

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΠΜΣ «ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ»







## Μαθησιακοί Στόχοι της ενότητας 4

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

2

ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ - ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΕΝΟΤΗΤΑ 4 Δ. ΣΤΑΜΑΤΗΣ

## Η ύλη της ενότητας 4

-  Αρχιτεκτονικές πρακτόρων με εσωτερική κατάσταση
-  Αρχιτεκτονική πρακτόρων βασισμένων στη λογική
-  Αρχιτεκτονική πρακτόρων με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (BDI)
-  Αρχιτεκτονική Αντανακλαστικών (ή Αντιδραστικών) Πρακτόρων
-  Υβριδικοί Πράκτορες
-  Κινητοί Πράκτορες

3

## Τύποι Πρακτόρων

- ❖ Μέχρι τώρα έχουμε δει 5 γενικά μοντέλα πρακτόρων με «αύξουσα ευφυΐα»:
  1. Απλοί αντανακλαστικοί πράκτορες (Simple reflex agents)
  2. Αντανακλαστικοί πράκτορες με μοντέλο (Reflex agents with state/model)
  3. Πράκτορες με στόχους (Goal-based agents)
  4. Πράκτορες με χρησιμότητα (Utility-based agents)
  5. Πράκτορες με δυνατότητα μάθησης (Learning-based agents)
- ❖ Στην ενότητα αυτή θα δούμε ειδικότερα μοντέλα/αρχιτεκτονικές πρακτόρων που έχουν αναπτυχθεί

4

## Μοντέλα/Αρχιτεκτονικές Πρακτόρων



**1956–σήμερα** : Πράκτορες με εσωτερική κατάσταση

- Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (*Symbolic Reasoning Agents*)
- Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (*Beliefs-Desires-Intentions (BDI) Agents*)



**1985–σήμερα** : Αντανακλαστικοί Πράκτορες (*Reactive Agents*)



**1990–σήμερα** : Υβριδικοί Πράκτορες (*Hybrid Agents*)

Οι υβριδικές αρχιτεκτονικές προσπαθούν να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των δύο παραπάνω αρχιτεκτονικών

5

## Ορθολογικοί Πράκτορες (Rational Agents)



Ορθολογικός Πράκτορας είναι αυτός που κάνει το “σωστό” !



Από το “σωστό” στην συνεπειοκρατία (**consequentialism**)



**Ορθολογικός παράγοντας:** Για κάθε πιθανή ακολουθία αντιλήψεων, ένας ορθολογικός πράκτορας κάνει οποιαδήποτε ενέργεια απαιτείται για να μεγιστοποιήσει το μέτρο της απόδοσής του, με βάση τα στοιχεία που προσλαμβάνει από την ακολουθία αντιλήψεων και την ενσωματωμένη γνώση που έχει.

6

## Μέτρο Απόδοσης



Το μέτρο απόδοσης χρησιμοποιείται για να αξιολογήσει οποιαδήποτε δεδομένη ακολουθία καταστάσεων του περιβάλλοντος.



Η συνάρτηση χρησιμότητας, στο μοντέλο πρακτόρων με χρησιμότητα που έχουμε αναφέρει, αποτελεί την εσωτερική όψη του πράκτορα για το μέτρο απόδοσης.



Στον “ιδανικά” ορθολογικό πράκτορα η τιμή της εσωτερικής συνάρτησης χρησιμότητας και το εξωτερικό μέτρο απόδοσης τείνουν να ταυτιστούν.

7

## Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (1)

Στην αρχιτεκτονική των πρακτόρων που βασίζονται στη συμβολική λογική ο πράκτορας:

- ✓ Περιλαμβάνει ένα μοντέλο αναπαράστασης του κόσμου βασισμένο στη λογική.
- ✓ Παίρνει αποφάσεις (για το τι ενέργειες πρέπει να κάνει) μέσω μιας διαδικασίας συμβολικής συλλογιστικής (*symbolic reasoning*).
- ❖ Η αρχιτεκτονική αυτή βασίζεται στη Συμβολική Τεχνητή Νοημοσύνη.
- ❖ Ο πράκτορας σε αυτή την περίπτωση θεωρείται ως μία ειδική περίπτωση ενός Συστήματος βασισμένου στη Γνώση (*Knowledge Based System*)

8

## Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (2)

