

Κεφάλαιο 27

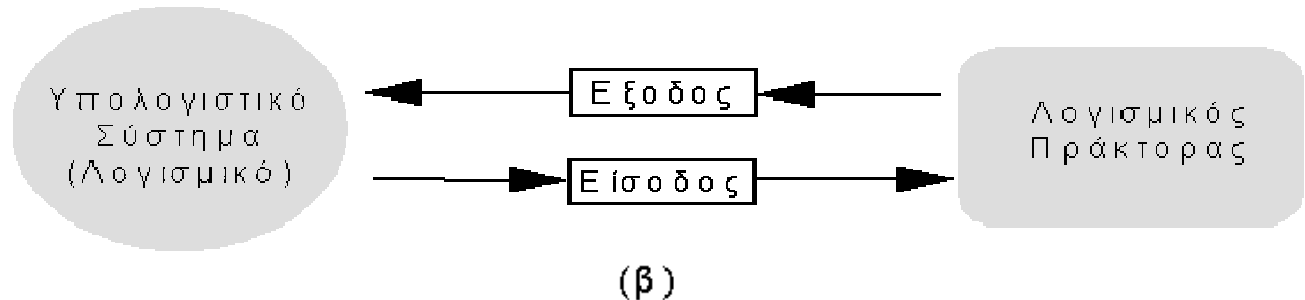
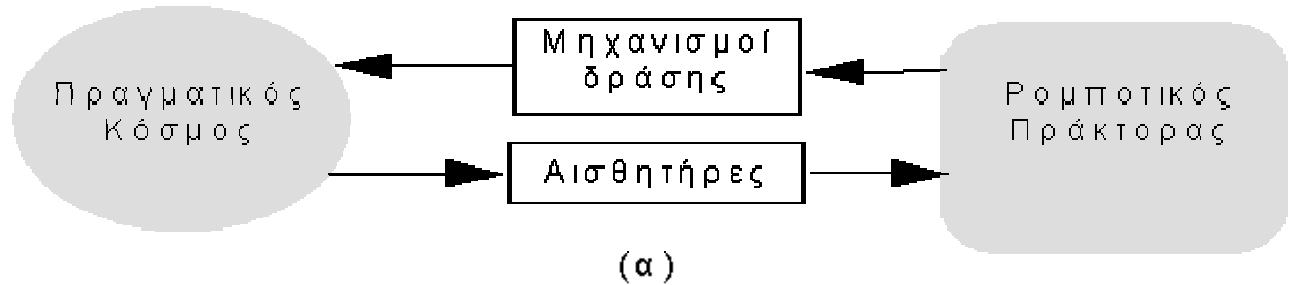
Ευφυείς Πράκτορες *(Intelligent Agents)*

Τεχνητή Νοημοσύνη - Β' Έκδοση

Ι. Βλαχάβας, Π. Κεφαλάς, Ν. Βασιλειάδης, Φ. Κόκκορας, Η. Σακελλαρίου

Ταξινόμηση Πρακτόρων

- ❖ Βιολογικοί Πράκτορες
- ❖ Τεχνητοί Πράκτορες
 - ❑ Ρομποτικοί πράκτορες (robotic agents ή **robots**)
 - ❑ Λογισμικοί πράκτορες (software agents ή **softbots**)
- ❖ Συλλογιστική διαδικασία πρακτόρων (reasoning)



Σύγχρονες Θεωρήσεις Πρακτόρων

- ❖ Οι πράκτορες αποτελούν κοινό πεδίο ενδιαφέροντος για πολλές περιοχές της επιστήμης υπολογιστών.
- ❖ Μπορούν να εξεταστούν από διαφορετικές σκοπιές:
 - ❑ Στην ΤΝ θεωρούνται ευφυείς οντότητες,
 - ❑ Στον αντικειμενοστραφή προγραμματισμό θεωρούνται οντότητες (αντικείμενα).
 - ❑ Στον παράλληλο προγραμματισμό είναι οντότητες που εκτελούνται παράλληλα και
 - ❑ Στο πεδίο διασύνδεσης ανθρώπου-μηχανής είναι οντότητες που παίρνουν πρωτοβουλία σε συνεργασία με το χρήστη για να επιτελέσουν τα καθήκοντά τους.
- ❖ Υπάρχουν δύο σύγχρονες θεωρήσεις για τους πράκτορες:
 - ❑ Χαλαρή θεώρηση (weak notion of agency)
 - ❑ Ισχυρή θεώρηση (strong notion of agency)
- ❖ Η λέξη "πράκτορας" χρησιμοποιείται πολλές φορές αδικαιολόγητα για πολλά από τα συστήματα λογισμικού που αναπτύσσονται.

Προσεγγίσεις Στην Περιγραφή Συστημάτων

- ❖ Γνώση (knowledge), πεποιθήσεις (beliefs), επιθυμίες (desires), προθέσεις (intentions) και υποχρεώσεις (obligations) για συστήματα Λογισμικού?
- ❖ Τρεις προσεγγίσεις για την περιγραφή ενός συστήματος (D. Dennet):
 - ❑ η φυσική προσέγγιση (physical stance)
 - ❑ η σχεδιαστική προσέγγιση (design stance)
 - ❑ η προθεσιαρχική προσέγγιση (intentional stance)
- ❖ Η ακρίβεια της περιγραφής των προσεγγίσεων μειώνεται καθώς πάμε από την φυσική περιγραφή στην προθεσιαρχική, ενώ η περιγραφική ικανότητα αυξάνεται.

Νοήμονες Λογισμικοί Πράκτορες

- ❖ Η παρουσίαση αφορά τους **νοήμονες λογισμικούς πράκτορες** (*intelligent software agents*).
 - ❑ Η κατηγορία περιλαμβάνει ένα μεγάλο εύρος υπολογιστικών οντοτήτων, στο οποίο περιέχονται από
 - σχετικά απλά συστήματα, όπως είναι ο "συνδετήρας" του WORD,
 - μέχρι κατανεμημένα συστήματα ελέγχου βιομηχανικών εγκαταστάσεων, (ARCHON).

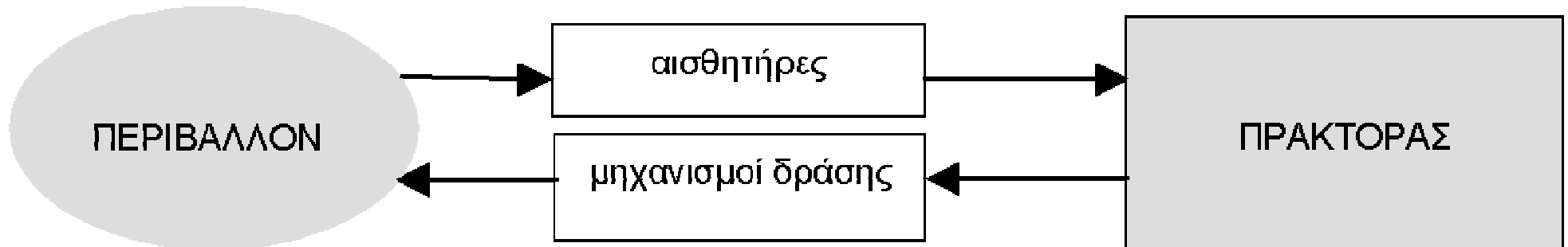
Ορισμοί Πρακτόρων

- ❖ Ανυπαρξία ενιαίου ορισμού
 -

1) Βασικός Πράκτορας κατά Russel και Norvig

- ❖ Έμφαση στην αλληλεπίδραση πρακτόρων με το περιβάλλον τους

"Πράκτορας είναι οτιδήποτε μπορεί να αντιληφθεί το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων και να αντιδράσει πάνω στο περιβάλλον μέσω μηχανισμών δράσης".

