

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΕΚΜΑΘΗΣΗ ΠΑΡΑΔΟΣΙΑΚΩΝ ΧΟΡΩΝ
ΜΕΣΩ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ MOTION CAPTURE**

Άννα Κάντζια

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ



ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Μάιος 2013

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Εκμάθηση παραδοσιακών χορών
μέσω δεδομένων Motion Capture**

Άννα Κάντζια

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 2013

Ευχαριστίες

Θα ήθελα καταρχήν να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κ. Γιώργο Χρυσάνθου για την καθοδήγηση και βοήθεια του. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Αντρέα Αριστείδου για τις ιδέες που μου πρόσφερε για την υλοποίηση της εφαρμογής.

Τέλος, ευχαριστώ τους φίλους και την οικογένεια μου με τις συμβουλές και εισηγήσεις τους με βοήθησαν να ολοκληρώσω την εργασία αυτή.

Περίληψη

Αυτή η διπλωματική εργασία έχει ως θέμα την δημιουργία εκμάθηση παραδοσιακών κυπριακών χορών μέσω τρισδιάστατου παιχνιδιού χρησιμοποιώντας το Microsoft Kinect.

Ο χρήστης θα μπορέσει να επιλέξει τον χορό που επιθυμεί μέσω ενός μενού, και στη συνέχεια να δοκιμάσει τις ικανότητες του με τη βοήθεια του ψηφιακού δασκάλου. Με τη βοήθεια του Microsoft Kinect θα αναγνωρίζεται η κίνηση του χρήστη και θα γίνεται σύγκριση με αυτή ενός έμπειρου χορευτή σε πραγματικό χρόνο. Η κίνηση του μοντέλου του έμπειρου χορευτή καταγράφηκε μέσω του συστήματος καταγραφής κίνησης που παρέχει το Πανεπιστήμιο Κύπρου και συγκεκριμένα το εργαστήριο Virtual Reality, και ενσωματώνεται στο τρισδιάστατο μοντέλο ενός χορευτή.

Το παιχνίδι δίνει στον χρήστη μια ξεχωριστή αλληλεπίδραση με αυτό αφού όλες οι λειτουργίες γίνονται χωρίς την χρήση controller ή πληκτρολογίου. Κίνητρο της εργασίας αυτής είναι η προώθηση της πολιτιστικής κληρονομιάς και η προσέλκυση της νεολαίας προς την εκμάθηση παραδοσιακών χορών. Επίσης, η εργασία αυτή προωθείται για το Πολιτιστικό Εργαστήριο Αγίων Ομολογητών.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1	1
Εισαγωγή	1
1.1 Γενικά	1
1.2 Στόχος Διπλωματικής Εργασίας	2
1.3 Δομή Αναφοράς	4
 Κεφάλαιο 2	 5
Προηγούμενη Εργασία	5
2.1 Τεχνική καταγραφής κίνησης	5
2.2 Εφαρμογές καταγραφής κίνησης	7
2.3 Τεχνικές και συστήματα καταγραφής κίνησης	11
2.4 Ομοιότητα και σύγκριση κινήσεων	16
2.5 Motion-based gaming	19
2.6 Motion controllers	21
2.7 Kinect	24
2.8 Σύγκριση συστημάτων καταγραφής κίνησης και Kinect	25
 Κεφάλαιο 3	 27
Δομή συστήματος	27
3.1 Εισαγωγή	27
3.2 Γενική Λειτουργία Παιχνιδιού	28
3.3 Σχεδίαση Συστήματος	29
3.4 Ροή Δεδομένων	30
3.5 Λειτουργίες Συστήματος	32
3.5.1 Μενού	32
3.5.2 Κεντρική οθόνη παιχνιδιού	33
3.5.3 Οθόνη αποτελεσμάτων	34
3.6 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν	35
3.6.1 3DS Max	35
3.6.2 Virtual Reality Lab UCY	36

3.6.3 MotionBuilder	36
3.6.4 Unity 3D	37
3.6.5 Kinect	38
3.6.6 Zigfu	38
Κεφάλαιο 4	40
Υλοποίηση	40
4.1 Καταγραφή και επεξεργασία κίνησης δασκάλου	40
4.2 Χειρονομίες παιχνιδιού	42
4.3 Σκηνικό παιχνιδιού	44
4.4 Κίνηση και μοντέλο χρήστη	45
4.5 Σύγκριση κινήσεων	48
4.6 Εμφάνιση αποτελεσμάτων	50
4.6.1 Έγχρωμη αντιπροσώπευση	50
4.6.2 Τελική βαθμολογία	51
4.7 Προβλήματα	51
Κεφάλαιο 5	53
Συμπεράσματα	53
5.1 Μελλοντική Δουλειά	54
5.2 Εμπειρίες που αποκτήθηκαν	55
Βιβλιογραφία	56

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή

1.1 Γενικά	1
1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας	2
1.3 Δομή αναφοράς.....	4

1.1 Γενικά

Τα γραφικά υπολογιστών έχουν βρει εφαρμογές διάφορους τομείς, και μέρα με τη μέρα εμφανίζονται νέες εξελίξεις στον τομέα τους λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης τους. Μια από τις πιο δημοφιλείς τεχνικές που έκανε την εμφάνιση της τα τελευταία χρόνια είναι η καταγραφή κίνησης (motion capture). Η καταγραφή κίνησης εστιάζεται στην διαδικασία καταγραφής κίνησης αντικειμένων ή ανθρώπων, και έπειτα τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κίνηση ενός εικονικού χαρακτήρα.

