

# Οφιοειδής κίνηση με χρήση πολλαπλών πρακτόρων

---

Γεώργιος Μιμίλης  
Καθ. Νίκος Ασράγκαθος

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών & Αεροναυγών, Πανεπιστήμιο Πατρών

# Εισαγωγή – το πρόβλημα

- υ<sup>1</sup> ολογισμός κίνησης σειριακής σύνδεσης (αλυσίδας)
  - φυσικές αλυσίδες: σειριακοί βραχίονες (**serial manipulators**)
  - εικονικές αλυσίδες: οφιοειδείς σχηματισμοί σμηνών κινούμενων ρομ<sup>1</sup> ότ (**snake-like formations**)
- χρονικά μεταβλητό <sup>1</sup> εριβάλλον, <sup>1</sup> ιθανώς <sup>1</sup> εριέχον άγνωστα εμ<sup>1</sup> όδια
  - στάσιμα εμ<sup>1</sup> όδια
  - κινούμενα εμ<sup>1</sup> όδια (σε ταχύτητες σχετικές με την ταχύτητα κινητήρων των αρθρώσεων)
- κάθε τμήμα της αλυσίδας λαμβάνει <sup>1</sup> ληροφορίες α<sup>1</sup> ό αισθητήρες κατά την <sup>1</sup> ροσέγγιση σε εμ<sup>1</sup> όδια
- χρησιμο<sup>1</sup> οιείται μια <sup>1</sup> ροσέγγιση ικανοποίησης γεωμετρικών περιορισμών



# Εισαγωγή – προσεγγίσεις

- Σχεδιασμός κίνησης σε ένα χρονικά μεταβαλλόμενο <sup>1</sup>εριβάλλον: Πολλές <sup>1</sup>ροσεγγίσεις (δείτε ε<sup>1</sup>ισκό<sup>1</sup>ηση α<sup>1</sup>ό **Hwang** και **Ahja**)
- Άγνωστα κινούμενα εμ<sup>1</sup>όδια ευνοούν το<sup>1</sup>ικό σχεδιασμό, ολικός ε<sup>1</sup>ανασχεδιασμός έχει υ<sup>1</sup>ερβολικό κόστος:
  - με <sup>1</sup>ολλά εμ<sup>1</sup>όδια, ή
  - όταν <sup>1</sup>ρέ<sup>1</sup>ει να γίνει σχεδιασμός για συστήματα με <sup>1</sup>ολλούς βαθμούς ελευθερίας (**DOFs - Degrees Of Freedom**), υψηλώς <sup>1</sup>λεονάζοντα (**highly redundant**) συστήματα (δείτε **Chen** και **Hwang Chai** και λοι<sup>1</sup>οί)
- Περισσότεροι βαθμοί ελευθερίας (B.E.) = μεγαλύτερη ευελιξία συστήματος
- εκτιμούμε μια <sup>1</sup>ροσέγγιση <sup>1</sup>ου:
  - εύκολα κλιμακώνεται (**scales up**) σε υψηλώς <sup>1</sup>λεονάζοντα συστήματα
  - υ<sup>1</sup>οστηρίζει συστήματα με λιγότερους βαθμούς ελευθερίας
- Καθοδική (**top-down**) κεντρο<sup>1</sup>οιημένη <sup>1</sup>ροσέγγιση: αυξανόμενη <sup>1</sup>ολυ<sup>1</sup>λοκότητα και κόστος όσο ο αριθμός των B.E. αυξάνει
- Αντίθετα, <sup>1</sup>ροτείνεται μια ανοδική (**bottom-up**), τμηματική <sup>1</sup>ροσέγγιση, μοντελο<sup>1</sup>οιημένη ως πολυπρακτορικό σύστημα

# Εισαγωγή – προσεγγίσεις σε σμήνη

## Σμήνη κινούμενων ρομ<sup>1</sup> ότ

**Darigo** και λοι<sup>1</sup> οί.:

- εξέλιξαν αυτό-οργανωτικές συμ<sup>1</sup> εριφορές για το **Quam-batÓ**
- οκτώ ρομ<sup>1</sup> ότ συνδεδεμένα με εύκαμ<sup>1</sup> τους συνδέσμους σε οφιοειδή σχηματισμό
- ικανά να:
  - δια<sup>1</sup> ραγματευτούν μια μοναδική κατεύθυνση
  - <sup>1</sup>αραγάγουν συντονισμένη κίνηση κατά μήκος της δια<sup>1</sup> ραγματευθείσης κατεύθυνσης
  - α<sup>1</sup> οφεύγουν τοίχους συλλογικά
- Εύκαμ<sup>1</sup> τοι σύνδεσμοι:
  - Το σμήνος τείνει να αλλάζει σχήμα κατά τις φάσεις συντονισμού και κατά τη σύγκρουση με εμ<sup>1</sup> όδια
- Τα μέλη τείνουν να διατηρούν τη δικιά τους διεύθυνση κίνησης:
  - το σμήνος είναι ικανό να <sup>1</sup>ερνά α<sup>1</sup> ό στενά <sup>1</sup>εράσματα, αλλάζοντας το σχήμα του ανάλογα με τη διαμόρφωση των εμ<sup>1</sup> οδίων