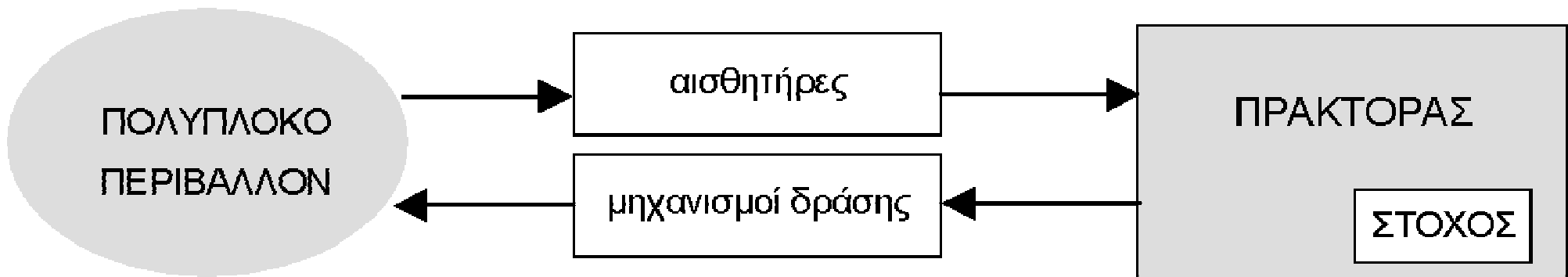


Ορισμοί Πρακτόρων

2) Βασικός Πράκτορας κατά Maes.

- ❖ Έμφαση δίνεται στην αυτονομία και στο πολύπλοκο και δυναμικό περιβάλλον

"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".

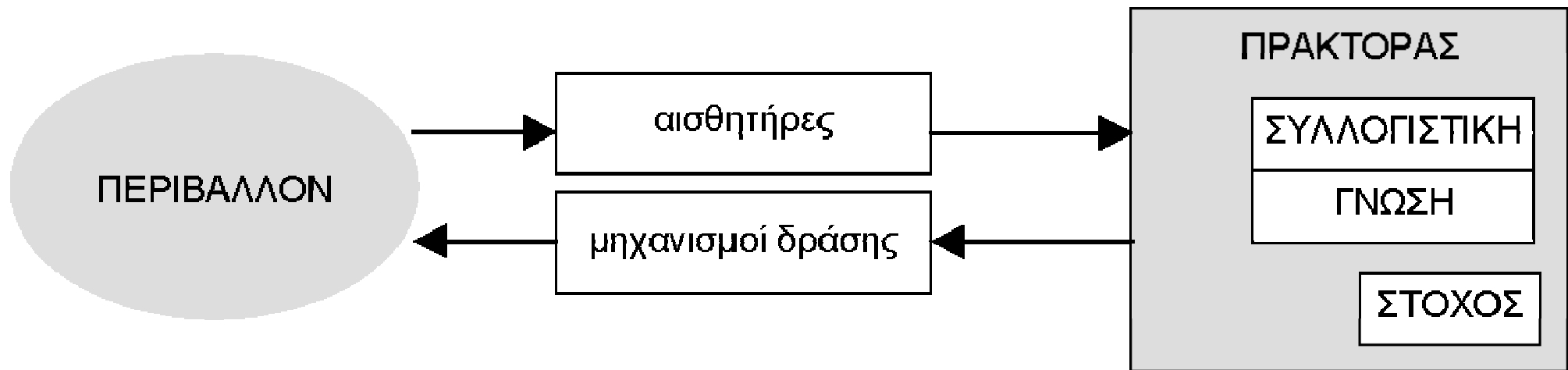


Ορισμοί Πρακτόρων

3) Βασικός Πράκτορας κατά Hayes-Roth

❖ Έμφαση στη συλλογιστική

"Οι ευφυείς πράκτορες κάνουν συνεχώς τις εξής τρεις λειτουργίες: (α) αντιλαμβάνονται τις δυναμικές συνθήκες του περιβάλλοντος, (β) δρουν πάνω στο περιβάλλον ώστε να το αλλάξουν και (γ) συλλογίζονται ώστε να ερμηνεύσουν αυτά που αντιλαμβάνονται, να λύσουν προβλήματα, να συμπεράνουν και να καθορίσουν τη δράση τους".

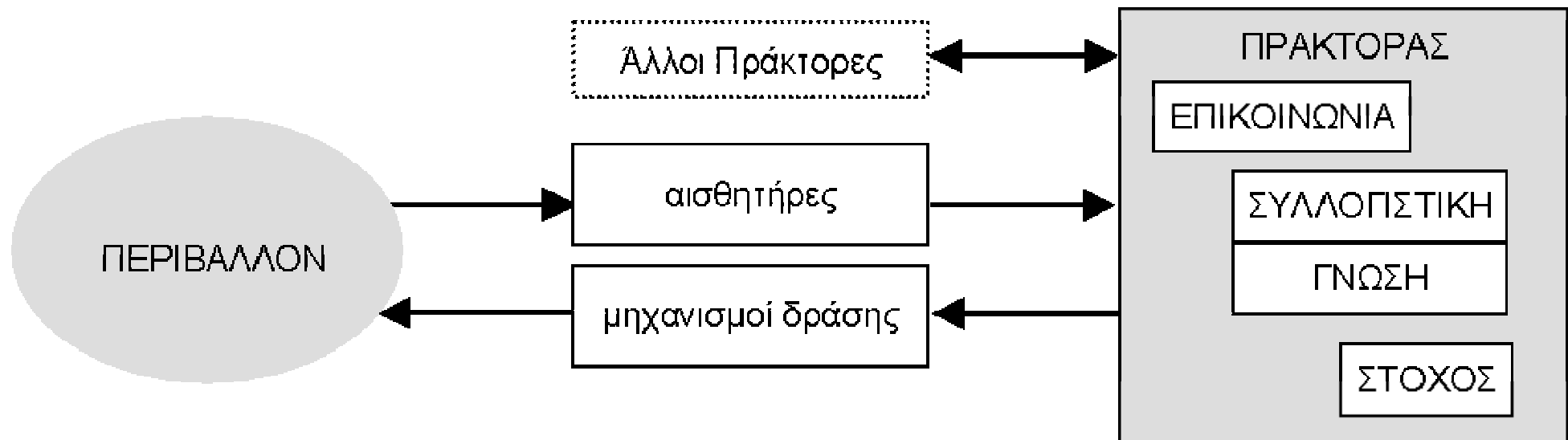


Ορισμοί Πρακτόρων

4) Βασικός Πράκτορας κατά Coen

- ❖ Έμφαση στη διαδραστικότητα (interactivity)

"Λογισμικοί πράκτορες είναι προγράμματα που διενεργούν διάλογο, διαπραγματεύονται και συντονίζουν τη ροή πληροφοριών".



Κύρια Χαρακτηριστικά Πρακτόρων

- ❖ Σε τι διαφέρουν οι (λογισμικοί) πράκτορες από τα συμβατικά προγράμματα?

