ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΤΜΗΜΑ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ – ΑΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

Διεπαφές Χρήστη Τριών Διαστάσεων: Εξελίξεις και Εφαρμογές

της Κοσμίδου Σόνιας

Διπλωματική Εργασία
για τη χορήγηση του Μεταπτυχιακού Τίτλου Σπουδών
στα Συστήματα Υπολογιστών

Ιούνιος 2006

Περίληψη

- Η ανάπτυξη διεπιφανειών τριών διαστάσεων, που επιτυγχάνουν τη φυσικότερη αλληλεπίδραση ανθρώπου-υπολογιστή, είναι ένας νέος, εξελισσόμενος τομέας μεγάλου ενδιαφέροντος τόσο για τον ακαδημαϊκό κύκλο, όσο και για εταιρείες του χώρου της πληροφορικής.
- Σκοπός της διπλωματικής αυτής εργασίας είναι να μελετήσει:
  - τις αρχές διάδρασης,
  - τις τεχνικές σχεδίασης,
  - τις αρχές ευχρηστίας και
  - την αξιολόγηση ενός τρισδιάστατου περιβάλλοντος.
- Επιπλέον στόχος: σχεδίαση ενός 3Δ περιβάλλοντος αλληλεπίδρασης με χρήση της Java 3D.

Γλωσσάρι

- **Διεπαφή χρήστη (User Interface)**:
  Το μέσο επικοινωνίας μεταξύ χρήστη και υπολογιστή.
- **Τρισδιάστατη (3Δ) διάδραση**: Η διάδραση μεταξύ χρήστη – υπολογιστή κατά την οποία οι εργασίες του χρήστη εκτελούνται απευθείας σε ένα 3Δ πλαίσιο στο χώρο.
- **Τρισδιάστατη διεπαφή χρήστη**: Μια διεπαφή που περιλαμβάνει 3Δ διάδραση.
- **Εικονικό περιβάλλον (Virtual Environment – VE) ή Εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality – VR)** : Ένας συνθετικός κόσμος στο χώρο (συνήθως 3Δ), όπως γίνεται αντιληπτός σε πρώτο πρόσωπο από την άποψη ενός χρήστη. Η εικόνα σε ένα εικονικό περιβάλλον ελέγχεται σε πραγματικό χρόνο από το χρήστη.
- **Εμβυθισμένη εικονική πραγματικότητα (Immersive VR)**: Ο χρήστης έχει την αίσθηση ότι βρίσκεται μέσα στον εικονικό κόσμο, αντί να τον παρατηρεί από απόσταση.
- **Επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα (Desktop VR)**: Ο χρήστης έχει περιορισμένη αίσθηση ότι βρίσκεται μέσα στον εικονικό κόσμο (σε προσωπικό υπολογιστή ή κονσόλες βιντεοπαιχνιδιών). Χρησιμοποιούνται παραδοσιακές συσκευές εισόδου αλλά και πιο εξελιγμένες.
  Π.χ.: προσομοιωτές πτήσης, παιχνίδια Doom, Myst.
- **Εμπλουτισμένη πραγματικότητα (Augmented Reality – AR)**: Περιβάλλον στον πραγματικό κόσμο το οποίο εμπλουτίζεται με συνθετικά αντικείμενα ή πληροφορίες.
- **Μικτή πραγματικότητα (Mixed Reality – MR)**: Ένα συνεχές φάσμα που περιλαμβάνει τόσο εικονικά περιβάλλοντα όσο και εμπλουτισμένη πραγματικότητα.

Οι 3Δ Διεπαφές Σήμερα

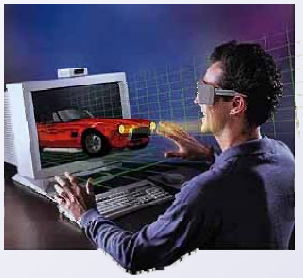
- **Η 3Δ διάδραση σχετίζεται με εργασίες που επιτελούμε στον πραγματικό κόσμο**
  - Συνεπώς, είναι πιο φυσική στους χρήστες και προκαλεί εμβύθιση
- **Η τεχνολογία των συσκευών των 3Δ διεπαφών ωριμάζει**
- **Η 3Δ διάδραση είναι δυσκολότερη**
  - Έμφυτη δυσκολία αντίληψης και ενέργειας των χρηστών στις 3 διαστάσεις, δυσκολία αναπαράστασης πραγματικού κόσμου στον Η/Υ
- **Οι σημερινές 3Δ διεπαφές είτε είναι απλές είτε δεν είναι εύχρηστες**
  - Αιτία: κακή σχεδίαση και αξιολόγηση, η προηγμένη τεχνολογία δεν εξαλείφει μόνη της το πρόβλημα.
  - Δεν αρκεί η απλή προσαρμογή των παραδοσιακών στυλ διάδρασης και μεταφορών των 2Δ διεπιφανειών σε αντίστοιχα τρισδιάστατα στυλ και μεταφορές.
- **Εργαλεία ανάπτυξης 3Δ Διεπαφών**
  - Στάνταρ γλώσσες προγραμματισμού με ειδικά API για δημιουργία 3Δ γραφικών
    - OpenGL, Direct3D, Java 3D, QuickDraw 3D
- **Εξειδικευμένα εργαλεία ανάπτυξης**
  - VRML, X3D, Superscape VRT
- **Εργαλεία 3Δ μοντελοποίησης**
  - Για κατασκευή 3Δ αντικειμένων μιας εφαρμογής
    - AutoCAD, 3D Studio Max, Maya

Εφαρμογές 3Δ Διάδρασης

- **Σχέδιο και προτυποποίηση**
  - Πχ. δυνατότητα πλοήγησης στο σχέδιο ενός κτιρίου
- **Ιατρική**
  - Θεραπεία φοβιών, τηλεϊατρική, 3Δ μαγνητικές τομογραφίες
- **Επιστημονική οπτικοποίηση**
  - αφηρημένων δεδομένων με 3Δ γραφικά, ούτως ώστε να είναι πιο κατανοητά σε σχέση με τα απλά αριθμητικά δεδομένα
- **Πολιτιστική κληρονομιά – Τουρισμός**
  - Εμπλουτισμένη πραγματικότητα σε ιστορικά μνημεία
- **Εκπαίδευση**
  - Εμβύθιση μαθητών σε έννοιες φυσικής, χημείας (θερμότητα, μαγνητισμός, βαρύτητα, μόρια) κ.α.
- **Ψυχαγωγία**
  - Παιχνίδια επιτραπέζιων υπολογιστών
- **Τέχνη**
  - Έργα διαδραστικά, ανταποκρινόμενα στις θέσεις, τις χειρονομίες, το άγγιγμα και το λόγο των θεατών
- **Συνεργατική εργασία**
  - Βιντεοδιάσκεψη σε 3Δ περιβάλλον
- **Προσομοίωση και κατάρτιση**
  - Προσέγγιση απροσπέλαστων καταστάσεων λόγω κόστους ή επικινδυνότητας
  - Εκπαίδευση αστροναυτών, πιλότων, στρατιωτών, χειρούργων

