

# Βάσεις Δεδομένων και Ευφυή Πληροφοριακά Συστήματα Επιχειρηματικότητας

---

Ευφυείς Πράκτορες

Δρ. Κωνσταντίνος Χ. Γιωτόπουλος

## Αρχιτεκτονικές Ευφυών Πρακτόρων

- Με τον όρο αρχιτεκτονική ενός διαμεσολαβητή (και κατ' επέκταση ενός συστήματος πολλαπλών διαμεσολαβητών) εννοούμε την μέθοδο κατασκευής του και τον τρόπο που το σύνολο των δομικών του στοιχείων (modules) σχετίζονται και επικοινωνούν μεταξύ τους και με το περιβάλλον.
  - οι αρχιτεκτονικές νοημοσύνης (deliberative architectures),
  - οι αρχιτεκτονικές αντίδρασης (reactive architectures),
  - οι υβριδικές αρχιτεκτονικές (hybrid architectures), που συνδυάζουν χαρακτηριστικά των άλλων δύο.

## Αρχιτεκτονική Νοημοσύνης

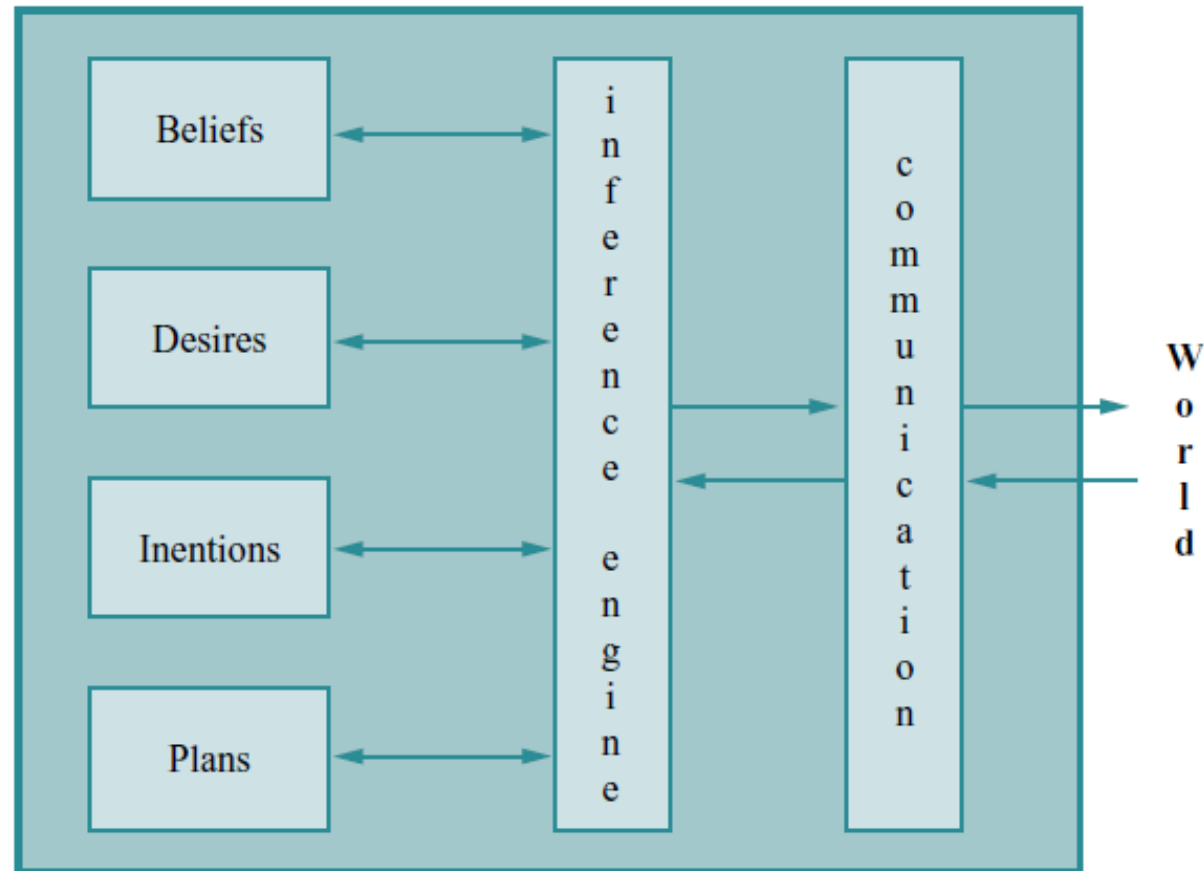
- Η παραδοσιακή και επικρατούσα άποψη θεωρεί τους διαμεσολαβητές ως συστήματα συμβόλων και με αυτόν τον τρόπο κωδικοποιείται η νοητική τους κατάσταση.
- Η νοημοσύνη τους προκύπτει, μέσω των μηχανισμών διαχείρισης της νοητικής κατάστασης, που παρέχουν δυνατότητα λήψης αποφάσεων, παραγωγής συμπερασμάτων από τη γνώση τους, επιλογής των ενεργειών τους και ανανέωσης της γνώσης τους.
- Μία τέτοια αρχιτεκτονική καλείται αρχιτεκτονική νοημοσύνης (deliberative architecture).
- Ένας διαμεσολαβητής κατασκευασμένος σύμφωνα με την αρχιτεκτονική νοημοσύνης περιέχει σε συμβολική αναπαράσταση το μοντέλο του κόσμου, όπου δραστηριοποιείται, μοντέλο το οποίο αντιστοιχεί στις πεποιθήσεις του, και ο τρόπος σκέψης και απόφασης βασίζεται σε κάποιο μηχανισμό παραγωγής λογικών συμπερασμάτων.
- Η λειτουργία του ακολουθεί έναν κύκλο τριών βημάτων, σύμφωνα με τον οποίο
  - παρατηρεί το περιβάλλον και για όσα γεγονότα τον αφορούν
  - σκέπτεται (deliberates) και κατόπιν
  - ενεργεί βασιζόμενος στα συμπεράσματα που έφθασε και τις αποφάσεις που πήρε.
- Η μεγάλη πλειοψηφία των συστημάτων διαμεσολαβητών που έχουν αναπτυχθεί βασίζονται σε αρχιτεκτονικές νοημοσύνης.