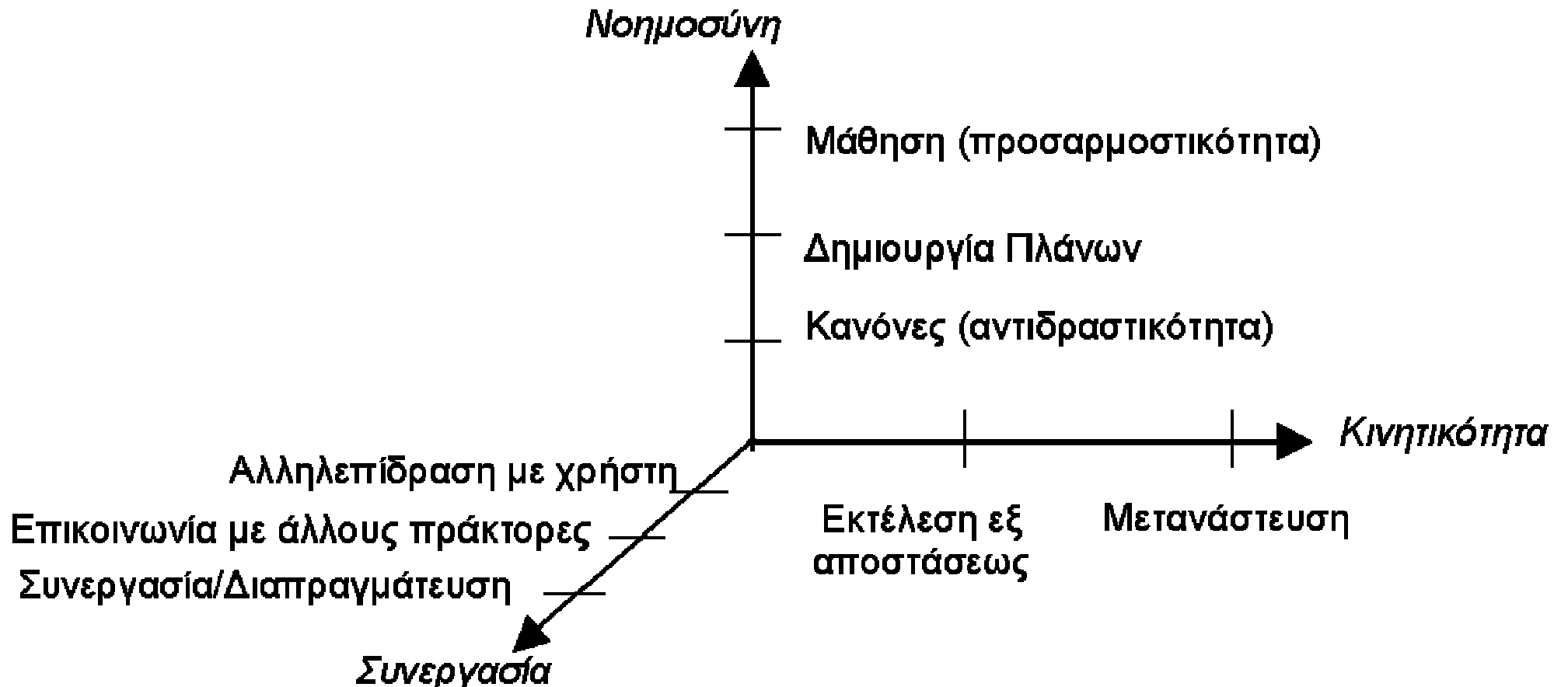
Βασικές διαφορές μεταξύ πρακτόρων και προγραμμάτων

- ❖ Σύμφωνα με τους Wooldridge και Jennings: "Πράκτορας είναι ένα σύστημα υλικού ή λογισμικού που έχει τις εξής ιδιότητες:
 - Αυτονομία (autonomy)
 - Κοινωνικότητα (social ability)
 - Αντιδραστικότητα (reactiveness)
 - Προνοητικότητα (pro-activeness)
- ❖ Η προνοητικότητα και η αντιδραστικότητα απαιτούν τη δυνατότητα συλλογισμού από τον πράκτορα.

Δευτερεύοντα Χαρακτηριστικά Πρακτόρων

- ❖ Δεν εμφανίζονται σε όλες τις κατηγορίες πρακτόρων
 - Κινητικότητα (mobility)
 - Προσαρμοστικότητα (adaptivity)
 - Ειλικρίνεια (veracity)
 - Αγαθή προαίρεση (benevolence)
 - Λογικότητα (rationality)

Άξονες Προσδιορισμού των Χαρακτηριστικών των Πρακτόρων



Μοντέλα Πρακτόρων

❖ Θέματα που αντιμετωπίζονται:

- ❑ Είδη Περιβαλλόντων
- ❑ Αναπαράσταση (περιβάλλοντος και πράκτορα)
- ❑ Γενικές Αρχιτεκτονικές Πρακτόρων

Είδη Περιβαλλόντων

- ❖ Προσβάσιμα ή Μη Προσβάσιμα (Accessible vs. Inaccessible)
- ❖ Αιτιοκρατικά ή Μη Αιτιοκρατικά (Deterministic vs. Non-Deterministic)
- ❖ Επεισοδιακά ή Μη Επεισοδιακά (Episodic vs. Non-Episodic)
- ❖ Δυναμικά ή Στατικά (Dynamic vs. Static)
- ❖ Διακριτά ή Συνεχή (Discrete vs. Continuous)

Αναπαράσταση Περιβάλλοντος και Πράκτορα

- ❖ Περιβάλλον (σύνολο καταστάσεων S) $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$
- ❖ Ικανότητες ενός πράκτορα (σύνολο ενεργειών A) $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$
- ❖ Πράκτορας (συνάρτηση agent) $\text{agent}: \text{seq } S \rightarrow A$
 - ❑ πεδίο ορισμού την ακολουθία $\text{seq } S$ των στιγμιότυπων του περιβάλλοντος
 - ❑ πεδίο τιμών τις ενέργειες A
- ❖ Αντίληψη ενός πράκτορα (συνάρτηση see) $\text{see}: S \rightarrow P$
 - ❑ πεδίο ορισμού τις καταστάσεις S
 - ❑ πεδίο τιμών τα δεδομένα αντίληψης P (percepts)
- ❖ Εσωτερικές καταστάσεις I $I = \{I_1, I_2, \dots, I_n\}$
- ❖ Ορισμός εσωτερικής κατάστασης (συνάρτηση update) $\text{update}: I \times P \rightarrow I$

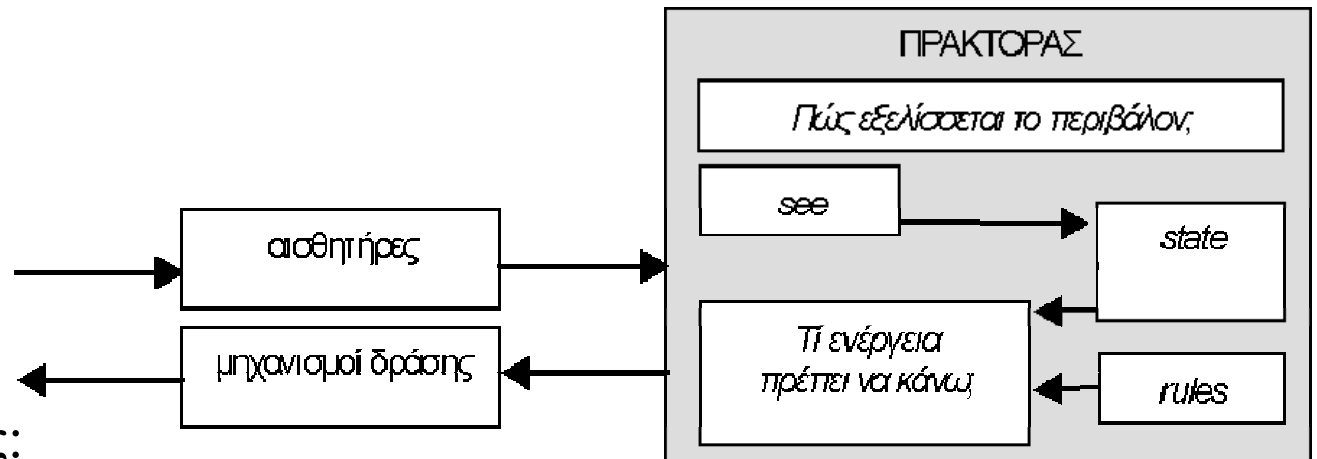
Γενικές Αρχιτεκτονικές Πρακτόρων

- ❖ **Νοήμονες Πράκτορες με Εσωτερική Κατάσταση**
 - ❑ εσωτερική συμβολική αναπαράσταση του περιβάλλοντος
 - ❑ ένα σύνολο κανόνων βάσει των οποίων καθορίζουν την επόμενη ενέργεια
 - ❑ Στόχους
- ❖ **Αντιδραστικοί Πράκτορες**

Γενική Αρχιτεκτονική Πρακτόρων Με Εσωτερική Κατάσταση (α)

❖ Έχουν:

- ❑ Εσωτερική συμβολική αναπαράσταση του περιβάλλοντος
- ❑ Σύνολο κανόνων βάσει των οποίων καθορίζουν την επόμενη ενέργεια τους.