Συσκευές Απεικόνισης

Οθόνες που περιβάλλουν το χρήστη



Συμβατικές οθόνες με στεροσκοπικά γυαλιά για δημιουργία στερέοψης

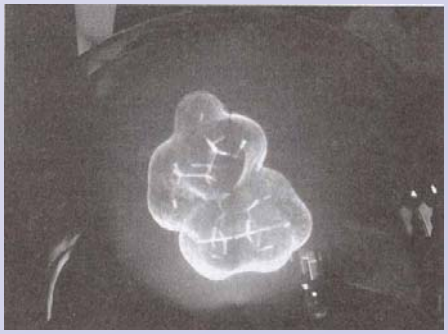
Ημισφαιρικές οθόνες

Οθόνες προσαρμοζόμενες στο κεφάλι (HMDs)

Οθόνες που προσαρμόζονται στο χέρι

Πάγκοι εργασίας

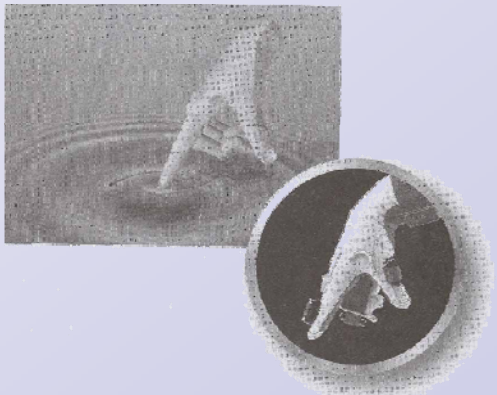
Εικονικές αμφιβληστροειδικές Οθόνες (VRDs)



Αυτοστερεοσκοπικές οθόνες

Απτικές Συσκευές

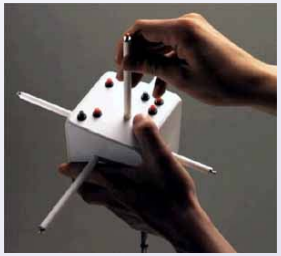
- Προσφέρουν ανάδραση αίσθησης επαφής – βασισμένη στο δέρμα – ή ανάδραση δύναμης – βασισμένη στους μύες και τις αρθρώσεις – ή συνδυασμό των δύο.
- Αυξάνουν το βαθμό εμβύθισης.



Συσκευές Εισόδου για 3Δ Διεπαφές

- **3Δ Ποντίκια**
- **Επιτραπέζιες**
  - παραδοσιακές
  - επιτραπέζιες συσκευές
    6 B.E
- **Ανιχνευτές Κίνησης**
- **Ανιχνευτές Βλέμματος**
- **Γάντια Δεδομένων**

Cubic Mouse



Ring Mouse

Ταμπλέτα Ψηφιοποίησης

Χειριστήριο

SpaceBall 5000

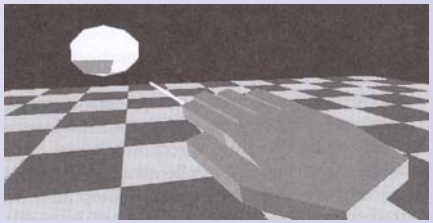
SpaceMouse

Ανιχνευτής Βλέμματος

Γάντια δεδομένων

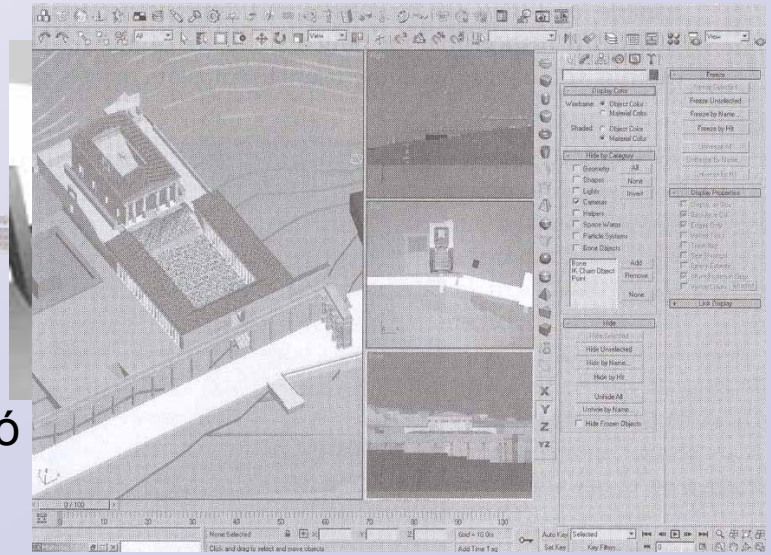
Τεχνικές 3Δ Διάδρασης: Επιλογή και Χειρισμός

- **Χειρισμός = Τοποθέτηση και/ή Περιστροφή**
- **Τεχνικές Κατάδειξης**
  - Επιτρέπουν στο χρήστη να επιλέγει και να χειρίζεται αντικείμενα που δεν μπορεί να τα φτάσει εύκολα, απλά καταδεικνύοντας τα.
  - Εκπομπή Ακτίνας
  - Τεχνική Φακού
  - Τεχνικές Επίπεδης Εικόνας



Τεχνικές Επιλογής και Χειρισμού

- Τεχνικές Εικονικού Χεριού
  - Ο χρήστης επιλέγει και χειρίζεται απευθείας τα 3Δ εικονικά αντικείμενα με τα χέρια του. Συνήθως, ένα 3Δ μοντέλο του ανθρώπινου χεριού οπτικοποιεί την τρέχουσα θέση της εισόδου του χρήστη.
  - Απλή Τεχνική Εικονικού Χεριού
  - Τεχνική Go-Go
  - Κόσμος-Μινιατούρα
  - Κούκλες Βουντού
- Επιτραπέζιος 3Δ Χειρισμός
  - Χειριστήρια 2Δ διεπαφών για 3Δ χειρισμό
  - 3Δ Τεχνάσματα
  - Εικονική Σφαίρα