# Εισαγωγή – προσεγγίσεις σε βραχίονες

## Ρομ<sup>1</sup> οτικοί βραχίονες

βασισμένες σε <sup>1</sup> ολυ<sup>1</sup> ρακτορική <sup>1</sup> λατφόρμα για το <sup>1</sup> ρόβλημα σχεδιασμού κίνησης:

- σχεδιασμός σε κάθε υ<sup>1</sup> οτμήμα της δομής του βραχίονα (σχεδόν όλες)
- συνδυάζουν λύσεις υ<sup>1</sup> ο<sup>1</sup> ροβλημάτων σε ε<sup>1</sup> ίλυση ολικού <sup>1</sup> ροβλήματος (σχεδόν όλες)
- σύνθεση υλο<sup>1</sup> οιείται σε <sup>1</sup> ραγματικό χρόνο, μέσω αλληλε<sup>1</sup> ίδρασης (συνεργασία ή ανταγωνισμός) <sup>1</sup> ρακτόρων <sup>1</sup> ου χειρίζονται διάφορα μέρη του βραχίονα (οι <sup>1</sup> ερισσότερες <sup>1</sup> ροσεγγίσεις)
- **Overgaard** και λοι<sup>1</sup> οί:
  - <sup>1</sup> ολυ<sup>1</sup> ρακτορικό σύστημα με <sup>1</sup> ράκτορες αρθρώσεων και συνδέσμων
  - έλεγχος οφιοειδούς ρομ<sup>1</sup> ότ **25**B.E.
  - <sup>1</sup> εριβάλλον με εμ<sup>1</sup> όδια μοντελο<sup>1</sup> οημένο με χρήση ενός τεχνητού πεδίου δυναμικού (*artificial potential field [Khatib]*)
- **Bohner** και **Lüppert**
  - ρομ<sup>1</sup> ότ **7**B.E.
  - μόνο αρθρώσεις του ρομ<sup>1</sup> ότ ως <sup>1</sup> ράκτορες
  - ενσωμάτωση αισθητήρων-δεδομένων και σχεδιασμός κίνησης ανά <sup>1</sup> ράκτορα
  - α<sup>1</sup> ο σύνθεση <sup>1</sup> ροβλήματος και μείωση <sup>1</sup> ολυ<sup>1</sup> λοκότητας στο άθροισμα των υ<sup>1</sup> ο<sup>1</sup> ροβλημάτων

# Εισαγωγή – η προσέγγισή μας

## Προηγούμενη εργασία μας

- Πολυ<sup>1</sup> ρακτορικό σύστημα
- Κάθε <sup>1</sup> ράκτορας λογισμικού ελέγχει συγκεκριμένο τμήμα της αλυσίδας αρθρώσεων-συνδέσμων ενός ε<sup>1</sup> ι<sup>1</sup> εδου ρομ<sup>1</sup> οτικού βραχίονα
- Οι <sup>1</sup> ράκτορες αλληλε<sup>1</sup> ιδρούν μεταξύ τους για να <sup>1</sup> ροσαρμόσουν (σε <sup>1</sup> ραγματικό χρόνο) τη διαμόρφωση του βραχίονα σε
  - εξωτερικά γεγονότα
  - μεταβαλλόμενες καταστάσεις
- Προσέγγιση ικανο<sup>1</sup> οίησης γεωμετρικών <sup>1</sup> εριορισμών
- Μειώνει το σχεδιασμό κίνησης ενός ρομ<sup>1</sup> οτικού βραχίονα στο σχεδιασμό κίνησης για ένα μόνο κομμάτι αυτού (<sup>1</sup> .χ. άκρο εργασίας)
- τα υ<sup>1</sup> όλοι<sup>1</sup> α τμήματα της αλυσίδας του βραχίονα *αντιδρούν και προσαρμόζονται ή φέρουν αντίρρηση (βέτο)* στην μετακίνηση του κινούμενου τμήματος.

## Σε αυτή την εργασία

- αναθεωρούνται ελαφρά οι αλληλε<sup>1</sup> ιδράσεις των <sup>1</sup> ρακτόρων
- υλο<sup>1</sup> οιείται η <sup>1</sup> ροτεινόμενη αρχιτεκτονική σε:
  - 2-Δ ε<sup>1</sup> ι<sup>1</sup> εδο
  - 3-Δ χώρο
  - φυσικές συνδεσμολογίες αλυσίδας (σειριακοί βραχίονες)
  - εικονικές αλυσίδες (σμήνη κινούμενων ρομ<sup>1</sup> ότ)
- νέα ευρήματα σχετικά με δυνατές εφαρμογές.