❖ Η συνάρτηση η οποία αναπαριστά τη λειτουργία τους:

```
Function AgentWithState(environmentstate) returns action
Static: variable internalstate, rules
begin
    percept ← see(environmentstate)
    internalstate ← update(internalstate, percept)
    rule ← match(internalstate, rules)
    action ← apply(rule)
    return action
end
```

Γενική Αρχιτεκτονική Πρακτόρων Με Εσωτερική Κατάσταση (β) και Στόχους (Προνοητική Συμπεριφορά)

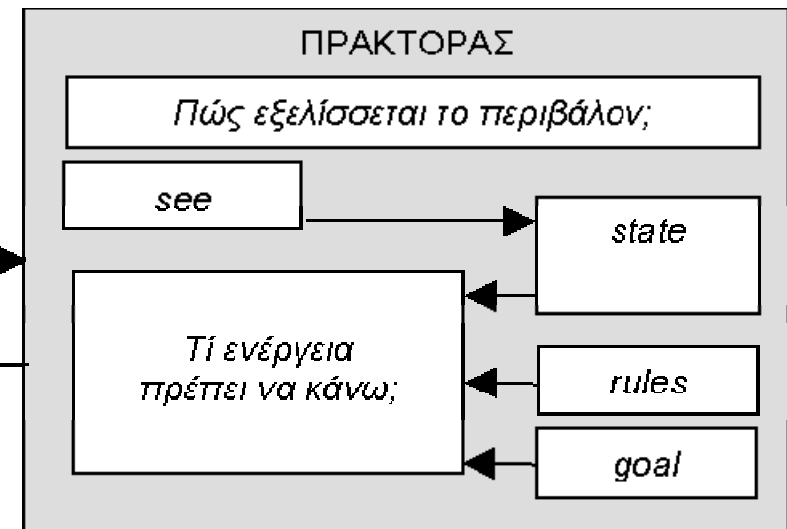
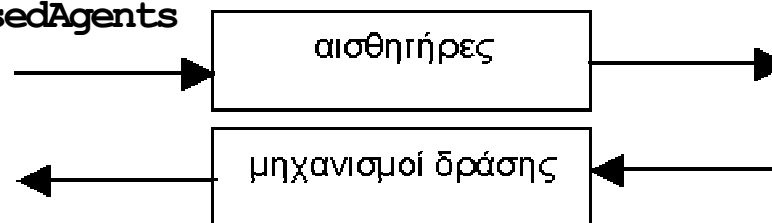
❖ Σύνολο από στόχους που καθορίζουν την επόμενη ενέργεια τους.

❖ Η συνάρτηση λειτουργίας τους:

```
Function  
(environmentstate)  
returns action  
Static: goal,  
internalstate, rules  
begin
```

```
  percept ← see(environmentstate)  
  internalstate ← update(internalstate, percept)  
  rule ← match(goal, internalstate, rules)  
  action ← apply(rule)  
  return action  
end
```

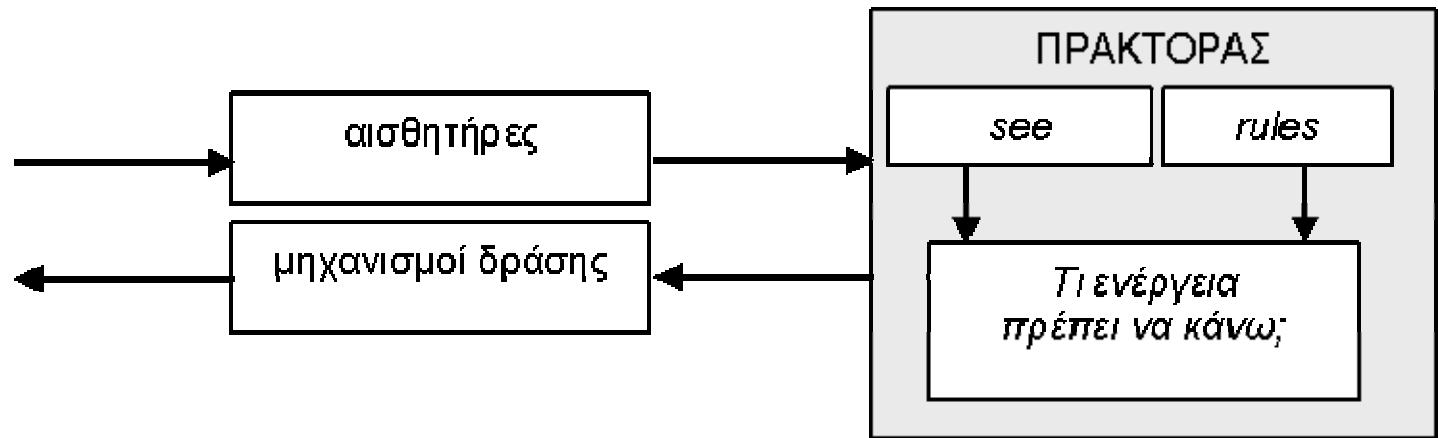
GoalBasedAgents



Γενική Αρχιτεκτονική Αντιδραστικών Πρακτόρων

- ❖ Ανυπαρξία εσωτερικής αναπαράστασης του κόσμου.
- ❖ Συμπεριφορά βασισμένη σε μια φιλοσοφία ερεθίσματος/αντίδρασης (stimulus/response).

- ❑ Παίρνουν δεδομένα από το περιβάλλον (αντίληψη) και σύμφωνα με τους κανόνες λειτουργίας αποφασίζουν ποια θα είναι η επόμενη τους ενέργεια.



- ❑ Δεν έχουν μνήμη.

- ❖ Συνάρτηση λειτουργίας τους:

Function SimpleReflexAgent(environmentstate) returns action

Static: rules

begin

```
percept ← see(environmentstate)
```

```
rule ← match(percept, rules)
```

```
action ← apply(rule)
```

```
return action
```

end

A) Πράκτορες με Εσωτερική Κατάσταση

❖ Χαρακτηριστικά

- Ύπαρξη βάσης γνώσης, που περιέχει:
 - Την αντίληψή τους για τον πραγματικό κόσμο με μορφή λογικών προτάσεων (logic formulae).
 - Ένα σύνολο από κανόνες, οι οποίοι αναπαριστούν τις ενέργειες που μπορούν να εκτελέσουν.
- Διενέργεια Λογικών Συμπερασμών
- Κατάστρωση πλάνων για την επίτευξη των στόχων τους.
-

❖ Πλεονεκτήματα

- Καθορισμένη και απλή σημασιολογία.
-

❖ Μειονεκτήματα

- Πιθανή αδυναμία εύρεσης μιας ακριβούς και ικανοποιητικής συμβολικής περιγραφής.
- Πιθανή αδυναμία εξαγωγής συμπερασμάτων σε ικανοποιητικό χρόνο.
- Δυσκολία αναπαράστασης δυναμικών περιβαλλόντων.
- Ύπαρξη αδυναμιών στην αναπαράσταση και στη συλλογιστική της έννοιας του χρόνου
- Αδυναμία στην αναπαράσταση της διαδικαστικής γνώσης.



Πράκτορες με Πεποιθήσεις - Επιθυμίες-Προθέσεις (BDI agents)

- ❖ Πράκτορες με Εσωτερική Κατάσταση, που αποτελούνται από:
 - Πεποιθήσεις (Beliefs)
 - Επιθυμίες (Desires)
 - Στόχους (Goals)
 - Προθέσεις (Intentions)
 - Πλάνα (Plans).



Ρόλος των Προθέσεων στην Συλλογιστική

- ❖ Οι προθέσεις παίζουν κυρίαρχο ρόλο στη συλλογιστική διαδικασία ενός πράκτορα
 - ❑ Από τη στιγμή που πράκτορας διαμορφώσει μια πρόθεση θα πρέπει να αποφασίσει και πώς θα την υλοποιήσει.
 - ❑ Δημιουργούν δεσμεύσεις στις μελλοντικές ενέργειες του πράκτορα.
 - ❑ Αποκλεισμός προσπάθειας για επίτευξη προθέσεων που είναι ασύμβατες με αυτή.
 - ❑ Επηρεάζουν τις πεποιθήσεις του πράκτορα
- ❖ Ο πράκτορας εμμένει στις προθέσεις του, μέχρι:
 - ❑ Να έχει επιτευχθεί η πρόθεση
 - ❑ Να πιστεύει ότι η επίτευξη της πρόθεσης είναι πλέον αδύνατη
 - ❑ Να έχει χαθεί το αρχικό κίνητρο το οποίο τον οδήγησε στην υιοθέτηση της.
- ❖ Έτσι οι πράκτορες θα πρέπει να επανεξετάσουν τις προθέσεις τους.
 - ❑ Σημαντικό υπολογιστικό κόστος
 - ❑ Συχνότητα επανεξέτασης επηρεάζει την απόδοση του πράκτορα.