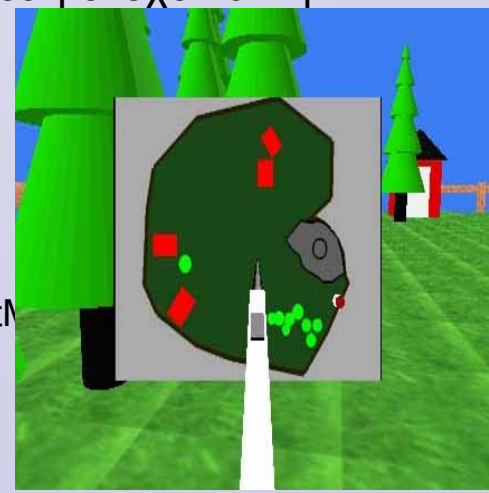


Τεχνικές 3Δ Διάδρασης: Πλοήγηση

Πλοήγηση = Μετακίνηση και Εύρεση Διαδρομής

- Μετακίνηση: χαμηλού επιπέδου ενέργειες του χρήστη για τον έλεγχο της θέσης και του προσανατολισμού της άποψής του
- Εύρεση Διαδρομής: ενέργειες υψηλού επιπέδου του χρήστη – σκέψη, σχεδίαση και λήψη αποφάσεων – σχετικά με την κίνησή του.
  - Περιλαμβάνει την αντίληψη του χώρου και εργασίες κατάστρωσης σχεδίων, όπως τον καθορισμό της τρέχουσας θέσης μέσα στο περιβάλλον, τον καθορισμό ενός μονοπατιού από την τρέχουσα θέση σε μία θέση στόχο και τη δημιουργία ενός νοητικού χάρτη του περιβάλλοντος.
- **Μετακίνηση**
  - **Τεχνικές Σωματικής Μετακίνησης**
    - Το σώμα του χρήστη μετακινείται ή περιστρέφεται σωματικά ώστε να μετακινήσει ή να περιστρέψει την άποψη για το περιβάλλον αντίστοιχα.
    - **Περπάτημα, επί τόπου περπάτημα, συσκευές που προσομοιάζουν το περπάτημα** (ποδοκίνητοι τροχοί)
  - **Τεχνικές Σχεδίασης Πορείας**
  - **Τεχνικές που Βασίζονται στο Στόχο**

GaitM



Τεχνικές Καθοδήγησης

- Τεχνικές εικονικής μετακίνησης, δηλαδή το σώμα του χρήστη παραμένει σταθερό παρόλο που η εικονική άποψη του κόσμου κινείται.
- Τα επιτραπέζια 3Δ συστήματα χρησιμοποιούν τεχνικές εικονικής μετακίνησης.
- **Τεχνική καθοδήγησης που κατευθύνεται από το βλέμμα** (ή το ποντίκι στις επιτραπέζιες 3Δ εφαρμογές)
- **Τεχνική κατάδειξης** (πληκτρολόγιο στις επιτραπέζιες 3Δ εφαρμογές)
- **Τεχνική καθοδήγησης που κατευθύνεται από τον κορμό**
- **Φυσικά βοηθήματα καθοδήγησης**
  - τιμόνι, γκάζι, φρένα, χειριστήρια πλοίων και αεροσκαφών τα οποία είναι κατανοητά από το χρήστη χωρίς εκπαίδευση και μπορούν να υλοποιήσουν μια απλή μεταφορά οχήματος.
  - Χρησιμοποιούνται ευρέως σε παιχνίδια.

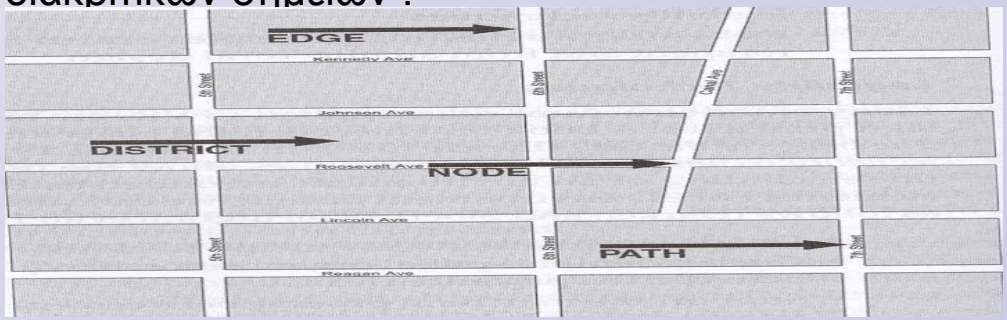
Βοηθήματα Εύρεσης Διαδρομής

Επικεντρωμένα στο χρήστη

- **Έξοδος σε πολλαπλές αισθήσεις**
  - Π.χ. ο ήχος υποδεικνύει την κατεύθυνση της πηγής και η έντασή του υποδηλώνει την απόσταση της πηγής από το χρήστη.

Επικεντρωμένα στο περιβάλλον

- **Σχεδίαση περιβάλλοντος**
  - Συστατικά στοιχεία **σχεδίασης πόλεων** (μονοπάτια, άκρες, συνοικίες, κόμβοι, διακριτικά σημεία).
  - Ο **ορίζοντας** βοηθά στον προσανατολισμό, ενώ η **ομίχλη** παρέχει υποδείξεις βάθους και βοηθά στην εκτίμηση αποστάσεων.
  - Ο σωστός **φωτισμός** παρέχει σκίαση, υποδείξεις βάθους και υποδείξεις κατεύθυνσης.
    - Φωτισμός στόχων, ανοίγματα σε κλειστούς χώρους (μία πόρτα σε ένα τοίχο)
  - **Έντονος χρωματισμός** και **υφή** διακριτικών σημείων .
    - Π.χ., χρωματιστό χαλί-διάδρομος

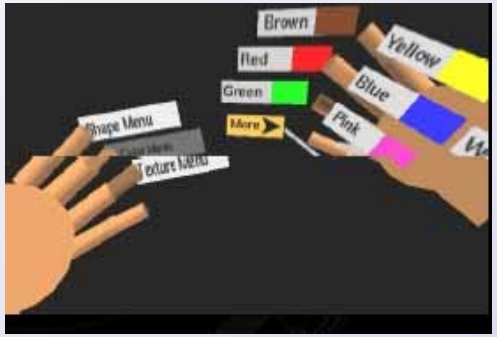


- **Τεχνητά βοηθήματα**
  - Χάρτες, πυξίδες, σήματα
  - Αντικείμενα αναφοράς
  - Ίχνη

Τεχνικές 3Δ Διάδρασης: Έλεγχος Συστήματος

- Είναι η εργασία κατά την οποία ο χρήστης δίνει μια εντολή για:
  - να ζητήσει από το σύστημα να εκτελέσει μία συγκεκριμένη λειτουργία,
  - να αλλάξει την κατάσταση λειτουργίας της διάδρασης
  - ή να αλλάξει την κατάσταση του συστήματος.
- Στις 2Δ διεπιφάνειες, ο έλεγχος συστήματος υποστηρίζεται με χρήση των συστατικών της διεπιφάνειας WIMP και πολλά από αυτά προσαρμόστηκαν για να χρησιμοποιηθούν και στις 3Δ διεπιφάνειες, ιδιαίτερα στις επιτραπέζιες.

