



## Γραφικά Υπολογιστών

Γράφημα Σκηνής (Scene Graph)

Andreas Aristidou  
 andarist@ucy.ac.cy  
<http://www.andreasaristidou.com>

1

## Γράφημα σκηνής

**Γράφημα σκηνής** είναι μια γενική δομή δεδομένων που χρησιμοποιείται συνήθως από διανυσματικές εφαρμογές επεξεργασίας γραφικών και σύγχρονα ηλεκτρονικά παιχνίδια, η οποία τακτοποιεί τη λογική και συχνά τη χωρική αναπαράσταση μιας 2Δ/3Δ σκηνής.

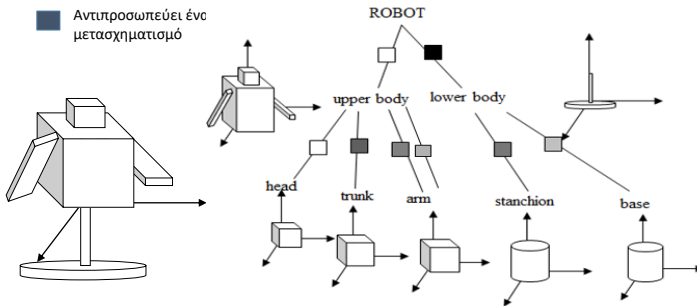
- Είναι μια συλλογή κόμβων σε ένα γράφημα ή δομή δέντρου.
- Ένας κόμβος δέντρου μπορεί να έχει πολλά θυγατρικά στοιχεία, αλλά μόνο ένα μόνο γονικό στοιχείο.
- Μια λειτουργία που εκτελείται σε μια ομάδα μεταδίδει αυτόματα το αποτέλεσμα της σε όλα τα μέλη της.

**Δυνατότητα ομαδοποίησης** σχετικών σχημάτων και αντικειμένων σε ένα **σύνθετο αντικείμενο**, το οποίο στη συνέχεια μπορεί να χειριστεί τόσο εύκολα όσο ένα μεμονωμένο αντικείμενο.

2

## Μετασχηματισμοί και το γράφημα σκηνής

- ▶ **Βήμα 1:** Διάφοροι μετασχηματισμοί εφαρμόζονται σε κάθε ένα από τα φύλλα (π.χ., κεφαλή, βάση κ.λπ.)
- ▶ **Βήμα 2:** Στη συνέχεια, οι μετασχηματισμοί εφαρμόζονται σε ομάδες αντικειμένων (άνω και κάτω σώμα, κλπ...)



Αυτή η μορφή σημαίνει ότι αντί να σχεδιάζουμε νέες οντότητες για κάθε μεμονωμένο σχήμα που χρειαζόμαστε, μπορούμε απλά να εφαρμόσουμε μετασχηματισμούς σε ένα μικρότερο σύνολο οντοτήτων για να σχηματίσουμε σύνθετα σχήματα σε 3D.

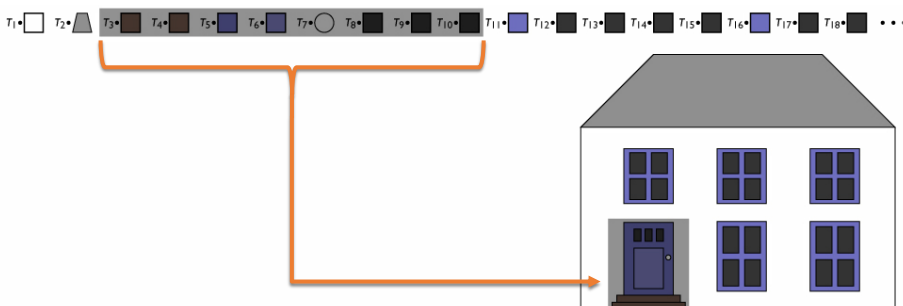
Η παραπάνω ιεραρχία των μετασχηματισμών μαζί σχηματίζει συνολικά το "ρομπότ"

3 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

3

## Παράδειγμα Παρουσίασης Σκηνής

- Έστω το παρακάτω σπίτι
  - Μπορεί να παρουσιαστεί σαν μια σειρά από αντικείμενα
  - Ωστόσο, σε περίπτωση επεξεργασίας απαιτείται η ενημέρωση και χρήση πολλών μετασχηματισμών

