

Άσκηση OpenGL 2011-2012: «Πίστα Αγωνιστικών Αυτοκινήτων»

Να κατασκευάσετε μια «πίστα αγωνιστικών αυτοκινήτων» με το παρακάτω σενάριο:

Δύο αυτοκίνητα κινούνται πάνω σε σταθερές τροχιές (Α και Β) στο επίπεδο xz (ύψος $y = 0$). Το αυτοκίνητο Α κινείται με σταθερή ταχύτητα v_A . Το αυτοκίνητο Β κινείται με ταχύτητα v_B που αυξομειώνεται από τον χρήστη κατά την διάρκεια της κίνησής του. Μία γέφυρα Γ ανοίγει σε τυχαίες χρονικές στιγμές εμποδίζοντας τα αυτοκίνητα να περάσουν. Ο χρήστης προσπαθεί χειριζόμενος το αυτοκίνητο Β να κερδίσει τον αγώνα, αποφεύγοντας τη σύγκρουση με τη γέφυρα όταν ανοίγει, καθώς και την εκτροπή στο κυκλικό τμήμα της τροχιάς αν υπερβεί συγκεκριμένη τιμή ταχύτητας v_{op} .

Διευκρινίσεις-Υποδείξεις

Το περιβάλλον του παιχνιδιού μπορείτε προαιρετικά να το εμπλουτίσετε με δικά σας στοιχεία κατασκευασμένα είτε από OpenGL αρχέτυπα (primitives) είτε από 3D μοντέλα.

Το αυτοκίνητο σας δίνεται σαν μοντέλο wavefront (.obj) το οποίο και θα πρέπει να φορτώσετε και να το αναπαραστήσετε στο παιχνίδι σας. Η πίστα και η γέφυρα μπορούν να υλοποιηθούν με γεωμετρικά στερεά. Για παράδειγμα η γέφυρα μπορεί να αποτελείται από ένα επίμηκες παραλληλεπίπεδο που μπορεί να στρέφεται γύρω από τον άξονα z. Η πίστα μπορεί να είναι διδιάστατη, στο επίπεδο xz, και να αποτελείται, το ευθύγραμμο τμήμα από GL_QUADS και το ημικυκλικό τμήμα από GL_QUAD_STRIP αρχέτυπα σχήματα, κατάλληλα σχεδιασμένα και τοποθετημένα στο χώρο. Το φανάρι μπορείτε να το υλοποιήσετε είτε με αρχέτυπα σχήματα είτε να χρησιμοποιήσετε το μοντέλο wavefront (.obj) που σας δίνεται.

A. Το σενάριο

Τα αυτοκίνητα αρχικά βρίσκονται στο σημείο εκκίνησης O. Αν ο χρήστης πληκτρολογήσει εντολή εκκίνησης, τα αυτοκίνητα ξεκινούν ακαριαία με ίδιες αρχικές ταχύτητες $v_A = v_B$. Ο χρήστης έχει δυνατότητα να αυξομειώσει με το πληκτρολόγιο την ταχύτητα v_B μέσα στα όρια $[0, v_{max}]$, με βήματα dv . Το v_{max} πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το v_{op} .

Μόλις το αυτοκίνητο Β εισέλθει στο καμπύλο τμήμα της τροχιάς πρέπει να γίνει έλεγχος αν η ταχύτητα v_B υπερβαίνει την v_{op} . Αν την υπερβαίνει, τότε έχουμε εκτροπή από την τροχιά, που θα δηλωθεί με ένα «Crash!» και το αυτοκίνητο θα επανέλθει στο σημείο εκκίνησης, αν όχι, τότε το αυτοκίνητο συνεχίζει κανονικά την κίνησή του. Το αυτοκίνητο Α δεν μπορεί να εκτραπεί στο κυκλικό τμήμα της τροχιάς, οπότε πρέπει να ισχύει $v_A \leq v_{op}$.

Το άνοιγμα της γέφυρας συμβαίνει σε τυχαίες χρονικές στιγμές και υπάρχει ένα προειδοποιητικό φανάρι για να προειδοποιεί τα αυτοκίνητα. Το φανάρι είναι πράσινο όσο η γέφυρα είναι κάτω και κόκκινο κατά τη διάρκεια που είναι ανοικτή. Το φανάρι γίνεται κίτρινο λίγο χρόνο $t_{ειδ}$ πριν η γέφυρα αρχίσει να σηκώνεται. Το αυτοκίνητο Β πρέπει να προλάβει να το σταματήσει ο χρήστης ώστε να μη συγκρουστεί με την ανοιγμένη γέφυρα. Αν το αυτοκίνητο συγκρουστεί με τη γέφυρα αυτό θα δηλωθεί με ένα «Crash!» και το αυτοκίνητο θα επανέλθει στο σημείο εκκίνησης. Όταν η γέφυρα ξανακατέβει το φανάρι γίνεται πράσινο και τα αυτοκίνητα εκκινούν αυτόματα με ίδιες αρχικές ταχύτητες $v_A = v_B$. Το αυτοκίνητο Α έχει τη δυνατότητα να σταματάει ακαριαία πριν ανοίξει η γέφυρα ώστε να μη συγκρούεται ποτέ μ' αυτήν.