Έλεγχος Συστήματος



- **Μενού**
  - Προσαρμοσμένα 2Δ μενού, Μενού TULIP, 3Δ Τεχνάσματα
- **Φωνητικές Εντολές**
  - Ισχυρή τεχνική, γιατί δεν απασχολεί τα χέρια του χρήστη και είναι φυσική.
  - Ωστόσο, όταν χρησιμοποιείται σε μεγάλο βαθμό κουράζει.
  - Απαιτείται εκμάθηση φωνητικών εντολών από το χρήστη.
- **Εντολές Χειρονομιών**
  - Πολύ ισχυρές, λόγω της οικειότητας των χρηστών με αυτές από την καθημερινή ζωή.
  - Διασφάλιση ότι δημιουργείται ένα σύνολο καλά οριζόμενων, φυσικών, κατανοητών και εύκολα αναγνωρίσιμων χειρονομιών

Έλεγχος Συστήματος

- **Εργαλεία**
  - Φυσικά εργαλεία (βοηθήματα)
    - Πραγματικά αντικείμενα που έχουν αντίστοιχες εικονικές αναπαραστάσεις στο εικονικό περιβάλλον.
    - Π.χ., ο χρήστης χρησιμοποιεί μια πραγματική σβήστρα ή ένα πραγματικό μολύβι για να σβήσει ή να σχεδιάσει στον εικονικό χώρο αντίστοιχα.
  - Εικονικά εργαλεία

Πειρατές της Καραϊβικής (DisneyQuest)

- **Πολυτροπικές Τεχνικές**
  - Συνδυάζουν πολλά κανάλια εισόδου (π.χ. ομιλία και χειρονομίες).
  - Πλεονεκτήματα:
    - Διάλυση ασαφειών όταν η είσοδος είναι διφορούμενη ή θορυβώδης (π.χ. είσοδος φωνητικών εντολών ή χειρονομιών).
    - Ευελιξία αφού οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικά κανάλια εισόδου για να εκτελέσουν την ίδια εργασία.

Διαδικασία Ανάπτυξης 3Δ Διεπαφών

- **Καθορισμός απαιτήσεων**
- **Σχεδίαση**
- **Υλοποίηση**
- **Αξιολόγηση**

Σχεδίαση

Στρατηγικές Σχεδίασης Βασισμένες σε Ανθρώπινους Παράγοντες

- **Ανάδραση**
  - **Βασισμένη στις αισθήσεις**: πληροφορίες (οπτικές, ηχητικές, απτικές, οσφρητικές) που δίνονται στο χρήστη μέσω των συσκευών εξόδου.
  - Ωστόσο, οι αναδράσεις δύναμης και αφής είναι δύσκολο να επιτευχθούν αποτελεσματικά σήμερα και μια εναλλακτική αντιμετώπιση του προβλήματος είναι η υποκατάστασή τους από οπτική ή ηχητική ανάδραση.
  - **Παθητική απτική ανάδραση ή χρήση βοηθημάτων**: λιγότερο ευέλικτη σε σύγκριση με τις συσκευές ανάδρασης δυνάμεων, αλλά αρκετά αποτελεσματική και φθηνή.

Σχεδίαση
Στρατηγικές Σχεδίασης Βασισμένες σε Ανθρώπινους Παράγοντες

- **Περιορισμοί**
  - Απλοποιούν τη διάδραση και βελτιώνουν την ακρίβεια και την απόδοση του χρήστη.
  - Περιορισμός της κίνησης του χρήστη από τα όρια των εικονικών αντικειμένων
  - Περιορισμός βαρύτητας
  - Περιορισμός της κίνησης ενός εικονικού αντικειμένου μόνο πάνω σε μία εικονική επιφάνεια
- **Ομάδες Χρηστών**
  - Ηλικία: καθορίζει την παρουσίαση της πληροφορίας και τη διάδραση.
  - Προηγούμενη εμπειρία χρήσης 3Δ διεπαφών: καθορίζει το βαθμό περιπλοκότητας της διεπαφής.
  - Σωματικά χαρακτηριστικά χρηστών (π.χ. ύψος, μήκος χεριών): επηρεάζουν την ευχρηστία μιας 3Δ διεπαφής.
- **Άνεση και Ασφάλεια Χρήστη**
  - Αποφυγή κυβερνοναυτίας
    - προκαλείται όταν υπάρχει σύγκρουση των αισθήσεων, δηλαδή όταν η όραση του χρήστη του δίνει την αίσθηση της κίνησης αλλά το σύστημά του αίσθησης της κίνησης ενημερώνει τον εγκέφαλό του ότι δεν κινείται.

Εφεύρεση Νέων Τεχνικών 3Δ Διάδρασης

- **Προσομοίωση Πραγματικότητας**
- **Μεταφορές**: προσαρμογή ιδεών του πραγματικού κόσμου στον εικονικό κόσμο
  - Π.χ. η μεταφορά του εικονικού οχήματος για την 3Δ πλοήγηση.
  - Πηγή έμπνευσης: κινηματογράφος (ιδίως για παιχνίδια), βασικές αρχιτεκτονικές αρχές (π.χ. δομή πόλεων).
- **Μαγεία**
  - «Μαγικές» τεχνικές διάδρασης που δημιουργούν μια «καλύτερη» πραγματικότητα.
  - Επιτρέπουν στους χρήστες να υπερνικούν ορισμένους περιορισμούς που έχουν στον πραγματικό κόσμο.
    - Π.χ. τεχνική Go-Go και τεχνικές ιπτάμενης κίνησης επαυξάνουν τις κινητικές δυνατότητες των χρηστών.
  - Μειώνουν τους τεχνολογικούς περιορισμούς.
  - Πηγή έμπνευσης οι πολιτισμικές μεταφορές.
    - Π.χ. ιπτάμενο χαλί, κούκλες βουντού.
  - Η σωστή μεταφορά δημιουργεί μια πολύ ευχάριστη και αποτελεσματική 3Δ διεπαφή.