## Αρχιτεκτονική Νοημοσύνης – BDI

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

## Αρχιτεκτονική Νοημοσύνης – BDI (2)

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



Η εσωτερική δομή ενός διαμεσολαβητή σύμφωνα με τη BDI αρχιτεκτονική.

## Αρχιτεκτονική Νοημοσύνης – BDI (3)

- Ο μηχανισμός παραγωγής συμπερασμάτων (inference engine) αναπαριστά και διαχειρίζεται την νοητική κατάσταση του διαμεσολαβητή όπως επίσης και τις ενέργειες επικοινωνίας με το περιβάλλον.
- Το συστατικό επικοινωνίας (communication component) αναπαριστά ένα ξεχωριστό μηχανισμό υπεύθυνο για την επικοινωνία του διαμεσολαβητή. (Προαιρετικό - η επικοινωνία γίνεται μέσω άλλων συστατικών).

## Αρχιτεκτονική Αντίδρασης

- Απόψεις που απορρίπτουν οποιαδήποτε συμβολική αναπαράσταση και μηχανισμούς διαχείρισης αυτής.
- Οι αρχιτεκτονικές που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία καλούνται αρχιτεκτονικές αντίδρασης (reactive architectures).
- Η έξυπνη συμπεριφορά ενός συστήματος είναι κάτι υποκειμενικό και κρίνεται από τον παρατηρητή του συστήματος, ενώ ταυτόχρονα
  - δεν είναι απαραίτητη ούτε η συμβολική αναπαράσταση ούτε
  - οι διαδικασίες συλλογισμού που εφαρμόζονται σε αυτή.
  - Αντίθετα, η έξυπνη συμπεριφορά μπορεί να προκύψει από τον συνδυασμό πολλών στοιχειωδών ενεργειών και από
  - τον τρόπο που αλληλεπιδρά ένας διαμεσολαβητής με το περιβάλλον του.