**Έστω:**

- ☞  $\rho$  μία θεωρία που ορίζει τη βέλτιστη ενέργεια που πρέπει να γίνει σε κάθε περίπτωση (π.χ. ένα σύνολο κανόνων)
- ☞  $\Delta$  μία βάση γνώσης που αναπαριστά την τρέχουσα κατάσταση του κόσμου
- ☞  $A$  το σύνολο των ενεργειών (ικανότητες) που μπορεί να κάνει ο πράκτορας
- ☞  $\Delta \mid -\rho Do(a)$  : σημαίνει ότι το  $Do(a)$ ,  $a \in A$ , μπορεί να αποδειχθεί από τη βάση γνώσης  $\Delta$  με χρήση της θεωρίας  $\rho$

9

## Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (3)

**Επιλογή Ενέργειας μέσω απόδειξης:**

```

for each  $\alpha \in A$  do
  if  $\Delta \vdash_{\rho} Do(\alpha)$  then return  $\alpha$ 
end-for

for each  $\alpha \in A$  do
  if  $\Delta \not\vdash_{\rho} \text{not}Do(\alpha)$  then return  $\alpha$ 
end-for

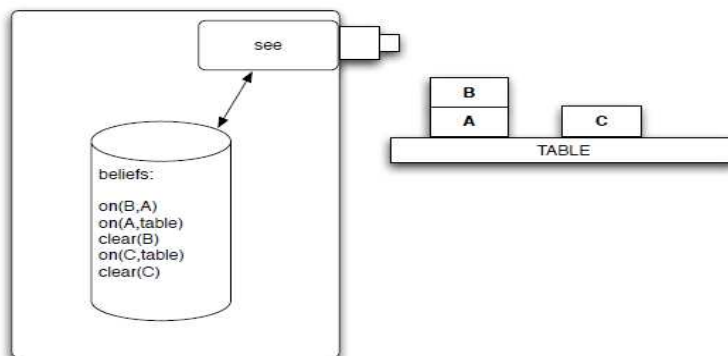
return null

```

10

## Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (4)




Παράδειγμα: Συμβολική αναπαράσταση του κόσμου των κύβων



Εικόνα από το βιβλίο του Wooldridge

11

## Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (5)

(0,2) 	(1,2) 	(2,2)
(0,1)	(1,1)	(2,1)
(0,0) 	(1,0)	(2,0)

Παράδειγμα: Η σκούπα Ρομπότ

12

## Πράκτορες βασισμένοι στη συμβολική λογική (6)

**Βάση γνώσης Δ (λογικά κατηγορήματα):**

**in(X,Y)** ο πράκτορας είναι στη θέση (X,Y)

**dirt(X,Y)** υπάρχει σκόνη στη θέση (X,Y)

**facing(D)** ο πράκτορας βλέπει προς την κατεύθυνση D

D -> east, west, north, south

**Σύνολο Ενεργειών:**

A = {turn-right, forward, suck}

**Κανόνες θεωρίας ρ:**

**in(o,0) ∧ facing(north) ∧ not dirt(o,0) → do(forward)**

**in(o,1) ∧ facing(north) ∧ not dirt(o,1) → do(forward)**

**in(X,Y) ∧ dirt(X,Y) → do (suck)**

...

Παράδειγμα: Η σκούπα Ρομπότ

13

## Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (1)

### Belief-Desire-Intention (BDI) Agents

Οι πράκτορες BDI έχουν τις ρίζες τους σε αυτό που αποκαλούμε

**πρακτική σκέψη (practical reasoning).**

Η πρακτική σκέψη βασίζεται σε δύο διεργασίες [Bratman 1987]:

- **Σύσκεψη (deliberation):** αποφασίζουμε **ποιους** στόχους θέλουμε να πετύχουμε.
- **Συλλογιστική «μέσα-άκρες» (means-ends reasoning):** αποφασίζουμε **πώς** θα πετύχουμε αυτούς τους στόχους.