Μετρικές Αξιολόγησης 3Δ Διεπαφών

- **Ευχρηστία**: γενική μετρική.
- **Μετρικές απόδοσης συστήματος**
  - Μέσος ρυθμός πλαισίων, καθυστέρηση δικτύου και οπτική παραμόρφωση.
- **Μετρικές απόδοσης εργασιών**
  - Χρόνος πλοήγησης σε μια συγκεκριμένη θέση, ακρίβεια τοποθέτησης αντικειμένων ή πλήθος σφαλμάτων που κάνει ο χρήστης στην επιλογή ενός αντικειμένου από ένα σύνολο, ικανότητα προσανατολισμού στο χώρο.
  - Ταχύτητα και ακρίβεια (οι πιο σημαντικές)
    - Όταν η μία αυξάνεται η άλλη μειώνεται.
- **Μετρικές προτιμήσεων του χρήστη**
  - Υποκειμενική αντίληψη του χρήστη για τη διεπαφή, δηλαδή η ευκολία χρήσης και εκμάθησης, η ικανοποίηση κτλ., σύμφωνα με τη γνώμη του.
  - Παρουσία και Άνεση του Χρήστη
    - φαινόμενο κυβερνοναυτίας

Υλοποίηση
Εισαγωγή στη Java 3D™

- Είναι ένα API της Sun, μία προέκταση της Java 2 JDK, η οποία παρέχει επιπλέον βιβλιοθήκες σε Java για κατασκευή 3Δ κόσμων.
- Δίνει στον προγραμματιστή τη δυνατότητα:
  - να δημιουργήσει, να διαχειριστεί και να απεικονίσει φωτορεαλιστικά 3Δ γεωμετρία, χρησιμοποιώντας έτοιμες κλάσεις (σφαίρας, κύβου κτλ.)
  - να δημιουργήσει συνθετική κίνηση
  - να προσθέσει 3Δ ήχο και αλληλεπίδραση με το χρήστη σε μια 3Δ εφαρμογή.
- Οι εφαρμογές σε Java 3D μπορούν να εκτελεστούν ως αυτόνομες εφαρμογές και/ή ως μικροεφαρμογές (applets) σε φυλλομετρητές οι οποίοι έχουν εγκατεστημένο το Java Plugin (από τον ιστοχώρο της java.sun.com)
- Μέχρι σήμερα, τα σκήπτρα στον τομέα των αλληλεπιδραστικών 3Δ γραφικών έχει η OpenGL της Silicon Graphics η οποία είναι γραμμένη σε C.
- Η Java 3D βασίζεται είτε στην OpenGL είτε στο DirectX (ανάλογα με την έκδοσή της) για τη φωτορεαλιστική απεικόνιση, ενώ η περιγραφή της σκηνής, η αλληλεπίδραση με το χρήστη και η λογική της εφαρμογής υλοποιούνται με κώδικα της Java.

Σύγκριση της Java 3D με τα Υπόλοιπα Αντίστοιχα Εργαλεία Ανάπτυξης 3Δ Εικονικών Κόσμων

- **Πλεονεκτήματα της Java 3D**
  - Ως επέκταση της Java (γλώσσας αντικειμενοστραφούς προγραμματισμού), είναι πιο φιλική στον προγραμματισμό, δημιουργώντας ευανάγνωστα και συντηρήσιμα προγράμματα.
  - Αντίθετα, η OpenGL στηρίζεται σε μία διαδικαστική γλώσσα προγραμματισμού.
  - Ενώ η OpenGL περιγράφει μία 3Δ σκηνή ως ένα σύνολο σημείων, γραμμών και τριγώνων, η Java 3D περιγράφει μία σκηνή σε υψηλότερο επίπεδο ως ένα σύνολο αντικειμένων. Συνεπώς, η σκηνή μιας εφαρμογής σε Java 3D μπορεί εύκολα να τροποποιηθεί και να επαναχρησιμοποιηθεί.
  - Ανεξαρτησία πλατφόρμας, καθιέρωσή της ως γλώσσα προγραμματισμού για το Διαδίκτυο.
  - Ενοποίηση με το υπόλοιπο τμήμα οποιασδήποτε εφαρμογής Java, μετατρέποντάς την έτσι σε 3Δ εφαρμογή.
  - Υποστήριξη, εκτός από των παραδοσιακών συσκευών, 3Δ συσκευών Ε/Ε.
  - Αναπτύχθηκε μεταγενέστερα από αντίστοιχα εργαλεία (VRML, OpenGL).

Σύγκριση της Java 3D με τα Υπόλοιπα Αντίστοιχα Εργαλεία Ανάπτυξης 3Δ Εικονικών Κόσμων

- **Μειονεκτήματα της Java 3D**
  - Υστερεί, ιδιαίτερα σε σύγκριση με την OpenGL, στον ολοκληρωτικό έλεγχο της σκηνής και την υψηλή απόδοση της φωτορεαλιστικής απεικόνισης.
  - Είναι δύσκολο να διανεμηθεί στους τελικούς χρήστες γιατί η πλειοψηφία των χρηστών χρησιμοποιεί Windows στα οποία δεν συμπεριλαμβάνεται η Java 2 (JRE 1.2).
  - Οι χρήστες είναι αναγκασμένοι να κατεβάσουν και να εγκαταστήσουν τη Java 2 και έπειτα να κάνουν το ίδιο και για τη Java 3D, προτού εκτελέσουν την εφαρμογή σε Java 3D.

Γράφος Σκηνής

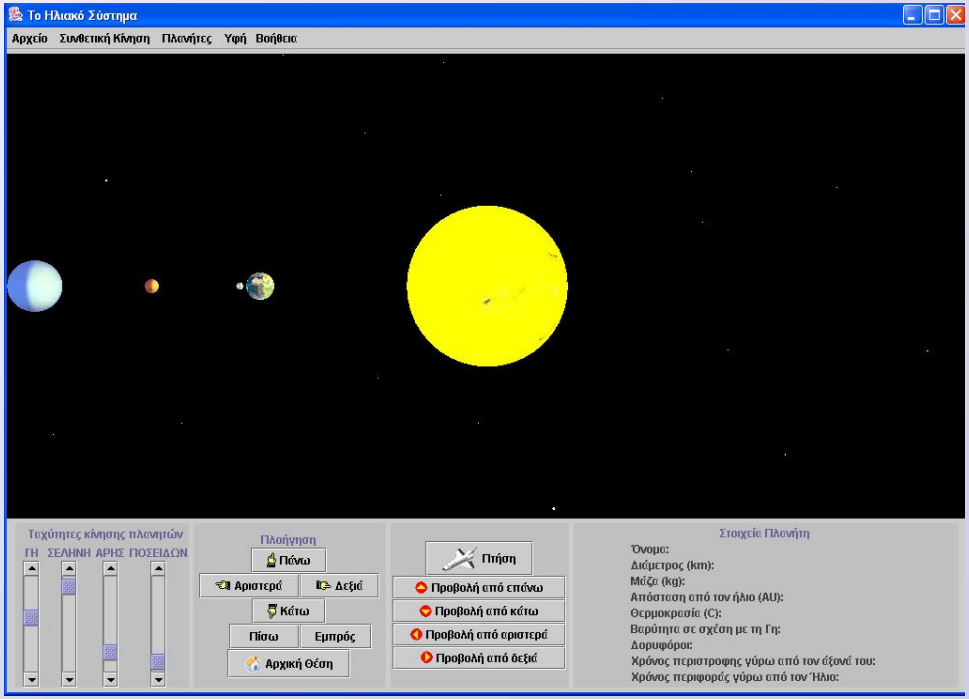
- Τα 3Δ αντικείμενα μίας εφαρμογής σε Java 3D οργανώνονται στο γράφο σκηνής.
- Είναι μία δενδρική δομή που περιέχει το περιεχόμενο του εικονικού σύμπαντος και καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα απεικονιστεί φωτορεαλιστικά το περιεχόμενο αυτό.
- Περιλαμβάνει **αντικείμενα-κόμβους** τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με **σχέσεις γονέα-παιδιού** και **συστατικά κόμβων** (NodeComponents) τα οποία συνδέονται με τους κόμβους με **σχέσεις αναφορών**.
- Τα συστατικά κόμβων καθορίζουν την εμφάνιση και τη γεωμετρία των οπτικών αντικειμένων της εφαρμογής.
  - π.χ. Appearance, Material, Texture
- Οι κόμβοι μπορεί να είναι είτε **κόμβοι συνάθροισης** (Group Nodes) είτε **κόμβοι φύλλα** (Leaf Nodes).
  - Ένας κόμβος συνάθροισης έχει ένα μόνο γονέα και όσα παιδιά χρειάζεται.
    - π.χ. BranchGroup, TransformGroup
  - Ένας κόμβος φύλλο έχει ακριβώς ένα γονέα και κανένα παιδί.
    - π.χ. Shape, Behavior, Light, Sound