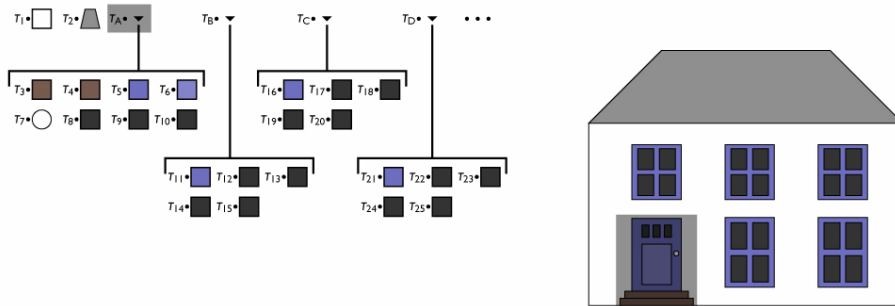


4 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

4

## Ομαδοποίηση αντικειμένων

- Δημιούργησε μια ομάδα από αντικείμενα ως ένα νέο τύπο αντικειμένου
  - Επιτρέπει στη δομή δεδομένων να απεικονίζει τη δομή σχεδίασης
  - Επιτρέπει την επεξεργασία υψηλού επιπέδου αλλάζοντας μόνο έναν κόμβο

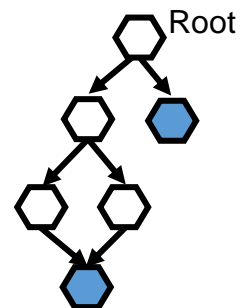


5 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

5

## Έννοια του γραφήματος σκηνής

- **Αντικείμενα είναι τοποθετημένα σε σχέση μεταξύ τους (Local Coordinate)**
- Αντικείμενα μπορεί να είναι κατασκευασμένα από παρόμοια στοιχεία
- Κατευθυνόμενο ακυκλικό γράφημα (acyclic graph)
- Εσωτερική διατήρηση ομαδοποίησης κόμβων και άλλες πληροφορίες
- Οι συνδέσεις είναι μετασχηματισμοί
- Οι κόμβοι φύλλων περιέχουν γεωμετρία
- Η ρίζα του γραφήματος αντιστοιχεί στις «συντεταγμένες του κόσμου» (World Coordinates)
- 

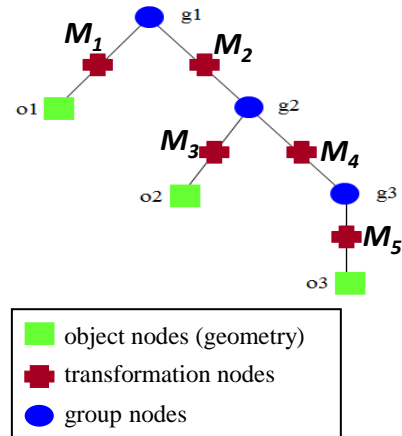


6 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

6

## Μετασχηματισμοί και το γράφημα σκηνής

- ▶ Ένας αθροιστικός μετασχηματισμός πινάκων (cumulative transformation matrix - CTM) δημιουργείται καθώς μετακινείτε το δέντρο.
- ▶ Σημειώστε ότι οι πίνακες μετασχηματισμού υψηλότερου επιπέδου εφαρμόζονται στο μπροστινό μέρος της ακολουθίας
- ▶ Παράδειγμα:
  - ▶ Για το αντικείμενο (o1),  $CTM = M_1$
  - ▶ Για το o2,  $CTM = M_2M_3$
  - ▶ Για το o3,  $CTM = M_2M_4M_5$
  - ▶ Για μια κορυφή  $v$  στο o3, η θέση στο σύστημα συντεταγμένων  $CTM$  είναι  $v = (M_2M_4M_5) v$