- ❖ Αρχικά: προσπάθησε να καταλάβεις τι **επιλογές** είναι **διαθέσιμες**
- ❖ Στη συνέχεια: **επέλεξε** ανάμεσά τους και **επικεντρώσου** σε κάποιες από αυτές.
- ❖ Αυτές που έχουν επιλεγεί αποτελούν τις **προθέσεις** οι οποίες θα καθορίσουν τις **ενέργειες** του πράκτορα

14

## Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (2)

### Belief-Desire-Intention (BDI) Agents

*Η εσωτερική αναπαράσταση του κόσμου σε έναν **BDI** πράκτορα μπορεί να αποτελείται από:*

-  **Πεποιθήσεις (beliefs)**
-  **Επιθυμίες (desires)**
-  **Στόχους (goals)**
-  **Προθέσεις (intentions)**
-  **Πλάνα (plans)**

15

## Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (3)

 **Πεποιθήσεις (beliefs):** Αποτελούν την άποψη και τη γνώση που έχει ο πράκτορας για το περιβάλλον (κόσμο) του.

❖ *Ενδέχεται να υπάρχουν εσφαλμένες πεποιθήσεις.*

 **Επιθυμίες (desires):** Αποτελούν την κρίση του πράκτορα για μελλοντικές επιθυμητές καταστάσεις του κόσμου.




❖ *Κάποιος μπορεί να μην είναι εφικτός*

❖ *Κάποιος μπορεί να συγκρούονται μεταξύ τους*

16



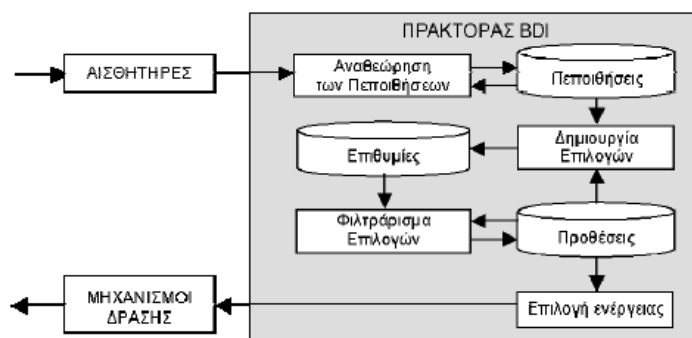
## Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (4)

- 
**Στόχοι (goals):** Αποτελούν το υποσύνολο των ενεργειών για τις οποίες ο πράκτορας μπορεί να ενεργήσει.  
 ❖ Πρέπει να είναι εφικτοί και να μη συγκρούονται μεταξύ τους
- 
**Προθέσεις (intentions):** Αποτελούν υποσύνολο των στόχων τους οποίους ο πράκτορας έχει επιλέξει να επιτύχει τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή.
- 
**Πλάνο (plan):** Αποτελεί τη σειρά των ενεργειών που πρέπει να κάνει ο πράκτορας για να πετύχει τις προθέσεις του.

17

## Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (5)

### Ενδεικτική αρχιτεκτονική BDI πράκτορα



Εικόνα από το βιβλίο των Βλαχάβα, Κεφαλά κ.α.

18

## Πράκτορες με Πεποιθήσεις-Επιθυμίες-Προθέσεις (6)

### Δίλημμα:

Αν οι προθέσεις δεν αναθεωρούνται κατά τακτά χρονικά διαστήματα, ο πράκτορας μπορεί να επιμένει σε επίτευξη στόχου που δεν ισχύει ποια!

- ❖ **Τολμηροί πράκτορες (*bold agents*):** Αναθεωρούν τις προθέσεις τους **σπάνια** (ή και καθόλου).
  - ❖ **Ντροπαλοί πράκτορες (*cautious agents*):** Αναθεωρούν τις απόψεις τους πολύ **συχνά** (ή και συνεχώς)
- Στα **στατικά περιβάλλοντα**: καλύτεροι οι τολμηροί
- Στα **δυναμικά περιβάλλοντα**: καλύτεροι οι ντροπαλοί

19

## Αντανακλαστικοί Πράκτορες (1)

- ❖ Οι **αντανακλαστικοί (*reactive*)** πράκτορες **δεν έχουν** εσωτερική αναπαράσταση του κόσμου. **Βασίζουν τις αντιδράσεις τους με άμεσο τρόπο στα ερεθίσματα** που λαμβάνουν από το περιβάλλον.
- ❖ Τα μοντέλα των ανακλαστικών πρακτόρων βασίζονται σε μία **εναλλακτική σχολή της Τεχνητής Νοημοσύνης**, η οποία θεωρεί ότι: «*Η ευφυΐα των τεχνητών συστημάτων προκύπτει από συνδυασμό απλών σχετικά στοιχείων (*modules*) που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους (physical grounding hypothesis) και όχι από πολύπλοκους συμβολικούς τρόπους αναπαράστασης της γνώσης και συλλογιστικής*».