Γράφος Σκηνής

- Αποτελείται από δύο υπο-γράφους.
  - Ο **γράφος περιεχομένου** περιλαμβάνει όλα τα περιεχόμενα του εικονικού σύμπαντος, όπως γεωμετρικά σχήματα, εμφάνιση, συμπεριφορά και θέση αντικειμένων, φώτα, ήχο.
  - Ο **γράφος άποψης** καθορίζει τις παραμέτρους άποψης του εικονικού κόσμου από το χρήστη, όπως τη θέση και τον προσανατολισμό του χρήστη.
- Η ρίζα του γράφου σκηνής είναι ένα αντικείμενο της κλάσης VirtualUniverse το οποίο αναφέρεται σε ένα, συνήθως, αντικείμενο της κλάσης Locale.

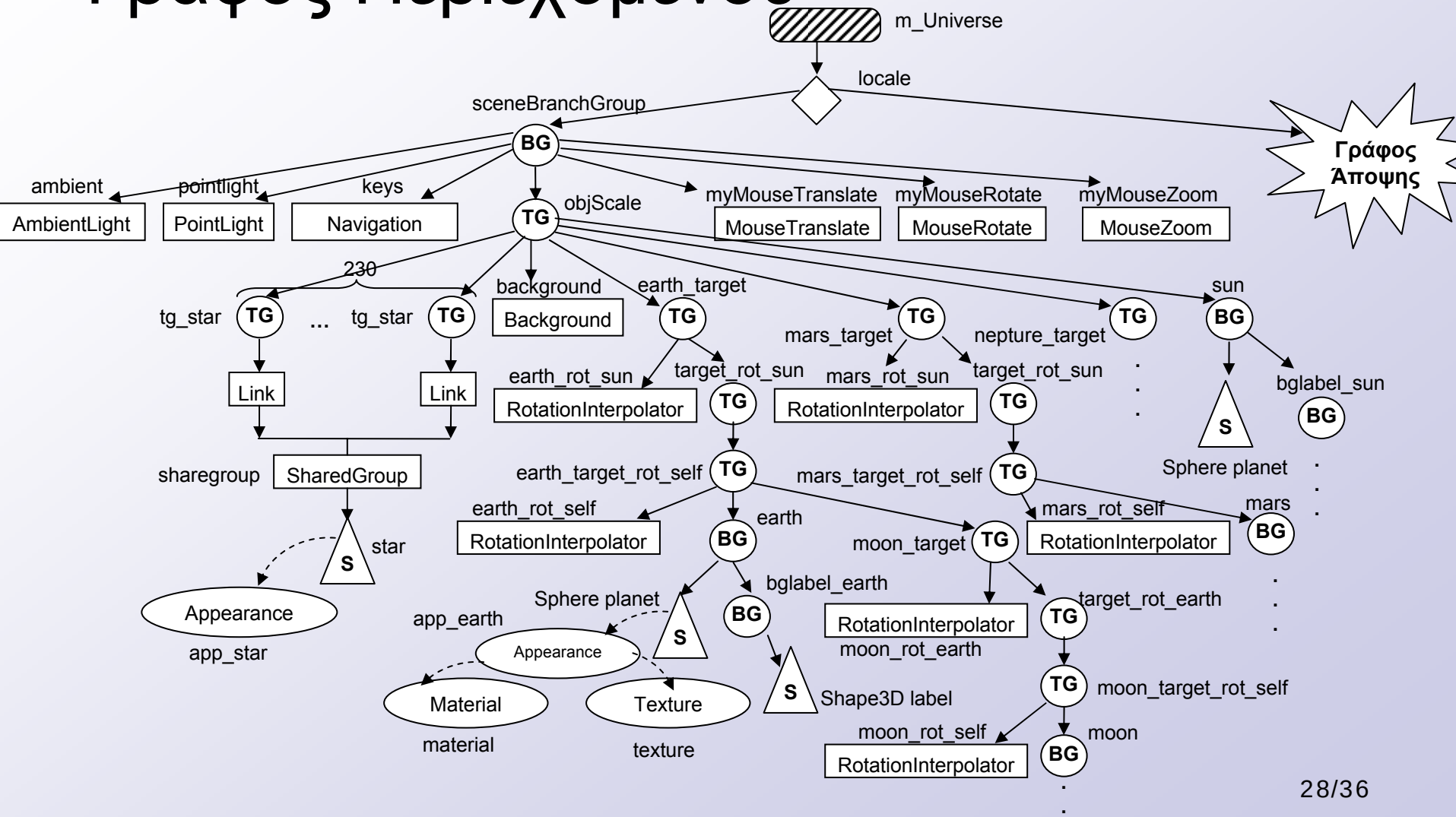
Εφαρμογή «Ηλιακό Σύστημα»

- 3Δ εφαρμογή περιήγησης και αλληλεπίδρασης του χρήστη στο χώρο του ηλιακού συστήματος.
- Έχει ως στόχο να παρουσιάσει ένα μέρος των δυνατοτήτων της Java 3D για τη δημιουργία τρισδιάστατων εικονικών κόσμων και προσθήκης αλληλεπίδρασης του χρήστη με τέτοιους κόσμους.
- Δίνει τη δυνατότητα πρακτικής εφαρμογής των θεωρητικών αρχών σχετικά με τη σχεδίαση 3Δ διεπαφών οι οποίες μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία.
- Χρησιμοποιήθηκε η Java 2 SDK 1.3.1 (JDK 1.3.1) και η Java 3D 1.3.1

