

Εργασία στα Γραφικά Υπολογιστών

Ακαδημαϊκό Έτος 2021-22



Εικόνα 1. Αναμενόμενη όψη του παιχνιδιού από την κάμερα του παρατηρητή.

Περιγραφή

Αντικείμενο της εργασίας είναι η υλοποίηση ενός παιχνιδιού πλοήγησης τρίτου προσώπου μέσα σε ένα ανοιχτό συνθετικό περιβάλλον γεμάτο εμπόδια. Ο παίκτης (ένα εικονικό σκάφος) κινείται με σταθερή ταχύτητα μέσα σε ένα φραγμένο περιμετρικά περιβάλλον, ακολουθώντας μια σειρά από σημαδούρες, τις οποίες και καταναλώνει παίρνοντας πόντους, όταν περάσει αρκετά κοντά από αυτές. Οποιαδήποτε σύγκρουση με τα σταθερά ή πιθανώς κινούμενα αντικείμενα μπορεί να αποβεί μοιραία και να τερματίσει πρόωρα την εξερεύνησή μας. Το terrain είναι κλειστό από όλες τις πλευρές εκτός από πάνω, αλλά το σκάφος δε θα πρέπει να φύγει πάνω από το μέγιστο ύψος του μοντέλου του εδάφους.

Ζητούμενα

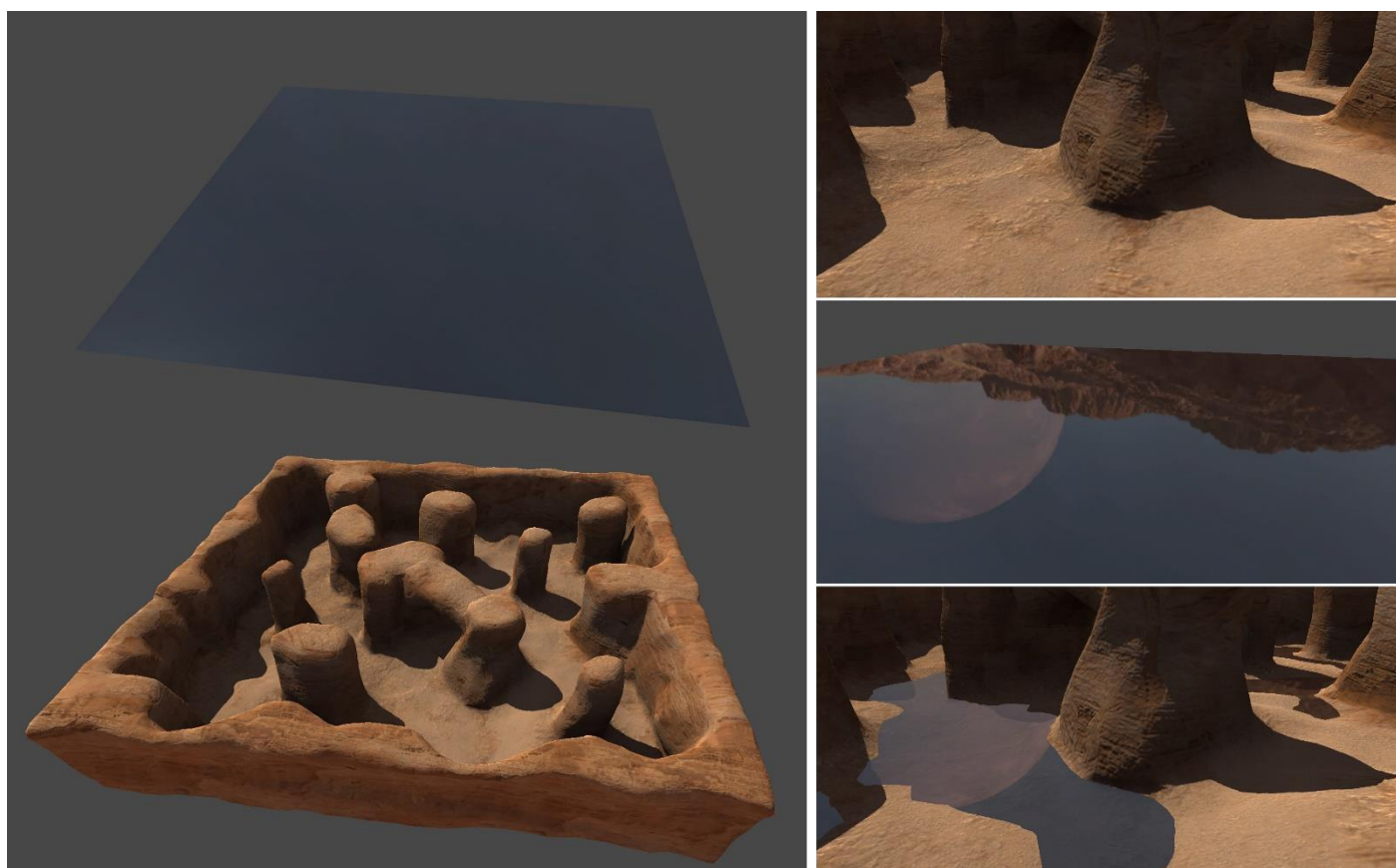
Κατ'ελάχιστον, στο παιχνίδι πρέπει να υλοποιηθούν τα ακόλουθα:

- ✓ - Φόρτωση του terrain (terrain.obj) και του σκάφους (craft.obj).
- ✓ - Χρήση των παρεχόμενων albedo (base color), normal mask maps (βλ. επόμενη ενότητα).
- ✓ - Δημιουργία κώδικα για την πλοήγηση του σκάφους ελεύθερα μέσα στο terrain.
- ✓ - Δημιουργία κάμερας που να ακολουθεί το σκάφος με όποιο βαθμό ελευθερίας κρίνετε σκόπιμο, ώστε να είναι αντιληπτή η πορεία που αυτό ακολουθεί.
- ☐ - Εφαρμογή τουλάχιστον μίας πηγής φωτισμού (ήλιος) με σκιές τύπου shadow map είτε ως παράλληλη, μακρινή πηγή είτε ως spotlight (orthographic / perspective shadow map projection).
- ✓ - Χρήση κάποιου Physically correct μοντέλου, για τη φωτοσκίαση στον fragment shader, όπως normalized Blinn-Phong ή Cook-Torrance.
- 🌀 - Ανίχνευση συγκρούσεων μεταξύ σκάφους και terrain (βλ. επόμενη ενότητα).

Πρόσθετα

Πέρα από τα βασικά ζητούμενα, στην εργασία μπορείτε να προσθέσετε λειτουργικότητα για τα προτεινόμενα ακόλουθα:

- ✓ • Βασικό Lightmapping για έμμεσο φωτισμό του terrain (Παρέχεται Lightmap υπολογισμένο με το φως πάνω από τη σκηνή)
- Προσθήκη ομίχλης: μεταβολή του χρώματος των fragments προς κάποια σταθερή τιμή, ανάλογα με το βάθος του fragment.
- ✓ • Προσθήκη background με βάση το panorama που σας δίνεται (CanopusGround.png). Είναι τυπικό σφαιρικό environment map και μπορείτε να το εφαρμόσετε με Indexing της κατεύθυνσης του κάθε pixel του frame buffer αναφορικά με την θέση της κάμερας.
- Προσθήκη environment map για τέλειες ανακλάσεις πάνω στα τζάμια του σκάφους (ή οποιαδήποτε fragments έχουν μάσκα υλικού με roughness ~0).
- Προσθήκη επιφάνειας νερού, με διαφάνεια και ανακλάσεις από το environment map. Το ισοζύγιο ανακλαστικότητας και διαφάνειας να ελέγχεται από τον τύπο του Schlick για το συντελεστή Fresnel. Το νερό μπορεί να μοντελοποιηθεί σαν ένα τετράπλευρο που τέμνει το μοντέλο του terrain σε κάποιο ύψος πάνω από το 0, όπως φαίνεται στην Εικόνα 2.
- Deferred rendering
 - Εφέ με βάση το deferred rendering, όπως SSAO, motion blur, depth of field, bloom
 - Προσθήκη δικών σας μοντέλων για αναπαράσταση «ζωών», εχθρών, Powerups, ή άλλων στοιχείων.