Τολμηροί και Προσεκτικοί Πράκτορες

- ❖ Η απάντηση διαμορφώνεται από το περιβάλλον στο οποίο ενεργεί ο πράκτορας.
 - ❑ Σε ένα περιβάλλον το οποίο δεν μεταβάλλεται με ταχείς ρυθμούς, οι **τολμηροί** (*bold*) πράκτορες έχουν καλύτερη απόδοση.
 - ❑ Σε ένα ταχέως μεταβαλλόμενο περιβάλλον, οι *προσεκτικοί* (*cautious*) πράκτορες ανταποκρίνονται καλύτερα.

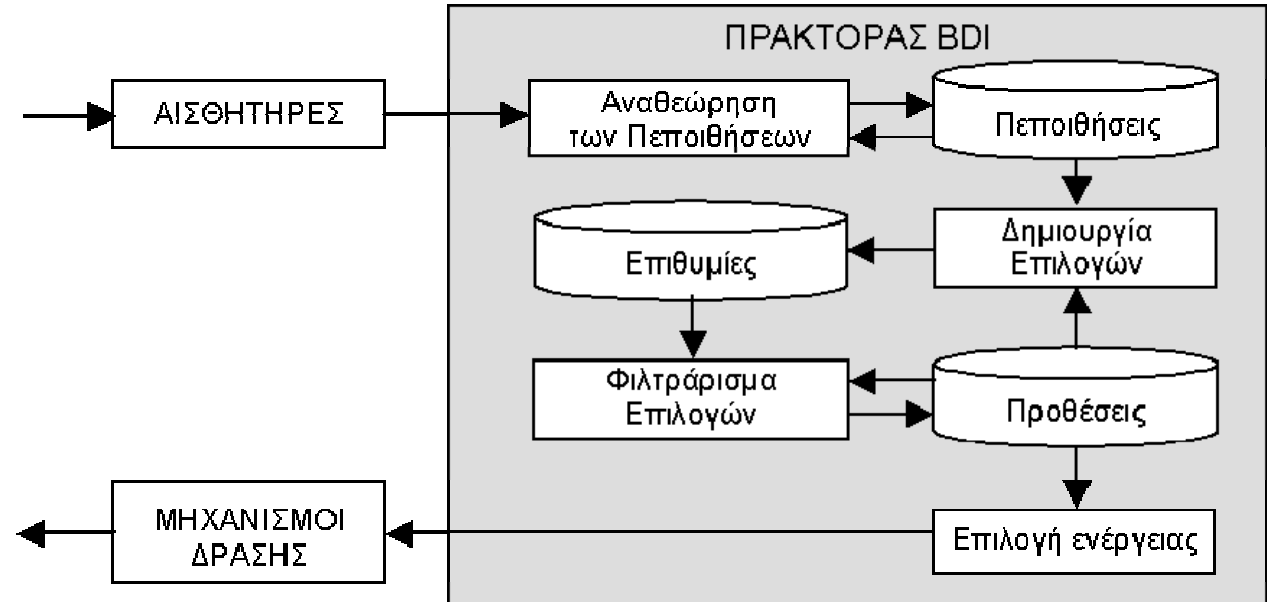
Αρχιτεκτονική BDI

- ❖ Αποτελείται από τα εξής μέρη:
 - ❑ Ένα σύνολο B από πεποιθήσεις.
 - ❑ Ένα σύνολο D από επιθυμίες.
 - ❑ Ένα σύνολο I από προθέσεις.
 - ❑ Μια συνάρτηση αναθεώρησης των πεποιθήσεων: $Powerset(B) \times P \rightarrow Powerset(B)$
 - ❑ Μια συνάρτηση παραγωγής των διαθέσιμων επιλογών:
 $Powerset(B) \times Powerset(I) \rightarrow Powerset(D)$
 - ❑ Μια συνάρτηση φιλτραρίσματος (deliberation):
 $Powerset(B) \times Powerset(D) \times Powerset(I) \rightarrow Powerset(I)$
 - ❑ Μια συνάρτηση επιλογή κατάλληλης ενέργειας: $Powerset(I) \rightarrow A$

Πλεονεκτήματα BDI Πρακτόρων

❖ Πλεονεκτήματα

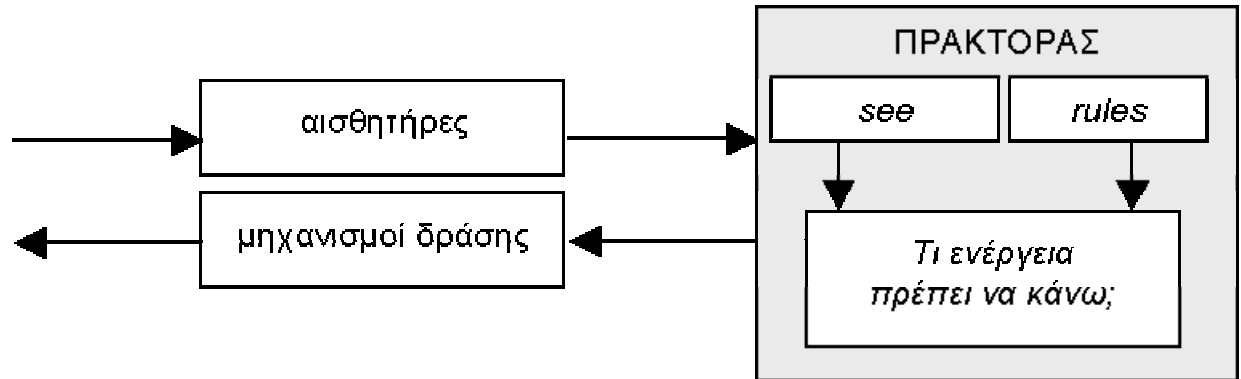
- ❑ Διαισθητικά αποδεκτή αρχιτεκτονική
- ❑ Ξεκάθαρη αντιστοίχιση των επιμέρους στοιχείων της αρχιτεκτονικής σε λειτουργικά μέρη (functional decomposition).



B) Αντιδραστικοί Πράκτορες

❖ Χαρακτηριστικά

- ❑ Συμπεριφορά βασισμένη στη φιλοσοφία ερεθίσματος/αντίδρασης (stimulus/response)
- ❑ Ανυπαρξία εσωτερικής αναπαράστασης του κόσμου.
- ❑ Ανυπαρξία μνήμης.
- ❑
- ❑
- ❑



❖ Αντιπροσωπεύουν μια εναλλακτική σχολή της TN:

- ❑ Η ευφυής συμπεριφορά των συστημάτων θα προκύψει από συνδυασμό απλών σχετικά μερών (modules) που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.

❖ Κλασική Σχολή

- ❑ Τα ευφυή συστήματα επεξεργάζονται και κάνουν συλλογισμούς χρησιμοποιώντας σύμβολα.

