

Ατομική Διπλωματική Εργασία

ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΧΟΡΟΥ ΜΕ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ANIMATION

Μαρία Σάββα

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2012

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Εκμάθηση Χορού με Σύγκριση Animation

Μαρία Σάββα

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ Γιώργος Χρυσάνθου

Η Ατομική Διπλωματική Εργασία υποβλήθηκε προς μερική εκπλήρωση των
απαιτήσεων απόκτησης του πτυχίου Πληροφορικής του Τμήματος Πληροφορικής του
Πανεπιστημίου Κύπρου

Μάιος 2012

Ευχαριστίες

Με την ευκαιρία του εγγράφου αυτού της Διπλωματικής μου Εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιώργο Χρυσάνθου για την συνεργασία, τη βοήθεια του, ιδιαίτερα όμως για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με τα Γραφικά σε ένα πολύ δημιουργικό θέμα.

Ευχαριστώ επίσης, τον επισκέπτη ακαδημαϊκό Ευστάθιο Σταυράκη, ο οποίος με βοήθησε στην αντιμετώπιση και λύση προβλημάτων καθ όλη τη διάρκεια του project. Ευχαριστώ, το Αντρέα Αριστείδου, για τις ιδέες και για την βοήθεια του στο κύριο μέρος της διπλωματικής μου.

Τέλος, πολλές ευχαριστίες, πρέπει να δώσω στους υπεύθυνους του Πολιτιστικού Εργαστηρίου Αγίων Ομολογητών, Παναγιώτη Θεοδώρου και Χριστιάνα Παπαδοπούλου, για την εμπιστοσύνη να υλοποιήσω το παιχνίδι αυτό για τον οργανισμό, καθώς και για τη συμπαράσταση από την αρχή μέχρι το τέλος της υλοποίησης της εργασίας αυτής.

Περίληψη

Το θέμα της διπλωματικής μου εργασίας στο οποίο ασχολήθηκα είναι η εκμάθηση Κυπριακών παραδοσιακών χορών μέσω τρισδιάστατου παιχνιδιού. Η εργασία αυτή προωθείται για το Πολιτιστικό Εργαστήρι Αγίων Ομολογητών και κύριοι χρήστες του θα είναι παιδιά.

Ο χρήστης θα έχει τη δυνατότητα να επιλέγει μια κίνηση από το menu, την οποία θα παρακολουθεί από τον εικονικό δάσκαλο και στη συνέχεια θα τη δοκιμάζει ο ίδιος. Η κίνησή του θα καταγράφεται από το kinect και θα συγκρίνεται με αυτή του δασκάλου.

Κίνητρο της εργασίας αυτής είναι η προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς εφόσον το Πολιτιστικό Εργαστήρι Αγίων Ομολογητών θα το χρησιμοποιεί εκτός από παιχνίδι και ως αρχείο για τον Κυπριακό Παραδοσιακό χορό. Στην ολοκλήρωση της εργασίας βοήθησε πολύ το εργαστήριο του Πανεπιστημίου Κύπρου «Motion Capture», το οποίο περιλαμβάνει σύστημα καταγραφής κίνησης. Το εργαστήριο αυτό περιλαμβάνει τον απαραίτητο εξοπλισμό για καταγραφή κίνησης real time και έτσι δίνει τη δυνατότητα να καταγραφής κίνησης ενός πραγματικού χορευτή ώστε να ενσωματωθεί σε τρισδιάστατο μοντέλο.

Στο μέλλον, η μελέτη αυτή θα συνεχιστεί με κύριο στόχο να μοντελοποιηθούν όλες οι δραστηριότητες του Πολιτιστικού Εργαστηρίου αλλά και τη βελτίωση της συγκεκριμένης δραστηριότητας, εκμάθησης χορού.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	3
1.3 Δομή Αναφοράς	3
Κεφάλαιο 2	5
Προηγούμενη Εργασία	5
2.1 Εισαγωγή	5
2.2 Συστήματα Καταγραφής Κίνησης	5
2.3 Τεχνικές Καταγραφής Κίνησης	9
2.4 Ομοιότητα κινήσεων	16
2.5 Προηγούμενες Χρήσεις της Σύγκρισης Animation	16
2.6 Kinect	22
2.7 Σύγκριση Συστημάτων Καταγραφής Κίνησης και Kinect	23
Κεφάλαιο 3	25
Σχεδίαση Συστήματος	25
3.1 Εισαγωγή	25
3.2 Διάγραμμα Ροής Διαδικασιών	25
3.3 Σχεδίαση Συστήματος	28
3.4 Αρχιτεκτονική Συστήματος	29
Κεφάλαιο 4	31
Υλοποίηση	31
4.1 Εισαγωγή	31
4.2 Λογισμικά Που Χρησιμοποιήσα	32
4.2.1 3D Studio Max 2009/2011/2012	32
4.2.2 Unity 3D	33
4.2.3 Εργαστήριο Motion Capture Πανεπιστημίου Κύπρου	34
4.2.4 Kinect	34
4.3 Δεδομένα Εικονικού Δασκάλου	35
4.4 Δεδομένα Μαθητευόμενου	36
4.5 Διαδικασία Καταγραφής Κίνησης- Motion Capture Ucy	36
4.5.1 Calibration	37
4.5.2 Applying Markers	38

4.5.3 Defining Skeleton & Rigid Bodies	39
4.5.4 Capture & Trajectorizing	39
4.6 Δημιουργία Μονοπατιού- Ξενάγηση	39
4.7 Προβλήματα- Περιορισμοί	42
4.8 Μεθοδολογία- Αλγόριθμος Σύγκρισης	43
Κεφάλαιο 5	45
Συμπεράσματα	45
5.1 Μελλοντική Δουλειά	45
5.3 Εμπειρίες που Αποκτήθηκαν	46
Βιβλιογραφία	47

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

1.3 Δομή Αναφοράς

1.1 Γενικά

Στις μέρες μας τα γραφικά υπολογιστών έχουν αναπτυχθεί απεριόριστα, και χρησιμοποιούνται για πολλές εφαρμογές σε διάφορες βιομηχανίες. Κάποιες από αυτές είναι:

- Ταινίες (Figure 1)
- Ηλεκτρονικά παιχνίδια (Figure 2)
- Προσομοιωτές για κλάδους της ιατρικής κ.α.

Επιπρόσθετα, στον τομέα των γραφικών χρησιμοποιείται πολύ τα τελευταία χρόνια η καταγραφή κίνησης. Η καταγραφή κίνησης (Motion Capture) είναι η εγγραφή κίνησης ανθρώπου ή άλλων αντικειμένων, δίνοντας την δυνατότητα αναπαραγωγής, ανάλυσης της και ενσωμάτωσης σε τρισδιάστατα μοντέλα, προσφέροντας έτσι ρεαλισμό στη κίνηση των χαρακτήρων. Χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς όπως στις ταινίες, τα παιχνίδια, τη ρομποτική, σε εφαρμογές ιατρικής και άλλα.

Ο χρήστης ή ο θεατής βρίσκεται σε ένα περιβάλλον που είναι πολύ κοντά στον πραγματικό κόσμο, και μπορεί να απολαμβάνει το παιχνίδι του.

Η καταγραφή κίνησης είναι κύριο μέρος της διπλωματικής μου εργασίας και θα δοθούν λεπτομέρειες σε επόμενα κεφάλαια.

Πιο κάτω παρουσιάζονται εικόνες για τις χρήσεις των γραφικών.



Figure 1: Τα γραφικά στην ταινία Avatar



Figure 2: Τα γραφικά σε ηλεκτρονικά παιχνίδια



Figure 3: Τα γραφικά στα κινούμενα σχέδια

1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας

Η αρχική ιδέα της διπλωματικής εργασίας ήταν η μοντελοποίηση όλων των δραστηριοτήτων του Πολιτιστικού Εργαστηρίου Αγίων Ομολογητών. Για να γίνει αυτό χρειάζεται περισσότερο χρόνο, και δεν θα μπορούσε να υλοποιηθεί στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας. Γι' αυτό μετά από συζήτηση περιοριστήκαμε σε μια από τις σημαντικότερες δραστηριότητες, την εκμάθηση κυπριακού παραδοσιακού χορού.

Η διπλωματική μου εργασία έχει στόχο την υλοποίηση ενός παιχνιδιού, ώστε ο χρήστης να έχει δυνατότητα να μαθαίνει κυπριακό παραδοσιακό χορό. Ο κυπριακός χορός για την διδασκαλία του απαιτεί περισσότερο ατομική παρά ομαδική δουλειά από δάσκαλο και μαθητή. Έτσι, στόχος είναι ο χρήστης να διδάσκεται κυπριακό παραδοσιακό χορό, όχι πλέον με τον συνηθισμένο παραδοσιακό τρόπο, «ακολουθώντας τη συμβουλή του δασκάλου», αλλά με την τεχνολογία καταγραφής κίνησης. Με τον τρόπο αυτό, βάζουμε τον χρήστη σε ένα εικονικό, ψηφιακό, αλλά πολύ ρεαλιστικό περιβάλλον, να αλληλεπιδρά με ένα εικονικό δάσκαλο και να διασκεδάζει παράλληλα το ξεχωριστό μάθημα χορού. Ένας δάσκαλος πλέον θα είναι πάντα διαθέσιμος για να διδάξει.

Οι κύριοι στόχοι του συστήματός μου είναι:

- Καταγραφή κίνησης από ένα επαγγελματία χορευτή
- Παρουσίαση των χορευτικών του κινήσεων σε ένα χαρακτήρα 3D
- Αποθήκευση της κίνησης του μαθητή μέσω του kinect
- Σύγκριση των κινήσεων
- Παρουσίαση βαθμού επιτυχίας

1.3 Δομή Αναφοράς

Στο κεφάλαιο 2 περιγράφονται όλα όσα πρέπει ο αναγνώστης να γνωρίζει ώστε να κατανοήσει τον στόχο και το πως αυτή η εργασία ολοκληρώθηκε. Δηλαδή, περιγράφονται τα συστήματα καταγραφής κίνησης καθώς και οι τεχνικές καταγραφής κίνησης. Δίνεται ένας ορισμός για το τι σημαίνει ομοιότητα κινήσεων, και έχει γίνει έρευνα πάνω σε προηγούμενες εργασίες που χρησιμοποίησαν την σύγκριση κινήσεων. Επίσης, περιγράφεται γενικά το kinect για το τι είναι και οι εφαρμογές της και συγκρίνεται με τα συστήματα καταγραφής κίνησης.

Το κεφάλαιο 3 αναφέρεται στη σχεδίαση του συστήματος. Περιγράφεται αναλυτικά μέσα από διαγράμματα από που ξεκίνησε η εργασία και ποια διαδικασία έχω ακολουθήσει για να φτάσω στο στόχο. Μέσα από διαγράμματα δίνεται η σχεδίαση και η αρχιτεκτονική του συστήματος.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η υλοποίηση της εργασίας. Δίνονται τα λογισμικά που χρησιμοποιήθηκαν για την ολοκλήρωση των στόχων. Γίνεται επεξήγηση για το τι είναι τα δεδομένα του δασκάλου και πως τα επεξεργάζονται καθώς και τα δεδομένα του μαθητευόμενου. Μέσα από σχεδιάγραμμα δίνεται η διαδικασία καταγραφής κίνησης από το εργαστήριο του Πανεπιστημίου Κύπρου. Τέλος παρουσιάζονται τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά τη διάρκεια υλοποίησης της εργασίας καθώς και ο αλγόριθμος που ακολούθησα παρόλα τα προβλήματα.

Στο τελευταίο και 5^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα, τα συμπεράσματα αλλά και οι εμπειρίες που αποκτήθηκαν μέσα σε ένα χρόνο με την διεκπεραίωση της εργασίας.

Κεφάλαιο 2

Προηγούμενη Εργασία

- 2.1 Εισαγωγή
 - 2.2 Συστήματα Καταγραφής Κίνησης
 - 2.3 Τεχνικές Καταγραφής Κίνησης
 - 2.4 Ομοιότητα Κινήσεων
 - 2.5 Προηγούμενες χρήσεις της σύγκρισης animation
 - 2.6 Kinect
 - 2.7 Σύγκριση Συστημάτων Καταγραφής Κίνησης και Kinect
-

2.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, γίνεται μια έρευνα όσο αφορά τα συστήματα καταγραφής κίνησης καθώς και οι τεχνικές ή μέθοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται. Ακολούθως, θα δοθεί ένας ορισμός για το τι είναι ομοιότητα δύο κινήσεων. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά σε προηγούμενες εργασίες ή μελέτες που έχουν γίνει πάνω στην σύγκριση δύο κινήσεων καθώς και μια περιγραφή για κάθε μια από αυτές. Μετά γίνεται περιγραφή της συσκευής του kinect. Τέλος, για ανακεφαλαίωση του κεφαλαίου αυτού γίνεται σύγκριση των συστημάτων καταγραφής κίνησης και του kinect.

2.2 Συστήματα Καταγραφής Κίνησης

Η καταγραφή κίνησης είναι σχετικά κάτι καινούριο στην τεχνολογία των γραφικών και ξεκινά στα τέλη του 1970 [1], [2],[3]. Είναι η διαδικασία καταγραφής κίνησης από ένα ή περισσότερα αντικείμενα και ανθρώπους.

Ειδικότερα οι κινήσεις των ανθρώπων σε ψηφιακή μορφή είναι ένα σημαντικό μέρος στο ευρύ φάσμα των μέσων και είναι συνήθης φαινόμενο στη ψυχαγωγία και στην εκπαίδευση. Χρησιμοποιούνται πολύ για τους χαρακτήρες στα παιχνίδια, για τα ειδικά εφέ σε ταινίες, στο στρατό για εκπαίδευση των στρατιωτών, σε βιομηχανίες για εκπαίδευση των εργαζομένων, και χρησιμοποιούνται επίσης ως εικονικά μέσα για ιατρική ανάλυση.

Στο μέλλον σίγουρα η ζήτηση της ψηφιακής απεικόνισης της κίνησης του ανθρώπου (human animation) σίγουρα θα είναι μεγαλύτερη. Όλοι σε ένα μεγάλο μέρος της ζωής τους, δαπανούν χρόνο στην παρατήρηση και αλληλεπίδραση με εικονικά άτομα (animation). Οι εικονικοί αυτοί άνθρωποι είναι απαραίτητο μέρος σε κάθε οπτικό μέσο για διάφορους λόγους, όπως η προσομοίωση πραγματικών παγκόσμιων γεγονότων. Οι άνθρωποι πλέον μπορούν να πάρουν την μορφή κινούμενων σχεδίων και να υπάρχει ο ρεαλισμός ακόμα και σε ταινίες τέτοιου είδους. Οι χαρακτήρες, γίνονται πιο ρεαλιστικοί και κάνουν τις εφαρμογές ψυχαγωγίας πιο ελκυστικές.

Είναι δύσκολη η δημιουργία και η απεικόνιση της ανθρώπινης κίνησης. Όχι μόνο γιατί το ανθρώπινο σώμα από μόνο του είναι περίπλοκο, αλλά και γιατί οι άνθρωποι δεν έχουν διάρκεια εμπειρίας και εξοικείωσης πάνω στον τομέα αυτό. Έχοντας στην καθημερινή μας ζωή συναναστροφές με άλλα άτομα, έχουμε προσαρμοστεί στις παραμικρές αποχρώσεις της ανθρώπινης κίνησης. Για παράδειγμα η διάθεση ενός ανθρώπου μπορεί να κριθεί από την στάση του σώματός του και τις κινήσεις του. Λόγω της συνήθειας αυτής, οι θεατές των ταινιών που κάνουν χρήση κινήσεων των ανθρώπων, μπορούν εύκολα να εντοπίσουν ανακρίβειες στα κινούμενα σχέδια και πρέπει η κίνησή τους να έχει πιστότητα ώστε να θεωρηθούν ρεαλιστικά.