Κατά τη σύγκρουση «Crash!» να εμφανίζεται για κάποια δευτερόλεπτα το παρακάτω σχήμα:



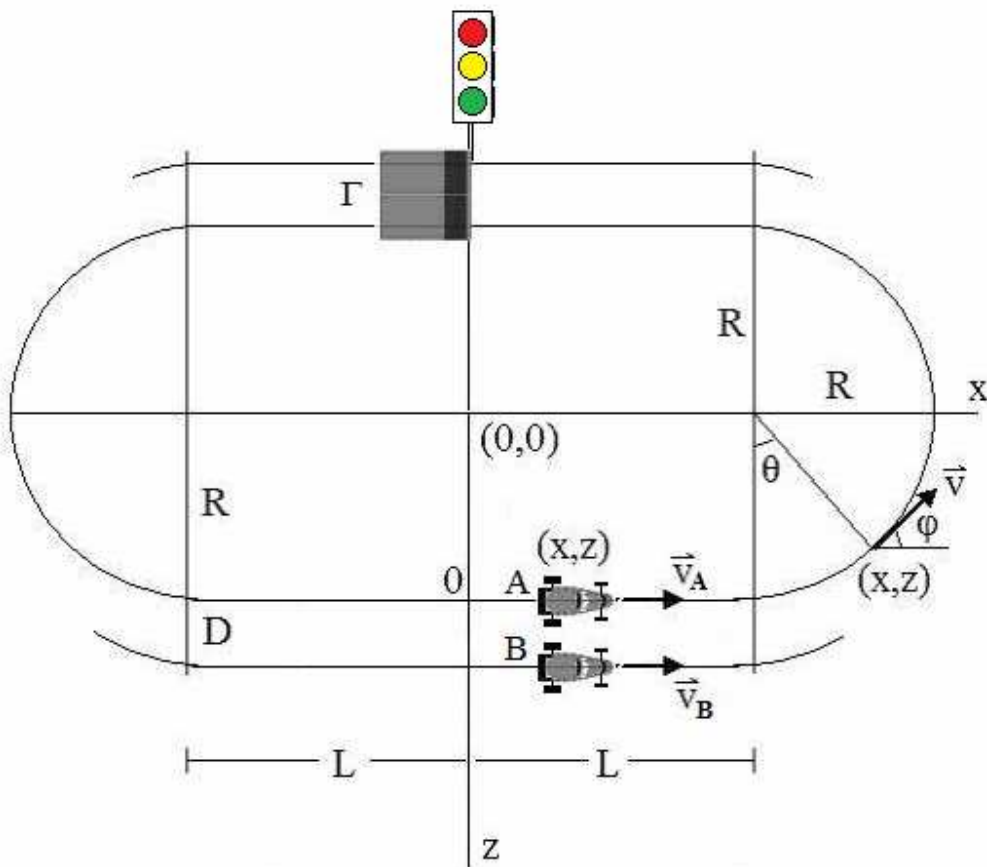
*****BONUS:** Μπορείτε να βάλετε στο παιχνίδι τρία επίπεδα αυξανόμενης δυσκολίας, αυξάνοντας τον ρυθμό που ανοίγει η γέφυρα, αυξάνοντας την v_A , την v_{max} και την dv , και μειώνοντας την v_{op} και τον $t_{ειδ}$ κατάλληλα. Επίσης να δώσετε κάποιο πλήθος «ζωών» (π.χ. τρεις) στο αυτοκίνητο B. Να θεωρήσετε τον τερματισμό μετά από κάποιες στροφές, και να μετράτε με κάποιο τρόπο (π.χ. ανάλογα με την διαφορά χρόνου του τερματισμού) ένα σκορ, το οποίο και να εμφανίζετε σε κάποιο πίνακα στο παιχνίδι σας. Αυτό επαφίεται στη διάθεση και τη φαντασία σας.