## Αρχιτεκτονική Αντίδρασης (2)

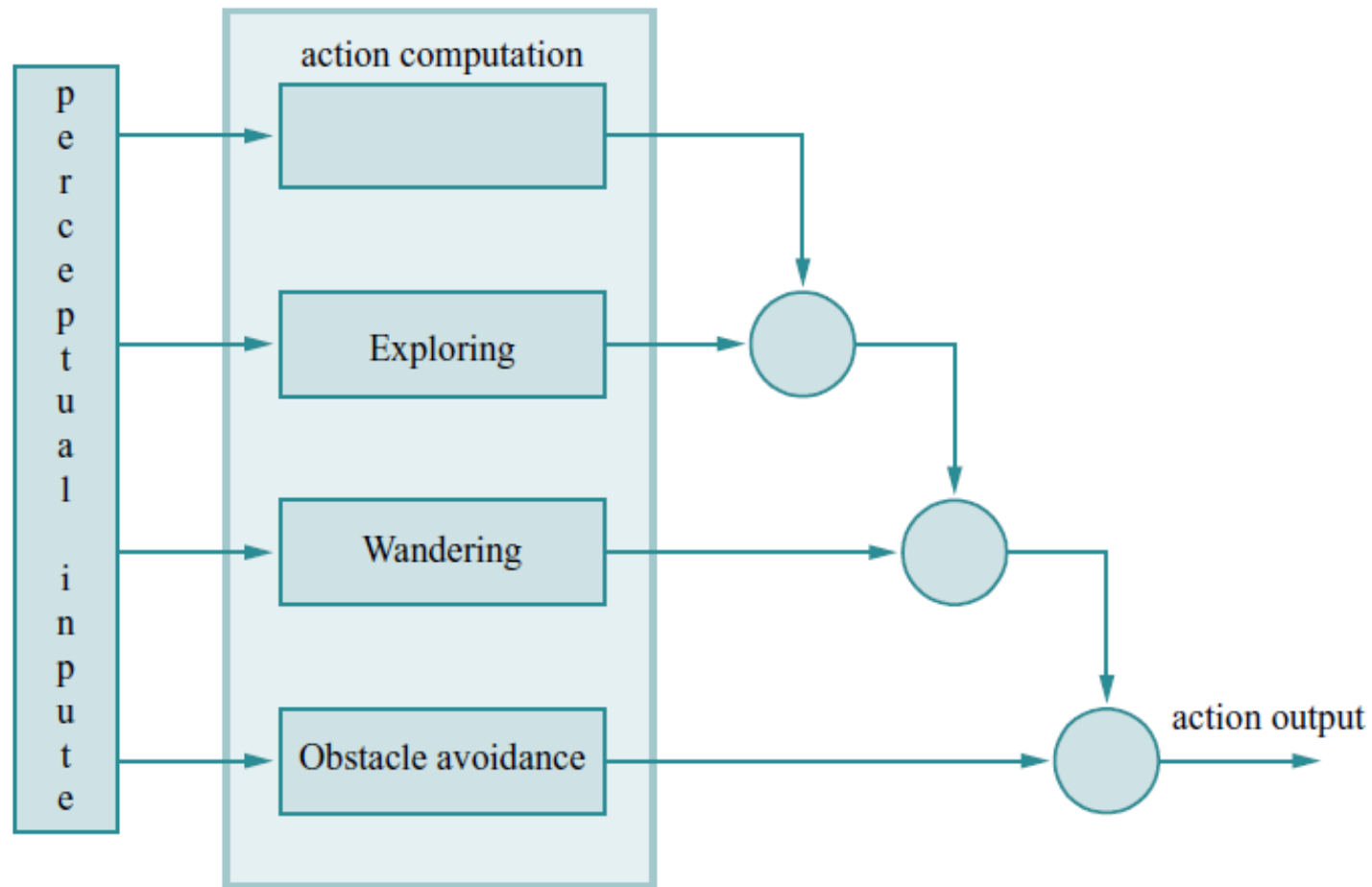
- Τρία είναι τα βασικά στοιχεία που χαρακτηρίζουν τους διαμεσολαβητές που στηρίζονται σε αυτές τις αρχιτεκτονικές, οι οποίοι καλούνται *διαμεσολαβητές αντίδρασης (reactive agents)*:
  - Οι διαμεσολαβητές είναι σχετικά απλοί και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους με στοιχειώδη τρόπο.
    - Έτσι, δεν υπάρχουν εκ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



## Αρχιτεκτονική Αντίδρασης (3)

- Αρχικά, η υλοποίηση συστημάτων βασισμένων σε τέτοιου είδους αρχιτεκτονικές αφορούσε κυρίως robots, ωστόσο δεν περιορίστηκε εκεί.
- Για να αποδείξει τους ισχυρισμούς του ο Brooks προχώρησε στην υλοποίηση συστημάτων (κυρίως hardware) βασισμένων στην *αρχιτεκτονική υπαγωγής (subsumption architecture)*
- Η αρχιτεκτονική υπαγωγής αποτελείται από ένα σύνολο στοιχειωδών συμπεριφορών που συνδυάζονται μεταξύ τους με αποτέλεσμα μία έξυπνη δραστηριότητα για την επίτευξη ενός έργου.
- Η αρχιτεκτονική είναι πολυεπίπεδη (multi layer architecture) όπου κάθε επίπεδο περιλαμβάνει *συστατικά συμπεριφοράς (behavior modules)* για την αντίληψη γεγονότων στο περιβάλλον και την εκτέλεση αντίστοιχων στοιχειωδών ενεργειών
- Στα κατώτερα επίπεδα αναπαριστώνται περισσότερο συγκεκριμένες συμπεριφορές, όπως η αποφυγή αντικειμένων, ενώ στα ανώτερα επίπεδα οι συμπεριφορές είναι πιο αφηρημένες.
- Ωστόσο, ο τρόπος που θα ενεργήσει το σύστημα εξαρτάται από τις αλληλεπιδράσεις των συστατικών συμπεριφοράς και αυτό διότι μία συμπεριφορά μπορεί να εμποδίσει κάποια άλλη.