20

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΠΜΣ «ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ»

## Αντανακλαστικοί Πράκτορες (2)

**Αρχιτεκτονική Υπαγωγής (subsumption) 3<sup>ων</sup> επιπέδων**

(\*) *AFSM: Augmented Finite State Machines*

21

ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ – ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ      ΕΝΟΤΗΤΑ 4      Δ. ΣΤΑΜΑΤΗΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΠΜΣ «ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ»

## Αντανακλαστικοί Πράκτορες (3)

**Ρομποτικοί πράκτορες συλλέγουν δείγματα από πλανήτη !!!**

- Ρομπότ
- Δείγμα
- Διαστημόπλοιο
- Φάρος
- Εμπόδιο

22

ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ – ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ      ΕΝΟΤΗΤΑ 4      Δ. ΣΤΑΜΑΤΗΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΠΜΣ «ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ»

## Αντανακλαστικοί Πράκτορες (4)

Αισθητήρες

Μηχανισμοί Δράσης

Κινήσου σε τυχαία κατεύθυνση

Εάν ανιχνεύσεις δείγματα και δεν είσαι στη βάση περισυνέλεξε τα δείγματα

Εάν μεταφέρεις δείγματα και δεν είσαι στη βάση μετακινήσου στη κατεύθυνση του φάρου

Εάν μεταφέρεις δείγματα και είσαι στη βάση τότε άφησε τα δείγματα

Εάν ανιχνεύσεις εμπόδιο τότε άλλαξε κατεύθυνση

*Αρχιτεκτονική Υπαγωγής για τους πράκτορες συλλέκτες*

23

ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ – ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΕΝΟΤΗΤΑ 4 Δ. ΣΤΑΜΑΤΗΣ

ΔΙΕΘΝΕΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΠΜΣ «ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ»

## Υβριδικοί Πράκτορες (1)

- ❖ Οι **Υβριδικοί (hybrid) Πράκτορες** προσπαθούν να συνενώσουν τα χαρακτηριστικά συμπεριφοράς και των δύο προηγούμενων κατηγοριών πρακτόρων.
- ❖ Στην αρχιτεκτονική ενός υβριδικού πράκτορα υπάρχουν **τουλάχιστον 2 επίπεδα**:
  - ✓ Ένα (ή και περισσότερα) για την **αντανακλαστική συμπεριφορά** και
  - ✓ Ένα (ή και περισσότερα) για τη **συμπεριφορά που βασίζεται σε εσωτερική κατάσταση**

24

ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ – ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ ΕΝΟΤΗΤΑ 4 Δ. ΣΤΑΜΑΤΗΣ

## Υβριδικοί Πράκτορες (2)

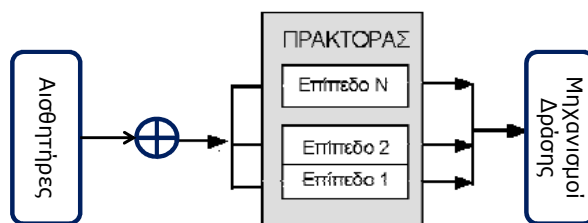
Η ροή ελέγχου ανάμεσα στα επίπεδα που υλοποιούν έναν υβριδικό πράκτορα μπορεί να γίνεται είτε:

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

25

## Υβριδικοί Πράκτορες (3)

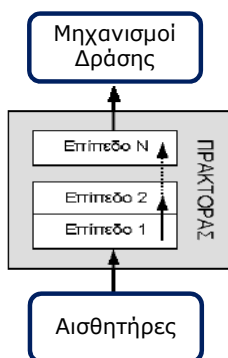
Οριζόντια Ροή Ελέγχου (*Horizontal Layering*)