B. Οι κινήσεις

Σε μία εφαρμογή κινούμενης εικόνας ο χρόνος «κυλάει» παίρνοντας διακριτές τιμές σε κάθε καρέ i , δημιουργώντας μία χρονοσειρά σύμφωνα με την εξίσωση:

$$t_{(i)} = t_{(i-1)} + dt, \text{ με } dt \text{ σταθερό και } t_{(0)} = 0.$$

Η σταθερά dt είναι το βήμα του χρόνου και καθορίζει πόσο «γρήγορα» ή «αργά» θα κυλάει η προσομοίωση. Προφανώς, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε διαφορετικές μεταβλητές χρόνου (χρονοσειρές) για την κίνηση κάθε αντικειμένου (άλλο χρόνο για το κάθε αυτοκίνητο και άλλο για την κίνηση της γέφυρας), ή και διαφορετικών τμημάτων της κίνησης ενός αντικειμένου (άλλον για την ευθύγραμμη κίνηση και άλλον για την κυκλική κίνηση του αυτοκινήτου), αρκεί το βήμα του χρόνου dt να είναι το ίδιο, τις οποίες πρέπει και να αρχικοποιείτε κατάλληλα.



Το κάθε αυτοκίνητο κινείται στην τροχιά που φαίνεται στο παραπάνω σχήμα. Το αυτοκίνητο Α κινείται στην τροχιά Α που αποτελείται από δύο ευθύγραμμα τμήματα μήκους $2L$ το καθένα, και δύο ημικυκλικά τμήματα ακτίνας R . Το αυτοκίνητο Β κινείται στην τροχιά Β που αποτελείται επίσης από δύο ευθύγραμμα τμήματα μήκους $2L$ το καθένα, και δύο ημικυκλικά τμήματα ακτίνας $R+D$.

Το αυτοκίνητο Α κινείται διαρκώς με σταθερή ταχύτητα v_A . Η μετάβαση από την ακινησία στην κίνηση και από την κίνηση στην ακινησία να θεωρηθεί ακαριαία. Το αυτοκίνητο Β κινείται με ταχύτητα v_B που αυξομειώνεται απο τον χρήστη με κάποιο βήμα dv . Στα μεσοδιαστήματα, που δεν μεταβάλλει την ταχύτητα ο χρήστης, η ταχύτητα να θεωρηθεί σταθερή.

Επομένως στα ευθύγραμμα τμήματα (που η κίνηση γίνεται με σταθερή ταχύτητα v), η εκάστοτε θέση δίνεται από τον τύπο:

$$x = v t$$

Στα ημικυκλικά τμήματα (που η κίνηση γίνεται με σταθερή ταχύτητα v), η γωνιακή ταχύτητα δίνεται από τον τύπο:

$$\omega = v/R$$

και η εκάστοτε θέση προσδιορίζεται από τους τύπους:

$$x = R \sin\theta \text{ και}$$

$$z = R \cos\theta, \text{ όπου}$$

$$\theta = \omega t.$$

Ο προσανατολισμός (περιστροφή) του αυτοκινήτου καθορίζεται από την γωνία $\varphi = \theta$.

Τα αυτοκίνητα κινούνται σε επίπεδο που βρίσκεται στο έδαφος ($y = 0$). Προφανώς πρέπει να ενσωματώσετε τα παραπάνω σε μετασχηματισμό που δίνει την εκάστοτε θέση (μεταφορά) και προσανατολισμό (περιστροφή) του κάθε αυτοκινήτου συναρτήσει του χρόνου.

Τέλος, πρέπει να προσδιορίσετε το βήμα χρόνου dt ώστε η προσομοίωση να κυλάει φυσιολογικά. Μπορείτε να αφήνετε το χρήστη εμμέσως να ρυθμίζει το dt ώστε η προσομοίωση να τρέχει γρηγορότερα για λόγους ελέγχου της ροής της προσομοίωσης. ΠΡΟΣΞΕΤΕ: μεγάλες τιμές στο dt μπορεί να προκαλέσουν ασυνέχεια στην κίνηση, και αδυναμία ελέγχου των συγκρούσεων. Επίσης πολύ μικρές τιμές στο dt μπορεί να προκαλέσουν επαναληπτική απεικόνιση της ίδιας σκηνής χωρίς να χρειάζεται.

Γ. Σταθερές και μεταβλητές

Για την κίνηση των αυτοκινήτων να θεωρήσετε σταθερές τις παραμέτρους: L , R και D .

Οι μεταβλητές v_A , v_{max} , dv , v_{op} και $t_{ειδ}$ να αρχικοποιούνται κατάλληλα ανάλογα με το επίπεδο δυσκολίας του παιχνιδιού.

Το επίπεδο δυσκολίας θα επιλέγεται από τον χρήστη με χρήση του πληκτρολογίου.

Η εκκίνηση του αγώνα να γίνεται με χρήση του πληκτρολογίου.

Η μεταβολή της ταχύτητας v_B με βήματα dv να γίνεται με χρήση του πληκτρολογίου.

Η μεταβολή του βήματος του χρόνου dt να γίνεται με χρήση του πληκτρολογίου.

Επίσης, με χρήση του πληκτρολογίου να γίνεται αλλαγή της θέσης του παρατηρητή. Να δώσετε τη δυνατότητα μεταβολής της απόστασης του παρατηρητή από τη σκηνή, και επιλογής της κατεύθυνσης παρατήρησης της σκηνής, ώστε ο χρήστης να έχει τη δυνατότητα να βλέπει τη σκηνή ως κάτοψη ή ως πλάγια όψη.