Για την αύξηση της πιστότητας της κίνησης του ανθρώπου σε ψηφιακές εφαρμογές, αύξησε το ενδιαφέρον για την ανάπτυξη των συστημάτων καταγραφής κίνησης, μια τεχνολογία που επιτυγχάνει εντυπωσιακά ρεαλιστικές 3D καταγραφές κινήσεων ανθρώπων. Για την καταγραφή της κίνησης από τα συστήματα αυτά, απαιτείται περιορισμένος έλεγχος από τον animator, καθώς το μόνο που έχει να κάνει είναι να αναπαραγάγει αυτό που κατέγραψε.

Το κίνητρο για την δημιουργία ρεαλιστικών κινήσεων ήταν και ο παράγοντας ότι κάποιος δεν χρειάζεται απλά μια κίνηση αλλά καμιά φορά χρειάζονται πολλές συνεχόμενες κινήσεις. Ένας χαρακτήρας σε κάποιο παιχνίδι πρέπει να απαντά στις εισόδους του χρήστη και να προσαρμόζεται στο περιβάλλον. Σε έτσι περίπτωση χρειαζόμαστε χαρακτήρες με ευρύ φάσμα κινήσεων που να είναι ρεαλιστικές και να μπορούν να προσαρμοστούν σύμφωνα με τον σκοπό. Την δυνατότητα αυτή δίνουν τα συστήματα αυτά.

Φυσικά, ρεαλιστική κίνηση μπορεί να παρθεί, ζωγραφίζοντας μια ακολουθία χαρακτήρων σε διαφορετικές πόζες, τα λεγόμενα frames. Όμως αυτό απαιτεί χρόνο και ταλέντο από ένα καλλιτέχνη για να το εφαρμόσει. Με τα συστήματα καταγραφής κίνησης μειώνεται το κόστος χρόνου από το να ζωγραφίζει κάποιος σημείο με σημείο, εφόσον μέσα σε λίγα λεπτά μπορεί να γίνει καταγραφή της κίνησης από κάποιον που είναι μόνο για λίγες μέρες εκπαιδευμένος στο σύστημα. Επιπρόσθετα η επεξεργασία που θα γίνει μετά είναι ελάχιστη εφόσον η κίνηση καταγράφεται επακριβώς από τις κάμερες, και τα λάθη σίγουρα θα είναι ελάχιστα.

Τα δεδομένα του συστήματος, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία πιστότητας και αποτελεσματικής αναπαράστασης οποιασδήποτε κίνησης που μπορεί να εκτελέσει ένα πραγματικό πρόσωπο, και να γίνει ως εργαλείο σε βιομηχανίες παιχνιδιών και ταινιών. Για παράδειγμα δεν είναι εύκολο να γίνει καταγραφή κάθε διαφορετικού τρόπου που υπάρχει περπατήματος. Σε μια ταινία στην οποία έχει χρησιμοποιηθεί πολύ η καταγραφή κίνησης είναι η ταινία «Avatar». Πιο κάτω παρουσιάζεται μια εικόνα από τα γυρίσματα της ταινίας.



Figure 4: Καταγραφή κίνησης στα γυρίσματα του Avatar

Οι κινήσεις και τα δεδομένα που λαμβάνονται συνήθως μέσω των συστημάτων αυτών χρησιμοποιούνται κυρίως στις ταινίες, στα κινούμενα σχέδια ώστε να ενσωματώσουν τις κινήσεις πάνω σε μοντέλα τριών-διαστάσεων. Η ενσωμάτωση της κίνησης αυτής, η οποία είναι κίνηση από πραγματικό κόσμο κάνει τις ταινίες αυτές, το παιχνίδι ή οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή να έχει περισσότερο ρεαλισμό.

Μια πολύ καλή δυνατότητα που δίνουν αυτά τα συστήματα είναι ότι μια προσπάθεια μπορεί να γίνει πολλές φορές, μέχρι την επιτυχία του στόχου, χωρίς να μεταβάλλεται η πολυπλοκότητα ή η απόδοση. Όλα εξαρτώνται, όχι από το σύστημα άλλα από το ταλέντο του ηθοποιού. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα να παρθούν κινήσεις ρεαλιστικές άλλα και πολύ πολύπλοκες, χωρίς και πάλι να αλλάζει η απόδοση του συστήματος. Τέλος, δυνατό σημείο των συστημάτων αυτών είναι ότι στην καταγραφή κίνησης γίνεται να συμμετέχουν περισσότεροι από ένας ηθοποιοί.

Παρ'όλα αυτά τα συστήματα καταγραφής κίνησης είναι πολύ ακριβά για την αγορά τους. Είναι πολύ συγκεκριμένα συστήματα και απαιτούν ειδικό λογισμικό και υλικό ώστε να παρθούν τα δεδομένα. Καμιά φορά για το στήσιμο των συστημάτων αυτών απαιτείται ειδικό εργαστήριο, ειδικός χώρος για να μπορεί να υπάρχει όλος ο εξοπλισμός (Figure 5), και αυτό εξαρτάται συνήθως από το οπτικό πεδίο της κάμερας που χρησιμοποιούνται (μαγνητικό, ή υπέρυθρο φως).



Figure 5: Απαιτούν ειδικό λογισμικό, υλικό και χώρο

Καμιά φορά, όταν γίνει κάποιο λάθος κατά την καταγραφή της κίνησης, ίσως είναι πιο εύκολο να γίνει ξανά από την αρχή η καταγραφή παρά να γίνει επεξεργασία και διόρθωση των ήδη καταγραφωμένων δεδομένων. Υπάρχει, αρκετά μεγάλη πολυπλοκότητα στην επεξεργασία τους. Έτσι, μέχρι να εξαχθεί το αποτέλεσμα σωστά και με επιτυχία, υπάρχει κόστος χρόνου. Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι κάποια συστήματα επιτρέπουν να φαίνονται τα λάθη *real time* πριν τελειώσει ολόκληρη η διαδικασία. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται το πρόβλημα της επανάληψης.

Τέλος, αν το άτομο ή αντικείμενο που εκτελεί την κίνηση έχει διαφορετικές αναλογίες σώματος από το μοντέλο στο οποίο θα ενσωματωθεί η κίνηση, τότε μπορούν να υπάρξουν πολλά προβλήματα, όπως η μη φυσικότητα του μοντέλου, όταν ο εκτελεστής της κίνησης δεν είναι προσεκτικός με τις κινήσεις του. Μια απεικόνιση για την καταγραφή κίνησης και την ενσωμάτωση της κίνησης στο τρισδιάστατο μοντέλο φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα.

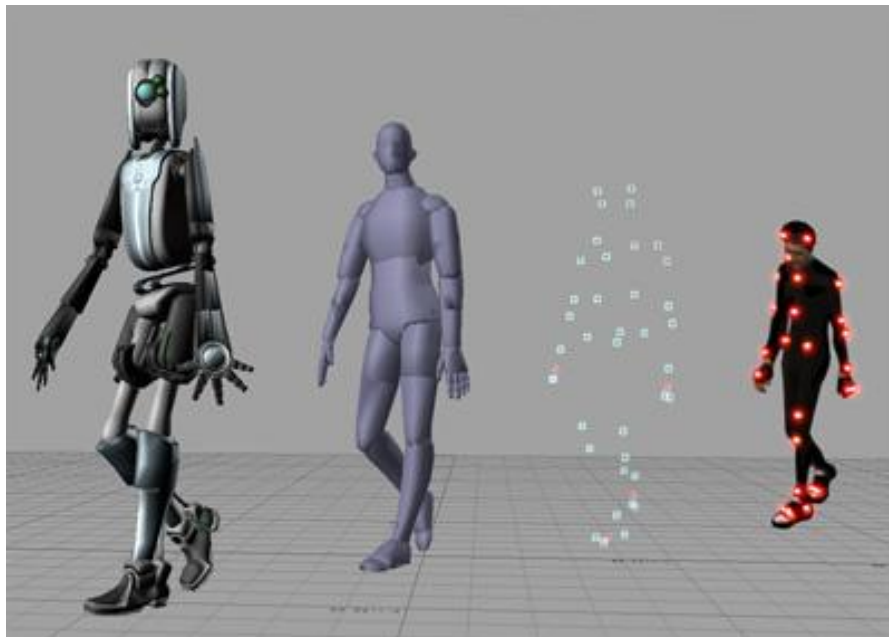


Figure 6: Απεικόνιση της διαδικασίας καταγραφής κίνησης και ενσωμάτωση στο τρισδιάστατο μοντέλο

2.3 Τεχνικές Καταγραφής Κίνησης

Από τα προηγούμενα χρόνια μέχρι σήμερα, υπάρχει μεγάλη εξέλιξη στους τρόπους και συστήματα που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή κίνησης [4].

Πρώτη τεχνική που χρησιμοποιήθηκε και πάνω στην οποία βασίστηκε η καταγραφή κίνησης είναι η «rotoscoping» [5],[6]. Rotoscoping είναι η προβολή μιας σειράς από φωτογραφημένα frames κάποιας εικόνας, έτσι ώστε ο καλλιτέχνης να μπορεί να εντοπίσει την εικόνα μέσα από το frame. Συγκεκριμένα, οι εικόνες προβάλλονται σε μια γυάλινη επιφάνεια (Figure 7) και ξανα-ζωγραφίζονται από τον καλλιτέχνη. Μπορεί να θεωρηθεί και ως «ζωγραφική σε ταινίες».

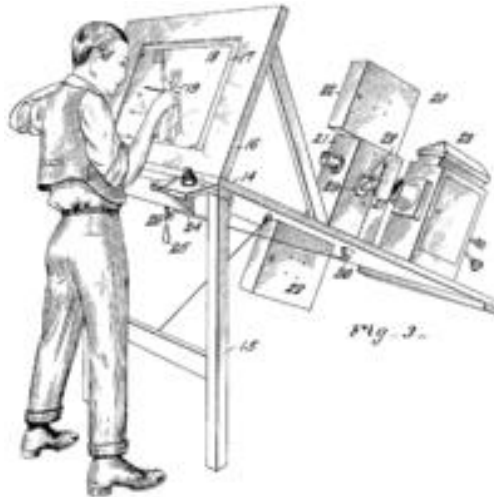


Figure 7: Η επιφάνεια από γυαλί

Η ίδια δουλειά στις μέρες μας μπορεί να γίνει με τις ψηφιακές εικόνες και ειδικά λογισμικά στους υπολογιστές. Εργαλεία τα οποία προσφέρουν αποτελεσματικούς τρόπους για rotoscope είναι το Digital Magic και Elastic Reality. Το rotoscoping είναι μια τεχνική η οποία χρησιμοποιήθηκε πολύ για τα κινούμενα σχέδια ή στην τηλεόραση για την δημιουργία ειδικών εφέ για την παραγωγή ρεαλισμού.

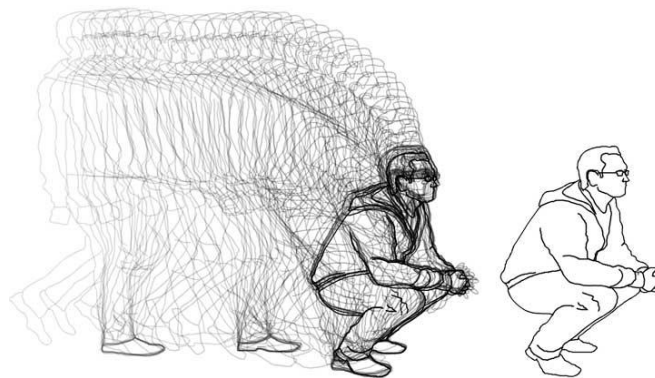


Figure 8: Δημιουργία animation με την τεχνική του rotoscoping

Υπάρχουν διάφορα είδη συστημάτων που χρησιμοποιούνται για την καταγραφή κίνησης.

- Markers Based Motion Capture
 - Optical Systems
 - Passive Optical System
 - Active Optical System
 - Non Optical
 - Inertial Systems
 - Mechanical Systems
 - Magnetic Systems
- Marker-less Motion Capture

Τα οπτικά συστήματα καταγραφής κίνησης [7],[8],[9] ανήκουν στην κατηγορία στην οποία χρησιμοποιούν markers. Πολλές κάμερες περιβάλλουν το χώρο στον οποίο θα γίνει η καταγραφή. Κάθε κάμερα στέλνει ακτίνα υπέρυθρου φωτός, το οποίο στέλνεται πίσω από τους markers.

Ως συστήματα έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πολύ εύκολα διαμορφώσιμα. Ο χώρος μπορεί να είναι σχετικά μεγάλος και για αυτό είναι χρήσιμα για καταγραφή κίνησης που αφορούν αθλητισμό και κινήσεις γυμναστικής. Είναι πολύ δημοφιλή συστήματα για την καταγραφή κίνησης για τα κινούμενα σχέδια, για περιπτώσεις αθλητικών παιχνιδιών καθώς και για χρήση σε ταινίες.

Υπάρχουν όμως και τα μειονεκτήματα των συστημάτων αυτών. Χρειάζεται επεξεργασία της κίνησης μετά την καταγραφή της και κατα συνέπεια πολύς χρόνος. Συχνά, τα δεδομένα δεν μπορούν να καταγραφούν σε real-time, με αποτέλεσμα να χρειάζονται ώρες ή και μέρες πριν να βγει το τελικό αποτέλεσμα, το οποίο στο τέλος ίσως να είναι προβληματικό και ο χρήστης να μην έχει προγραμματίσει για το εργαστήριο και μια δεύτερη μέρα.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι το πρόβλημα με τους markers. Το σύστημα μπερδεύεται όταν μια κάμερα χάσει από το οπτικό της πεδίο ένα marker με αποτέλεσμα ο χρήστης του συστήματος να χρειάζεται ώρες για επεξεργασία και διόρθωση των σφαλμάτων. Ένα

παρόμοιο πρόβλημα είναι ότι είναι δύσκολο να καταγράψουν κίνηση πολλών αντικειμένων γιατί όταν έρχονται κοντά τα markers του ενός αντικειμένου με του άλλου και επικαλύπτονται το σύστημα μπερδεύεται για το που ανήκει ο κάθε marker.

Τα συστήματα αυτά χωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες, active optical system [10] και passive optical system [11].



Figure 9: Το οπτικό σύστημα καταγραφής κίνησης

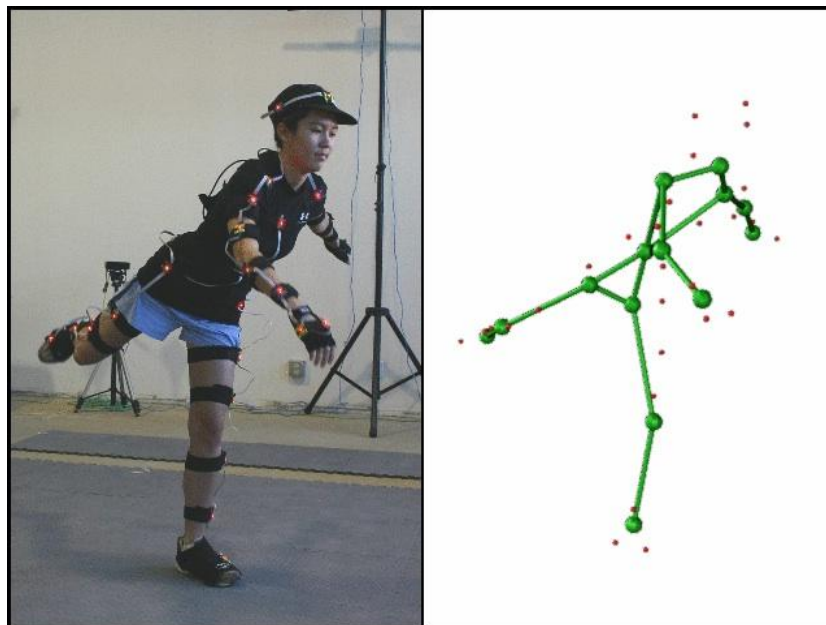


Figure 10: Τα δεδομένα σε ένα οπτικό σύστημα καταγραφής κίνησης

Τα passive optical systems χρησιμοποιούν markers οι οποίοι είναι επικαλυμμένοι με αντανακλαστικό υλικό ώστε να αντανακλούν το φως που παράγεται από το φακό της κάθε κάμερας. Υπάρχει η δυνατότητα να ρυθμιστεί και να οριστεί ένα κατώφλι ώστε οι κάμερες να αγνοούν το δέρμα και το ύφασμα και να αναγνωρίζουν μόνο τους markers. Ένα αντικείμενο με markers σε συγκεκριμένες θέσεις, χρησιμοποιείται για βαθμονόμηση (calibration) της κάθε κάμερας, λαμβάνονται οι θέσεις τους και μετριέται η παραμόρφωση του φακού της κάθε μιας. Επιπρόσθετα, τα συστήματα αυτά δεν απαιτούν από τον χρήστη να φορέσει καλώδια ή ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Μειονέκτημα, είναι ότι η καταγραφή κίνησης μέσω των συστημάτων αυτών γίνεται μια χρονοβόρα διαδικασία που απαιτεί πολλή παρέμβαση από τον χειριστή, για τη επιδιόρθωση προβλημάτων στα δεδομένα.