Εικόνα 2. Προσθήκη νερού (προαιρετική) στην πίστα, χρησιμοποιώντας ένα παραλληλόγραμμα (αριστερά) που τέμνει το terrain σε κάποιο ύψος. Δεξιά βλέπουμε από πάνω προς τα κάτω: το terrain χωρίς νερό, το επίπεδο του νερού μόνο του με ανακλάσεις από το environment map και το συνδυασμένο αποτέλεσμα. Το νερό δεν παράγει σκιές (δε σχεδιάζεται στο shadow map).

Σύνθεση του περιβάλλοντος

Το βασικό περιβάλλον απαρτίζεται από το μοντέλο του terrain (Εικόνα 3) το οποίο δε χρειάζεται κάποιο μετασχηματισμό. Το σκάφος (Εικόνα 4) φορτώνεται κεντραρισμένο στην αρχή των αξόνων, έτσι ώστε να μπορείτε να το στρίβετε και μετακινείτε με απλούς μετασχηματισμούς. Τις θέσεις από τις σηματοδούρες τις αποφασίζετε εσείς

έτσι ώστε να δημιουργούν μια διαδρομή μέσα στο terrain (βλ. Εικόνα 1). Το terrain συνοδεύεται από μια πολύ απλοποιημένη έκδοσή του (collision_hull.obj) για να μπορεί να πραγματοποιηθεί ανίχνευση συγκρούσεων.



Εικόνα 3. Το μοντέλο του εδάφους.



Εικόνα 4. Το μοντέλο του σκάφους.

Κίνηση του παίκτη

Έστω u, v δύο μεταβλητές που ορίζουν την οριζόντια και κατακόρυφη στροφή του πηδαλίου του σκάφους με τιμές στο διάστημα $[-\alpha, \alpha]$, όπου το α προσδιορίζεται από το χρήστη. Οι μεταβλητές αυτές θα πρέπει να παίρνουν την τιμή τους από την απόκλιση του ποντικιού από το κέντρο του παραθύρου. Το σκάφος προσδιορίζει την κίνησή του με βάση ένα τοπικό σύστημα συντεταγμένων ($\mathbf{d}_{facing}, \mathbf{d}_{right}, \mathbf{d}_{up}$), όπου το \mathbf{d}_{facing} είναι το διάνυσμα προς το οποίο κοιτάζει και κινείται, \mathbf{d}_{right} το διάνυσμα προς τα δεξιά του σκάφους (κάθετο στο πρώτο) και \mathbf{d}_{up} το διάνυσμα προς το πάνω μέρος του σκάφους (και κάθετο στα άλλα δύο). Αν δt είναι ο χρόνος που μεσολάβησε από το προηγούμενο καρέ μέχρι το τρέχον, η αλλαγή κατεύθυνσης του σκάφους μπορεί να πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τους ακόλουθους τύπους:

$$\mathbf{d}_{facing} = \text{normalize}(\mathbf{d}_{facing} + u \delta t \mathbf{d}_{right} + v \delta t \mathbf{d}_{up}),$$

$$\mathbf{d}_{right} = \text{normalize}(\mathbf{d}_{facing} \times \mathbf{Y}),$$