# Αρχιτεκτονική Αντίδρασης (4)



Αρχιτεκτονική  
Υπαγωγής

## Υβριδική Αρχιτεκτονική

- Οι υβριδικές αρχιτεκτονικές (*hybrid architectures*) είναι συνήθως πολυεπίπεδες
- χρησιμοποιούν συνήθως συμβολική αναπαράσταση και μηχανισμούς
  - για τη γνώση,
  - την παραγωγή συμπερασμάτων και
  - τη λήψη αποφάσεων (αρχιτεκτονικές νοημοσύνης) στα ανώτερα επίπεδα της ιεραρχίας,
- ενώ διαθέτουν μηχανισμούς (κυρίως hardware) για
  - την παρατήρηση του περιβάλλοντος και
  - την άμεση αντίδραση σε κρίσιμα γεγονότα (αρχιτεκτονικές αντίδρασης) στα κατώτερα επίπεδα της ιεραρχίας.
- Έτσι, χρησιμοποιώντας κατάλληλα στοιχεία και από τις δύο παραπάνω αρχιτεκτονικές, εκμεταλλεύονται τα πλεονεκτήματα αυτών αυξάνοντας την απόδοση του συστήματος.

## Εφαρμογές Συστημάτων Διαμεσολαβητών

- Οι διαμεσολαβητές, αν και σχετικά πρόσφατη τεχνολογική εξέλιξη, έχουν ήδη εφαρμοστεί σε πολλά πεδία της Πληροφορικής, όπως:
  - στις τηλεπικοινωνίες και στα δίκτυα (routing, network agents, mobile agents, agent applets κ.ά.),
  - σε συστήματα ελέγχου (safe-critical systems, process-control systems, sensors, robots κ.ά.),
  - σε εφαρμογές προσωπικών υπολογιστών (επεξεργαστές κειμένου, εφαρμογές γραφείου, personal mailers κ.ά.),
  - σε κατανεμημένα συστήματα (Internet, intranets, κατανεμημένα περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας κ.ά.),
  - στην εκπαίδευση (αναπαράσταση πεδίου, μαθητή και εκπαιδευτικών στρατηγικών, εκπαίδευση από απόσταση κ.ά.),
  - Στην ιατρική (ιατρική εκπαίδευση, intelligent medical assistants κ.ά.), ενώ η εφαρμογή τους επεκτείνεται και σε άλλα πεδία.

## Διαμεσολαβητές και Διαδίκτυο

- Η πρώτη περιοχή που βρήκαν άμεση εφαρμογή και δημιουργήθηκαν τα πρώτα εμπορικά πακέτα είναι το Διαδίκτυο (Internet).
- Αυτό οφείλεται στην ανάγκη του φιλτραρίσματος του τεράστιου όγκου πληροφορίας που υπάρχει στο Διαδίκτυο, αλλά και στην ανάγκη αυτοματισμού τετριμμένων και συχνών ενεργειών που πρέπει να γίνονται καθημερινά πολλές φορές.
- Οι περισσότερες εμπορικές εφαρμογές αφορούν μηχανές αναζήτησης και φίλτρα πληροφοριών.
- Σε αυτή την κατεύθυνση εφαρμόζονται και οι κινητοί διαμεσολαβητές (mobile agents), δηλαδή διαμεσολαβητές που μπορούν να μεταφερθούν μόνοι τους από μία θέση σε μία άλλη προκειμένου να βρουν μία πληροφορία ή κάποια διαθέσιμη υπηρεσία.
- Παραδείγματα: LiveAgent, SearchAgent

## Διαμεσολαβητές και Ηλεκτρονικό Εμπόριο

- Διαμεσολαβητές που διευκολύνουν τους χρήστες να αναζητήσουν τα προϊόντα που τους ενδιαφέρουν, να συγκρίνουν τις τιμές τους και τελικά να τα αγοράσουν, έχουν κατασκευαστεί και είναι διαθέσιμοι
- Οι χρήστες απλά δίνουν το όνομα του προϊόντος και ο Jango βρίσκει τα μαγαζιά που το διαθέτουν και ετοιμάζει αναφορές για τους αγοραστές που περιλαμβάνουν πληροφορίες για το προϊόν, συγκριτικές δοκιμές, τα χαρακτηριστικά που δίνει ο κατασκευαστής και φυσικά την τιμή. Επίσης ο Jango αυτόματα συμπληρώνει τις απαραίτητες φόρμες παραγγελίας με τα στοιχεία του χρήστη.
- Ο Bargainbot είναι ένας διαμεσολαβητής για την αναζήτηση βιβλίων και τιμών σε ηλεκτρονικά βιβλιοπωλεία και αντίστοιχος είναι ο BargainFinder για CDs.