Τα Active optical systems, είναι τα πιο ακριβά σε κόστος συστήματα αλλά τα πιο αποτελεσματικά. Το σύστημα χρησιμοποιεί markers οι οποίοι παράγουν το δικό τους φως αντί να αντανακλούν το φως από τις πηγές. Το σύστημα επίσης επιτρέπει την καταγραφή κίνησης περισσότερων από ενός αντικειμένων από μακρινές αποστάσεις. Για καταγραφή κινήσεων μεγάλων σκηνών και πολλών ηθοποιών, χρειάζεται ένα τέτοιο σύστημα.

Τα inertial συστήματα [12] βασίζεται σε αδρανειακούς (inertial) αισθητήρες. Τα δεδομένα κίνησης των αισθητήρων αυτών μεταδίδονται ασύρματα σε ένα υπολογιστή όπου η κίνηση καταγράφεται ή εμφανίζεται. Τα περισσότερα αδρανειακά συστήματα χρησιμοποιούν γυροσκόπια για την μέτρηση των τιμών περιστροφής, οι οποίες αποθηκεύονται σε ένα σκελετό στο λογισμικό πρόγραμμα του συστήματος. Δεν χρειάζονται επιπλέον κάμερες, ή markers (Figure 11) για κάποιες κινήσεις, όμως μερικές φορές χρειάζεται να δοθεί η ακριβής θέση του χρήστη. Αυτά τα συστήματα μοιάζουν με τα Wii, με την διαφορά ότι είναι πιο ευαίσθητα και έχουν μεγαλύτερη ανάλυση, και μπορούν να μετρήσουν με ακρίβεια την κατεύθυνση προς το έδαφος. Όλο και περισσότεροι χρήστες αγοράζουν αυτό το είδος συστήματος λόγω της εύκολης εγκατάστασής τους.



Figure 11: Στολή των αδρανειακών συστημάτων

Τα μηχανικά συστήματα [13],[14] ανήκουν και αυτά στην κατηγορία των μη οπτικών συστημάτων. Υπάρχουν αισθητήρες συνδεδεμένοι στο σώμα (Figure 12) και καταγράφουν τις γωνίες των αρθρώσεων. Συχνά αναφέρονται ως exo-skeleton λόγω της σύνδεσης των αισθητήρων. Οι εκτελεστές αποδίδουν την σκελετική δομή στο σώμα τους, και ενώ κινούνται τα μηχανικά αρθρωτά μέρη, υπολογίζουν τη σχετική κίνηση του εκτελεστή. Είναι σύστημα χαμηλού κόστους και καταγράφει κίνηση real-time.



Figure 12: Στολή των μηχανικών συστημάτων

Τα μαγνητικά συστήματα [15],[16] ανήκουν στην κατηγορία των μη οπτικών συστημάτων και έρχονται να αντιμετωπίσουν πολλές από τις ατέλειες των οπτικών συστημάτων. Στα συστήματα αυτά ρυθμίζεται ένα μαγνητικό πεδίο, και ο ηθοποιός φοράει αισθητήρες οι οποίοι ανιχνεύουν τη θέση και τον προσανατολισμό του κάθε σκέλους με βάση το μαγνητικό πεδίο. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την καταγραφή real time. Το μειονέκτημά του είναι ότι είναι πολύ ευαίσθητη η περιοχή στη οποία θα καταγραφεί η κίνηση. Μεταλλικά αντικείμενα δεν πρέπει να βρίσκονται κοντά στην περιοχή αυτή, και για να υπάρχει καλή ποιότητα των δεδομένων η καταγραφή θα πρέπει να γίνεται σε μικρό χώρο. Επιπλέον πολλά καλώδια πρέπει να είναι συνδεδεμένα με τον ηθοποιό που κάνουν πολύ δυσκολότερη την ευελιξία στις κινήσεις του. Σε υψηλότερου επιπέδου μαγνητικά συστήματα αυτά γίνονται με σύνδεση wireless και όλα είναι συνδεδεμένα σε μια μονάδα, και έτσι δεν χρειάζεται η χρήση καλωδίων. Αυτό δίνει μεγαλύτερη ελευθερία στις κινήσεις του ηθοποιού, όμως το πρόβλημα σε σχέση με τα οπτικά συστήματα δεν παύει να υπάρχει αν συγκρίνουμε ότι το μόνο βάρος για τον ηθοποιό στα οπτικά συστήματα είναι οι markers.

Μέχρι τώρα έγινε περιγραφή των συστημάτων που χρησιμοποιούν αισθητήρες ή markers για την καταγραφή κίνησης. Υπάρχει όμως και η κατηγορία που δεν χρησιμοποιούν τίποτα από αυτά. Σε αυτή τη κατηγορία μπορεί να κατηγοριοποιηθεί και το kinect, μέσω του οποίου μπορεί να γίνει καταγραφή κίνησης όμως δεν χρησιμοποιεί markers.

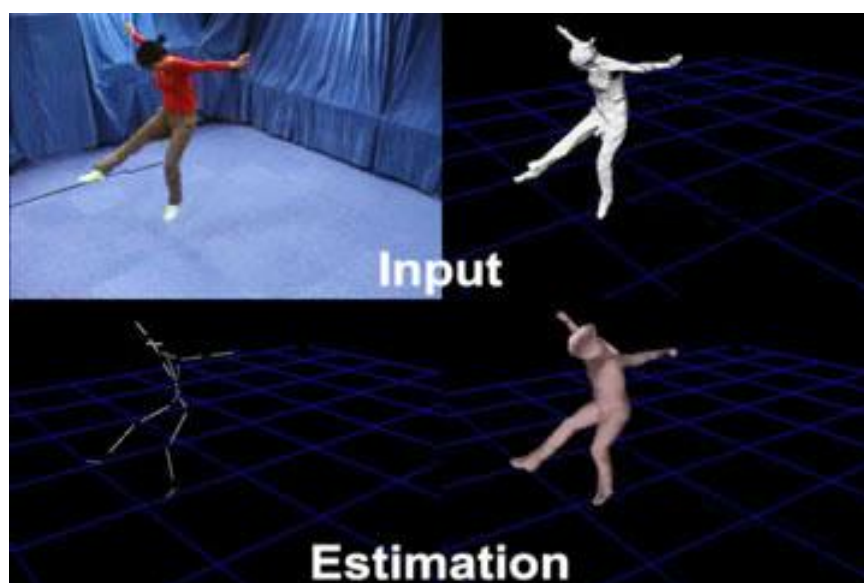


Figure 13: Καταγραφή κίνησης χωρίς τη χρήση markers

2.4 Ομοιότητα κινήσεων

Η σύγκριση μεταξύ δύο κινήσεων εξαρτάται από τα δεδομένα του συστήματος καταγραφής κίνησης. Δεν υπάρχει κάποιος ορισμός που να καθορίζει επ'ακριβώς πότε δύο κινήσεις είναι όμοιες και αυτό δεν είναι πάντα σαφές. Επίσης, εξαρτάται από τον κάθε άνθρωπο πότε θεωρεί δύο κινήσεις όμοιες. Αν η σύγκριση γίνεται σε κινήσεις χορευτών σε μια ακριβής χορογραφία θα είναι πολύ διαφορετικό από το να συγκρίνω δύο χορευτές με αυτοσχεδιασμό. Σίγουρα στους πρώτους θα πρέπει να εμβαθύνει κάποιος περισσότερο σε λεπτομέρεια εφόσον πρέπει να υπάρχει συγχρονισμός και ακρίβεια στις κινήσεις. Ένα άλλο παράδειγμα, οι κινήσεις «περπάτημα» και «τρέξιμο» μπορεί για κάποιους να μην είναι καθόλου όμοιες όμως για κάποιους άλλους μπορεί να είναι όμοιες λόγω του ότι είναι δύο κινήσεις μετακίνησης. Όταν μελετηθεί με περισσότερη λεπτομέρεια, οι δύο κινήσεις είναι διαφορετικές λόγω ταχύτητας και χρόνου. Αυτό εξαρτάται από τους σκοπούς που θα χρησιμοποιηθεί η κίνηση και τα δεδομένα στα οποία δίνει το σύστημα καταγραφής κίνησης.

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που επηρεάζουν μια κίνηση. Κάποιοι από αυτούς είναι:

- Η ταχύτητα
- Η κατεύθυνση
- Το μέγεθος του σώματος
- Στυλ
- Η παρουσίαση του καλλιτέχνη

Επίσης, μια κίνηση όπως το περπάτημα μπορεί να διαφέρει από κάποιου άλλου το περπάτημα λόγω της απόδοσης της συναισθηματικής έκφρασης ή διάθεσης και από άλλα περίπλοκα χαρακτηριστικά του ανθρώπου.

2.5 Προηγούμενες Χρήσεις της Σύγκρισης Animation

Μετά από έρευνα, στο υποκεφάλαιο αυτό θα καταγραφούν προηγούμενες δουλειές που έχουν γίνει βασισμένες στην καταγραφή κίνησης και σύγκρισης της.

Το 2007 έχει γίνει μια δημοσίευση άρθρου με τίτλο «Immersive Performance Training Tools Using Motion Capture Technology» [17]. Κατά το άρθρο αυτό, έχει υλοποιηθεί

ένα σύστημα, μέσω του οποίου ο χρήστης μαθαίνει χορό με χρήση του συστήματος καταγραφής κίνησης (Motion Capture). Κύριος στόχος της υλοποίησης αυτής ήταν η διδασκαλία χορού μέσω ενός εικονικού δασκάλου, κάνοντας τον χρήστη να νιώθει ότι βρίσκεται σε πραγματικό περιβάλλον διδασκαλίας χορού. Η κίνηση/παρουσίαση του μαθητή αναλύεται από το σύστημα και ο εικονικός δάσκαλος δίνει τα σχόλια για την πρόοδο του. Το σύστημα αυτό χωρίζεται σε τρία μέρη:

- Δωμάτιο Εκπαίδευσης (Training Room)
- Εικονική τάξη (Virtual Classroom)
- Εξυπηρετητής Δεδομένων (Data Server)

Το δωμάτιο εκπαίδευσης περιλαμβάνει όλα όσα χρειάζονται για να καταγραφεί η κίνηση από τον μαθητή. Βασικά είναι το σύστημα καταγραφής κίνησης, οι κάμερες και η οθόνη. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος, ο χαρακτήρας του μαθητή ζωγραφίζεται στην οθόνη σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο (animation) και ο έτσι ο μαθητής μπορεί να ελέγχει τον δικό του χαρακτήρα στην οθόνη. Με το σύστημα υπάρχουν συνδεδεμένα μεγάφωνα ώστε ο μαθητής να μπορεί να ακούει τις οδηγίες από τον δάσκαλο αλλά τον βλέπει και πάνω στην οθόνη να χορεύει. Στο τέλος ο μαθητής λαμβάνει σχόλια για όλη του την παρουσίαση.

Το σύστημα καταγραφής κίνησης απαιτεί από τον μαθητή να φορέσει τη στολή με markers ώστε να αναγνωρίζεται η θέση τους από τις κάμερες μέσω της αντανάκλασης φωτός. Έτσι, παίρνονται τα δεδομένα real time και αυτά στέλνονται στο σύστημα για επεξεργασία.

Η εικονική τάξη (

Figure 15), αντιπροσωπεύει κυρίως την αλληλεπίδραση δασκάλου και μαθητή. Ο δάσκαλος στην εικονική τάξη αντιδρά ανάλογα με τις δράσεις του μαθητή και ο μαθητής ακολουθεί το δάσκαλο σύμφωνα με το προ-σχεδιασμένο πλάνο. Κάποιες κινήσεις έχουν καταγραφεί από πριν από πραγματικούς χορευτές και είναι όλες αποθηκευμένες στον εξυπηρετητή (server). Στον μαθητή παρουσιάζονται διάφορα ονόματα και τύποι μαθημάτων για παρουσίαση και μπορεί να επιλέξει ένα από αυτά για την εκπαίδευσή του. Όταν επιλέξει ο μαθητής τα δεδομένα από τους πραγματικούς

χορευτές θα παρθούν από τον εξυπηρετητή και την ίδια στιγμή γίνεται έλεγχος αν το σύστημα καταγραφής κίνησης είναι έτοιμο για να καταγράψει κίνηση.

Η αλληλεπίδραση του μαθητή με το δάσκαλο είναι αυτό που κάνει το σύστημα ακόμη πιο ενδιαφέρον. Ο δάσκαλος δίνει τα σχόλια για την παρουσίαση αλλά μπορεί να εισηγηθεί στον μαθητή ποιο από τα πλάνα είναι καλό να επιλέξει ώστε να εξασκηθεί με την κίνηση του ή ποιες συγκεκριμένες κινήσεις θα πρέπει να δουλέψει περισσότερο. Ο δάσκαλος δείχνει στον μαθητή βασικές απλές κινήσεις οι οποίες ταξινομούνται σε διάφορα επίπεδα δυσκολίας. Όταν ο μαθητής συμπληρώσει μια κίνηση ο δάσκαλος δίνει την επόμενη κτλ. Όταν ο μαθητής δεν καταφέρνει σωστά μια κίνηση ο δάσκαλος του την δείχνει ξανά μέχρι να ολοκληρωθεί και να το κάνει σωστά. Στο τέλος όλες οι κινήσεις ενώνονται σε μια ακολουθία. Ο δάσκαλος έχει την δυνατότητα όταν ο μαθητής κάνει όλη την χορογραφία να λαμβάνει τα μέρη στα οποία ο μαθητής έχει κάνει λάθη και να του λέει ποιο μέρος του χορού πρέπει να εξασκήσει περισσότερο. Η εκπαίδευση τελειώνει όταν ο δάσκαλος μένει ικανοποιημένος από την παρουσίαση του μαθητή.

Η σύγκριση του συστήματος αυτού, γίνεται συλλέγοντας τα δεδομένα και συγκρίνοντας τις γωνίες των αρθρώσεων σε κάθε frame. Όταν ο μαθητής προσπαθεί να κάνει τις κινήσεις του για το μάθημα, σε κάθε frame η άρθρωση συγκρίνεται με το ανάλογο frame του εικονικού δασκάλου που βρίσκεται στην οθόνη.