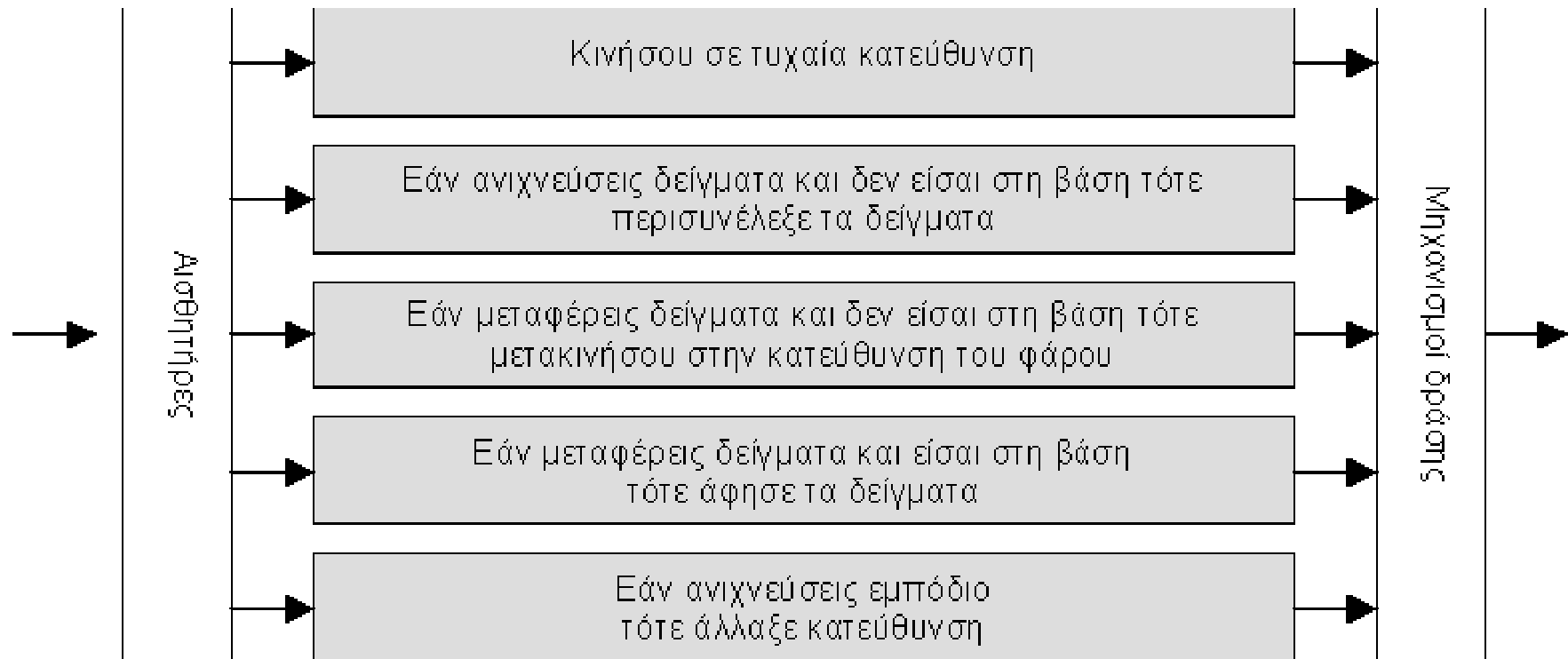
Αρχιτεκτονική Υπαγωγής

- ❖ Χαρακτηριστικό παράδειγμα αρχιτεκτονικής αντιδραστικού πράκτορα
- ❖ Αναπτύχθηκε από τον R. Brooks και εφαρμόστηκε σε ρομποτικούς πράκτορες (MIT)
- ❖ Το σύστημα αποτελείται από επαυξημένες μηχανές πεπερασμένων καταστάσεων (Augmented Finite State Machines - AFSM)
- ❖ Κάθε AFSM
 - ❑ Αναλαμβάνει μια ενέργεια/συμπεριφορά
 - ❑ Ενεργοποιείται βάσει των τιμών των αισθητήρων
- ❖ Οι AFSM είναι τοποθετημένες σε επίπεδα
 - ❑
- ❖ Έξυπνη συμπεριφορά από την αλληλεπίδραση των μηχανών αυτών.



Παράδειγμα Πράκτορα Υπαγωγής

- ❖ Ένα διαστημικό όχημα έχει προσεδαφιστεί σε έναν απομακρυσμένο πλανήτη και έχει πράκτορες, οι οποίοι πρέπει να συλλέξουν δείγματα και να τα μεταφέρουν στο σκάφος, αποφεύγοντας ένα πλήθος εμποδίων.
- ❖ Οι πράκτορες:
 - ❑ Χρησιμοποιούν ένα σύνολο από αντιδραστικούς κανόνες (reactive rules).
 - ❑ Δεν έχουν καμία απολύτως πληροφορία για το ανάγλυφο του εδάφους
 - ❑ Αναγνωρίζουν τα εμπόδια μόνο από μικρή απόσταση.
 - ❑ Από το σκάφος εκπέμπεται ένα σήμα (σημείο αναφοράς).





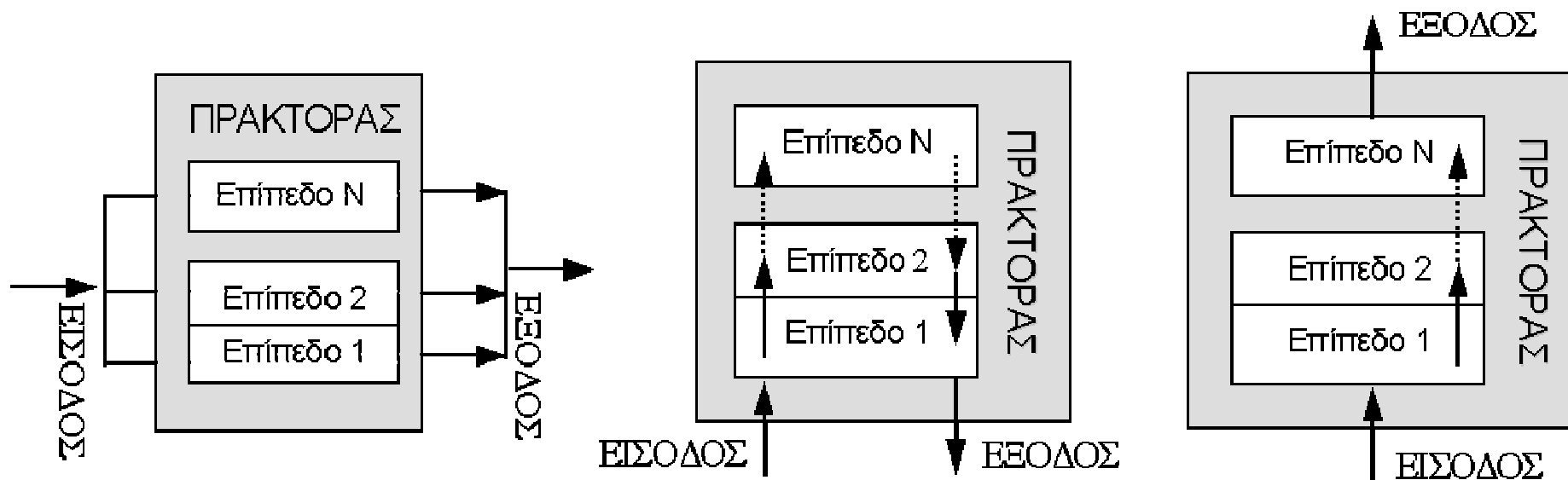
Αντιδραστικοί Πράκτορες

Μειονεκτήματα

- ❖ Μπορεί να γίνει αποδοτική διαχείριση συνόλου στόχων;
- ❖ Μεταφορά βάρους δημιουργίας πλάνων επίτευξης των στόχων στον άνθρωπο-σχεδιαστή.
- ❖ Προβλήματα επέκτασης και αποσφαλμάτωσης.
- ❖ Συμπεριφορά κατανοητή μόνο μέσα από μεθόδους δοκιμής και λάθους (trial and error).

Γ) Υβριδικοί Πράκτορες

- ❖ Συνδυασμός των δύο προηγούμενων αρχιτεκτονικών
- ❖ Υπαρξη τουλάχιστον δύο επίπεδων
 - ❑ Ένα επίπεδο για την αντιδραστική συμπεριφορά
 - ❑ Ένα επίπεδο για τη συμπεριφορά με εσωτερική κατάσταση.
- ❖ Η ροή ελέγχου μπορεί να είναι:
 - ❑ Οριζόντια:
 - ❑ Κάθετη:.