## Διαμεσολαβητές και Ηλεκτρονικό Εμπόριο (2)

Είδος	Τι κάνει	Ποιος το διαθέτει	Κατασκευαστής
Μεσιτεία Προϊόντος	Ειδοποιεί τους χρήστες για νέες εκδόσεις προϊόντων ή προτείνει προϊόντα με βάση προηγούμενες επιλογές ή περιορισμούς του χρήστη.	Amazon.com, FastParts, Classifieds2000 Launch Media και άλλοι	Firefly Network, NetPerceptions, PersonaLogic, BroadVision και άλλοι.
Μεσιτεία Εμπορεύματος	Ενεργεί ως αγοραστής που συλλέγει και συγκρίνει πληροφορίες σχετικές με την τιμή και τη διάθεση εμπορευμάτων.	Yahoo!, Excite, BargainFinder, WebMarket, priceline.com και άλλοι.	Jango, Junglee, C2B/Inktomi, Frictionless Commerce, OptiMark και άλλοι.
Διαπραγμάτευση	Αγοράζει, πουλάει και διαπραγματεύεται με άλλους διαμεσολαβητές ανάλογα με τη συναλλαγή σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχει θέσει ο χρήστης.	Κανείς ακόμα αν και αρκετοί τόποι λειτουργούν με παρόμοιο τρόπο.	Σε ερευνητικό επίπεδο: Kasbah, Tete-a-Tete (MIT Media Lab)

## Κινητοί Διαμεσολαβητές

- Οι κινητοί διαμεσολαβητές μπορούν να κινούνται μέσα στο δίκτυο από κόμβο σε κόμβο και να αναζητούν πληροφορίες ή υπηρεσίες. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό με τη χρήση της Java Virtual Machine, που δίνει τη δυνατότητα μεταφοράς και διατήρησης της εσωτερικής κατάστασης του διαμεσολαβητή.
- Οι διαμεσολαβητές αυτού του είδους, από τη στιγμή που θα μεταφερθούν σε κάποιο άλλο κόμβο, λειτουργούν ως αυτόνομη διεργασία και έχουν διαθέσιμες τις υπηρεσίες που παρέχει αυτός ο κόμβος.



## Διαμεσολαβητές με μορφή ως Προσωπικοί Βοηθοί

- Στη προσπάθεια παροχής συστημάτων βοήθειας στους χρήστες με φιλικό σύστημα διεπαφής (user interface) γίνεται έρευνα και υπάρχουν αποτελέσματα στην ανάπτυξη διαμεσολαβητών με μορφή (animated agents).
- Οι διαμεσολαβητές με μορφή δρουν ως προσωπικοί βοηθοί σε διάφορες ενέργειες του χρήστη και μπορούν να αλληλεπιδρούν με τους χρήστες με απλό τρόπο κάνοντας ακόμα και χρήση αναγνώρισης φωνής.
- Έχουν φιλική μορφή σε κινούμενο σχέδιο και μπορούν να αλλάζουν εκφράσεις ανάλογα με τις ενέργειες που κάνουν.

## Διαμεσολαβητές και Εκπαίδευση

- Τα συστήματα εκπαίδευσης είναι από τη φύση τους πολύπλοκα και απαιτούν πολλά συνεργαζόμενα μέρη προκειμένου να είναι αποδοτικά και κυρίως χρήσιμα και αποδεκτά από τους χρήστες.
- Γενικά, ένα σύστημα εκπαίδευσης που ενσωματώνει χαρακτηριστικά Τεχνητής Νοημοσύνης (Intelligent Tutoring System – ITS) περιλαμβάνει υποσυστήματα για τη διαχείριση των εκπαιδευτικών και παιδαγωγικών στρατηγικών, του αντικειμένου που πρόκειται να διδαχθεί και του μοντέλου μαθητή.
- Το σύστημα COACH είναι ένας διαμεσολαβητής που παρέχει βοήθεια σε χρήστες της γλώσσας προγραμματισμού Lisp. Παρακολουθεί το χρήστη, καθώς αυτός προγραμματίζει, και όπου χρειαστεί τον βοηθάει ανάλογα με τα λάθη που κάνει, δίνοντάς του παραδείγματα για να κατανοήσει το πρόβλημα και τρόπους για να το επιλύσει.
- Οι ενέργειες του χρήστη είναι αυτές που χρησιμοποιούνται για να αποφασίσει το σύστημα τι είδους βοήθεια να παράσχει και φυσικά η βοήθεια που παρέχεται είναι διαφορετική σε διαφορετικούς χρήστες ανάλογα με την εμπειρία τους και τη συχνότητα των λαθών που κάνουν.