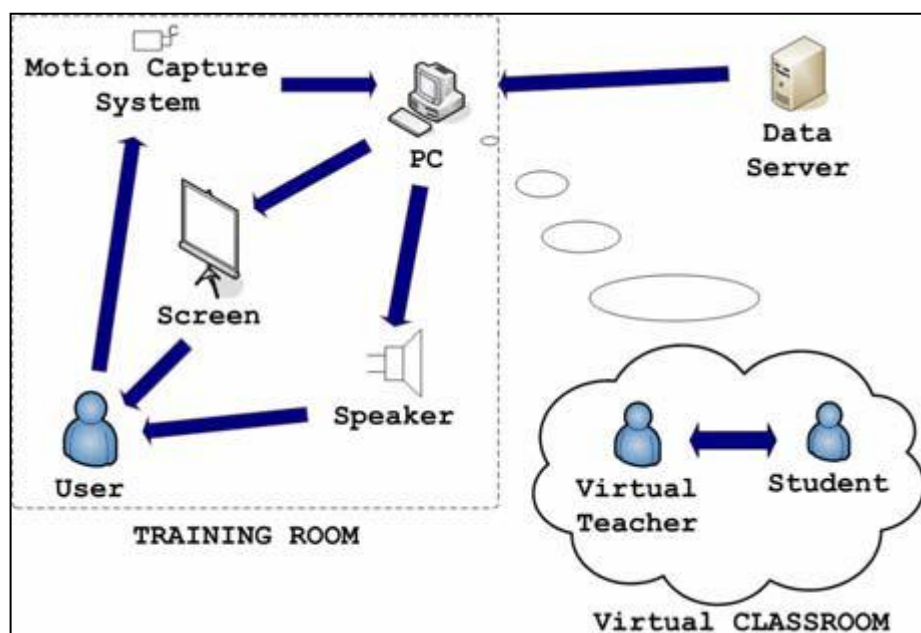


Figure 14: Αλληλεπίδραση χρήστη με σύστημα

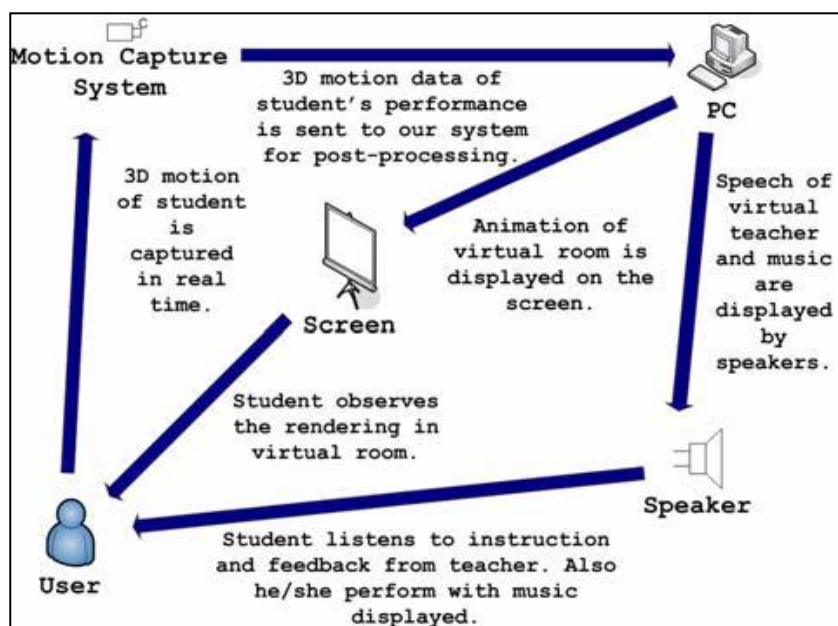


Figure 15: Αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα στη τάξη του μαθήματος

Το 2008 έχει δημοσιευθεί στο διαδίκτυο ένα άρθρο με τίτλο «Emulating human perception of motion similarity» [18]. Στο άρθρο αυτό, προτείνεται μια μέθοδος αξιολόγησης της ομοιότητας ανθρώπινων στάσεων βασισμένη σε τεχνικές μηχανών μάθησης. Για προετοιμασία της εργασίας αυτής έχουν απαντηθεί ερωτηματολόγια για το πότε δύο κινήσεις είναι όμοιες ή όχι και έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι η απόσταση μεταξύ των αρθρώσεων του σώματος επηρεάζει την ομοιότητα των κινήσεων στην αντίληψη του ανθρώπου. Χρησιμοποιώντας την απόσταση μεταξύ των αρθρώσεων εκπαιδεύουν το σύστημα στο να υπολογίζει την ομοιότητα μεταξύ δύο αυθαίρετων κινήσεων.

Για την καταγραφή της κίνησης χρησιμοποιήθηκε το Eagle MotionAnalysis optical motion capture system, που φαίνεται στην πιο κάτω εικόνα.

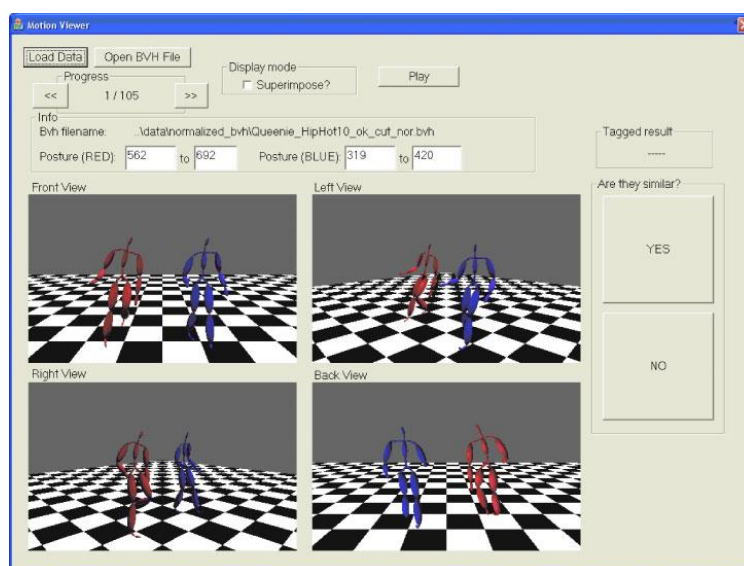


Figure 16: Eagle Motion Capture System

Μέσα από έρευνα, βρήκαν τους συνδυασμούς αρθρώσεων οι οποίοι επηρεάζονται περισσότερο και που είναι ευαίσθητα σημεία, και όρισαν τα βάρη σύμφωνα με τη σημαντικότητά τους. Γίνεται χρήση του σταθμισμένου αθροίσματος της σχετικής απόστασης και υπολογίζεται το βάρος του κάθε συνδυασμού αρθρώσεων. Η σύγκριση της ομοιότητας των κινήσεων γίνεται με το μέτρημα των αριθμών των αντίστοιχων στάσεων που είναι αντιληπτικά όμοιες. Ο αριθμός των στάσεων γίνεται με την κανονικοποίηση της διάρκειας των δύο κινήσεων. Αν η αναλογία των όμοιων στάσεων υπερβαίνει ένα ορισμένο κατώφλι τότε οι δύο κινήσεις αξιολογούνται ως αντιληπτικά όμοιες. Η τιμή του κατωφλίου υπολογίζεται από τα δεδομένα εκπαίδευσης. Όταν το κατώφλι έχει μεγάλη τιμή τότε σημαίνει πως ζευγάρια κινήσεων που δεν είναι όμοια έχουν ομαδοποιηθεί ως όμοια, και όταν το κατώφλι έχει χαμηλή τιμή σημαίνει ότι λανθασμένα κάποιες κινήσεις που είναι όμοιες έχουν ομαδοποιηθεί ως ανόμοιες.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το σύστημα αυτό υπερτερεί από άλλα συστήματα που υπολογίζουν την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των αρθρώσεων.

Παρόμοιο σύστημα, έχει υλοποιηθεί το 2011, «Interactive Dancing Game with Real-time Recognition of Continuous Dance Moves from 3D Human Motion Capture» [19], και αφορά την καταγραφή κίνησης και την αξιολόγηση χορευτή. Ο χρήστης αλληλεπιδρά με τον εικονικό του σύντροφο μέσω χορού και αξιολογείται για αυτή του

την παρουσία. Δηλαδή, ο εικονικός χορευτής έχει την ικανότητα να χορεύει σε συνεργασία με τον χρήστη του συστήματος αναγνωρίζοντας τις κινήσεις του χρήστη real time. Η αναγνώριση και η αντίδραση του δασκάλου (εικονικού συντρόφου) πρέπει να γίνεται χωρίς καθυστέρηση. Για την αναγνώριση της κίνησης του χορευτή χρησιμοποιήθηκε οπτικό σύστημα καταγραφής κίνησης με χρήση markers για να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια. Το σύστημα αυτό χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος είναι ο μαθητής να νιώσει άνετα με κάποιες συγκεκριμένες κινήσεις κάνοντας εξάσκηση πάνω σε αυτές, και το δεύτερο μέρος είναι η ελεύθερη κίνηση όπου ο μαθητής μπορεί να χορέψει ελεύθερα.

Στο σύστημα υπάρχουν οκτώ πρότυπα χορευτικών κινήσεων. Από το σύστημα καταγραφής κίνησης γίνεται η καταγραφή κίνησης του χορευτή. Τα δεδομένα αυτά ψηφιοποιούνται και καταγράφονται σε ένα υπολογιστή. Ο server με τα δεδομένα στέλνει την κίνηση για αναγνώριση. Η κίνηση αναλύεται από το σύστημα και το σύστημα βρίσκει την πιο κατάλληλη κίνηση από τα οκτώ πρότυπα για τον εικονικό χορευτή και αυτό παρουσιάζεται στην οθόνη του χρήστη. Ο εξυπηρετητής, περιλαμβάνει συγχρονισμένες κινήσεις μεταξύ των δύο χορευτών. Αυτό είναι σημαντικό γιατί το σύστημα πρέπει κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού να εκτελεί συνεχώς αναγνώριση της κίνησης χωρίς καθυστέρηση ώστε να γίνεται εύκολη η αλληλεπίδραση των δύο χορευτών. Για αυτή τη λειτουργία αναγνώρισης κατασκευάσαν ένα αυτόματο που δείχνει τις διαφορετικές καταστάσεις κατά την αναγνώριση της κίνησης.

Πιο κάτω φαίνεται η αρχιτεκτονική του συστήματος.

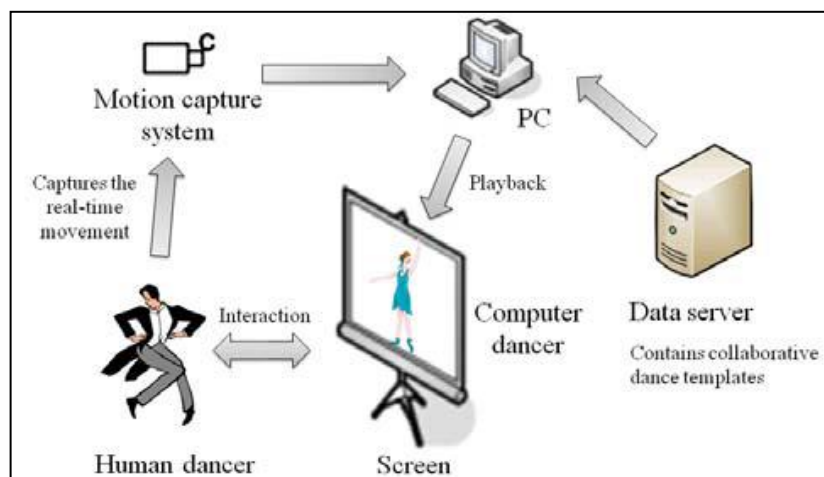


Figure 17: Το διάγραμμα αρχιτεκτονικής του συστήματος

2.6 Kinect

Το Kinect [20] είναι μια συσκευή ανίχνευσης κίνησης, από την Microsoft για το Xbox 360 αλλά και τα WindowsPcs.

Είναι από μόνη της εξαιρετική κονσόλα με επεξεργαστική ισχύ. Αυτό οδηγεί στην ανίχνευση κίνησης, στα παιχνίδια με γραφικά, που οδηγεί σε μια αίσθηση ρεαλισμού. Το υλικό και το λογισμικό μαζί προσφέρουν μια ανώτερη πλατφόρμα ανάπτυξης για τα windows και μια καλύτερη ποιότητα, για τους τελικούς χρήστες.



Figure 18: Συσκευή Kinect

Κάνει δύο λειτουργίες:

- Δημιουργία τρισδιάστατης κινούμενης εικόνας των αντικειμένων στο οπτικό πεδίο, καθώς και
- Αναγνώριση του ανθρώπινου σκελετού μεταξύ των αντικειμένων.

Επιπρόσθετα, υπάρχει ο επεξεργαστής του kinect που χρησιμοποιεί αλγόριθμους για την επεξεργασία των δεδομένων για την παραγωγή της τρισδιάστατης εικόνας.

Το kinect έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο χρήστης αλληλεπιδρά με τους υπολογιστές, και χρησιμοποιείται πλέον σε πολλές βιομηχανίες, όπως στην εκπαίδευση, σε ιατρικές περιθάλψεις, το λιανικό εμπόριο και άλλα.

Δίνει την ευκαιρία στο χρήστη να αλληλεπιδρά με το παιχνίδι του χωρίς κάποιο χειριστήριο σε ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον προς αυτόν (Figure 19). Επιπρόσθετα ο χρήστης, έχει την δυνατότητα να βρίσκεται στο φυσικό του περιβάλλον και να χρησιμοποιεί δικές του κινητικές και φωνητικές εντολές. Με τη δυνατότητα

αυτή που δίνει η συσκευή, τα παιχνίδια έχουν πλέον περισσότερο ενδιαφέρον. Ο χρήστης έχει ελευθερία κινήσεων, και την δυνατότητα να παίζει με όλο του το σώμα, με ασφάλεια και διασκέδαση [21].



Figure 19: Αλληλεπίδραση χρήστη με Kinect

Η συσκευή αυτή, αναγνωρίζει τον ανθρώπινο σκελετό, έχοντας δική της ιεραρχία και έχει τη δυνατότητα για βιντεογράφιση [22].

2.7 Σύγκριση Συστημάτων Καταγραφής Κίνησης και Kinect

Για ανακεφαλαίωση των όσων αναφέρθηκαν πιο πάνω, θα γίνει μια σύγκριση των συστήματος καταγραφής κίνησης και του kinect.

Πρώτη διαφορά των δύο λογισμικών, είναι ότι το σύστημα καταγραφής κίνησης απαιτεί συγκεκριμένο χώρο και εξοπλισμό. Το kinect είναι πολύ εύκολο στη μετακίνηση του και μπορεί να είναι οπουδήποτε.

Το kinect μπορεί να υποστηρίξει καταγραφή κίνησης, και αποθήκευσής της, όμως το σύστημα καταγραφής κίνησης είναι ειδικά για αυτό τον σκοπό. Έτσι, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι τα συστήματα για ένα τέτοιο σκοπό σίγουρα θα έχουν μια καλύτερη ποιότητα όσον αφορά την κίνηση παρά το kinect.

Επιπρόσθετα, το kinect χρησιμοποιείται και κατά την διάρκεια ενός παιχνιδιού, ενώ τα συστήματα καταγραφής κίνησης χρησιμοποιούνται για την προεπεξεργασία του παιχνιδιού ή της ταινίας. Αυτό δεν σημαίνει ότι το kinect δεν μπορεί να το κάνει εφόσον όπως ήδη αναφέρθηκε υπάρχει η δυνατότητα καταγραφής κίνησης και από το kinect. Όμως, το kinect μπορεί να καταγράψει την κίνηση μόνο από μπροστά λόγω του

ότι γίνεται χρήση μόνο μιας κάμερας. Σε αντίθεση με τα συστήματα καταγραφής που έχουν πολλές κάμερες και έτσι τους δίνεται η δυνατότητα να καταγράφουν την κίνηση από όλες τις πλευρές.

Μια πολύ σημαντική διαφορά είναι το κόστος των δύο συστημάτων. Τα συστήματα καταγραφής κίνησης είναι πιο απαιτητικά και έχουν μεγάλο εξοπλισμό, οπότε λογικό είναι το κόστος να είναι πολύ μεγαλύτερο από μια συσκευή kinect.