Δ. Έλεγχος Σύγκρουσης

Για τον έλεγχο σύγκρουσης μεταξύ του αυτοκινήτου και της γέφυρας, η υλοποίησή σας θα ελέγχει απλά την απόσταση ανάμεσα στο αυτοκίνητο και την αρχή της γέφυρας. Όταν αυτή η απόσταση γίνεται αρνητική, δηλ. το αυτοκίνητο έχει έστω και λίγο ανέβει στη γέφυρα, και η γέφυρα έχει έστω και λίγο ανοίξει τότε να θεωρείτε ότι υπάρχει σύγκρουση (επαφή).

E. Wavefront αρχεία

Η παράσταση αντικειμένων με πολύγωνα είναι η πιο διαδεδομένη. Κάθε αντικείμενο αντιπροσωπεύεται από ένα σύνολο πολυγώνων τα οποία είναι το κύριο συστατικό για την παράσταση επιφανειών. Η δομή που χρησιμοποιείται είναι ιεραρχική. Κάθε αντικείμενο είναι μια λίστα επιφανειών, κάθε επιφάνεια μια λίστα πολυγώνων και κάθε πολύγωνο μια λίστα κορυφών. Επίσης έχουμε και λίστες συντεταγμένων υψής και κανονικών διανυσμάτων φωτισμού για κάθε κορυφή ενός πολυγώνου, ενώ σε κάθε επιφάνεια μπορούμε να αντιστοιχίσουμε και το ανάλογο υλικό.

Ένα από τα πιο απλά πρότυπα αρχείων για την αποθήκευση πολυγωνικών μοντέλων είναι το πρότυπο wavefront object, κατά το οποίο είναι αποθηκευμένα και τα συνοδευτικά αρχεία της άσκησης. Είναι σε μορφή ascii επομένως το διάβασμά του είναι εξαιρετικά απλό. Τα βασικά στοιχεία που περιέχει είναι τα εξής (εμφανίζονται σαν identifiers στην αρχή κάθε γραμμής) :

- **v** – σημείο στο χώρο
- **vn** – κανονικό διάνυσμα κορυφής
- **vt** – συντεταγμένες υψής κορυφής
- **g** – επιφάνεια ακολουθούμενη από το όνομα της
- **mtllib** – αρχείο αποθήκευσης υλικών επιφανειών
- **f** – πολύγωνο που χαρακτηρίζεται από δείκτες στις κορυφές του αλλά και επιπλέον με δείκτες σε συντεταγμένες υψής ή κανονικά διανύσματα κορυφών.
ο v/t/n , v//n , v/t , v (π.χ. f 45//32 46/33 56//55 , τρίγωνο)
- **usemtl** – όνομα υλικού για την τρέχουσα επιφάνεια

Αυτό που θα χρειαστεί στην περίπτωση της άσκησης να διαβάσετε από το αρχείο, είναι μόνο η λίστα κορυφών (**v**), η λίστα πολυγώνων (τριγώνων) (**f**), και η λίστα των κανονικών διανυσμάτων κάθε κορυφής (**vn**), καθώς αυτά αρκούν για την αναπαράσταση του αντικειμένου.

Μετά το διάβασμα κάθε αντικειμένου, μετασχηματίστε το κατάλληλα ώστε να ενσωματωθεί στο περιβάλλον που δημιουργείτε (μεταφορά στην αρχή των αξόνων → αλλαγή κλίμακας → περιστροφή → μεταφορά στην τελική θέση).

Για τη μεταφορά στην αρχή των αξόνων, αρκεί να υπολογίσετε το κέντρο μάζας του μοντέλου (χρησιμοποιώντας τις συντεταγμένες των κορυφών του) και να μεταφέρετε το μοντέλο έτσι ώστε το κέντρο μάζας του να συμπίπτει με το κέντρο των αξόνων.

Για την προσαρμογή της κλίμακας του μοντέλου, αρκεί να υπολογίσετε την απόσταση της πιο απομακρυσμένης κορυφής (**Rmax**) του μοντέλου από το κέντρο μάζας και να αλλάξετε την κλίμακα όλων των κορυφών με βάση αυτήν την τιμή.

Για την προσαρμογή της περιστροφής και της μεταφοράς στην τελική θέση του μοντέλου, σύμφωνα και με την κίνησή του, αυτό το καθορίζετε εσείς.

Στο συνοδευτικό υλικό της εργασίας εκτός από το μοντέλο του αυτοκινήτου, δίνεται και demo της εργασίας.

Σαν βάση της υλοποίησης σας μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον κώδικα του 3^{ου} και του 5^{ου} εργαστηρίου.