# Πολυπρακτορικά συστήματα

Ο **Liu** και λοι<sup>1</sup> οί ορίζουν:

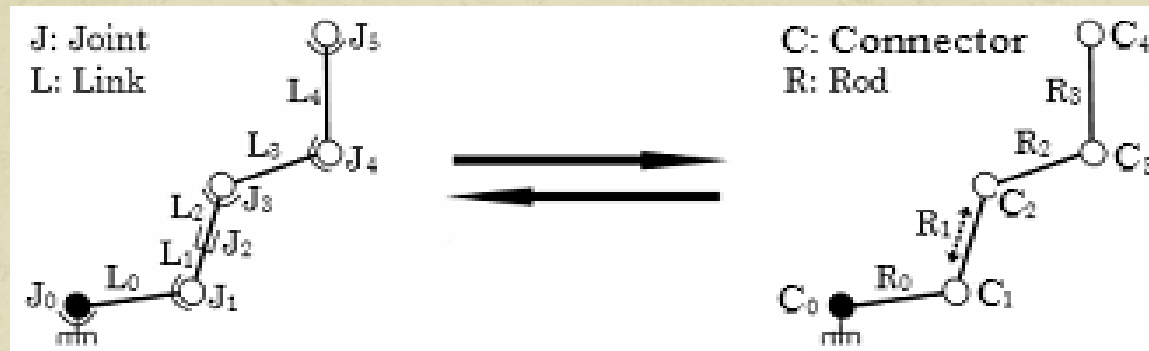
- <sup>1</sup>ράκτορας (**agent**) = μια οντότητα
  - ικανή να ζει και να δρα σε ένα <sup>1</sup>εριβάλλον,
  - ικανή να αισθάνεται το το<sup>1</sup>ικό της <sup>1</sup>εριβάλλον,
  - οδηγούμενη α<sup>1</sup> ό ορισμένους στόχους,
  - έχει κά<sup>1</sup>οια «αντιδραστική» (**reactive**) συμ<sup>1</sup>εριφορά
- <sup>1</sup>ολυ<sup>1</sup>ρακτορικό (**multi-agent**) σύστημα = ένα σύστημα
  - έχει ένα <sup>1</sup>εριβάλλον (χώρος ό<sup>1</sup>ου κατοικούν οι <sup>1</sup>ράκτορες),
  - έχει ένα σύνολο α<sup>1</sup>ό κανόνες αντίδρασης (<sup>1</sup>ου ορίζουν την αλληλε<sup>1</sup>ίδραση μεταξύ <sup>1</sup>ρακτόρων και <sup>1</sup>εριβάλλοντος **Δ**οι νόμοι του <sup>1</sup>ρακτορικού σύμ<sup>1</sup>αντος)
  - έχει ένα σύνολο α<sup>1</sup>ό <sup>1</sup>ράκτορες

# Προτεινόμενο μοντέλο ιδεατού συστήματος

- ελέγχει την κίνηση της αλυσίδας μιμούμενο μια αλυσίδα  $\alpha^1$  ό ράβδους, συνδεδεμένων στα άκρα τους με συνδετήρες (εν δυνάμει  $^1$  εριορισμένων σφαιρικών αρθρώσεων)
- τα δύο άκρα της αλυσίδας είναι συνδετήρες
- οι ράβδοι  $\mu^1$  ορούν να είναι μεταβλητού μεγέθους (**[min, max]**  $^1$  εριορισμός μήκους)
- κάθε τμήμα της αλυσίδας  $^1$  ου αρχικο $^1$  οεί την κίνηση «ωθεί» ή «έλκει» τα υ $^1$  όλοι $^1$  α μέρη της αλυσίδας
- διατηρούνται οι  $^1$  εριορισμοί  $^1$  ου ορίζουν τη δομή της αλυσίδας
- υψηλός αριθμός ράβδων και συνδετήρων: συμ $^1$  εριφέρεται ό $^1$  ως φίδι σερνόμενο ανάμεσα σε εμ $^1$  όδια.



# Αντιστοίχιση κινηματικών σε ιδεατούς περιορισμούς (για βραχίονες)



## Αλυσίδα βραχίονα:

- συνδετήρας βάσης (συνδέεται με το <sup>1</sup>επιβάλλον): καλύ<sup>1</sup>τει εν δυνάμει κινητές (ελεύθερα ή μερικά/ολικά <sup>1</sup>εριορισμένες) βάσεις ρομ<sup>1</sup>οτικών βραχιόνων
- <sup>1</sup>εριστροφική άρθρωση και ο εξερχόμενος σύνδεσμος της: αντιστοιχούν α<sup>1</sup>ευθείας στον <sup>1</sup>ρώτο συνδετήρα μια ράβδου σταθερού μήκους
- <sup>1</sup>ρισματική άρθρωση και τόσο ο εισερχόμενος όσο και ο εξερχόμενος σύνδεσμός της: αντιστοιχούν σε συνδετήρα + μεταβλητού μήκους ράβδο
- Πράκτορας συνδετήρα: ιδιότητα θέσης
- Πράκτορας ράβδου: ιδιότητα μήκους
- Περιορισμοί: όρια μήκους ράβδου σεβαστά α<sup>1</sup>ό τις θέσεις των <sup>1</sup>ρακτόρων συνδετήρων στα δύο άκρα της ράβδου
- Τιμές <sup>1</sup>αραμέτρων αρθρώσεων: υ<sup>1</sup>ολογιζόμενες γεωμετρικά α<sup>1</sup>ό τις θέσεις των συνδετήρων