Κεφάλαιο 3

Σχεδίαση Συστήματος

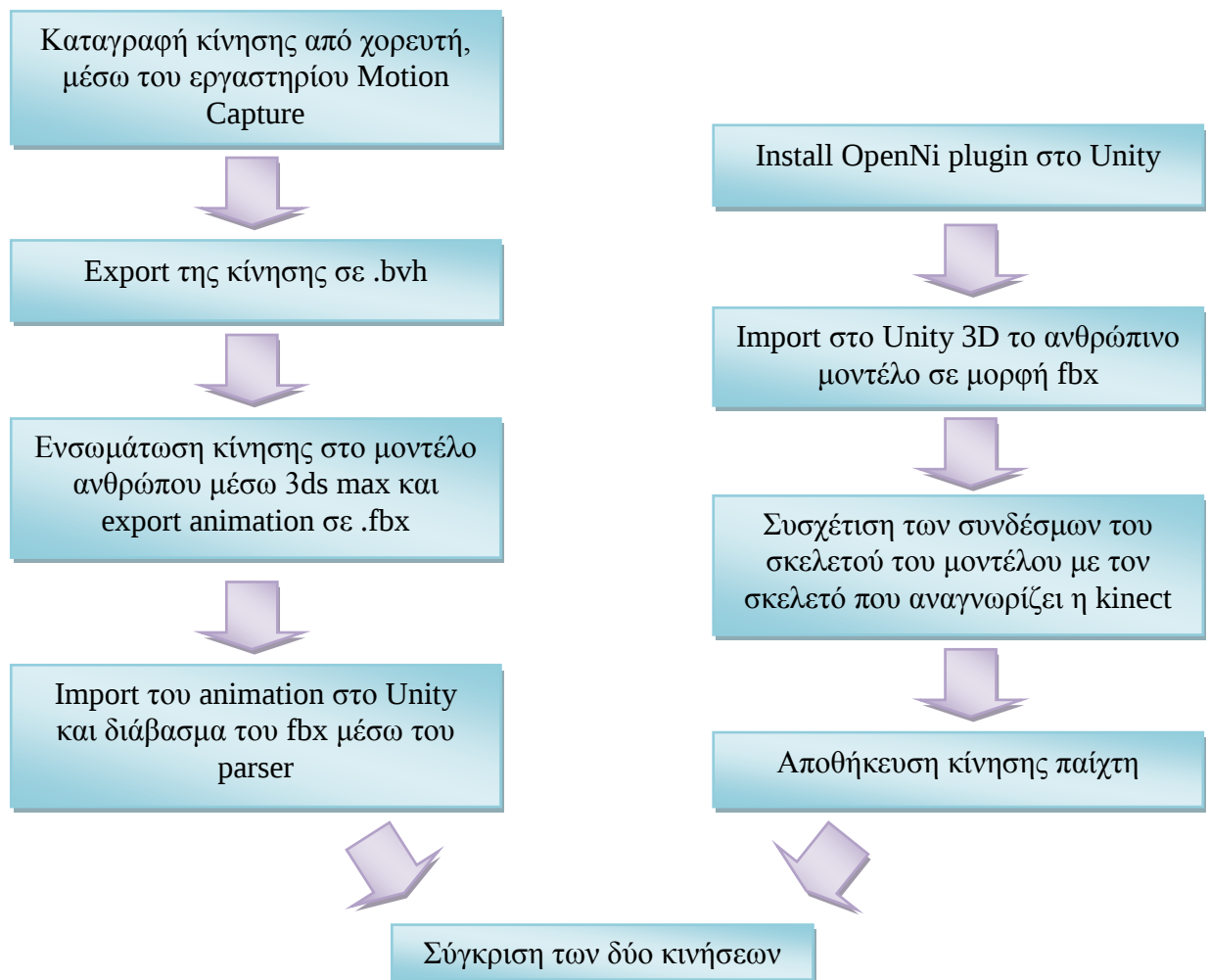
- 3.1 Εισαγωγή
 - 3.2 Διάγραμμα Ροής Διαδικασιών
 - 3.3 Σχεδίαση Συστήματος
 - 3.4 Αρχιτεκτονική Συστήματος
-

3.1 Εισαγωγή

Για πρώτο στάδιο της εργασίας μου, θα έπρεπε να σκεφτώ και να αναλύσω ποια θα είναι η αρχιτεκτονική του συστήματος μου και ποιο δρόμο θα ακολουθήσω ώστε να φτάσω στον στόχο με επιτυχία. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθεί η σχεδίαση του συστήματος μου. Πρώτα, θα παρουσιαστεί η διαδικασία την οποία εγώ χρησιμοποίησα για τη επίτευξη του στόχου. Στο επόμενο υποκεφάλαιο, εμφανίζονται λεπτομερώς η σχεδίαση και αρχιτεκτονική του συστήματος.

3.2 Διάγραμμα Ροής Διαδικασιών

Πιο κάτω παρουσιάζεται το διάγραμμα με τις διαδικασίες τις οποίες πρέπει να ακολουθήσω ώστε να φτάσω μέχρι την σύγκριση των δύο κινήσεων, δασκάλου και μαθητή.



Όπως ήδη έχει αναφερθεί, ο τελικός στόχος είναι η σύγκριση της κίνησης του πραγματικού χορευτή, με την κίνηση του χρήστη του παιχνιδιού. Χωρίζω τις διαδικασίες σε δύο μέρη. Το αριστερό μέρος αφορά όλα όσα έχουν να κάνουν με την κίνηση του δασκάλου. Το δεξιό μέρος αφορά την κίνηση του μαθητή. Αυτά τα δύο θα ενωθούν στο τέλος ώστε να συγκριθούν μεταξύ τους.

Το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει είναι η καταγραφή κίνησης από πραγματικό χορευτή μέσω του εργαστηρίου Motion Capture. Οι λεπτομέρειες για το πως λειτουργεί και οι διαδικασίες που πρέπει να διεκπεραιωθούν για την καταγραφή κίνησης, θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο.

Όταν έχουμε πλέον την κίνηση και αφού το επεξεργαστούμε από το λογισμικό OptiTrack Arena Motion Capture, κάνουμε export την κίνηση σε αρχείο .bvh.

Στη συνέχεια, η κίνηση αυτή πρέπει να ενσωματωθεί στο .3ds ανθρώπινο μοντέλο. Όταν γίνει αυτό το animation είναι έτοιμο. Το animation αυτό για να είναι αναγνωρίσιμο από το Unity 3d Game, πρέπει να είναι σε αρχείο .fbx. Για αυτό, το μοντέλο πρέπει να γίνει export σε αρχείο fbx. Τέλος, πρέπει με κάποιο τρόπο να μπορώ να έχω τα δεδομένα του fbx, όπως για παράδειγμα για κάθε frame την θέση των αρθρώσεων ή της περιστροφές τους. Για να γίνει αυτό ήταν αναγκαίος ένας fbx parser ο οποίος είχε την ικανότητα να βγάζει ένα αρχείο κειμένου που αναγράφονται όλα τα δεδομένα τα οποία χρειάζονται.

Έτσι, μέχρι αυτό το σημείο έχουμε το animation του δασκάλου μέσω του οποίου ο παίχτης θα διδάσκεται κυπριακό χορό. Τελικό βήμα είναι να γίνει import το animation στο Unity 3d, για την αλληλεπίδραση δασκάλου και μαθητή.

Επόμενο βήμα, είναι να ενωθεί το kinect, ώστε να αναγνωρίζεται η κίνηση του παίχτη και αυτό είναι που εξηγεί η δεξιά στήλη του διαγράμματος. Για την σύνδεση της κάμερας στο Unity χρειάστηκε ειδικό plugin το οποίο έχω κατεβάσει από το OPENI. Υπάρχουν έτοιμες συναρτήσεις οι οποίες αναγνωρίζουν τον ανθρώπινο σκελετό, ή ακόμα υπάρχουν έτοιμες συναρτήσεις που σου δίνουν την δυνατότητα να μετακινεί κάποιος τον εικονικό χαρακτήρα στην οθόνη, με το να αντιστοιχίσει απλώς τις αρθρώσεις. Η δυσκολία που είχα στην αποθήκευση της κίνησης που καταγράφω από το kinect είναι ότι τα στοιχεία για τις αρθρώσεις ήταν σε quaternions. Αυτό σημαίνει ότι θα έπρεπε να μετατραπούν τα δεδομένα σε πίνακες Euler (euler angles) όπως τα δίνει ο fbx-parser για να έχω όμοια στοιχεία να συγκρίνω.

Μια δεύτερη δυσκολία πάνω στο kinect είναι ότι τα frames που δίνει κάθε δευτερόλεπτο δεν είναι σταθερά και αυξομειώνονται, ενώ τα στοιχεία του fbx- parser είναι 30 frames/second.

Όταν γίνουν αυτές οι μετατροπές η σύγκριση θα είναι πολύ εύκολο να γίνει.

3.3 Σχεδίαση Συστήματος

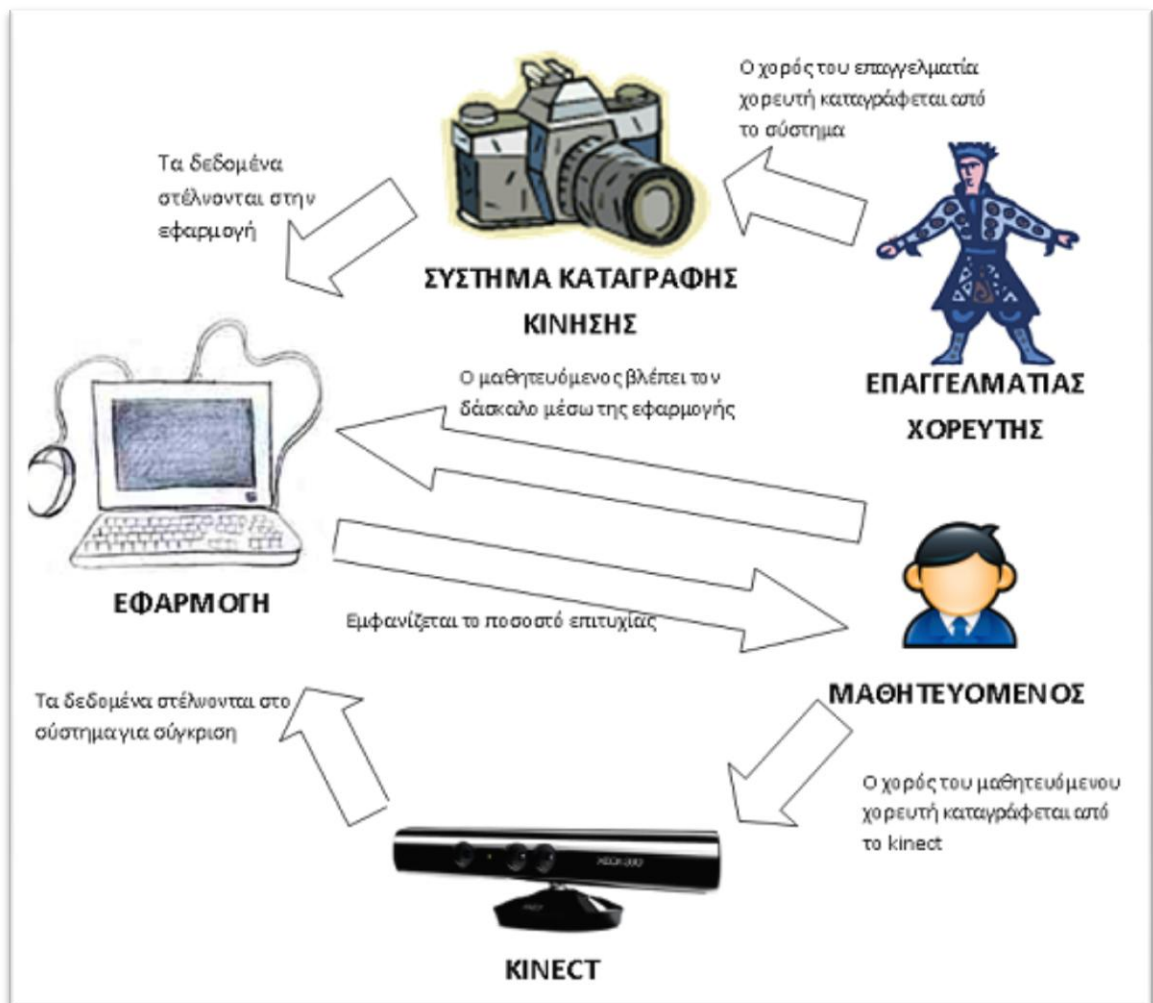


Figure 20: Σχεδίαση συστήματος της διπλωματικής εργασίας

Είναι σημαντικό να εξακριβωθεί πως θα αλληλεπιδρούν όλα τα μέρη του συστήματος με τα υπόλοιπα μέρη. Έτσι, το πιο πάνω διάγραμμα παρουσιάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ όλων των λογισμικών, των χρηστών και του συστήματος.

Ο μαθητευόμενος θα αλληλεπιδρά με το σύστημα μέσω των κινήσεων του σώματος του και βλέποντας τον δάσκαλο να του διδάσκει τον χορό. Στο τέλος ο μαθητής βλέπει το ποσοστό επιτυχίας σύμφωνα με τον υπολογισμό που γίνεται από το σύστημα.

Η κίνηση του επαγγελματία χορευτή θα καταγραφεί από το σύστημα καταγραφής κίνησης και στη συνέχεια η κίνηση αυτή θα ενσωματωθεί στο τρισδιάστατο μοντέλο

και θα παρουσιάζεται στην οθόνη του μαθητευόμενου έχοντας το ρόλο του δασκάλου. Η κίνηση που έχει ληφθεί από το σύστημα καταγραφής κίνησης περνά επίσης από ένα fbx-parser για να υπάρχουν τα δεδομένα σε κάθε frame λεπτομερώς.

Η κίνηση του μαθητευόμενου θα καταγράφεται από το kinect και αυτή με τη σειρά της θα παρουσιάζεται σε ένα δεύτερο τρισδιάστατο μοντέλο απευθείας στην οθόνη του μαθητευόμενου. Έτσι ο μαθητής θα βλέπει ακριβώς πως καταγράφονται οι κινήσεις του ελέγχοντας αυτό το χαρακτήρα.

3.4 Αρχιτεκτονική Συστήματος

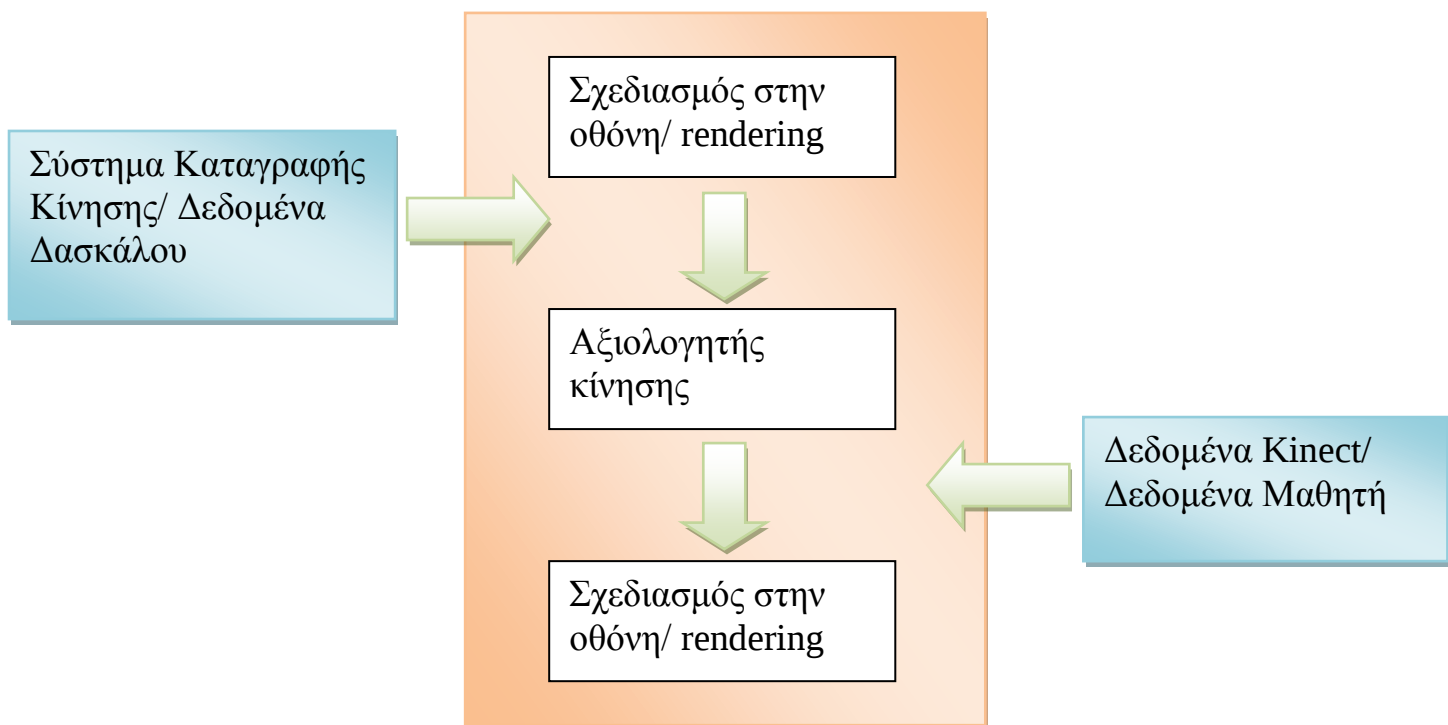


Figure 21: Αρχιτεκτονική συστήματος διπλωματικής εργασίας

Το πιο πάνω σχήμα δείχνει την αρχιτεκτονική του συστήματος μου. Το σύστημα βασικά χωρίζεται σε δύο κύρια μέρη: το πρώτο μέρος αφορά το σχεδιασμό των δεδομένων στην οθόνη και το δεύτερο και κύριο μέρος τον αξιολογητή των δεδομένων του δασκάλου και του μαθητή.