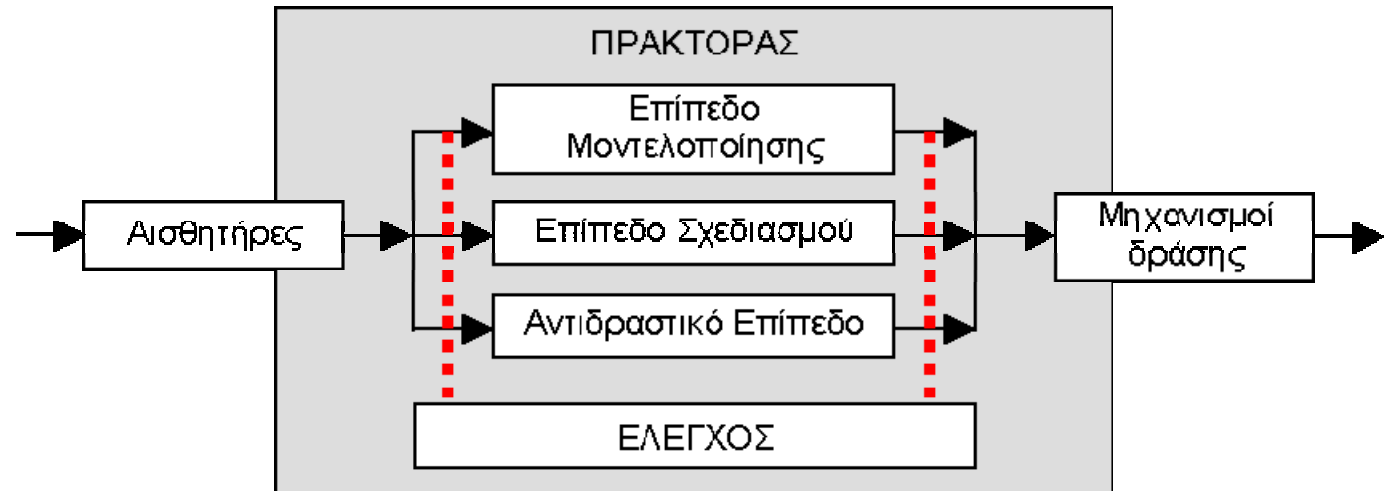
Αρχιτεκτονική Οριζόντιας Ροής Ελέγχου

- ❖ Χαρακτηριστικό παράδειγμα η Αρχιτεκτονική των πρακτόρων TOURING MACHINE
 - ❑ Καθοδήγηση αυτόνομων οχημάτων

- ❖ Τρία επίπεδα:

- ❑ Το αντιδραστικό επίπεδο (*reactive layer*)
- ❑ Το επίπεδο σχεδιασμού (*planning layer*)
- ❑ Το επίπεδο μοντελοποίησης (*modeling layer*)

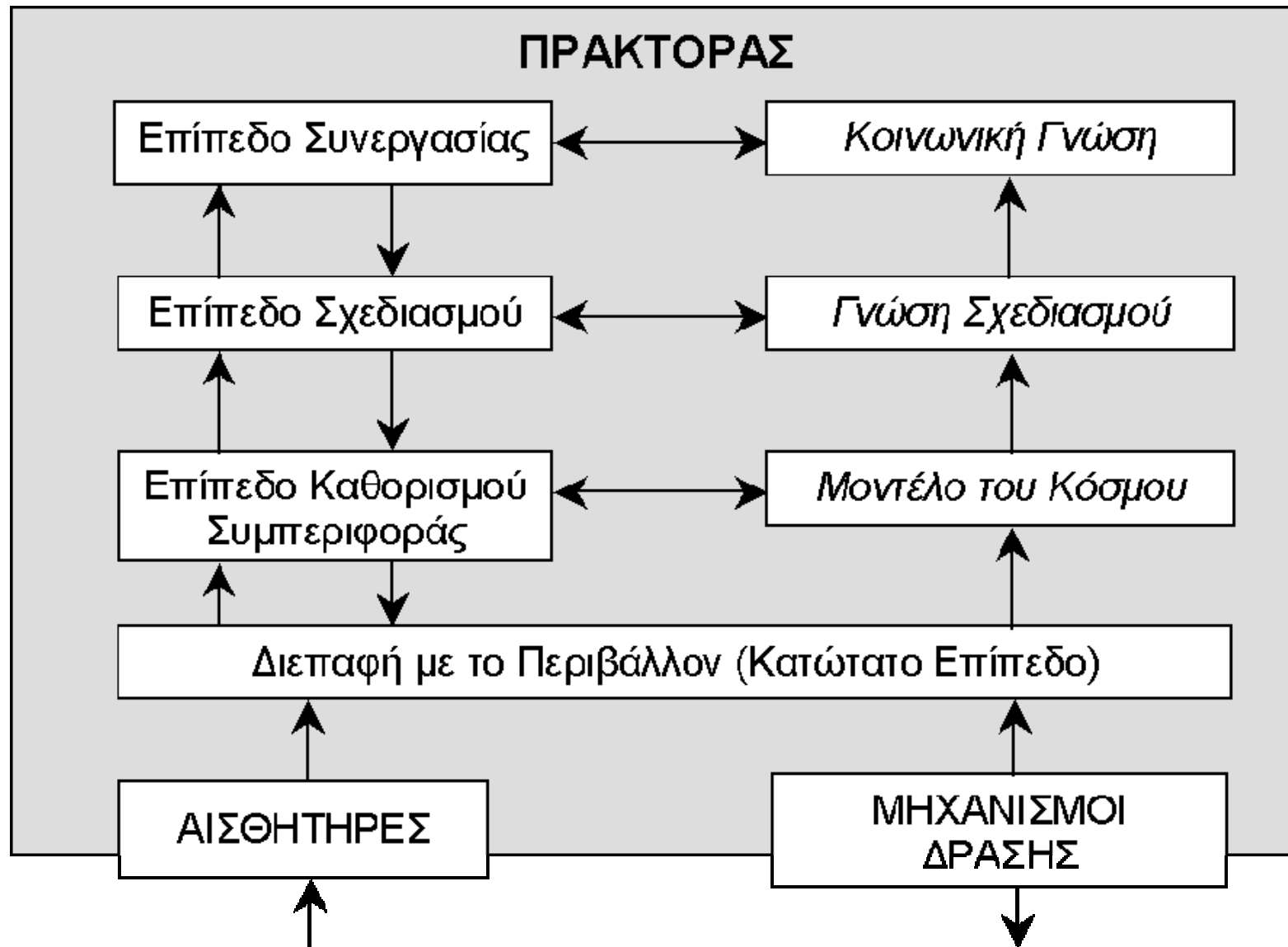
- ❖ Το σύστημα ελέγχου (control) είναι υπεύθυνο για την επιλογή της κατάλληλης ενέργειας.



Αρχιτεκτονική Κάθετης Ροής Ελέγχου (1/2)

- ❖ Χαρακτηριστικό παράδειγμα: η αρχιτεκτονική στο σύστημα INTERRUPT.
- ❖ Τρία επίπεδα με μια βάση γνώσης στο καθένα:
 - ❑ Το επίπεδο καθορισμού συμπεριφοράς (behaviour layer)
 - ❑ Το επίπεδο σχεδιασμού (planning layer)
 - ❑ Το επίπεδο συνεργασίας (cooperation layer)
- ❖ Ένα κατώτατο επίπεδο που διαχειρίζεται την είσοδο και την έξοδο του πράκτορα με το περιβάλλον
- ❖ Η ροή ελέγχου βασίζεται σε δύο αρχές:
 - ❑ Ενεργοποίηση από κάτω προς τα πάνω (bottom-up activation)
 - ❑ Εκτέλεση από πάνω προς τα κάτω (top-down execution)

Αρχιτεκτονική Κάθετης Ροής Ελέγχου (2/2)



Δ) Κινητοί Πράκτορες

❖ Χαρακτηριστικά

- ❑ "Μετακίνηση" μέσα σε ένα δικτυακό περιβάλλον
- ❑ Είναι διεργασίες (software processes), οι οποίες κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης τους μεταφέρονται στους υπολογιστές.

Παράδειγμα

❖ 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.



Σύγκριση των Δύο Προσεγγίσεων

- ❖ Ο σταθερός πράκτορας
 - ❑ Απαιτεί συνεχή σύνδεση με το δίκτυο
 - ❑ Έχει υψηλό επικοινωνιακό κόστος
- ❖ Ο κινητός πράκτορας
 - ❑ Μειώνει στο ελάχιστο το κόστος επικοινωνίας
 - ❑ Όλες οι συναλλαγές μεταξύ των βάσεων δεδομένων γίνονται σε τοπικό επίπεδο
 - ❑ Παρουσιάζει μεγαλύτερη αξιοπιστία
 - ❑ Ασύγχρονη εκτέλεση.