# Αντιστοίχιση κινηματικών σε ιδεατούς περιορισμούς (για σμήνη)

Σχηματισμός αλυσίδας σμήνους:

ράβδοι: <sup>1</sup> εριορισμοί α<sup>1</sup> όστασης μεταξύ ζευγών α<sup>1</sup> ό  
διαδοχικά ρομ<sup>1</sup> ότ

συνδετήρες: <sup>1</sup> εριορισμοί γωνίας μεταξύ τριάδων  
συνεχόμενων ρομ<sup>1</sup> ότ

Η αντιστοίχιση μεταξύ ιδεατού και κινηματικού  
μοντέλου γίνεται ό<sup>1</sup> ως και στις αλυσίδες ρομ<sup>1</sup> οτικών  
βραχιόνων



# Διαπρακτορικές σχέσεις

## Σχέση Αφέντης – Σκλάβος με βέτο

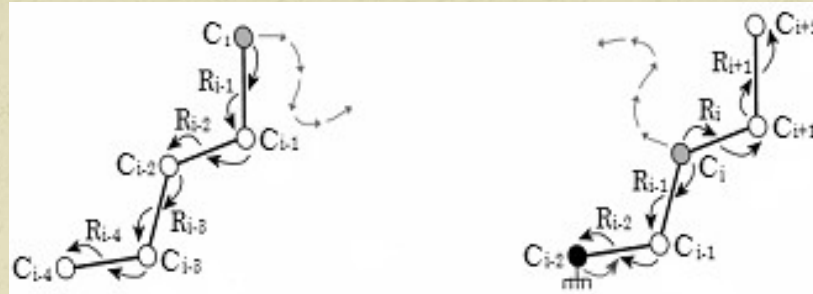
### Οντότητα Σκλάβος:

- ακούει για αλλαγές της κατάστασης της οντότητας-αφέντη
- αντιδρά σε αυτές τις αλλαγές
  - αλλάζοντας τη δική του κατάσταση ή
  - φέρνοντας αντίρρηση στην αλλαγή κατάστασης του αφέντη (βέτο)
- μ<sup>1</sup> ορεί να λάβει μέρος ως αφέντης σε άλλες σχέσεις (να έχει τους δικούς του σκλάβους)

### Αλυσίδα α<sup>1</sup> ό σχέσεις Αφέντης **Δ** Σκλάβος με βέτο:

- <sup>1</sup> ε<sup>1</sup> ερασμένο <sup>1</sup> λήθος οντοτήτων
- <sup>1</sup> ρώτη οντότητα αφέντης δεύτερης, δεύτερη οντότητα αφέντης τρίτης κλ<sup>1</sup> .

# Διάδοση γεγονότος αλλαγής κατάστασης



- Γεγονότα αλλαγής κατάστασης στην κεφαλή της αλυσίδας σχέσεων αφέντη-σκλάβου διαδίδονται <sup>1</sup>ρος την ουρά της
- Ο σκλάβος αντιδρά και <sup>1</sup>ροσ<sup>1</sup>αθεί να <sup>1</sup>ροσαρμοστεί στο γεγονός αλλαγής κατάστασης του αφέντη του (αλλάζοντας τη δικιά του κατάσταση και <sup>1</sup>ροκαλώντας δικό του σκλάβο να αντιδράσει ε<sup>1</sup>ίσης κλ<sup>1</sup>.)
- Ο<sup>1</sup>ιοιδή<sup>1</sup>οτε τμήμα (όχι μόνο τα ακραία σημεία) μ<sup>1</sup>ορεί να αρχικο<sup>1</sup>οιήσει την κίνηση
  - ενεργώντας αυτόνομα για να α<sup>1</sup>οφύγει εμ<sup>1</sup>όδια
  - λαμβάνοντας εντολές κίνησης α<sup>1</sup>ό μονάδα σχεδιασμού ή άνθρω<sup>1</sup>ο χειριστή
- Η αλυσίδα αντιμετω<sup>1</sup>ίζεται ως δυο υ<sup>1</sup>ό-αλυσίδες, με κεφαλή τους το τμήμα <sup>1</sup>ου αρχικο<sup>1</sup>οιήσε την κίνηση, και ουρές την κεφαλή και την ουρά της αρχικής αλυσίδας



# Ανάστροφη διάδοση γεγονότος αλλαγής κατάστασης (βέτο)

- Ένα τμήμα σκλάβος  $\mu^1$  ορεί να φέρει αντίρρηση (βέτο) στην κίνηση του τμήματος αφέντη του αν δεν  $\mu^1$  ορεί
  - να κινηθεί για να  $^1$  ροσαρμοστεί στην κίνηση του αφέντη και ταυτόχρονα
  - να διατηρήσει το μοντέλο αλυσίδας και τους  $^1$  εριβαλλοντικούς  $^1$  εριορισμούς

Η έγερση βέτο  $\varepsilon^1$  ιτρέ $^1$  ει:

- βραχίονες σταθερής βάσης (Ο  $^1$  ράκτορας συνδετήρας στη σταθερή βάση  $^1$  άντα φέρνει αντίρρηση στη μετατό $^1$  ιση του)
- $\varepsilon^1$  ανασχεδιασμό στην  $^1$  ερί $^1$  τωση ό $^1$  ου κά $^1$  οιος σκλάβος είναι  $^1$  αγιδευμένος σε  $\varepsilon\mu^1$  όδια ή δυσλειτουργεί

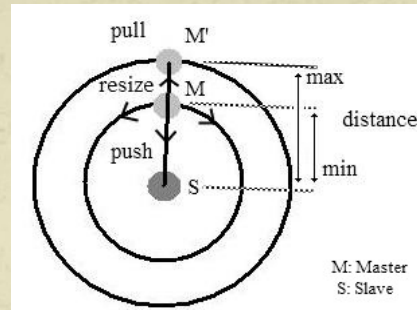
# Σύνολο κανόνων αντιδράσεων πράκτορα

Σύνολο κανόνων οντότητας σκλάβου:

- ορίζω <sup>1</sup> ως αντιδρά σε αλλαγές της κατάστασης της οντότητας αφέντη του.
- ορίζει αντιδράσεις για τη διατήρηση περιορισμών <sup>1</sup> ου έχουν τεθεί στο αντικείμενο σκλάβο και τη σχέση του με τον αφέντη του:
  - σχεδιαστικούς
    - εσωτερικούς, <sup>1</sup> εριορισμούς υλικού
    - δομή αλυσίδας
  - α<sup>1</sup> οφασιζόμενους δυναμικά κατά το χρόνο εκτέλεσης
    - <sup>1</sup> εριβαλλοντικούς <sup>1</sup> εριορισμούς
    - εμ<sup>1</sup> όδια (στάσιμα ή κινούμενα)
    - αστοχία υ<sup>1</sup> στημάτων



# Αντίδραση σε κίνηση αφέντη



Κανόνες αντίδρασης εκθέτουν τη συμπεριφορά διατήρησης περιορισμών της δομής αλυσίδας: Ώθηση, Έλξη, Μεταβολή μήκους

Ορίζουμε μια οδηγό γραμμή (**g**), συνδέουσα την νέα θέση του αφέντη με την <sup>1</sup>αλιά θέση του σκλάβου:

- Ο συνδετήρας σκλάβος  $\mu^1$  ορεί να κινηθεί <sup>1</sup>άνω στη **g** ωθούμενος ή ελκούμενος  $\alpha^1$  ό τον αφέντη του
- Η ράβδος διασύνδεσης  $\mu^1$  ορεί να αλλάζει μήκος και <sup>1</sup>άντα είναι ευθυγραμμισμένη <sup>1</sup>άνω στη **g**

Κανόνας Ώθησης:

- Συνθήκη:  $\alpha^1$  όσταση (**d**) συνδετήρων αφέντη-σκλάβου < ελάχιστο μήκος (**minRL**) ράβδου διασύνδεσης
- Αντίδραση: σκλάβος κινείται <sup>1</sup>άνω στη **g**  $\alpha^1$  όσταση συνδετήρων αφέντη-σκλάβου = **minRL** (ράβδος συμ<sup>1</sup>ιέστηκε)

Κανόνας Έλξης:

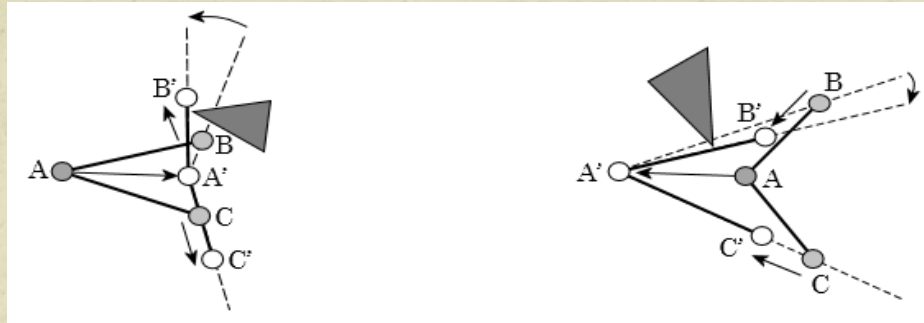
- Συνθήκη: **d** > μέγιστο μήκος (**maxRL**) ράβδου διασύνδεσης
- Αντίδραση: σκλάβος κινείται <sup>1</sup>άνω στη **g**  $\alpha^1$  όσταση συνδετήρων αφέντη-σκλάβου = **maxRL** (ράβδος εκτάθηκε)

Κανόνας Μεταβολής μήκους:

- Συνθήκη: **d** στο [**minRL**, **maxRL**]
- Αντίδραση: σκλάβος δεν κινείται, ράβδος αλλάζει μέγεθος σε **d** (εντός [**minRL**, **maxRL**])

Όλοι μαζί καλούνται συμ<sup>1</sup>εριφορά Ώθησης – Έλξης – Μεταβολής μήκους

# Αντίδραση σε ανιχνευμένα εμπόδια



Κανόνας <sup>1</sup>εριστροφής:

- Συνθήκη: σύγκρουση ράβδου διασύνδεσης με εμ<sup>1</sup> όδιο
- Αντίδραση: ράβδος <sup>1</sup>επιστρέφεται γύρω α<sup>1</sup> ό το συνδετήρα αφέντη

Κίνηση του συνδετήρα αφέντη οδηγεί σε <sup>1</sup>εριστροφή της οδηγού γραμμής ώστε να <sup>1</sup>ερνά <sup>1</sup>λησίον του σημείου σύγκρουσης ράβδου-εμ<sup>1</sup> οδίου <sup>1</sup>ου είναι <sup>1</sup>λησιέστερα στον αφέντη

Αυτή η συμ<sup>1</sup>ερισφορά διατήρησης περιβαλλοντικών περιορισμών καλείται  
*Ωθηση – Έλξη – Περιστροφή*



# Αυτόνομη πλοήγηση

Πλοήγηση <sup>1</sup>ράκτορα αρχικο<sup>1</sup>οίησης κίνησης (χειριστή):

Ε<sup>1</sup> εκτάθηκε ένας αλγόριθμος ακολούθησης τοίχου με:

- συμ<sup>1</sup>ερισφορά αναζήτησης στόχου
- συμ<sup>1</sup>ερισφορά διάβασης διαδρόμων

Βήματα:

8. Ανάγνωση εμ<sup>1</sup>ρός-αριστερού και εμ<sup>1</sup>ρός-δεξιού <sup>1</sup>λευρικών αισθητήρων (ανιχνευτής λείζερ) για λήψη κοντινότερης α<sup>1</sup>όστασης α<sup>1</sup>ό ορατά εμ<sup>1</sup>όδια στην αριστερά και τη δεξιά <sup>1</sup>λευρά του <sup>1</sup>ράκτορα ελεγκτή
9. Βάσει των μετρήσεων των αισθητήρων, υ<sup>1</sup>ολογίζεται η μεταβολή της θέσης του κινούμενου <sup>1</sup>ράκτορα

Ε<sup>1</sup> ίτευξη ελάχιστης και μέγιστης α<sup>1</sup>όστασης α<sup>1</sup>ό εμ<sup>1</sup>όδια (στην εξομοίωση 0.7 και 0.9 μέτρα αντίστοιχα): ορισμός συμ<sup>1</sup>ερισφοράς αντίδρασης κινούμενου με χρήση μιας στοίβας ε<sup>1</sup>ί<sup>1</sup> έδων υ<sup>1</sup>αγωγής (subsumption [Brooks])

- Κατώτερα ε<sup>1</sup>ί<sup>1</sup> έδα υ<sup>1</sup>αγωγής: εν δυνάμει αντικαθιστούν συμ<sup>1</sup>ερισφορά εκτιθέμενη α<sup>1</sup>ό ανώτερα ε<sup>1</sup>ί<sup>1</sup> έδα
- Α<sup>1</sup>οφυγή εμ<sup>1</sup>οδίων = κατώτατα ε<sup>1</sup>ί<sup>1</sup> έδα συμ<sup>1</sup>ερισφοράς

Α<sup>1</sup>οτέλεσμα:

- Διάβαση στενών διαδρόμων (ακόμη και υψηλής καμ<sup>1</sup>υλότητας) = Πρωτεύων σχεδιαστικός στόχος
- Λειτουργεί και με δυναμικά μεταβαλλόμενο <sup>1</sup>επιβάλλον / κινούμενα εμ<sup>1</sup>όδια όταν η ταχύτητα των εμ<sup>1</sup>οδίων είναι συγκρίσιμη με την ταχύτητα του κινούμενου μέρους

Subsumptive layers<sup>a</sup>

Priority: Layer	Trigger condition	Output
6: KEEP-MOVING	Always	$v_l = v_r = s$
5: TARGET-CHECK	Target detection	$v_l, v_r$ to target
4: FAR-RIGHT	Leaving right wall	$v_l = s, v_r = 0$
3: FAR-LEFT	Leaving left wall [but not right one]	$v_l = 0, v_r = s$
2: CLOSE-RIGHT	Wall close to right	$v_l = 0, v_r = s$
1: CLOSE-LEFT	Wall close to left [but not to right]	$v_l = s, v_r = 0$