Ο αξιολογητής είναι σχεδιασμένος ώστε να επεξεργάζεται όλα τα δεδομένα και να συγκρίνει frame-frame τις κινήσεις του δασκάλου και του μαθητή.

Τα δεδομένα του δασκάλου παίρνονται από το σύστημα καταγραφής κίνησης σε μορφή .bvh. Στην συνέχεια ενσωματώνεται στο τρισδιάστατο μοντέλο και το animation μετατρέπεται σε μορφή .fbx για να γίνει εισαγωγή στο Unity 3D.

Τα δεδομένα του μαθητή καταγράφονται από το kinect και ζωγραφίζονται σε ένα τρισδιάστατο χαρακτήρα στην οθόνη.

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση

4.1 Εισαγωγή

4.2 Λογισμικά Που Χρησιμοποιήσα

4.2.1 3D Studio Max 2009/2011/2012

4.2.2 Unity 3D

4.2.3 Εργαστήριο Motion Capture Πανεπιστήμιο Κύπρου

4.2.4 Kinect

4.3 Δεδομένα Εικονικού Δασκάλου

4.4 Δεδομένα Μαθητευόμενου

4.5 Διαδικασία Καταγραφής Κίνησης- Motion Capture Ucy

4.5.1 Calibration

4.5.2 Applying Markers

4.5.3 Defining Skeleton & Rigid Bodies

4.5.4 Capture & Trajectorizing

4.6 Δημιουργία Μονοπατιού- Ξενάγηση

4.7 Προβλήματα- Περιορισμοί

4.8 Μεθοδολογία- Αλγόριθμος Σύγκρισης

4.1 Εισαγωγή

Καθ όλη τη διάρκεια της διπλωματικής μου εργασίας, μελέτησα και δοκίμασα πολλά λογισμικά μέχρι να καταλήξω σε αυτά μέσω των οποίων μπορώ να εκπληρώσω τους στόχους μου. Ήταν η πρώτη μου επαφή με τέτοιου είδους λογισμικά και συστήματα, και συμπέρασμά μου είναι ότι η τεχνολογία έχει εξελιχθεί και μπορεί να δώσει αυτοματοποίηση σε πολλούς τομείς και ειδικά στον κλάδο αυτό των γραφικών που έχει μια ιδιαίτερη δυσκολία. Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθώ στα συστήματα και λογισμικά τα οποία έχω χρησιμοποιήσει κατά την υλοποίηση καθώς και μια περιγραφή για τις

δυνατότητες αυτών. Στην συνέχεια θα αναπτύξω πως έλαβα τα δεδομένα του εικονικού δασκάλου και του μαθητευόμενου. Στη συνέχεια, γίνεται ανάλυση όλης της διαδικασίας που χρειάζεται να γίνει για την καταγραφή κίνησης μέσω του συγκεκριμένου εργαστηρίου καταγραφής κίνησης του Πανεπιστημίου Κύπρου. Τέλος, υπάρχει ένα υποκεφάλαιο αφιερωμένο στην μεθοδολογία που χρησιμοποίησα για τη σύγκριση των κινήσεων και στο τελευταίο υποκεφάλαιο περιγράφονται τα διάφορα προβλήματα που αντιμετώπισα.

4.2 Λογισμικά Που Χρησιμοποιήσα

4.2.1 3D Studio Max 2009/2011/2012

Το 3Ds Max [23] είναι λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων, τρισδιάστατων μοντέλων, animation και εικόνων. Αναπτύχθηκε από την εταιρεία Autodesk. Έχει δυνατότητες Autodesk. Έχει δυνατότητες μοντελοποίησης, πολλά plugins ,και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πλατφόρμες χρησιμοποιηθεί σε πλατφόρμες της Microsoft. Επιπρόσθετα χρησιμοποιείται πολύ από τους προγραμματιστές τους προγραμματιστές τρισδιάστατων παιχνιδιών, στην τηλεόραση και σε στούντιο αρχιτεκτονικής (

αρχιτεκτονικής (

Figure 22). Χρησιμοποιείται επίσης, σε ταινίες για την δημιουργία effects αλλά και για προ επεξεργασία όλων των πιο πάνω.

Για την δική μου εργασία το 3D Studio Max χρησιμοποιήθηκε γιατί το ανθρώπινο μοντέλο ήταν σχεδιασμένο σε μορφή .max, και έπρεπε να μετατραπεί σε κατάλληλη μορφή που να είναι αποδεκτή από το Unity 3D. Συγκεκριμένα μέσω αυτού του λογισμικού έγινε export το ανθρώπινο μοντέλο αλλά και το μοντέλο του αρχοντικού, που χρησιμοποιήθηκε για σκηνικό, σε μορφή .fbx. Επιπρόσθετα, χρησιμοποιήθηκε για να ενσωματωθεί η κίνηση του πραγματικού χορευτή στο ανθρώπινο μοντέλο.

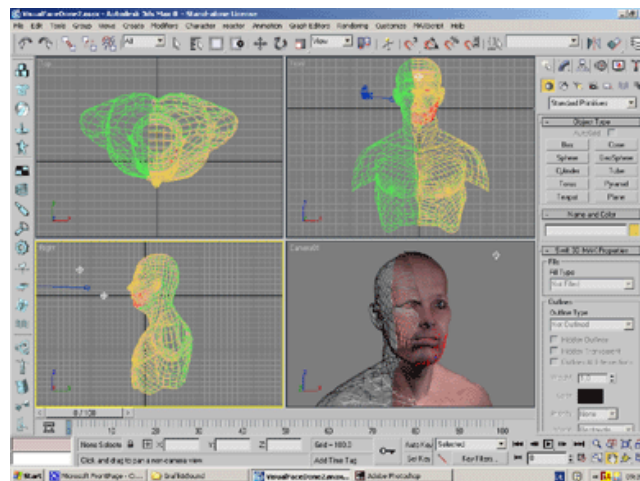


Figure 22: Διεπιφάνεια 3D Studio Max- Δημιουργία μοντέλων

4.2.2 Unity 3D

Το Unity είναι εργαλείο για δημιουργία τρισδιάστατων παιχνιδιών αλλά και άλλων περιεχομένων όπως η διεπιφάνεια χρήστη, καθώς επίσης και για αρχιτεκτονικές απεικονίσεις ή για real time animation. Τα παιχνίδια που αναπτύσσονται στο Unity μπορούν να τρέξουν σε πολλές πλατφόρμες όπως σε Windows, Mac Android και άλλα. Επίσης μέσω του Unity υπάρχει και η ανάπτυξη διαδικτυακών παιχνιδιών χρησιμοποιώντας ειδικό plugin.

Το Unity 3D, ήταν το κύριο λογισμικό που έχει χρησιμοποιηθεί. Μέσω αυτού έχει υλοποιηθεί η διπλωματική εργασία. Σε αυτό σχεδιάστηκε η διαπροσωπεία του παιχνιδιού. Επίσης, σε αυτό έχει στηθεί όλο το σκηνικό του Αρχοντικού, καθώς ενώθηκε και το plugin της Kinect Camera, ώστε να γίνουν όλα που αφορούν τις κινήσεις.

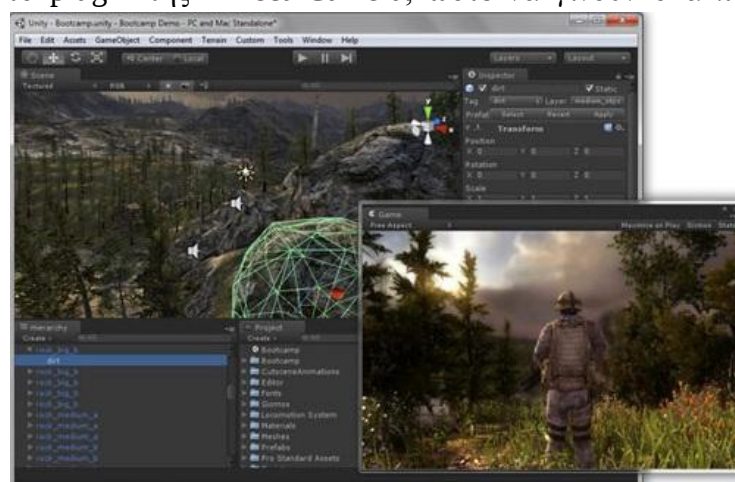


Figure 23: Διεπιφάνεια Unity 3D

4.2.3 Εργαστήριο Motion Capture Πανεπιστημίου Κύπρου

Το εργαστήριο έχει χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή κίνησης από πραγματικό χορευτή real time. Αποτελείται από 12 κάμερες και το γενικό σύστημα και καταγράφει κίνηση διαβάζοντας οι κάμερες τους markers που είναι πάνω στη στολή έχοντας ένα ειδικό αλγόριθμο. Είναι σημαντικό οι κάμερες να βρίσκονται σωστά τοποθετημένες. Αν είναι λανθασμένα γίνονται πολλά λάθη κατά την καταγραφή κίνησης και η επεξεργασία που χρειάζεται στο τέλος είναι μεγάλη. Τα markers δεν πρέπει να είναι συμμετρικά τοποθετημένα. Δηλαδή, για παράδειγμα στα δύο χέρια τα markers δεν πρέπει να είναι στην ίδια θέση γιατί οι κάμερες μπερδεύονται για στο να ξεχωρίσουν ποιο χέρι είναι.



Figure 24: Πανεπιστήμιο Κύπρου- Markers από την πίσω πλευρά

4.2.4 Kinect

Το Kinect όπως έχει αναφερθεί είναι μια συσκευή ανίχνευσης κίνησης. Το kinect, θα χρησιμοποιείται καθ όλη την διάρκεια του παιχνιδιού, εφόσον ό χρήστης θα

αλληλεπιδρά με το περιβάλλον μέσω αυτού. Η κίνηση του χρήστη θα καταγράφεται και θα συγκρίνεται με την κίνηση του πραγματικού χορευτή. Το kinect αναγνωρίζει τις αρθρώσεις του ανθρώπινου σώματος για να σχηματίσει τον σκελετό. Συγκεκριμένα αναγνωρίζει τις αρθρώσεις που φαίνονται στην πιο κάτω εικόνα:

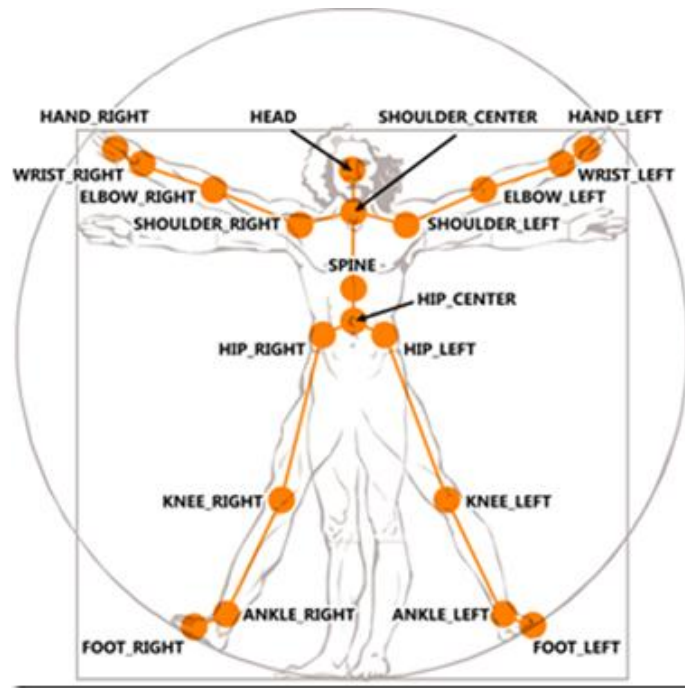


Figure 25: Οι αρθρώσεις που αναγνωρίζει το kinect

4.3 Δεδομένα Εικονικού Δασκάλου

Τα δεδομένα του εικονικού δασκάλου είναι τα δεδομένα τα οποία παίρνω από το σύστημα καταγραφής κίνησης. Μετά την καταγραφή της κίνησης του επαγγελματία χορευτή μετέτρεψα την κίνηση σε αρχείο .bvh (Biovision Hierarchical Data). Το bvh είναι ένας πολύ γνωστός τύπος αρχείου και χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος, περιέχει την ιεραρχία της αρχικής θέσης του animation. Ορίζεται ο αρχικός κόμβος ως η ρίζα και στη συνέχεια συνδέονται όλοι οι κόμβοι πάνω σε αυτόν. Το δεύτερο μέρος μέρους του αρχείου περιέχει τις πληροφορίες της κίνησης. Η κίνηση αποθηκεύεται frame-frame. Σε κάθε frame παρουσιάζεται μια στάση. Η στάση αποθηκεύεται ως περιστροφή του σημείου του σώματος ανάλογα με την αρχική θέση. Κάθε frame είναι ανεξάρτητο από τα άλλα.

Η κίνηση όμως αυτή μέσω του 3ds max θα ενσωματωθεί στο μοντέλο και στη συνέχεια θα γίνει export σε .fbx. Για το διάβασμα του fbx χρειάστηκε fbx parser, το οποίο προμηθευτήκαμε από το διαδίκτυο, ο οποίος βγάζει ως έξοδο ένα αρχείο που περιλαμβάνει αναλυτικά την περιστροφή της κάθε άρθρωσης σε κάθε frame. Ο parser βγάζει ως έξοδο ένα αρχείο κειμένου με αυτές τις πληροφορίες. Αυτό το αρχείο διαβάζεται και τα δεδομένα αποθηκεύονται σε μια δομή.

4.4 Δεδομένα Μαθητευόμενου

Ο μαθητευόμενος θα μπορεί να παρακολουθεί την κίνηση του στην οθόνη, όπως αυτή παρουσιάζεται πάνω σε ένα δεύτερο μοντέλο που καταγράφεται από το kinect. Σε κάθε frame αποθηκεύεται σε μια δομή η περιστροφή της κάθε άρθρωσης και αυτό θα συγκρίνεται με το αντίστοιχο frame του δασκάλου.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι το kinect στο Unity 3D τα δεδομένα που δίνει για την περιστροφή των αρθρώσεων είναι quaternions και όχι πίνακες Euler (euler angles) όπως τα δεδομένα του parser ώστε να έχουμε να συγκρίνουμε δύο όμοια δεδομένα. Για αυτό χρειάστηκε η μετατροπή από το δεύτερο στο πρώτο, έτσι που να μπορώ να συγκρίνω τις περιστροφές που επιστρέφονταν και να τις επεξεργαστώ.