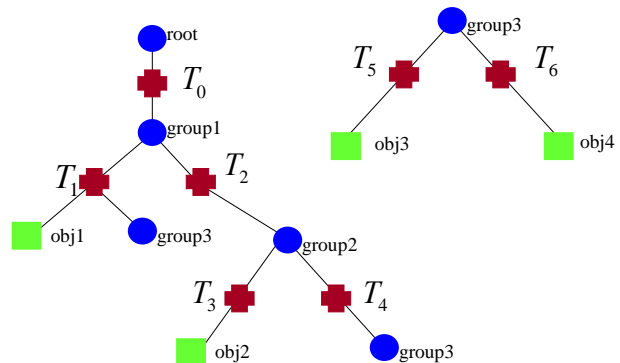


7 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

7

## Μετασχηματισμοί και το γράφημα σκηνής

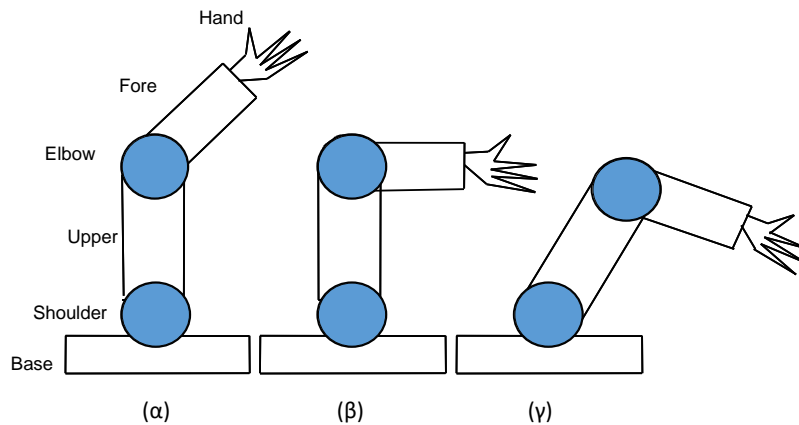
- ▶ Μπορείτε εύκολα να χρησιμοποιήσετε ξανά ομάδες αντικειμένων (υποδέντρα στο γράφημα σκηνής), εάν έχουν ήδη οριστεί
- ▶ Αυτό μπορεί να συμβεί αν έχετε πολλά παρόμοια στοιχεία στη σκηνή σας. Για παράδειγμα, τα 2 χέρια του ρομπότ
- ▶ Εδώ, η ομάδα 3 έχει χρησιμοποιηθεί δύο φορές.
- ▶ Οι μετασχηματισμοί που ορίζονται στην ίδια την ομάδα 3 δεν αλλάζουν. Υπάρχουν διαφορετικοί  $CTMs$  για κάθε χρήση της ομάδας 3 ως συνόλου
- ▶  $T_0T_1$  vs.  $T_0T_2T_4$



8 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

8

## Χρήση για κινούμενες εικόνες/μοντελοποίηση

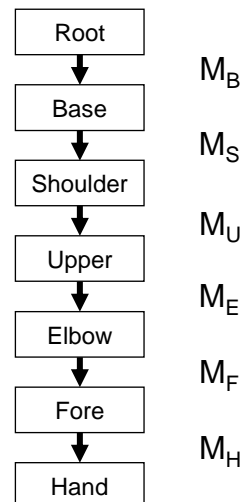


9 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

9

## Το ρομπότ ως γράφημα

- Κάθε κόμβος εκτός από τη ρίζα περιέχει ένα τμήμα γεωμετρίας
- Κάθε σύνδεση είναι ένας πίνακας μετασχηματισμού,  $M_B$ ,  $M_S$ , κλπ.
- Κύρια ιδέα είναι ότι το ρομπότ μπορεί να κινηθεί με την αλλαγή της περιστροφής στον ώμο και τον αγκώνα

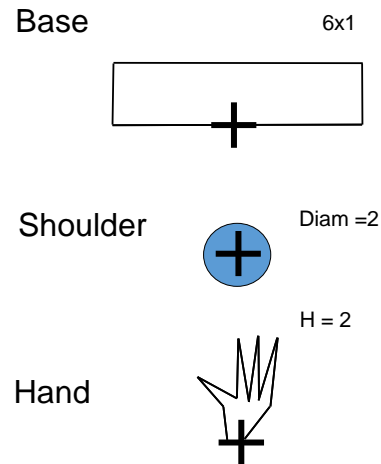


10 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

10

## Τοπικές συντεταγμένες (Local Coordinates)

- Κάθε μέρος του ρομπότ δομείται στο δικό του τοπικό σύστημα συντεταγμένων (LC)
- Οι τοπικές συντεταγμένες καθορίζονται από το άτομο που διαμορφώνει το σύστημα
- Η επιλογή μπορεί να καθοριστεί βάση της **ευκολίας του δημιουργού**
- Κοινές επιλογές:
  - Το κέντρο του αντικειμένου
  - Μια γωνία του αντικειμένου