## Συστήματα Πολλαπλών Διαμεσολαβητών

- Τρόπους που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς για την επικοινωνία ευφυών διαμεσολαβητών και αναλύεται ο γενικότερα αποδεκτός και χρησιμοποιούμενος. Επίσης, παρουσιάζονται κάποιες τροποποιήσεις και βελτιώσεις που τον εντάσσουν στην Τεχνητή Νοημοσύνη.
- Ορισμός και περιγραφή πρωτοκόλλων επικοινωνίας ευφυών διαμεσολαβητών σε δύο κατευθύνσεις.
- Θέματα συνεργασίας ευφυών διαμεσολαβητών

## Επικοινωνία μεταξύ διαμεσολαβητών

- Οι διαμεσολαβητές δεν είναι απομονωμένες οντότητες νοημοσύνης ούτε έχουν γενικά πλήρη και ορθή γνώση του περιβάλλοντος. Αντίθετα, διαμεσολαβητές που εφαρμόζονται στην πράξη, έχουν συγκεκριμένες ικανότητες για την επίτευξη των στόχων τους, περιορισμένους μηχανισμούς για την παραγωγή συμπερασμάτων και διατηρούν μερική γνώση του περιβάλλοντος.
- Έτσι, είναι αναγκαία η επικοινωνία με άλλους διαμεσολαβητές για την ανταλλαγή πληροφοριών, την παροχή υπηρεσιών και τον συντονισμό των ενεργειών τους. Κατά συνέπεια, ένας τέτοιος διαμεσολαβητής είναι εξ ορισμού *κοινωνικός (social)* και η ικανότητα επικοινωνίας απαραίτητη.
- Στην Κατανεμημένη Τεχνητή Νοημοσύνη έχουμε 5 είδη επικοινωνίας:
  - Δεν υπάρχει καθόλου επικοινωνία
  - Επικοινωνία μέσω σημάτων (signals)
  - Ανταλλαγή μηνυμάτων
  - Ανταλλαγή Πλάνων
  - Επικοινωνία που βασίζεται στη θεωρία ενεργειών λόγου (speech acts theory).

## Θεωρία ενεργειών λόγου

- Οι εκφράσεις λόγου (utterances) του ανθρώπου αποτελούν ενέργειες που γίνονται με κάποια πρόθεση και είναι ανάλογες των φυσικών ενεργειών.
- Αυτές οι εκφράσεις λόγου γίνονται σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο (context) και επιδρούν σε αυτό όπως επιδρούν και όλες οι υπόλοιπες φυσικές ενέργειες.
- Δομή της θεωρίας ενεργειών λόγου και συνθήκες κατηγοριοποίησης:
  - Αντιπροσωπευτικές (representatives), όπου ο ομιλητής δεσμεύεται ότι η έκφραση είναι αληθής
  - Οδηγίες (directives), όπου ο ομιλητής ζητάει κάτι από τον αποδέκτη, π.χ. request.
  - Δεσμευτικές (commissives), όπου ο ομιλητής δεσμεύεται για την ενέργεια, π.χ. promise.
  - Εκφραστικές (expressives), όπου ο ομιλητής εκφράζει κάποια κατάσταση (συνήθως ψυχολογική), π.χ. thank.
  - Δηλώσεις (declarations), όπου ο ομιλητής δηλώνει μία κατάσταση (πολλές φορές επιβάλλοντάς τη) π.χ. declare.

## Πρωτόκολλα Επικοινωνίας

- Τις περισσότερες φορές, οι συνήθεις διάλογοι μεταξύ των διαμεσολαβητών ακολουθούν μία συγκεκριμένη ακολουθία ενεργειών.
- Αναμένονται συγκεκριμένες ακολουθίες μηνυμάτων.
- Τέτοια τυπικά πρότυπα ανταλλαγής μηνυμάτων καλούνται *πρωτόκολλα επικοινωνίας (communication protocols)*.
- Πρότυπα πρωτοκόλλων FIPA
  - μία σειρά προτύπων πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ των ευφυών διαμεσολαβητών βασισμένων στη θεωρία ενεργειών λόγου
  - απλοί σε υλοποίηση διαμεσολαβητές θα μπορούν να εμπλακούν σε συζητήσεις με νόημα με άλλους διαμεσολαβητές