4.5 Διαδικασία Καταγραφής Κίνησης- Motion Capture Ucy



Το πιο πάνω σχεδιάγραμμα δείχνει την διαδικασία η οποία πρέπει να ακολουθείται για την καταγραφή κίνησης από το εργαστήριο του Πανεπιστημίου Κύπρου. Το σύστημα του Πανεπιστημίου Κύπρου ανήκει στην κατηγορία των οπτικών συστημάτων με markers.

4.5.1 Calibration

Στο σημείο αυτό πρέπει να εξαφανιστούν όλα τα markers από το οπτικό πεδίο των καμερών, ώστε να ξεχωρίσουν τα σφάλματα που μπορεί να υπάρχουν. Δηλαδή οι κάμερες ίσως βλέπουν κάποια αντικείμενα που αντανακλούν και να τα υπολογίζουν ως markers. Αυτά τα σημεία πρέπει να αφαιρεθούν (Figure 26). Αν δεν αφαιρεθούν αυτά τα σημεία τότε οι κάμερες θα υπολογίζουν λάθος αριθμό markers και θα υπάρξουν σφάλματα κατά την εγγραφή της κίνησης.



Figure 26: Bad Segments

Όταν αφαιρεθούν τα σημεία αυτά, εκτελούμε την τεχνική wandling. Κρατώντας το εργαλείο wand το οποίο αποτελείται από 3 markers () , περνούμε από τον χώρο που βρίσκεται στο οπτικό πεδίο των καμερών και αυτές καταγράφουν κάποια δεδομένα. Προσπαθούμε, κάθε στιγμή να βλέπουν το wand όσο πιο πολλές κάμερες γίνεται. Όσο περισσότερα δεδομένα παρθούν, τόσο καλύτερη βελτιστοποίηση θα γίνει στην αξία της καταγραφής. Στο τέλος, υπολογίζονται τα αποτελέσματα μέσω του συστήματος. Αν

αυτά δεν είναι ικανοποιητικά, η διαδικασία αυτή πρέπει να επαναληφθεί. Οι πιο κάτω εικόνες δείχνουν πως παίρνουμε τα δεδομένα με την τεχνική αυτή.

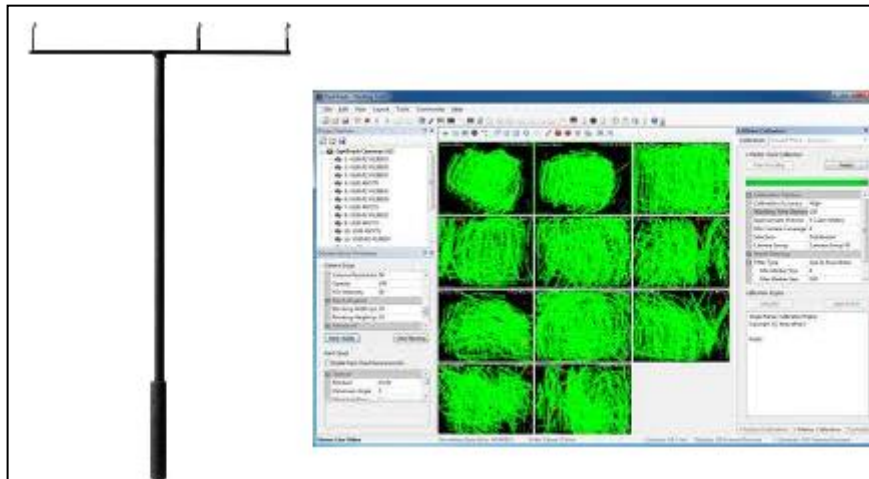


Figure 27: Το αντικείμενο wand και η οθόνη που βλέπει ο χρήστης κατά την περιήγησή του στο χώρο

Τελευταίο βήμα για το Calibration, είναι ο ορισμός των αξόνων x, y, z. Αυτό βοηθά κατά το export των δεδομένων και το import σε άλλες εφαρμογές όπως Maya ή Motion Builder. Το Calibration Square πρέπει να τοποθετηθεί στο κέντρο του χώρου καταγραφής. Στο σημείο αυτό, μπορούμε να δούμε τον χώρο που καταγράφουν οι κάμερες ώστε ο εφαρμοστής της κίνησης να γνωρίζει που να κινηθεί. Όσο περισσότερες κάμερες έχω επιλεγμένες, τόσο λιγοστεύει και το οπτικό πεδίο που βλέπουν οι κάμερες. Ο ιδανικός αριθμός είναι τρεις κάμερες. Έχουμε ένα ικανοποιητικό χώρο.

4.5.2 Applying Markers

Σημαντική είναι η τοποθεσία των markers πάνω στη στολή, γιατί χωρίς αυτούς δεν μπορεί να γίνει η καταγραφή της κίνησης.

Όταν το calibration τελειώσει ο εκτελεστής της κίνησης φοράει τη στολή και τοποθετούμε τα markers στα σωστά σημεία. Είναι σημαντικό να τοποθετούνται σωστά

και όχι συμμετρικά. Τα δύο πόδια ή χέρια δεν πρέπει να είναι ακριβώς τι ίδιο τοποθετημένα ώστε να μην γίνεται σύγκριση των καμερών.

4.5.3 Defining Skeleton & Rigid Bodies

Όταν τοποθετηθούν τα markers πρέπει να γίνει Calibration του σκελετού. Αυτό γίνεται για να ορίσουμε πόσα markers θα πρέπει να ψάχνουν οι κάμερες, αλλιώς βγάζει το σύστημα μήνυμα λάθους.

Στη συνέχεια, γίνεται εγγραφή μια απλής κίνησης από τον εκτελεστή. Ο εκτελεστής ξεκινά πάντα σε T- pose. Όταν γίνει η καταγραφή, τότε ενσωματώνουμε τον σκελετό που δίνεται από το σύστημα στα μέτρα του εκτελεστή σύμφωνα με την κίνηση που πάρθηκε. Με λίγα λόγια, αυτή είναι η ουσία της διαδικασίας αυτής. Να οριστούν τα μέτρα του σκελετού ανάλογα με τον εκτελεστή της κίνησης (πχ ύψος).

Μετά, για τον ορισμό των rigid bodies, ορίζουμε ποια markers ανήκουν στο κάθε rigid body. Γίνεται αυτόματα από το σύστημα ή από τον χρήστη του συστήματος.

Για έλεγχο, αναπαράγουμε την κίνηση και βλέπουμε αν τα markers κινούνται μαζί με τα rigid bodies. Αποθηκεύουμε τα δεδομένα αυτά, και κάθε φορά πρέπει να φορτώνονται, ή να επαναλαμβάνεται η διαδικασία όταν αλλάζει ο εκτελεστής της κίνησης.

4.5.4 Capture & Trajectorizing

Αυτή είναι η διαδικασία όπου γίνεται η καταγραφή της κίνησης και πρέπει να γίνει αφού πρώτα γίνουν όλα τα πιο πάνω. Αποθηκεύουμε την κίνηση στη μορφή που θέλουμε όπως fbx, bvh.

4.6 Δημιουργία Μονοπατιού- Ξενάγηση

Αυτό είναι ένα δεύτερο μέρος της διπλωματικής μου εργασίας, το οποίο έχω υλοποιήσει ώστε το παιχνίδι να είναι πιο ολοκληρωμένο.

Έχω υλοποιήσει μια μικρή ξενάγηση στο Αρχοντικό Ιεροδιακόνου με το να πλοηγείται η κάμερα σε ένα ορισμένο μονοπάτι. Για να το κάνω αυτό χρησιμοποίησα το λογισμικό Unity 3D στο οποίο υλοποιώ όλο το παιχνίδι. Σε αυτό το υποκεφάλαιο, περιγράφεται πως γίνεται η δημιουργία μονοπατιού μέσω του Unity 3D.

Βασικά αυτό που γίνεται η δημιουργία κίνησης σε ένα από τα αντικείμενα της σκηνής.

Πρώτα Επιλέγω από το «window», «animation» και τότε ανοίγει ένα καινούριο παράθυρο με όνομα Animation (Figure 28) .

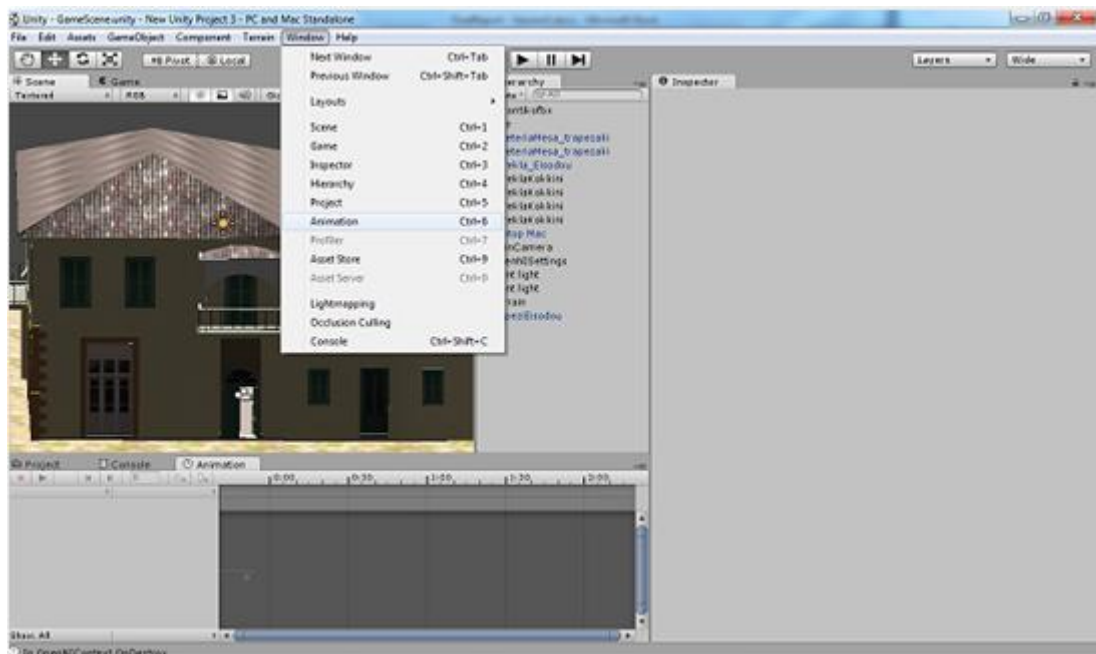


Figure 28: Από το menu επιλέγεται window και μετά animation

Στη συνέχεια επιλέγω ένα από τα αντικείμενα της ιεραρχίας (Figure 29). Στην «ιεραρχία» βρίσκονται όλα αυτά που είναι τοποθετημένα πάνω στη σκηνή όπως για παράδειγμα τα τρισδιάστατα μοντέλα, η πηγή φωτός ή η κάμερα και άλλα. Γίνεται επιλογή ένα από αυτά και ακολούθως θα αρχίσει η διαδικασία χτισίματος της κίνησης. Για τον δικό μου σκοπό έχει επιλεγεί η κάμερα για την δημιουργία animation πάνω σε αυτή.

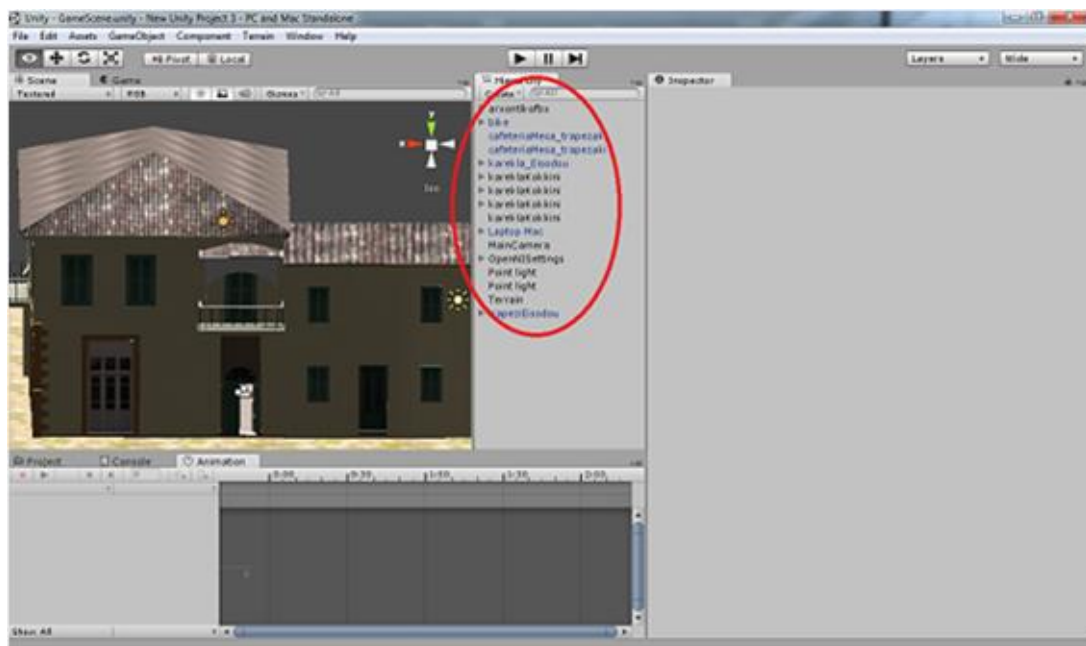


Figure 29: Σε κύκλο βρίσκεται η ιεραρχία όλων των «αντικειμένων της σκηνής»

Από το παράθυρο «animation» επιλέγω record. Αυτόματα δημιουργείται το πρώτο keyframe. Έτσι τοποθετώ την κάμερα εκεί από όπου θα ξεκινήσει η ξενάγηση. Στη συνέχεια καθορίζω τη θέση της κάμερας σε διάφορα keyframes και το μεταξύ τους στάδιο γίνεται αυτόματα μέσω αλγόριθμου που χρησιμοποιείται (Figure 30). Καθορίζοντας όλα τα keyFrames το μονοπάτι είναι έτοιμο.

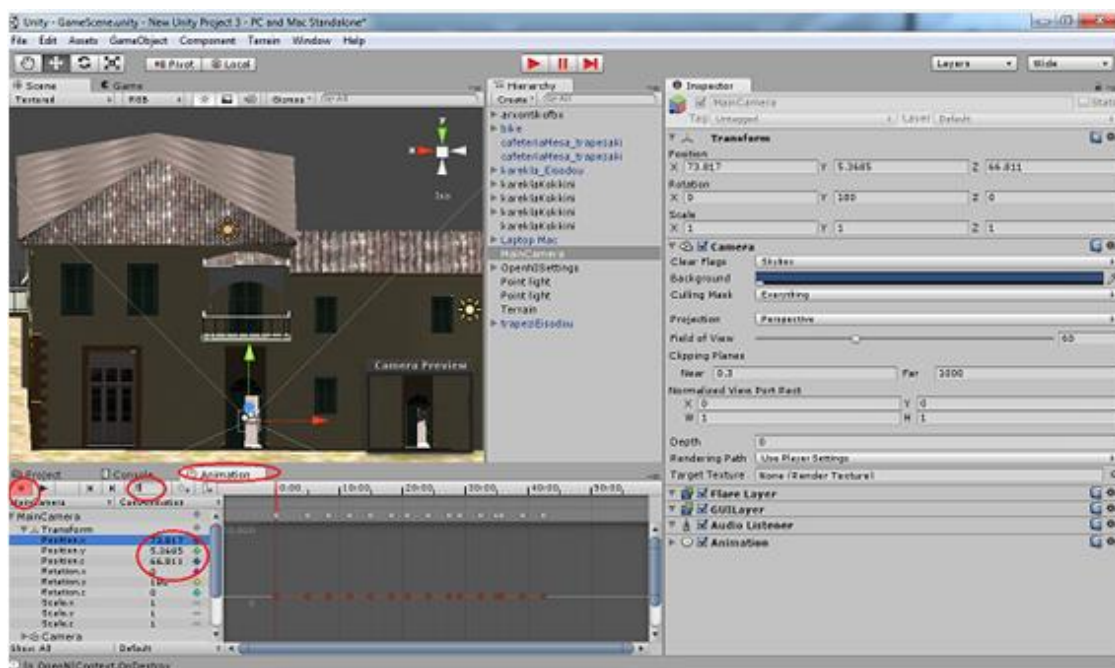


Figure 30: Σε κύκλο το παράθυρο «animation» και ο καθορισμός των key frames

4.7 Προβλήματα- Περιορισμοί

Καθ' όλη τη διάρκεια υλοποίησης της διπλωματικής μου εργασίας αντιμετώπισα αρκετά προβλήματα μέχρι να καταλήξω στον τρόπο που τελικά θα ακολουθήσω. Παρόλα αυτά τα έχω επιλύσει με επιτυχία.

