκδοθεί τα κύρια πρωτόκολλα peer-to-peer (Testerink and Bex, 2017), αλλά ορισμένες πτυχές της παρουσίασης, όπως η σχέση μεταξύ του επιχειρήματος 1 και 2, δεν έχουν ακόμη αναλυθεί πλήρως. Ένας μελλοντικός στόχος είναι να μπορεί η συγκεκριμένη πλατφόρμα να συγκεντρώσει αυτόματα τις προδιαγραφές DGD (Wells and Reed, 2012) από τα διάφορα πρωτόκολλα διαλόγου επιχειρηματολογίας που είναι διαθέσιμα σε ένα πρωτόκολλο, στο συγκεκριμένο αναπτυξιακό πλαίσιο. Ένα άλλο σημαντικό σημείο είναι η τυποποίηση και εφαρμογή διαφορετικών στρατηγικών επιχειρηματολογίας από τους πράκτορες.

Τέλος, με σεβασμό στις έξυπνες πλατφόρμες, όπως ο πράκτορας εισαγωγής, προσδοκάται η ικανότητα των ανθρώπων να αλληλεπιδρούν με τέτοιους πράκτορες με φυσικό τρόπο – παρόλο που ορισμένες μορφές αλληλεπίδρασης με προκαθορισμένες επιλογές είναι απαραίτητες. Υπάρχουν, ωστόσο, καταστάσεις στις οποίες θα θέλαμε ο άνθρωπος να μπορεί απλά

να πληκτρολογεί κείμενα σε φυσικές γλώσσες, τα οποία στη συνέχεια να αναλύονται και να χρησιμοποιούνται από τον αυτοματοποιημένο πράκτορα εισαγωγής. Στην εργασία αυτή, έχουν ληφθεί τα πρώτα βήματα για να αξιολογηθούν οι δυνατότητες εξαγωγής πληροφοριών (Schraagenet al., 2017) και σκοπός είναι η περαιτέρω ανάπτυξη αυτής, στο πλαίσιο των διαφόρων τύπων διαλόγων.

Βιβλιογραφία

T. J. Bench-Capon and P. E. Dunne. Argumentation in artificial intelligence. Artificial intelligence, 171(10-15):619-641, 2007.

F. Bex, J. Lawrence, and C. Reed. Generalising argument dialogue with the dialogue game execution platform. In Proceedings of COMMA 2014, volume 266 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, pages 141-152. IOS Press, 2014.

F. Bex, S. Modgil, H. Prakken, and C. Reed. On logical specifications of the argument interchange format. Journal of Logic and Computation, 23(5):951-989, 2012.

F. Bex, J. Peters, and B. Testerink. A.I. for online criminal complaints: From natural dialogues to structured scenarios. In Workshop A.I. for Justice – Proceedings of ECAI 2016, 2016.

F. Bex and C. Reed. Dialogue templates for automatic argument processing. In Proceedings of COMMA 2012, volume 245 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, pages 366-377. IOS Press, 2012.

M. Dastani and B. Testerink. From multi-agent programming to object oriented design patterns. In Engineering Multi-Agent Systems, pages 204-226. Springer International Publishing, 2014.

H. Prakken. Formal systems for persuasion dialogue. The Knowledge Engineering Review, (21):163-188, 2006.

C. Reed, S. Wells, K. Budzynska, and J. Devereux. Building arguments with argumentation: the role of illocutionary force in computational models of argument. In Proceedings of COMMA 2010., volume 216 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, pages 415-426, 2010.

M. Schraagen, M. Brinkhuis, and F. Bex. Evaluation of Named Entity Recognition in Dutch online criminal complaints. Computational Linguistics in the Netherlands Journal, 7, 2017. To appear.

B. Testerink and F. Bex. Specifications for peer-to-peer argumentation dialogues. In Proceedings of PRIMA 2017, Lecture Notes in Artificial Intelligence. Springer, 2017. To appear.

S. Wells and C. Reed. A domain specific language for describing diverse systems of dialogue. Journal of Applied Logic, 10(4):309-329, 2012.

E. M. Clarke, O. Grumberg and D. A. Peled. Model Checking. MIT Press, 1999.

P. R. Cohen and H. J. Levesque. Rational interaction as the basis for communication. Intentions in communication, pages 221-256, 1990.

FIPA Foundation for Intelligent Physical Agents, FIPA Specification part 2- Agent communication language, April 1999.

M. Esteva, J. A. Rodriguez, C. Sierra, P. Garcia and J. L. Arcos. On the formal specification of electronic institutions. In agent-mediated electronic commerce, pages 126-147, 2001.

M. Greaves, H. Holmback and J. Bradshaw. What is a conversation policy? In proceedings of the workshop of specifying and implementing conversation policies, autonomous agents, Seattle, Washington, May 1999.

N. R. Jennings. Specification and Implementation of a Belief-Desire-Joint-Intention Architecture for Collaborative Problem Solving. Journal of intelligent and cooperative information systems, 2(3):289-318, 1993.

N. R. Jennings. On agent-based software engineering. Artificial intelligence, 177(2):277-296, 2000.

G. Kahn. Natural semantics. In proceedings of the 4th annual symposium on theoretical aspects of computer science (STACS '87), number 247 in lecture notes in computer science, pages 22-39, Passau, Germany, February 1987.

N. Maudet and B. Chaib-Draa. Commitment-based and Dialogue-game based Protocols-New trends in agent communication language. The knowledge engineering review, 17(2): 157-179, 2002.

R. Milner. Communication and concurrency. Prentice Hall international, 1989.

A. S. Rao and M. P. Georgeff. BDI agents: from theory to practice. In proceedings of the 1st international conference on multi-agent systems, pages 312-319, San Francisco, USA, June 1995.

M. P. Singh. Agent communication languages: Rethinking the principles. IEEE computer, pages 40-47, December 1998.

M. Wooldridge. Semantic issues in the verification of agent communication languages. Autonomous agents and multi-agent systems, 3(1):9-31, 2000.

Ματσατσίνης, Ν.Φ., Ν. Σπανουδάκης, Α. Σαμαράς. Εισαγωγή στη Τεχνητή Νοημοσύνη και τα Συστήματα Πολλαπλών Πρακτόρων, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών, 2005.

Stuart J. Russel and Peter Norvig. Artificial Intelligence: A modern approach, 1995.

Sankar Virdhagriswaran. Applications of artificial intelligence, 1987.

Pattie Maes. Designing autonomous agents, 1990.

Hayes Roth. Architectural foundations for real-time performance in intelligent agents, 99-125, 1990.

Coen. A software agent construction system, Cambridge, 1995.

B Testerink and F. Bex. Developing argumentation dialogues for open multi agent systems, 2017.

D. T. Ndumu, H. S. Nwana, L. C. Lee, J. C. Collins. Visualizing and debugging distributed multi agent systems, in proceedings of autonomous agents 99, ACM press, 1999.

Douglas Walton and Erik Krabbe. Commitment in dialogue: Basic concepts of interpersonal reasoning, 1995.

Christopher D. Walton. Multi-agent dialogue protocols, CISA, Edinburg, 2003.

E. H. Durfee, V. Lesser and D. Corkill. Trends in Cooperative Distributed Problem Solving. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Volume KDE-1, Number 1, pp. 63-83, 1989.