## Πρωτόκολλα FIPA

- Τα πρωτόκολλα αναφέρονται με συγκεκριμένα ονόματα ανάλογα με τις υπηρεσίες που εξυπηρετούν όπως FIPA–request, FIPA–request–when, FIPA–query κ.ά.
- Η περιγραφή αφορά την άποψη του εξωτερικού παρατηρητή, καθώς η αναπαράσταση των εσωτερικών ενεργειών των διαμεσολαβητών για την εκτέλεση των πρωτοκόλλων θα προκαλούσε περιορισμούς στην υλοποίηση των διαμεσολαβητών
- Για την περιγραφή της αλληλεπίδρασης χρησιμοποιείται ο παρακάτω συμβολισμός:
  - Πλαίσια με διπλή γραμμή αναπαριστούν ενέργειες επικοινωνίας.
  - Λευκά πλαίσια αναπαριστούν ενέργειες του αποστολέα.
  - Σκιασμένα πλαίσια αναπαριστούν ενέργειες του παραλήπτη.
  - Πλαίσια με διακεκομμένη γραμμή αναπαριστούν στιγμιότυπα του χρόνου στα οποία κάποια συνθήκη είναι αληθής.
  - Κείμενο με *πλάγια γράμματα (italics)* χωρίς πλαίσιο αποτελούν σχόλια.

## Πρωτόκολλα FIPA (2)

- Πρωτόκολλο FIPA–request
  - ένας διαμεσολαβητής ζητάει μία ενέργεια από κάποιον άλλο διαμεσολαβητή και ο δεύτερος είτε αρνείται να εκτελέσει τη ζητούμενη ενέργεια και αιτιολογεί την άρνησή του είτε αποδέχεται να εκτελέσει την ενέργεια και μετά το πέρας της ενέργειας ενημερώνει για τον τερματισμό της και τα αποτελέσματά της.
  - Επίσης, περιλαμβάνεται και η περίπτωση που για οποιοδήποτε λόγο το μήνυμα δεν είναι κατανοητό (όπως για παράδειγμα δεν έχει παραληφθεί ολόκληρο).
- Πρωτόκολλο FIPA–request–when
  - Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιείται, όταν ο αποστολέας ζητάει κάποια ενέργεια από τον παραλήπτη, η οποία πραγματοποιείται κάποια στιγμή στο μέλλον, όταν μία δεδομένη συνθήκη γίνεται αληθής.
  - Αν ο παραλήπτης καταλάβει το μήνυμα και δεν αρνηθεί την ζητούμενη ενέργεια, τότε περιμένει την πραγματοποίηση της συνθήκης για να εκτελέσει την ενέργεια και κατόπιν ειδοποιεί τον αποστολέα για την επιτυχία ή όχι της ενέργειας.



## Πρωτόκολλα FIPA (3)

- Πρωτόκολλο FIPA–query
  - Με το πρωτόκολλο FIPA–query, ο αποστολέας ζητάει από τον παραλήπτη να εκτελέσει μία ενέργεια πληροφόρησης.
  - Ουσιαστικά, του ζητάει κάποια στοιχεία που του χρειάζονται και κάτι τέτοιο πραγματοποιείται με κάποιες εσωτερικές ενέργειες του παραλήπτη, όπως ανάκληση από τη βάση δεδομένων, τη βάση γνώσης ή τη νοητική του κατάσταση.
- Πρωτόκολλο FIPA–contract–net
  - Ο αποστολέας, που στην ορολογία του πρωτοκόλλου καλείται manager, χρειάζεται μία υπηρεσία από κάποιον ή κάποιους διαμεσολαβητές και γι' αυτό κάνει μία ανακοίνωση για προτάσεις. Η ενέργεια αυτή καλείται call for proposals (cfr) και περιέχει κάποιες προϋποθέσεις για την προσφορά της υπηρεσίας, όπως για παράδειγμα κάποιο χρονικό όριο.
  - Οι αποδέκτες του μηνύματος (καλούνται contractors) απαντούν στέλνοντας τις προτάσεις τους με τη μορφή προσφοράς (bid) ή εναλλακτικά αρνούνται την πρόταση.
  - Όταν ο αποστολέας (manager) λάβει τις προσφορές, τις εκτιμά και επιλέγει αυτόν ή αυτούς που θα εκτελέσουν την ενέργεια.
  - Επιπλέον, ειδοποιεί όσους έχουν απορριφθεί.
  - Μετά το πέρας της ζητούμενης ενέργειας οι αποδέκτες ειδοποιούν τον αποστολέα για τα αποτελέσματα.
  - Για να αποφευχθεί η περίπτωση ο αποστολέας να περιμένει απεριόριστα για προσφορές, η αίτηση για ενέργεια περιέχει και ένα χρονικό όριο για την αποστολή προσφορών. Όσες προσφορές φτάσουν μετά από αυτό το χρονικό όριο, απορρίπτονται ως εκπρόθεσμες.