Χρειάστηκε πολύς χρόνος για την καταγραφή κίνησης από τον επαγγελματία χορευτή. Καταρχήν έπρεπε να γίνει ένα πολύ καλό calibration και οι κάμερες να έχουν καλό οπτικό πεδίο ώστε να καλύπτεται ο κεντρικός χώρος όπου θα γινόταν η λήψη των κινήσεων. Σημαντικό ρόλο έπαιξε το στήσιμο των καμερών που έπρεπε να είναι σωστό. Με τα ευνοϊκά δεδομένα μόνο μπορούσε ο χορευτής να κάνει τις πιο περίπλοκες κινήσεις και να έχουμε το σωστό αποτέλεσμα.

Επιπρόσθετα, είχα περιορισμό στο θέμα χώρου του εργαστηρίου καταγραφής κίνησης όπου ο χώρος ήταν αρκετά μικρός και περιορισμένος για τον χορευτή. Αυτό επηρέαζε την ποιότητα των δεδομένων, με αποτέλεσμα να χρειάζεται μετά την καταγραφή επεξεργασία και διόρθωση των δεδομένων.

Ένα αρκετά σημαντικό πρόβλημα είναι ότι το kinect δεν θα μπορεί να καταγράφει κίνηση κατά την στροφή του μαθητή γιατί αναγνωρίζει τον σκελετό μόνο από μπροστά. Για αυτό τον λόγο είχα τον περιορισμό ο επαγγελματίας χορευτής να μην κάνει κινήσεις που στο τέλος ο μαθητής να μην μπορεί να εκτελέσει.

Ένα άλλο πρόβλημα που καθυστέρησε την υλοποίηση είναι ότι είχα δύο διαφορετικά στοιχεία για σύγκριση. Δηλαδή, για τα στοιχεία του δασκάλου χορευτή είχα αρχείο fbx το οποίο και αυτό απαιτούσε ειδικό parser ώστε να μπορώ να το διαβάσω. Για τον μαθητευόμενο είχα τα δεδομένα σε μορφή quaternions και θα έπρεπε να μετατραπούν σε κανονική μορφή, ώστε να έχω τα ίδια στοιχεία σύγκρισης. Επιπρόσθετα, ο parser για το fbx χρειαζόταν παλαιότερη έκδοση του fbx ώστε να μπορεί να το διαβάσει.

Επιπλέον τα frames per second (fps) του kinect δεν είναι σταθερά σε αντίθεση με αυτά του parser που δίνει πάντοτε 30fps. Για το λόγο αυτό δεν γινόταν να βρω μια αντιστοιχία ώστε να μπορώ να συγκρίνω τα στοιχεία μου με ακρίβεια. Για αυτό το

πρόβλημα δίνεται εξήγηση στο επόμενο υποκεφάλαιο που δίνεται ο αλγόριθμος σύγκρισης των στοιχείων.

Δεν πρέπει να παραλείψω να αναφέρω ότι την διπλωματική μου εργασία ξεκίνησα να δουλεύω σε τεχνολογίες XNA. Στο XNA όμως υπήρχαν διάφορα προβλήματα κατά την φόρτωση των animation λόγω κάποιων «ιδιαιτεροτήτων» των τεχνολογιών αυτών. Έτσι, ξεκίνησα την εργασία μου σε Unity 3D που είναι ένα πολύ εύκολο λογισμικό για την ανάπτυξη παιχνιδιών στον τομέα των γραφικών. Επίσης, έχει περισσότερα αυτοματοποιημένα εργαλεία το Unity σε αντίθεση με το XNA που το περισσότερο κομμάτι του είναι η γραφή κώδικα.

4.8 Μεθοδολογία- Αλγόριθμος Σύγκρισης

Σύμφωνα με τα όσα έχουν αναφερθεί πιο πάνω, όταν ολοκληρωθεί η διαδικασία μέσα από την οποία θα έχουμε τα δεδομένα για τις δύο κινήσεις τότε μπορεί να ξεκινήσει η σύγκριση τους. Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται περιγραφή του αλγορίθμου που ακολούθησα για να υλοποιηθεί η σύγκριση. Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι ο αλγόριθμος μπορεί να δεχθεί πολλές βελτιώσεις.

Ανακεφαλαιώνοντας λοιπόν, μέχρι στιγμής έχουμε ένα αρχείο το οποίο μας βγάζει ως έξοδο τα δεδομένα της κίνησης του δασκάλου, η οποία είναι κίνηση που έχει καταγραφεί από επαγγελματία χορευτή. Αυτό το αρχείο, διαβάζεται προγραμματιστικά, και όλα τα δεδομένα που χρειάζονται τα αποθηκεύω σε μια δομή. Τα δεδομένα είναι τοπικά rotations σε πίνακες Euler. Δηλαδή το rotation είναι σύμφωνα με την θέση της ρίζας στην ιεραρχία του ανθρώπινου σώματος,

Επιπρόσθετα, μπορούμε να έχουμε τα στοιχεία που παίρνουμε από το kinect. Τα δεδομένα αυτά είναι σε μορφή quaternions και τα μετατρέπουμε σε πίνακες Euler ώστε να έχουμε ίδια στοιχεία με την κίνηση του δασκάλου. Αποθηκεύονται και αυτά σε μια δομή. Συγκεκριμένα, η δομή που χρησιμοποιώ είναι λίστα όπου ο κάθε κόμβος της λίστας αντιπροσωπεύει ένα frame. Για κάθε κόμβο/ frame δημιουργείται ακόμη μια λίστα της οποίας ο κάθε κόμβος της αντιπροσωπεύει ένα αριθμό που είναι η ταυτότητα

της άρθρωσης καθώς επίσης και το x,y,z της συγκεκριμένης άρθρωσης. Εδώ πρέπει να αναφέρω ότι το αρχείο του parser αντιστοιχεί κάθε άρθρωση με ένα αριθμό. Αυτό είναι που χρησιμοποιώ ως ταυτότητα της άρθρωσης της λίστας και το συσχετίζω και με τη άρθρωση του kinect ώστε οι αντίστοιχες αρθρώσεις του kinect και του parser να έχουν την ίδια ταυτότητα στη λίστα και να μπορούν να συγκριθούν. Έτσι, έχουμε τις δύο λίστες με τα στοιχεία που χρειαζόμαστε.

Για το λόγο ότι τα frames per second του kinect δεν είναι σταθερά ενώ του parser είναι 30 fps, η σύγκριση μεταξύ των λιστών δεν πρέπει να γίνεται frame-by-frame. Κάθε φορά πρέπει να ξεκινούμε από διαφορετικό σημείο ώστε να καλύψουμε τις περισσότερες περιπτώσεις. Επίσης, ορίζω ένα περιθώριο λάθους γιατί έχουμε να συγκρίνουμε πολλά δεκαδικά ψηφία και είναι σχεδόν απίθανο να είναι ακριβώς αδύνατο. Όσο το όριο είναι πιο μικρό, τότε θα υπάρχει περισσότερη ακρίβεια αλλά ο μαθητής θα έχει πολύ λίγα περιθώρια λάθους.

Ψευδοκώδικας:

Ξεκινώντας από διαφορετικό frame κάθε φορά:

Για κάθε κόμβο frame της λίστας του parser{

 Για κάθε άρθρωση στο συγκεκριμένο frame{

 Βρες την αντίστοιχη ταυτότητα της άρθρωσης στο kinect{

 Αν η διαφορά μεταξύ της περιστροφής στο x <

 περιθώριο_λάθους && διαφορά μεταξύ της περιστροφής στο y <

 περιθώριο_λάθους && διαφορά μεταξύ της περιστροφής στο z <

 περιθώριο_λάθους

 άθροισμα_σωστών_αρθρώσεων++;

 Διαφορετικά:

 άθροισμα_λανθασμένων_αρθρώσεων++;

Επέστρεψε (100* άθροισμα_σωστών_αρθρώσεων/(άθροισμα_σωστών_αρθρώσεων+
άθροισμα_λανθασμένων_αρθρώσεων))

Στο Παράρτημα Α βρίσκεται ο κώδικας της συνάρτησης αυτής.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

5.1 Μελλοντική Δουλειά

5.3 Εμπειρίες που αποκτήθηκαν

5.1 Μελλοντική Δουλειά

Όπως σε κάθε εργασία έτσι και σε αυτή, υπάρχει η προοπτική για μελλοντική δουλειά και βελτίωσή της. Λόγω των προβλημάτων αλλά και το ότι ήταν η πρώτη φορά που εγώ ήρθα σε επαφή με τέτοιους είδους λογισμικά δεν μπορέσαμε να μοντελοποιήσουμε όλες τις δραστηριότητες του Πολιτιστικού Εργαστηρίου αλλά ούτε και το μάθημα χορού θέλει σίγουρα πολλές βελτιώσεις.

Θα ήταν πολύ καλό αν αυτή η δουλειά συνεχιζόταν γιατί είναι κάτι το οποίο θα χρησιμοποιηθεί από μεγάλους και παιδιά και δεν θα χαθεί ποτέ. Είναι κάτι πολύ παραγωγικό και δημιουργικό αν θέλει κάποιος να το συνεχίσει. Εκτός από τις άλλες δραστηριότητες που σιγά-σιγά θα ολοκληρωθούν, σίγουρα και αυτή η δραστηριότητα του χορού μπορεί να δεχτεί κάποια βελτίωση. Για παράδειγμα, ο δάσκαλος θα μπορούσε να μιλά και να λέει που ακριβώς βρίσκεται το λάθος και όχι απλά να έχουμε ένα ποσοστό επιτυχίας και ο χρήστης να μην γνωρίζει που αντιμετωπίζει λάθος.

Αν η εργασία αυτή ολοκληρωθεί θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για πολλούς σκοπούς αλλά κυρίως για δημιουργική και διασκεδαστική εκμάθηση μέσω ενός παιχνιδιού και όχι με τον παραδοσιακό απλό τρόπο.

5.3 Εμπειρίες που Αποκτήθηκαν

Στα πλαίσια της διπλωματικής μου εργασίας μου δόθηκε η ευκαιρία να αποκτήσω πολλές γνώσεις και εμπειρίες πάνω στον τομέα της πληροφορικής και πιο συγκεκριμένα στον τομέα των γραφικών. Ήταν αναγκαίο να κάνω δοκιμές μέχρι να βρω τον τρόπο να λύσω τα διάφορα προβλήματα αλλά και να ερευνήσω στο διαδίκτυο διάφορα θέματα σε βάθος μέχρι να καταλάβω τον τρόπο επίλυσής τους.

Με την ευκαιρία αυτή της διπλωματικής μου εργασίας, ήρθα για πρώτη φορά με τα εξελεγμένα συστήματα και τεχνολογίες που χρησιμοποιούν στον τομέα των γραφικών, όπως το σύστημα καταγραφής κίνησης, τα λογισμικά 3D studio Max, Motion Builder και Unity 3D. Ήταν η μόνη μου ευκαιρία να έρθω σε επαφή με τέτοιου είδους λογισμικά και να τα χρησιμοποιήσω σε μετέπειτα στάδια της σταδιοδρομίας μου.

Βιβλιογραφία

- [1] «Motion Capture,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/animation/character_animation/motion_capture/history1.htm.
- [2] «Motion Capture,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://outsourc CADservices.blogspot.com/2007/10/advantages-disadvantages-and.html>.
- [3] «Motion Capture Systems,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.articlesbase.com/technology-articles/history-of-motion-capture-for-computer-character-animation-209715.html>.
- [4] «Τεχνικές Καταγραφής Κίνησης,» wikipedia, [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture.
- [5] «Rotoscoping,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://mayersononanimation.blogspot.com/2007_06_01_archive.html.
- [6] «Rotoscoping,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://searchcio-midmarket.techtarget.com/definition/roto-scoping>.
- [7] «Optical Motion Capture Systems,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.metamotion.com/motion-capture/optical-motion-capture-1.htm>.
- [8] «Optical Motion Capture,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.phasespace.com/>.
- [9] K. A. Pullen, «MOTION CAPTURE ASSISTED ANIMATION:TEXTURING AND SYNTHESIS,» 2002.
- [10] «Active Optical System,» Wikipedia, [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Optical_systems.
- [11] «Passive markers,» Wikipedia, [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Passive_markers.
- [12] «Inertial Motion Capture Systems,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Inertial_systems.
- [13] «Mechanical Motion Capture Systems,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Mechanical_motion.
- [14] T. Roder, «Similarity, Retrieval, and Classification,» 2006.
- [15] «Magnetic Systems,» [Ηλεκτρονικό]. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Magnetic_systems.
- [16] T. Roder, «Similarity, Retrieval, and Classification».
- [17] Jacky Chan, Howard Leung, Kai Tai Tang, Taku Komura, «Immersive Performance Training Tools Using Motion Capture Technology,» 2007.
- [18] T. Tang, Howard Leung, Taku Komura, Hubert P. H. Shum, «Emulating human perception of motion similarity,» 2008.
- [19] Jeff K.T. Tang, Jacky C.P. Chan, Howard Leung, «Interactive Dancing Game with Real-time Recognition of Continuous Dance Moves from 3D Human Motion

- Capture,» 2011.
- [20] «Kinect,» Wikipedia, [Ηλεκτρονικό]. Available:
<http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>.
- [21] «KinectInfo,» [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://xboxkinectinfo.com/xbox-kinect-the-future-is-here/>.
- [22] «Kinect-Video Capture,» XboxKinect, [Ηλεκτρονικό]. Available:
<http://xboxkinectinfo.com/>.
- [23] «3Ds Max,» Wikipedia, [Ηλεκτρονικό]. Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Autodesk_3ds_Max.

Παράρτημα Α

```
public List<Node> listFBX;
public List<Node> listKinect;

public float Comparison(){
    int correct=0,wrong=0;
    for(int i=0;i<this.listFBX.Count;i++){
        if(i>this.listKinect.Count-1){
            if(correct==0)
                return 0;
            return 100*correct/(correct+wrong);
        }
        for (Int16 j=0;j<47;++j){
            Vector3 fbxcluster=this.listFBX[i].getJoint(j);
            Vector3 kinectcluster=this.listKinect[i].getJoint(j);
            if(fbxcluster==Vector3.zero || kinectcluster==Vector3.zero)
                continue;
            if(Math.Abs(fbxcluster.x-kinectcluster.x)< this.epsilon &&
                Math.Abs(fbxcluster.y-kinectcluster.y)< this.epsilon &&
                Math.Abs(fbxcluster.z-kinectcluster.z)< this.epsilon)
                ++correct;
            else
                ++wrong;
        }
    }
    if(correct==0)
        return 0;
    return 100*correct/(correct+wrong);
}
```

```

public class Node{
    private Int64 FrameId;
    private List<KeyValuePair<Int16,Vector3>> clustersList;

    /*******
    public Node (Int64 FrameId){
        this.FrameId=FrameId;
        this.clustersList=new List<KeyValuePair<Int16,Vector3>>();
    }
    public void addJoint(Int16 cluster, Vector3 v){
        KeyValuePair<Int16,  Vector3>  kv  =  new  KeyValuePair<Int16,
Vector3>(cluster, v);
        this.clustersList.Add(kv);
    }
    /*******
    public Vector3 getJoint(Int16 cluster){
        foreach(KeyValuePair<Int16, Vector3> kv in clustersList){
            if (kv.Key==cluster)
                return kv.Value;
        }
        return Vector3.zero;
    }
}

```