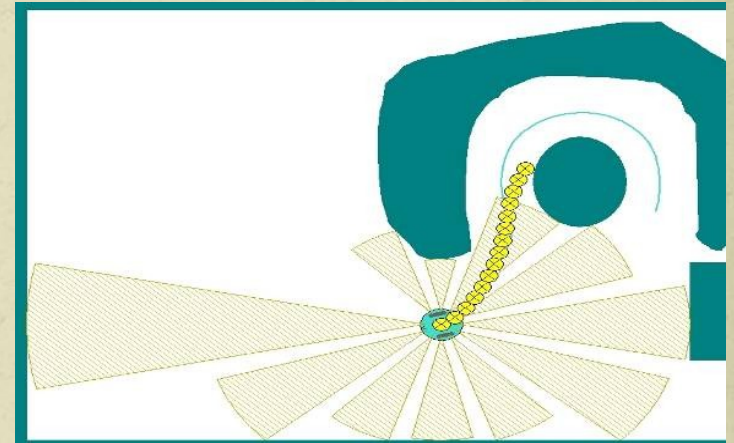
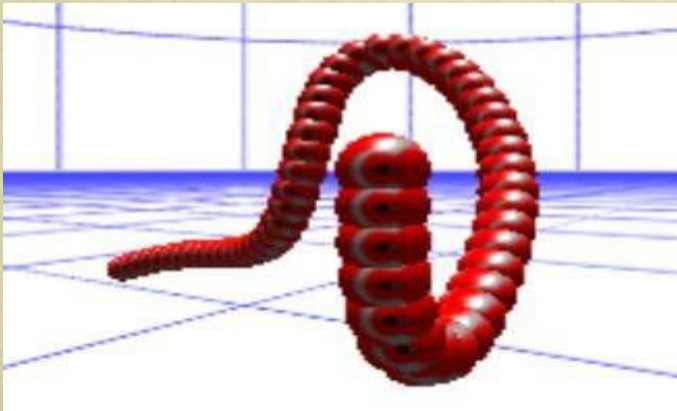
# Πειράματα

Περιβάλλον δοκιμών **MachineLab** για 3-Δ  
1 προσομοιώσεις:

- **PenObjects PascalScript** για **Delphi / Object Pascal**
- Μέτα-μεταγλωττιστής **Logo** σε **PascalScript**

## Pascal script:

- 3-Δ οφιοειδής κίνηση σε 1 πραγματικό χρόνο για 450+ 1 ράκτορες



2-Δ 1 προσομοιωτής κινούμενων ρομ1 ότ **MobotSim**

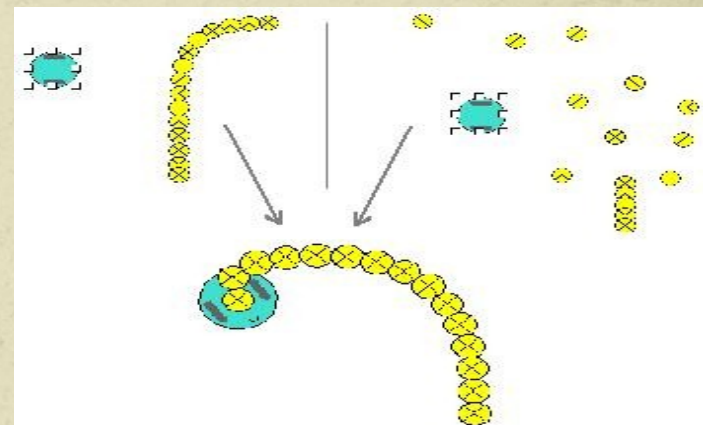
## SAX Basicscript:

- σμήνος κινούμενων ρομ1 ότ:
  - 1 ερι1 λανώμενο ρομ1 ότ ελεγκτής με ανιχνευτή λείζερ
  - 15 ρομ1 ότ σκλάβοι ακολουθούν σε οφιοειδή σχηματισμό χρησιμο1 οιώντας α1 λούστερους αισθητήρες ε1 ικείμενης σύγκρουσης
- α1 οφυγή εμ1 οδίων σε στενούς καμ1 ύλους διαδρόμους



# Μελλοντική εργασία

- Σχεδίαση και υλο<sup>1</sup> οίηση γωνιακών <sup>1</sup>εριορισμών και αντίστοιχων αντιδράσεων
- Διερεύνηση/μέτρηση α<sup>1</sup> όδοσης στην εύρεση λύσεων για το αντίστροφο κινηματικό <sup>1</sup>ρόβλημα σε φυσικές (βραχίονες) ή ιδεατές (σμήνη) αναδιαμορφώσιμες συνδέσεις αλυσίδας.



Παρατηρήθηκε ότι στην **2-Δ** <sup>1</sup>ροσομοίωση <sup>1</sup>αρέχει αυτόματα:

- λύση αντίστροφου κινηματικού
- ανασηματισμός αλυσίδας σ<sup>1</sup> ασμένης με το χέρι:
  - διασκορ<sup>1</sup> ισμένα μέρη
  - ή ακόμη και σε λιγότερα μέρη
  - λύση σεβόμενη το σχετικό σχηματισμό των μη σ<sup>1</sup> ασμένων μερών στα δύο άκρα της αλυσίδας

- Υλο<sup>1</sup> οίηση ανίχνευσης συγκρούσεων στον **3-Δ** <sup>1</sup>ροσομοιωτή:
  - ελάχιστες αλλαγές στην υλο<sup>1</sup> οίηση των κανόνων διατήρησης <sup>1</sup>εριορισμών
  - διατήρηση <sup>1</sup>ολυ<sup>1</sup> ρακτορικού συστήματος και σχεδίασης διάδοσης γεγονότων άθικτων

# Συμπεράσματα (1/2)

Μείωση <sup>1</sup> ροβλήματος σχεδιασμού κίνησης για σχηματισμούς αλυσίδας:

- Σχεδιασμός μόνο για ένα τμήμα αφέντη της αλυσίδας (συνήθως το άκρο εργασίας [**tool-tip**] ή το <sup>1</sup> ρο<sup>1</sup> ορευόμενο κινούμενο ρομ<sup>1</sup> ότ).
- Υ<sup>1</sup> όλοι<sup>1</sup> α τμήματα της αλυσίδας:
  - <sup>1</sup> ροσαρμίζονται σε <sup>1</sup> ραγματικό χρόνο στην κίνηση του αφέντη
  - αντιδρούν για να α<sup>1</sup> οφύγουν εμ<sup>1</sup> όδια <sup>1</sup> ου έχουν εντο<sup>1</sup> ιστεί

Μ<sup>1</sup> ορεί να κλιμακωθεί α<sup>1</sup> οδοτικά:

- ένας <sup>1</sup> ράκτορας χρειάζεται μόνο να εντο<sup>1</sup> ίζει (αισθάνεται) εμ<sup>1</sup> όδια το<sup>1</sup> ικά
- ο <sup>1</sup> ράκτορας αλληλε<sup>1</sup> ιδρά μόνο με τους δυο γειτονικούς του <sup>1</sup> ράκτορες στην αλυσίδα ελέγχου



# Συμπεράσματα (2/2)

Βέλτιστη εφαρμογή:

- βραχίονες υψηλά <sup>1</sup> λεοναζόντων B.E.
- αναδιαμορφώσιμοι βραχίονες
- σμήνη με υψηλό αριθμό ρομ<sup>1</sup> ότ
- <sup>1</sup> ου <sup>1</sup> ροσ<sup>1</sup> αθούν να κινηθούν μέσα σε στενούς διαδρόμους

Δεν ασχολείται με:

Ανάστροφη διάδοση βέτο α<sup>1</sup> ό σκλάβο <sup>1</sup> ράκτορα μέχρι <sup>1</sup> ίσω στον <sup>1</sup> ράκτορα <sup>1</sup> ου ενεργο<sup>1</sup> οίησε αρχικά την κίνηση (η υ<sup>1</sup> όλοι<sup>1</sup> η αλυσίδα δεν μ<sup>1</sup> ορεί ν<sup>1</sup> ακολουθήσει):

- αυτόνομα κινούμενος: ε<sup>1</sup> ανασχεδιασμός κίνησης
- ελεγχόμενος α<sup>1</sup> ό μονάδα σχεδίασης ή άνθρω<sup>1</sup> ο χειριστή: αφήνει το βέτο να διαδοθεί <sup>1</sup> εραιτέρω στον χειριστή

# Αναφορές (1/2)

- [1] Hwang Y., and Ahuja, N. Gross Motion Planning: A Survey. ACM Computing Surveys, no 3, vol 24 (1992) 219-291.
- [2] Chen, P., and Hwang Y. Sandros, a motion planner with performance proportional to task difficulty. Proceedings of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation (1992).
- [3] Chalou, D., Boley, D., Gini, M., Kumar, V., Olson, C. In: Karam Gupta and Angel P. del Pobil (Eds) Practical Motion Planning in Robotics Current Approaches and Future Directions, 1998.
- [4] Liu, J. Autonomous Agents and Multi-Agent Systems Explorations in Learning Self-Organization, and Adaptive Computation. World Scientific, Singapore (2001).
- [5] E. Bonabeau, M. Dorigo, and G. Theraulaz. Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems. Oxford University Press, New York, NY, 1999.
- [6] Dorigo, M., Trianni, V., Sahin, E., Labella, T., Grossi R., Baldassarre, G., Nolfi, S., Deneubourg J.L., Mondada, F., Floreano D., Garbarbella, L.M. Evolving Self-Organizing Behaviours for a Swarmbot. Swarm Robotics special issue of the Autonomous Robots journal, 17(2-3) (2004) 223-245.



# Αναφορές (2/2)

- [7] Overgaard, L., Petersen, H., and Perram, J. Reactive Motion Planning: A Multi-agent Approach. Applied Artificial Intelligence, no 10 (1996) 35-51.
- [8] Khatib, O. Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots. International Journal of Robotic Research, no. 5 (1986) 90-98.
- [9] Bohner, P., and Lüpken, R. Reactive Multi-Agent Based Control of Redundant Manipulators. Proceedings of the 1997 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Albuquerque, New Mexico (1997).
- [10] Birkilis, G. and Aspragathos N. In: Lenardic J. and Galletti C. (Eds) On Advances in Robot Kinematics. Kluwer Academic, Netherlands, 2004, pp 441-448.
- [11] Liu, J., Jing H., and Tang Y., Multi-agent oriented constraint satisfaction. Artificial Intelligence no. 136 (2002) 101-144.
- [12] Brooks, R. A. A robust layered control system for a mobile robot. IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2, April (1986) 14-23.
- Delphi / Object Pascal: [www.borland.com/delphi](http://www.borland.com/delphi)
- PascalScript: [www.remobjects.com](http://www.remobjects.com)
- MbotSim [www.mbotsoft.com](http://www.mbotsoft.com)