Προβλήματα στην Ανάπτυξη Κινητών Πρακτόρων

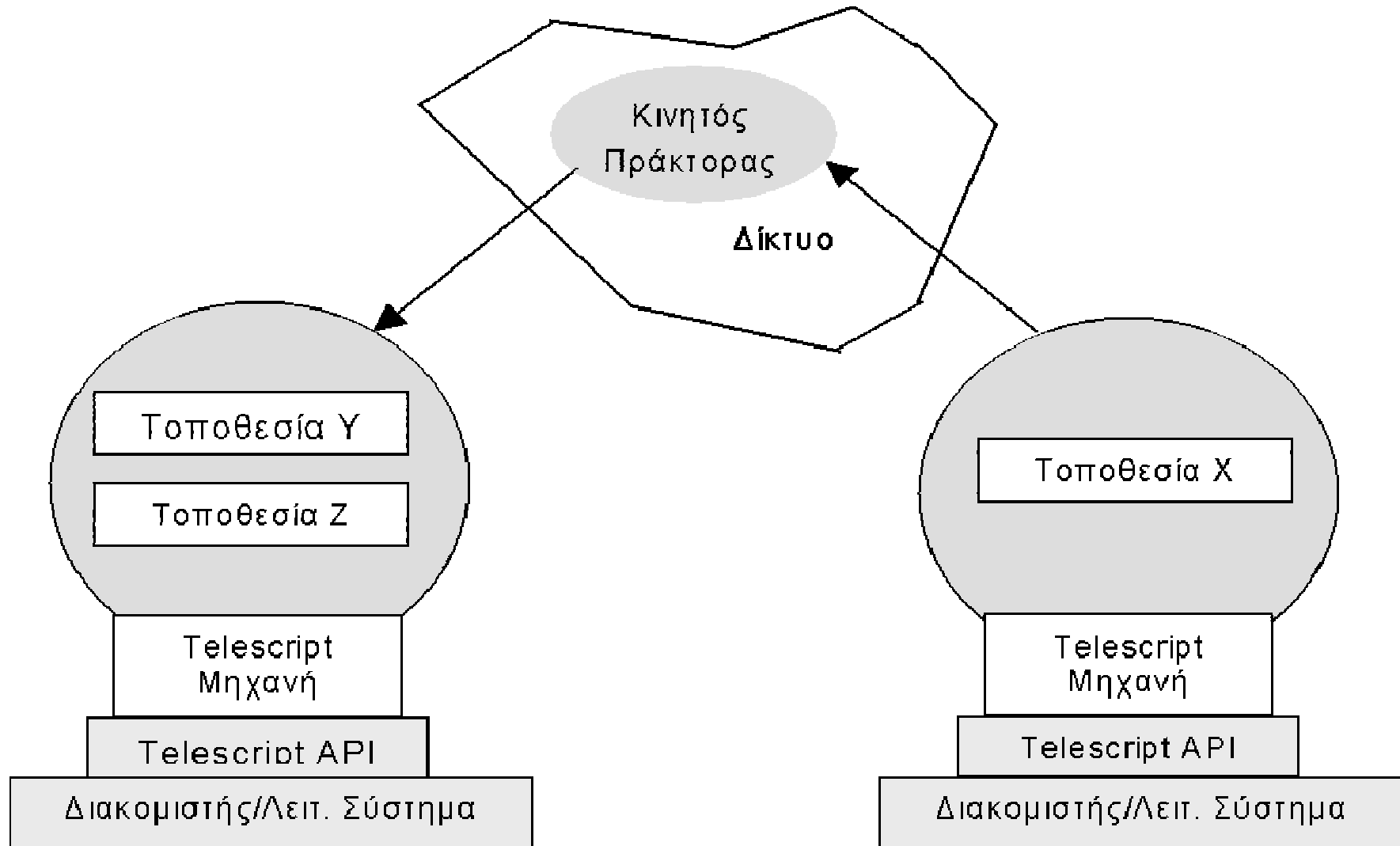
- ❖ Ασφάλεια του πράκτορα και του συστήματος που θα τον φιλοξενήσει.
- ❖ Δυσκολία στον έλεγχο της εκτέλεσης των κινητών πρακτόρων
- ❖ Πιθανότητα το κόστος της μεταφοράς του πράκτορα να είναι συγκρίσιμο με εκείνο της αλληλεπίδρασης από απόσταση.

- ❖ Η ανάπτυξη κινητών πρακτόρων απαιτεί εξειδικευμένα εργαλεία.

Η Γλώσσα Προγραμματισμού TELESCRIPT (1/2)

- ❖ Αντικειμενοστραφής γλώσσα προγραμματισμού.
- ❖ Σχεδιάστηκε ειδικά για υλοποίηση κινητών πρακτόρων
- ❖ Οι εφαρμογές που αναπτύσσονται στη συγκεκριμένη γλώσσα αποτελούνται από:
 - TELESCRIPT Μηχανές (engines)
 - Τοποθεσίες (places)
 - Πράκτορες (TELESCRIPT agents)
- ❖ Ένας πράκτορας:
 - χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες μιας τοποθεσίας όταν βρίσκεται σε αυτή,
 - επικοινωνεί μόνο με πράκτορες που βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία.
- ❖ Η διαδικασία μετακίνησης (go) περιλαμβάνει:
 - Το "πακετάρισμα" του κώδικα του πράκτορα μαζί με όλα τα δεδομένα του, τη στοίβα και το δείκτη εντολών από τη μηχανή TELESCRIPT.
 - Αποστολή του πράκτορα στην τοποθεσία στόχο,
 - Το "ξεπακετάρισμα" του πράκτορα από την μηχανή, έλεγχος αυθεντικότητας και να συνέχιση της εκτέλεσης από το σημείο διακοπής.

Η Γλώσσα Προγραμματισμού TELESRIPT (2/2)



Υλοποίηση Κινητών Πρακτόρων με Java

- ❖ Αποτελεί ίσως την πλέον διαδεδομένη γλώσσα προγραμματισμού στο διαδίκτυο.
- ❖ Μετάφραση σε ενδιάμεσο διερμηνευόμενο κώδικα (bytecode)
- ❖ Εκτέλεση από μια εικονική μηχανή.
- ❖ **Πλεονεκτήματα:**
 - ❑ Μεγάλη διάδοση
 - ❑ Μεταφέρσιμη σε πολλές υπολογιστικές πλατφόρμες
 - ❑ Ενσωματωμένος μηχανισμός ασφάλειας.
- ❖ **Μειονεκτήματα:**
 - ❑ Δυσκολία υλοποίησης πρακτόρων με νοήμονα συμπεριφορά
 - ❑ Μειωμένη απόδοση των προγραμμάτων.
- ❖ Πλήθος εργαλείων ανάπτυξης κινητών πρακτόρων που βασίζονται στην Java
 - ❑ **Aglets**, της IBM Research.

Υλοποίηση Κινητών Πρακτόρων με Aglets

- ❖ Οι Aglets είναι κινητοί πράκτορες
- ❖ Διαφορά από τα Applets της JAVA.
 - ❑ Μαζί με τον κώδικα μεταφέρεται η κατάσταση του προγράμματος (πράκτορα) και συνεχίζεται η εκτέλεση από το σημείο όπου είχε σταματήσει πριν τη μετακίνηση.
- ❖ Απαιτείται η ύπαρξη μιας εικονικής μηχανής (Aglet Host).
 - ❑ Aglet Viewers:
 - ❑ Aglet Servers:.
- ❖ Οι Aglets κινούνται σε ένα περιβάλλον που αποτελείται από τέτοιες μηχανές.
- ❖ Πλεονεκτήματα στην ανάπτυξη κινητών πρακτόρων:
 - ❑ Πλήρη υποστήριξη ανάπτυξης πρακτόρων βασισμένων στη Java
 - ❑ Ευκολία στην εκμάθηση και χρήση των προσφερόμενων μεθόδων και κλάσεων
 - ❑ Ύπαρξη πλήρους περιβάλλοντος ανάπτυξης.
 - ❑

Άλλες Γλώσσες (πλατφόρμες) Υλοποίησης

- ❖ GrassHopper (JAVA)
- ❖ Agent-Tcl, Safe-Tcl
- ❖ C/C++.