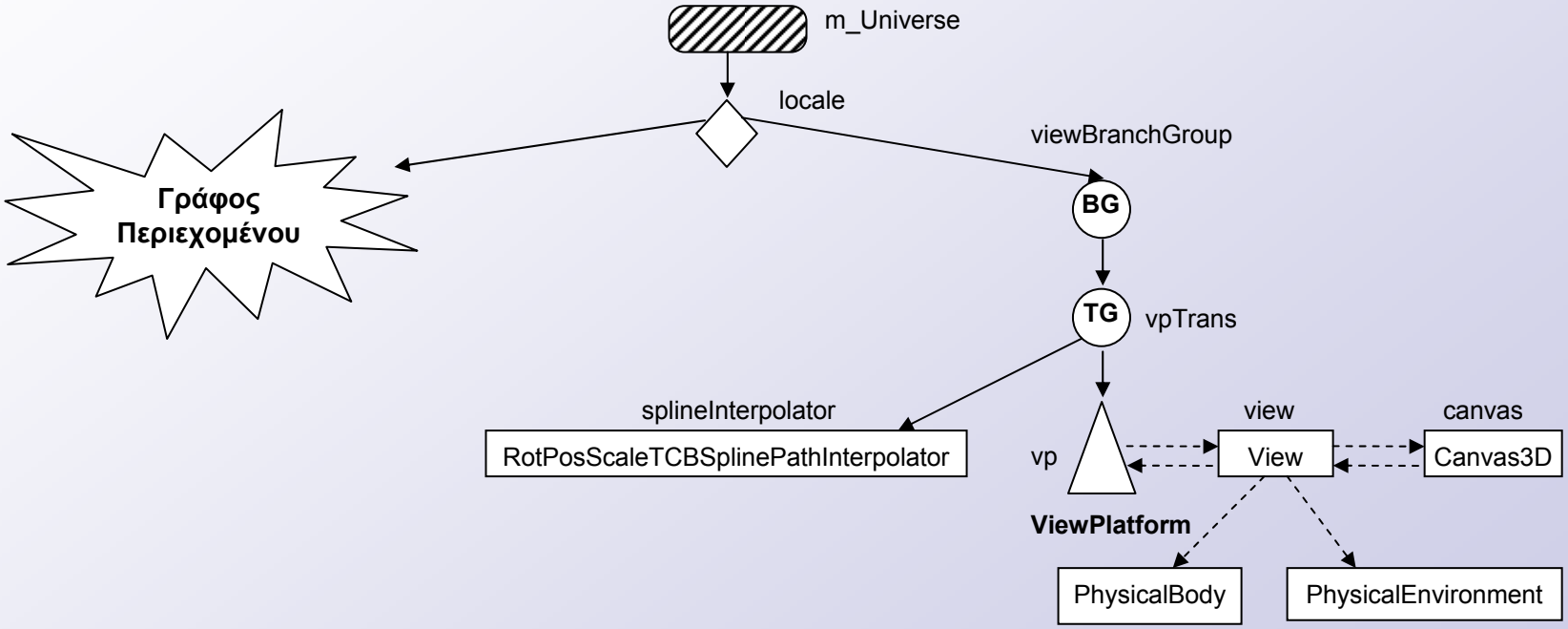


Γράφος Σκηνής της Εφαρμογής

Γράφος Περιεχομένου

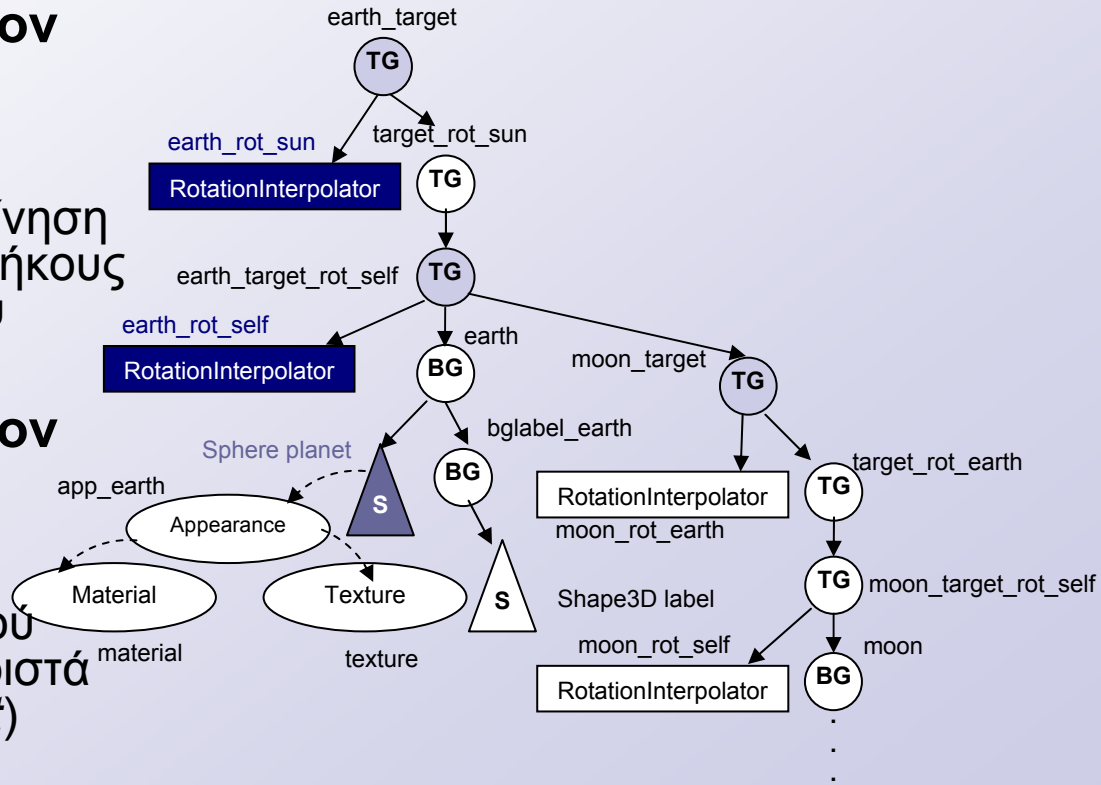


Γράφος Σκηνής της Εφαρμογής
Γράφος Άποψης



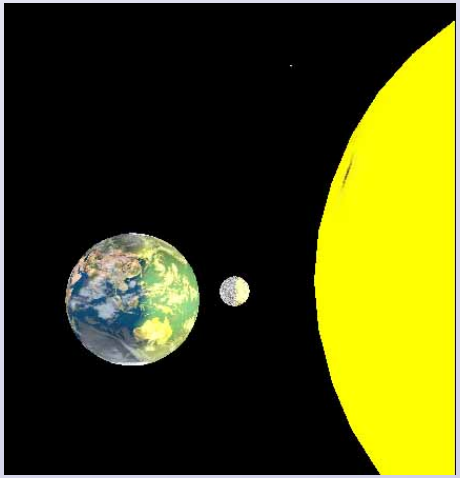
Υπογράφος Πλανήτη Γη

- **Περιστροφή γύρω από τον ήλιο**
  - *earth_rot_sun*
  - *target_rot_sun:* για μετακίνηση της γης κατά 7 μονάδες μήκους μακριά από το κέντρο του ήλιου.
- **Περιστροφή γύρω από τον άξονα**
  - *earth_rot_self*
  - *earth:* γονέας του εικονικού αντικειμένου που αναπαριστά τη σφαίρα της γης (*planet*)
  - *moon_target:* ρίζα του υπογράφου για την περιστροφική κίνηση της Σελήνης γύρω από τη γη και γύρω από τον άξονά της.