26

## Υβριδικοί Πράκτορες (4)

### Κάθετη Ροή Ελέγχου (*Vertical Layering*)

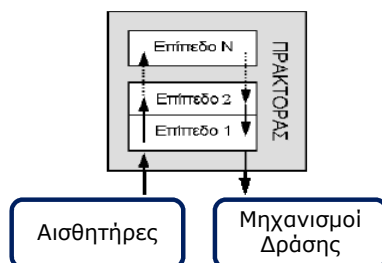


27

## Υβριδικοί Πράκτορες (5)

### Κάθετη Ροή Ελέγχου (*Vertical Layering*)

Είσοδος και έξοδος από το ίδιο επίπεδο

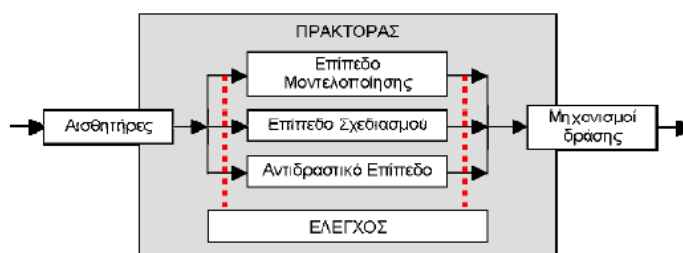


28

## Υβριδικοί Πράκτορες (6)

Παράδειγμα αρχιτεκτονικής οριζόντιας ροής

**Αρχιτεκτονική Πρακτόρων Turing Machine**  
(εφαρμόζεται στην καθοδήγηση αυτόνομων οχημάτων)

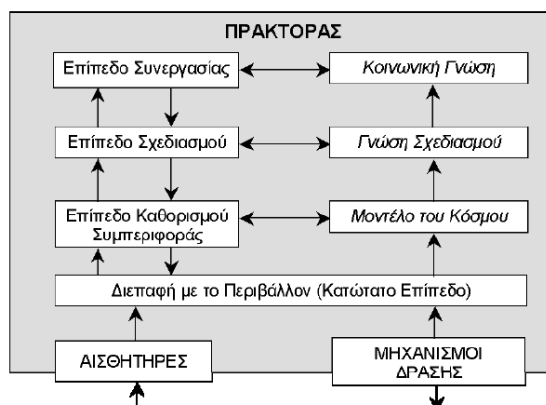


Εικόνα από το βιβλίο των Βλαχάβα, Κεφαλά κ.α.

29

## Υβριδικοί Πράκτορες (7)

Παράδειγμα αρχιτεκτονικής κάθετης ροής



Εικόνα από το βιβλίο των Βλαχάβα, Κεφαλά κ.α.

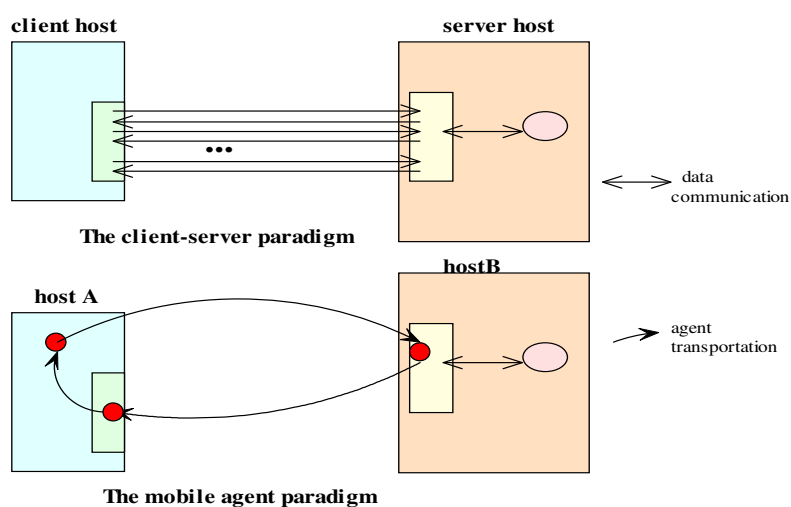
30

## Κινητοί Πράκτορες (1)

- ❖ Οι **κινητοί πράκτορες (mobile agents)** είναι πράκτορες με την επιπλέον δυνατότητα **μετακίνησης ή μετανάστευσης** μεταξύ συνδεδεμένων υπολογιστών (π.χ. μέσω του Διαδικτύου)
- ❖ Για να λειτουργήσουν **απαιτείται ειδικά υλοποιημένο περιβάλλον εκτέλεσης** σε κάθε υπολογιστή (ανεξάρτητο της μηχανής)
- ❖ **Πλεονεκτήματα:**
  - ✓ Μειώνουν το κόστος επικοινωνίας (π.χ. μέσω κινητών/PDAs)
  - ✓ Δουλεύουν ασύγχρονα (Asynchronous computing) – χωρίς σύνδεση
- ❖ **Μειονεκτήματα:**
  - Ασφάλεια?
  - Εξειδικευμένα εργαλεία ανάπτυξης τους