11 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

11

## Συντεταγμένες του κόσμου (World Coordinates)

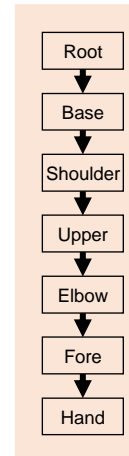
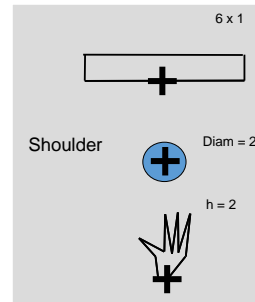
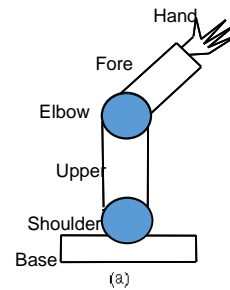
- Όλα τα αντικείμενα τελικά τοποθετούνται στη σκηνή σε σχέση με τις συντεταγμένες του κόσμου (WC) ή της συντεταγμένες δωματίου
- Επομένως, πρέπει να μετατρέψουμε το κάθε σημείο του αντικειμένου από το LC σε WC.

12 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

12

## Τοπικός μετασχηματισμός

- Ο τοπικός μετασχηματισμός ενός αντικειμένου αντιστοιχίζει το LC του στο LC του γονέα
- Ο ώμος μεταφέρετε κατά (0 1 0) από τη βάση ( $M_S$ )
  - Ο άνω βραχίονας μεταφέρετε (0 3 0) από τον ώμο ( $M_U$ )
  - Ο αγκώνας μεταφέρετε (0 3 0) από το άνω μέρος του βραχίονα ( $M_E$ )
  - Το χέρι περιστρέφεται στον άξονα του Z κατά 45 και μετά μεταφέρετε (0 2 0) ( $M_F$ )
  - Κτλ.
- Σημειώστε ότι οι κατευθύνσεις όπως π.χ. "επάνω" εξαρτώνται από το τι μετασχηματισμοί έχουν οριστεί από τους προγόνους στο δέντρο



13 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

13



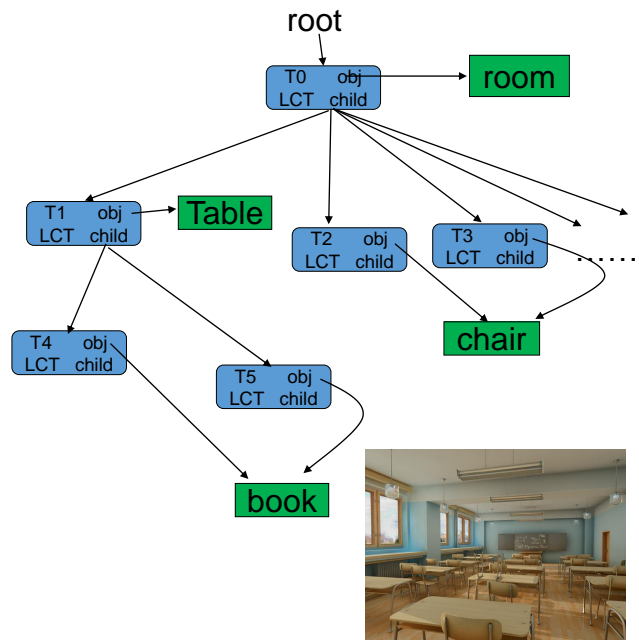
14 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

14

## Κοινή χρήση κόμβων

- Π.χ. καρέκλα ή τραπέζι σε πολλές τοποθεσίες
- 
- Στην πράξη

```
struct Node {
    Shape Object;
    Matrix CTM, LTM;
    int numChildren;
    Node child[];
}
```

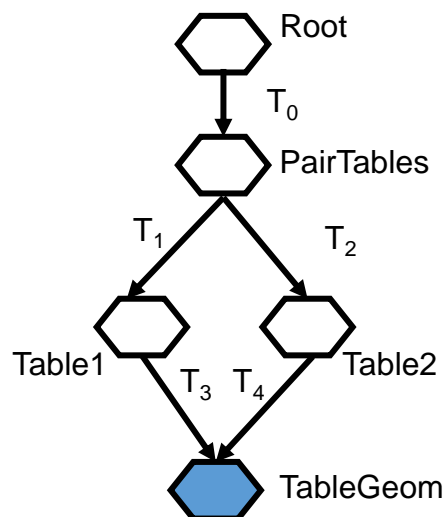


15 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

15

## Κοινή χρήση κόμβων

- Ένα κοινό "μοτίβο" που βρίσκεται σε ένα γράφημα σκηνης είναι μια γεωμετρία πολλαπλών παρουσιών
- Ένα τραπέζι, σε πολλά μέρη
- Ο κόμβος Table1 έχει μετασχηματισμό  $CTM_{T_0T_1}$
- Ο κόμβος Table2 έχει μετασχηματισμό  $CTM_{T_0T_2}$
- $T_3 = T_4 = I$
- Οπότε το TableGeom εμφανίζεται σε δύο διαφορετικές θέσεις