Κώδικας της Εφαρμογής

- **Δημιουργία Πλανητών – Κλάση *Sphere***
  - Sphere planet = new Sphere (radius, Primitive.GENERATE_TEXTURE_COORDS | Primitive.GENERATE_NORMALS | Geometry.ALLOW_INTERSECT, 40, app);
- **Κίνηση Πλανητών γύρω από τον Ήλιο – Κλάση *RotationInterpolator***
  - Transform3D t3d =new Transform3D( );
  - t3d.setTranslation(new Vector3f(-7, 0, 0));
  - target_rot_sun.setTransform(t3d);
  - earth_target.setCapability (TransformGroup.ALLOW_TRANSFORM_WRITE);
  - earth_rot_sun = new RotationInterpolator (earth_alpha, earth_target, new Transform3D( ), 0f, 2*(float)Math.PI);



Κώδικας της Εφαρμογής

- **Δημιουργία Ηλιακού Φωτός – Κλάση *PointLight***
  - pointlight = new PointLight (new Color3f (0.7f, 0.7f, 0.05f), new Point3f( ), new Point3f (1.3f, 0.0f, 0.0f));
- **Πλοήγηση Χρήστη με ποντίκι**
  - **Κλάσεις *MouseTranslate* και *MouseZoom***
    - BoundingSphere mouseBounds = new BoundingSphere (new Point3d( ), 1000.0);
    - MouseTranslate myMouseTranslate = new MouseTranslate( );
    - myMouseTranslate.setTransformGroup(vpTrans);
    - myMouseTranslate.setSchedulingBounds(mouseBounds);
    - objRoot.addChild(myMouseTranslate);
  - **Κλάση *MouseRotate***
    - MouseRotate myMouseRotate = new MouseRotate (MouseBehavior.INVERT_INPUT);

Κώδικας της Εφαρμογής

- **Πλοήγηση Χρήστη με πληκτρολόγιο**
  - **Κλάση *Navigation***
    - Navigation keys =new Navigation(vpTrans);
    - keys.setSchedulingBounds (new BoundingSphere (new Point3d(), 1000.0));
    - objScale.addChild(keys);

  - **Εντολές κλάσης *Navigation***
    - Vector3f translate = new Vector3f( );
    - Transform3D t3d = new Transform3D( );
    - m_TransformGroup.getTransform(t3d);
    - t3d.get(translate);
    - switch (keyCode) {
    - case KeyEvent.VK_LEFT:
    - translate.x -= TRANSLATE;
    - break;
    - case KeyEvent.VK_RIGHT:
    - translate.x += TRANSLATE;
    - break;
    - …}
    - t3d.setTranslation(translate);
    - m_TransformGroup.setTransform(t3d);

Κώδικας της Εφαρμογής

- **Αυτόματη Περιήγηση Χρήστη – Κλάση *RotPosScaleTCBSplinePathInterpolator***
  - Δυνατότητα περιήγησης στο 3Δ διάστημα ανάμεσα στους πλανήτες ακολουθώντας μια προκαθορισμένη διαδρομή
  - splineInterpolator=Utils1.createSplinePathInterpolator (alpha, tg, new Transform3D( ), new URL(getWorkingDirectory( ), "rotate_viewer_spline.xls"));
  - splineInterpolator.setSchedulingBounds(new BoundingSphere (new Point3d(0,0,0), 20));
  - splineInterpolator.setEnable(false);
  - tg.addChild(splineInterpolator);
- **Επιλογή Πλανητών – Κλάσεις *PickCanvas, PickResult***
  - pickCanvas = new PickCanvas(c3d, sceneBranchGroup);
  - pickCanvas.setMode(PickTool.GEOMETRY);
  - c3d.setCursor(new Cursor(Cursor.HAND_CURSOR));
  - (planet.getShape().getGeometry()).setCapability Geometry.ALLOW_INTERSECT);
  - (planet.getShape()).setUserData(file);

    } κατά τη δημιουργία ενός πλανήτη
  - PickResult pickResult = pickCanvas.pickClosest( );

Κώδικας της Εφαρμογής

- **Επιλογή Πλανητών *(συνέχεια)***

```
if( pickResult!= null )
{
    Node actualNode = pickResult.getObject( );
    if( actualNode.getUserData( ) != null )
      {
        label_name.setText(actualNode.getUserData( ).toString());
        if (label_name.getText()=="Γη"){
          show_data_planet(earth_data);
      }
      …
      }
}
```

Συμπεράσματα

- Περιορισμοί εφαρμογής «Ηλιακό Σύστημα»
  - Χάριν απλότητας, δεν συμπεριλαμβάνει όλους τους πλανήτες του ηλιακού συστήματος.
  - Στοιχειώδεις τρόποι πλοήγησης του χρήστη.
  - Ο χειρισμός των πλανητών περιλαμβάνει απλά την επιλογή τους με το ποντίκι ώστε να εμφανίζονται σχετικές πληροφορίες του επιλεγμένου πλανήτη.
  - Δεν υποστηρίζει τη δημιουργία σκιάς (έκλειψης).
- Βέβαια, παρά τους περιορισμούς αυτούς, θεωρούμε ότι η εφαρμογή κατάφερε σε επαρκή βαθμό να παρουσιάσει, σε εκπαιδευτικό επίπεδο, τις βασικές δυνατότητες της Java 3D.
- Η Java 3D δίνει πολλές δυνατότητες στον προγραμματιστή να κατασκευάζει 3Δ κόσμους που
  - προσφέρουν μεγάλο βαθμό αληθοφάνειας,
  - αυξάνουν την εμβύθιση του χρήστη σε αυτούς, κάτι το οποίο δεν επιτυγχάνεται με μία 2Δ εφαρμογή και
  - κατά συνέπεια, η εμπειρία του χρήστη καθίσταται ευχάριστη έως και συναρπαστική.
- Το αντικείμενο της εργασίας αυτής είναι το πεδίο της εικονικής πραγματικότητας, ένα πεδίο αρκετά καινούριο, εξελισσόμενο, άκρως ενδιαφέρον και πολλά υποσχόμενο, για κάθε επιστήμονα της Πληροφορικής, αλλά και για κάθε εν δυνάμει χρήστη που μπορεί να επωφεληθεί από της δυνατότητες του πεδίου αυτού.