31

## Κινητοί Πράκτορες (2)



32



## Κινητοί Πράκτορες (3)

Δύο βασικές κατηγορίες κινητών πρακτόρων:

- ❖ **Κινητοί πράκτορες μονής μετακίνησης (One-hop mobile agents):**  
Μετακινούνται σε μία μόνο διαφορετική θέση
- ❖ **Περιφερόμενοι Κινητοί πράκτορες (multi-hop mobile agents):**  
Μετακινούνται συνεχώς στο δίκτυο από θέση σε θέση

33

## Κινητοί Πράκτορες (4)

**Παράδειγμα σύγκρισης απλού και κινητού πράκτορα:**

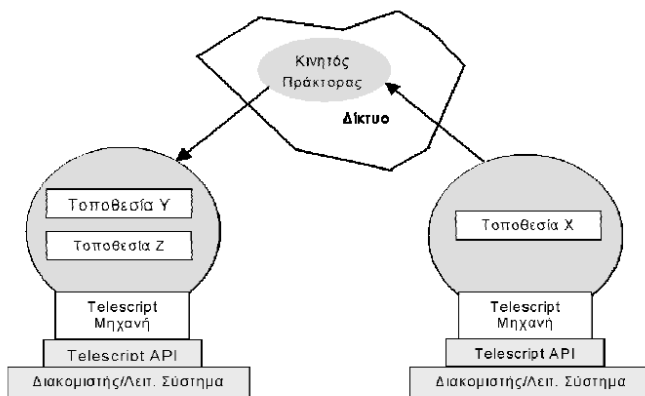
- ❖ Αναζήτηση κατάλληλων πτήσεων για κάποιο προορισμό.
- ❖ Ένας στατικός πράκτορας:
  - ❑ Θα έβρισκε πρώτα τις διευθύνσεις των απαραίτητων βάσεων δεδομένων στο δίκτυο.
  - ❑ Θα έστελνε στις βάσεις αυτές τις κατάλληλες ερωτήσεις (queries).
  - ❑ Θα φιλτράριζε τα δεδομένα που θα λάμβανε και θα τα παρουσίαζε στο χρήστη.
- ❖ Ένας κινητός πράκτορας:
  - ❑ Θα μεταφέρονταν στον υπολογιστή όπου βρίσκεται η βάση δεδομένων.
  - ❑ Θα έκανε όλες τις αναζητήσεις και τα απαραίτητα φιλτραρίσματα τοπικά.
  - ❑ Θα μεταφέρονταν στην επόμενη βάση δεδομένων επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία και
  - ❑ Θα επέστρεφε στον υπολογιστή του χρήστη και θα του παρουσίαζε τα αποτελέσματα της αναζήτησης.

*από το βιβλίο των Βλαχάβα, Κεφαλά κ.α.*

34

## Κινητοί Πράκτορες (5)

Σενάριο μετακίνησης πράκτορα σε σύστημα TELESCRIPT:

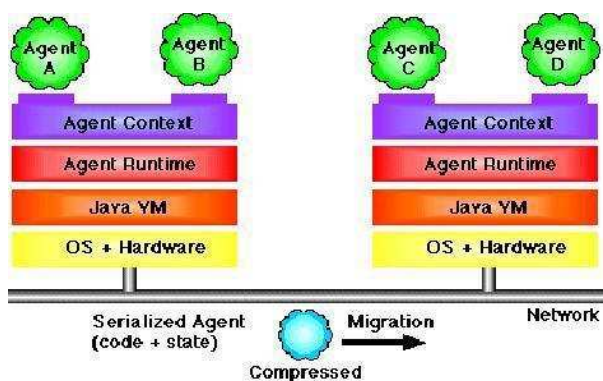


Εικόνα από το βιβλίο των Βλαχάβα, Κεφαλά κ.α.

35

## Κινητοί Πράκτορες (6)

Σενάριο μετακίνησης πράκτορα σε πλατφόρμα Java:



36

## Αν έχετε χρόνο:

Δείτε τις σύντομες διαλέξεις του Wooldridge στο YouTube:



<https://www.youtube.com/playlist?list=PL86282B88B486B92C>

37