$$\mathbf{d}_{up} = \mathbf{d}_{right} \times \mathbf{d}_{facing}.$$

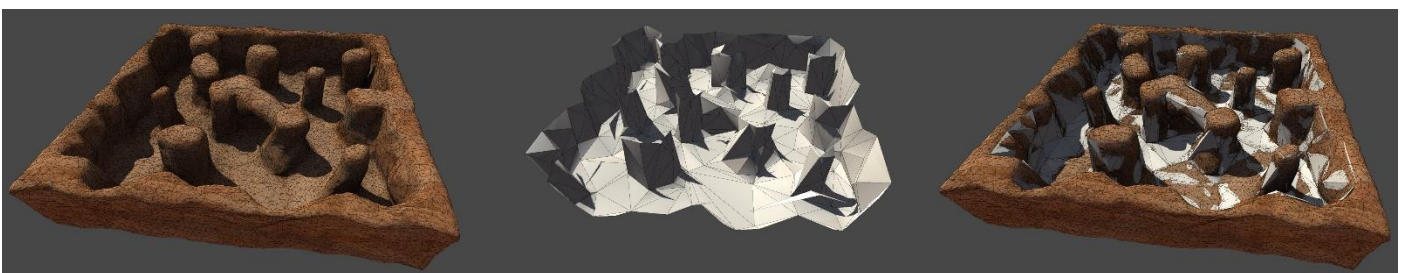
Η γραμμική κίνηση του σκάφους γίνεται με σταθερή ταχύτητα s (εκτός αν επινοήσετε κάποιο ειδικό Power-up που αλλάζει αυτό τον κανόνα) προς το διάνυσμα \mathbf{d}_{facing} :

$$\mathbf{p}_{craft} = \mathbf{p}_{craft} + s \delta t \mathbf{d}_{facing}.$$

Φροντίζουμε να ελέγχουμε σε κάθε καρέ τη θέση του σκάφους και να την περιορίζουμε καθ' ύψος στο μέγιστο ύψος του terrain ή λίγο πιο χαμηλά. Επίσης ανιχνεύουμε συγκρούσεις με το περιβάλλον και αν διαπιστωθεί κάποια, τερματίζει το παιχνίδι ή ο παίκτης χάνει μια ζωή, αν έχει παραπάνω από μια.

Ανίχνευση Συγκρούσεων

Βασικό κομμάτι του παιχνιδιού αποτελούν οι συγκρούσεις με το περιβάλλον. Για να διαπιστώσουμε αν η κίνηση του σκάφους το έφερε πολύ κοντά ή πάνω στη γεωμετρία του περιβάλλοντος, μπορούμε να δημιουργήσουμε ακτίνες πεπερασμένου μήκους που ξεκινούν από κομβικά σημεία του αεροσκάφους (π.χ. μύτη, άκρα πλευρικών πτερύγων, κάτω επιφάνεια) και να ελέγξουμε με κατάλληλο κώδικα την τομή τους με τη γεωμετρία, τρίγωνο προς τρίγωνο)



Για την ανίχνευση συγκρούσεων σε ένα τέτοιο πολύπλοκο περιβάλλον, θα χρειαστεί να στείλετε κάποιες λίγες ακτίνες μπροστά σας σε μια ζώνη (π.χ. ημισφαιρική) και να ελέγξετε αν η ελάχιστη απόσταση είναι μεγαλύτερη από μια προκαθορισμένη ακτίνα σύγκρουσης. Αυτή τη διαδικασία μπορείτε να την κάνετε στη CPU, είτε στο κύριο thread είτε σε ξεχωριστό. Επίσης, δε χρειάζεται ο ρυθμός ανίχνευσης συγκρούσεων να είναι όσο συχνή είναι η ενημέρωση της εικόνας, ειδικά αν δεν έχετε πολύ γρήγορα αντικείμενα να κινούνται στο χώρο (π.χ. βολές).