## Πρωτόκολλα FIPA (4)

- Πρωτόκολλο FIPA–iterated–contract–net
  - Αυτό το πρωτόκολλο αποτελεί επέκταση του FIPA–contract–net, επιτρέποντας έναν επαναληπτικό γύρο των προσφορών.
  - Με στόχο την εύρεση της καλύτερης δυνατής προσφοράς ο αποστολέας, αφού λάβει τις αρχικές προσφορές, μπορεί να τροποποιήσει την αίτηση για ενέργεια ζητώντας νέες προσφορές.
  - Η διαδικασία τερματίζει όταν ο αποστολέας αποδεχτεί κάποια προσφορά ή όταν τις απορρίψει όλες ή όταν οι αποδέκτες απορρίψουν την αίτηση.

## Συνεργασία μεταξύ Ευφυσών Διαμεσολαβητών

- Η δυνατότητα συνεργασίας (cooperation) μεταξύ των ευφυσών διαμεσολαβητών είναι ένα βασικό χαρακτηριστικό που πηγάζει από τους βασικούς στόχους της *Κατανεμημένης Τεχνητής Νοημοσύνης (Distributed Artificial Intelligence)* και μπορεί να συνοψισθεί ως «η δημιουργία ενός συστήματος που διασυνδέει ξεχωριστά αναπτυγμένους συνεργαζόμενους διαμεσολαβητές, καθιστώντας έτσι το σύνολο ικανό να λειτουργεί πέρα από τις ικανότητες του καθενός από τα μέλη του»

## Συνεργασία μεταξύ Ευφυσών Διαμεσολαβητών (2)

- Συνεργαζόμενοι διαμεσολαβητές σκοπεύουν στα εξής:
  - Επίλυση προβλημάτων που είναι πολύ μεγάλα για έναν απλό, κεντρικό διαμεσολαβητή λόγω των περιορισμένων του πόρων.
  - Διασύνδεση και διαλειτουργικότητα (interoperability) των υπαρχόντων συστημάτων (legacy systems), όπως έμπειρα συστήματα, συστήματα στήριξης αποφάσεων, συμβατικά προγράμματα.
  - Παροχή λύσεων σε εγγενή κατανεμημένα προβλήματα όπως κατανεμημένες πηγές πληροφοριών, παροχή ιατρικής φροντίδας, έλεγχος εναέριας κυκλοφορίας, κτλ.

## Συστήματα Συνεργαζόμενων Ευφυών Διαμεσολαβητών

- Multi-Agent Computing Environment (MACE):
  - Ένα σύνολο από διαμεσολαβητές εφαρμογής (*application agents*), οι οποίοι είναι οι βασικές υπολογιστικές μονάδες σε ένα σύστημα MACE.
  - Ένα σύνολο από προκαθορισμένους διαμεσολαβητές συστήματος (*system agents*), οι οποίοι παρέχουν υπηρεσίες στους χρήστες π.χ. user interface.
  - Ένα σύνολο εργαλείων διαθέσιμων σε όλους τους διαμεσολαβητές, π.χ. Pattern matcher.
  - Μία βάση περιγραφών (*description database*), η οποία διατηρεί τις περιγραφές των διαμεσολαβητών και παράγει εκτελέσιμους διαμεσολαβητές από αυτές τις περιγραφές.
  - Ένα σύνολο από πυρήνες (*kernels*), έναν για κάθε φυσική μηχανή, που διαχειρίζονται την επικοινωνία, την κατανομή των μηνυμάτων, κτλ.

## Συστήματα Συνεργαζόμενων Ευφυών Διαμεσολαβητών (2)

- Οι διαμεσολαβητές στο MACE έχουν τρία χαρακτηριστικά:
  - περιέχουν γνώση, η οποία αφενός είναι ειδική και τοπική και αφετέρου είναι γνώση σχετική με τους άλλους διαμεσολαβητές (*acquaintance knowledge*),
  - αντιλαμβάνονται το περιβάλλον και
  - εκτελούν ενέργειες.
- Οι διαμεσολαβητές στο MACE έχουν ένα όνομα (*name*) και είναι οργανωμένοι σε δομημένες κλάσεις (*classes*).
- Μέσα στην κλάση κάθε διαμεσολαβητής έχει συγκεκριμένο ρόλο (*role*) και χαρακτηρίζεται από κάποιες *ικανότητες* (*skills*).
- Επιπλέον, έχει *στόχους* (*goals*), δηλαδή γνωρίζει τι θέλει να πετύχει, και *πλάνα* (*plans*), δηλαδή τρόπους για να πετύχει τους στόχους του.
- Η γνώση που έχει κάθε διαμεσολαβητής για τους υπόλοιπους περιλαμβάνει τα παραπάνω στοιχεία.
- Όλοι οι διαμεσολαβητές επικοινωνούν με μηνύματα που στέλνουν είτε σε κάποιον άλλο διαμεσολαβητή είτε σε μία ομάδα είτε σε όλους.