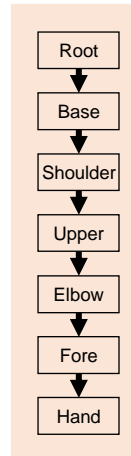
16 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

16



## Rendering Traverse (Απόδοση)

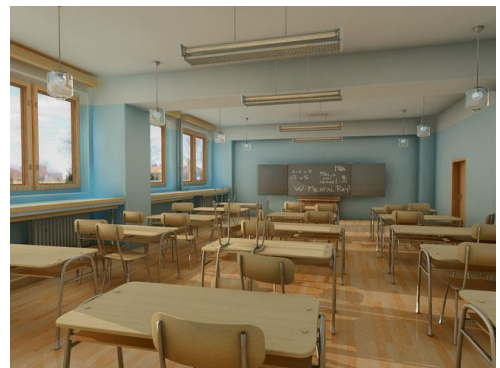
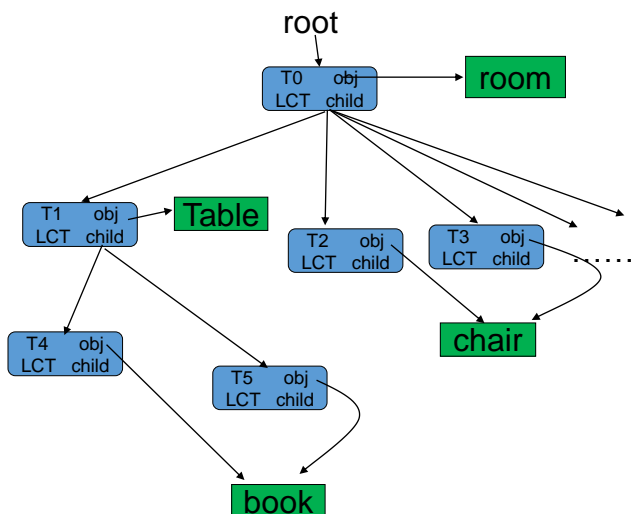
- Πρέπει να πάρετε τις θέσεις των αντικειμένων στο WC πριν ξεκινήσετε το rendering, οπότε θα δοθούν στην κάμερα
  - Για απόδοση (rendering) θα μιλήσουμε στη συνέχεια του μαθήματος
  - Για την μετατροπή από τις συντεταγμένες του κόσμου στις συντεταγμένες της κάμερας, θα μιλήσουμε στο επόμενο μάθημα



17 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

17

## Rendering Traverse (Απόδοση)

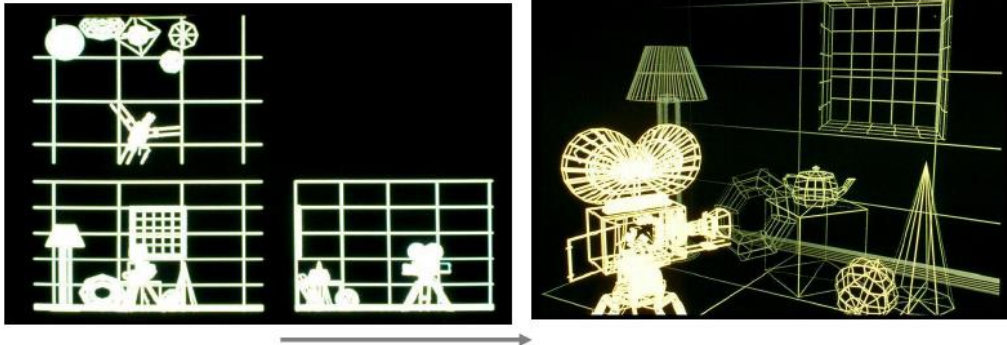


18 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

18

## Επόμενο μάθημα

- Μεταφορά από ένα σύστημα συντεταγμένων σε άλλο.
- Μετατροπή της σκηνής, έτσι ώστε να εμφανίζεται μπροστά από την κάμερα (viewing)



19 ΕΠΛ426 | Γραφικά Υπολογιστών

19