Επειδή η ανίχνευση συγκρούσεων απαιτεί τη συνεχή σύγκριση ακτινών με τα γεωμετρικά αντικείμενα του χώρου, σας έχουν δοθεί πολύ απλοποιημένες εκδόσεις της γεωμετρίας που απαρτίζουν τα Collision Hulls των πραγματικών μοντέλων και καλό είναι η ανίχνευση συγκρούσεων να γίνεται με αυτά αντί για την κανονική γεωμετρία. Στο σχήμα

που ακολουθεί, αυτά τα μοντέλα είναι φωτοσκιασμένα με πράσινο χρώμα. Στα αρχεία που σας δίνονται, τα collision hulls έχουν ίδιο όνομα με τα κανονικά με ένα πρόθεμα CH_.

Σημειώνεται επίσης ότι δε χρειάζεται να ελέγχετε καν με ακτίνες σύγκρουσης την εγγύτητά σας σε αντικείμενα αν η απόσταση του κέντρου τους από εσάς είναι αρκετά μεγάλη.

Για τη ανίχνευση συγκρούσεων, **θα σας δοθεί σχετικός κώδικας** στο εργαστήριο.

Φωτισμός

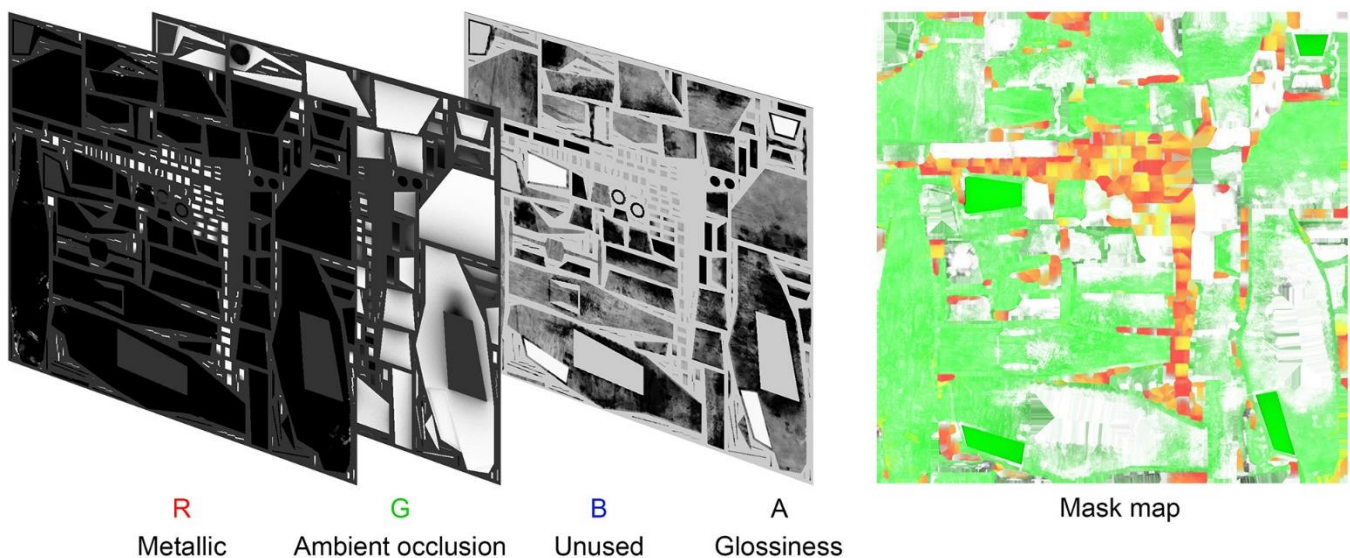
Η σκηνή θα πρέπει να διαθέτει τουλάχιστο ένα φως με σκιές που παριστάνει τον ήλιο. Τα αντικείμενα που σας δίνονται συνοδεύονται όλα από textures τα οποία χρειάζονται για τη σωστή προβολή των επιφανειών. Κατ' ελάχιστον, παρέχονται 3 maps:

- Βασικό χρώμα της (albedo), με όνομα: [ONOMA ASSET]_BaseMap.png
- Χαρακτηριστικά BRDF, με όνομα: [ONOMA ASSET]_MaskMap.png
- Tangent space normal map, με όνομα: [ONOMA ASSET]_Normal.png

Επιπλέον, για το terrain έχει προϋπολογιστεί και ένα lightmap για τον diffuse έμμεσο φωτισμό (terrain_Lightmap.png). Αυτή η εικόνα περιέχει τη διάχυση του φωτισμού αν ο ήλιος είναι πάνω από το terrain, χωρίς να περιλαμβάνει τον άμεσο φωτισμό. Επομένως, μπορείτε να τοποθετήσετε τον ήλιο οπουδήποτε ψηλά στον ουρανό (όχι, κοντά στον ορίζοντα δηλαδή) και να συνεχίζει να φαίνεται αρκετά συνεπής ο έμμεσος φωτισμός.

Τα αρχεία OBJ που σας δίνονται συνοδεύονται από τα αντίστοιχα αρχεία MTL που μέσα τους έχουν δηλωμένα τα παραπάνω Maps. Εκτός από τα Maps, τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά που περιλαμβάνονται στα MTL αρχεία πρέπει να αγνοηθούν, καθώς δεν περιέχουν τιμές χρήσιμες. Επίσης θα πρέπει να αγνοηθεί το όνομα του κάθε υλικού και δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται για κάποιο “material caching”.

Για τα χαρακτηριστικά της BRDF, η ακόλουθη σύμβαση τηρείται στα MaskMaps:



Το τοπικό μοντέλο φωτισμού σας θα πρέπει να είναι “physically correct” και να διατηρεί την ενέργεια σωστά (βλ. διαφάνειες μαθήματος).

Σημειώνεται ότι οι συμβάσεις για την εμφάνιση των επιφανειών και την πληροφορία που περιέχουν τα textures είναι συμβατά με assets που χρησιμοποιεί η Unity (standard metallic shader), οπότε δε θα έχετε πρόβλημα να βρείτε και ενσωματώσετε και αντικείμενα από άλλες πηγές στο παιχνίδι σας.

Μπορείτε να προσαρμόσετε το “look” των επιφανειών πολλαπλασιάζοντας τα ανεξάρτητα χαρακτηριστικά των textures με κάποιο συντελεστή και κυρίως τις τιμές του MaskMap. Για παράδειγμα, ανάλογα και με το μοντέλο φωτισμού, η παράμετρος “Glossiness” ενδέχεται να πρέπει να τροποποιηθεί ομοιόμορφα κατά το fragment shading, ανάλογα με το ακριβές μοντέλο φωτισμού που εφαρμόζεται.

Εκπόνηση και Βαθμολόγηση

Η εργασία απευθύνεται σε ομάδες με 1-3 άτομα. Για να πάρει πλήρη βαθμολογία μια εργασία που κάνει μόνο τη βασική υλοποίηση του παιχνιδιού, χωρίς επιπρόσθετες λειτουργίες, υποχρεωτικά θα πρέπει να είναι το πολύ δύο ατόμων. Ομάδες 3 ατόμων θα πρέπει να υλοποιήσουν επιπρόσθετες λειτουργίες. Οποιαδήποτε επιπρόσθετη λειτουργικότητα ή βελτίωση, προφανώς προσμετράται θετικά, αν γίνει σε εργασία 1-2 ατόμων.

Παράδοση και Εξέταση

Η εργασία θα παραδοθεί μετά το πέρας της εξεταστικής περιόδου, σύμφωνα με σχετική ανακοίνωση. Η εξέταση θα γίνει εξ’ αποστάσεως με τηλεδιάσκεψη με την κάθε ομάδα. Τα αρχεία της εργασίας σας θα τα ανεβάσετε σε εξωτερική πηγή (Google Drive, OneDrive, κλπ.) και θα στείλετε το σύνδεσμο στο eclass σε ένα αρχείο με τα ονόματά σας και τους ΑΜ.