Μαζί με την τεχνολογία αυτή άρχισαν να εμφανίζονται συγχρόνως και ηλεκτρονικά παιχνίδια που επικεντρώνονται στην χρήση της, με την πλειοψηφία τους να επικεντρώνεται σε χορευτικά παιχνίδια (Σχήμα 1.1). Λαμβάνοντας τις νέες αυτές εξελίξεις υπόψη, παίρνουμε μια γενική ιδέα για το τι προσελκύει τελευταίως μερικούς χρήστες προς ένα ηλεκτρονικό παιχνίδι. Ίσως να επιθυμούν μια πιο ρεαλιστική εμπειρία, που θα τους μεταφέρει πιο κοντά στο εικονικό περιβάλλον με το οποίο αλληλεπιδρούν.



Σχήμα 1.1: Στιγμιότυπο από το παιχνίδι Dance Central

Με την ευκαιρία αυτή στρεφόμαστε σε ένα σημαντικό θέμα, την πολιτιστική κληρονομία. Οι παραδόσεις της Κύπρου στη μουσική και το χορό είναι εξαιρετικά πλούσιες. Οι κυπριακοί χοροί και τραγούδια, γέννημα και θρέμμα του ίδιου λαού, διαμορφώθηκαν ανάλογα με τον τρόπο ζωής των κατοίκων, τη γεωγραφική θέση, τα ήθη και έθιμα, την κοινωνική θέση του άντρα και της γυναίκας και φυσικά τα κατά καιρούς ιστορικά γεγονότα. Οι χοροί αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι στις κοινωνικές και γιορταστικές εκδηλώσεις της κυπριακής κοινότητας.

Είναι πολύ σημαντικό να διατηρήσουμε αυτόν τον πολιτιστικό θησαυρό, και να τον προωθήσουμε προς την νεολαία του τόπου μας. Οδηγούμεστε λοιπόν στον ερώτημα: πως μπορούμε να συνδυάσουμε την τεχνολογία και την παράδοση για να προσελκύσουμε την νεολαία προς στην εκμάθηση παραδοσιακών χορών;

1.2 Στόχος διπλωματικής εργασίας

Αυτή η διπλωματική εργασία έχει στόχο την υλοποίηση ενός παιχνιδιού που δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα μάθησης παραδοσιακών χορών. Ο χρήστης θα μπορεί να εξασκήσει τις χορευτικές του ικανότητες σε ένα εικονικό περιβάλλον, όπου με την βοήθεια της τεχνολογίας καταγραφής κίνησης θα διδάσκεται από ένα ψηφιακό δάσκαλο (Σχήμα 1.2). Καθώς ο χρήστης χορεύει, θα του παρουσιάζονται σε πραγματικό χρόνο ενδείξεις για την επίδοση του που θα τον βοηθήσουν να βελτιώσει τις κινήσεις του.

Όταν ο χρήστης είτε ολοκληρώσει τον χορό ή επιλέξει να τερματίσει, θα του εμφανίζεται μια περίληψη της επίδοσης του που θα περιλαμβάνει τα δυνατότερα και τα χειρότερα του σημεία, καθώς και ένα σχόλιο για την επίδοση του. Λόγω του τρόπου παρουσίασης των αποτελεσμάτων, ο χρήστης θα γνωρίζει τις αδυναμίες του και θα μπορέσει να συγκεντρωθεί για να καλυτερεύσει την επίδοση του.

Ο ψηφιακός δάσκαλος του χρήστη θα είναι πάντα διαθέσιμος, δίνοντας του τη δυνατότητα να εξασκήσει τους χορούς όποτε επιθυμεί. Οι παραδοσιακοί χοροί ως προς το μεγαλύτερο μέρος δεν χρειάζονται ομαδική προσπάθεια, αλλά ατομική προπόνηση, πράγμα που προσφέρει το παιχνίδι αυτό. Μέσω της τεχνολογίας του Kinect, ο χρήστης έχει μια πιο ρεαλιστική εμπειρία αφού μεταφέρεται ο ίδιος στο εικονικό περιβάλλον του παιχνιδιού.



Σχήμα 1.2: Τρισδιάστατο μοντέλο παραδοσιακού χορευτή

Οι βασικοί στόχοι του συστήματος γενικότερα είναι:

- Καταγραφή κινήσεων από έμπειρο χορευτή
- Παρουσίαση χορών μέσω 3D μοντέλου
- Αναγνώριση κίνησης χρήστη μέσω Kinect
- Σύγκριση κινήσεων
- Feedback προς τον χρήστη

1.3 Δομή αναφοράς

Στο κεφάλαιο 2 περιγράφονται οι εξελίξεις που έγιναν στον τομέα της καταγραφής κίνησης. Περιγράφεται ο ορισμός της καταγραφής κίνησης, γίνεται αναφορά στις εφαρμογές της και στις τεχνικές καταγραφής κίνησης. Γίνεται μια ιστορική αναδρομή σε ηλεκτρονικά παιχνίδια που κάνουν χρήση της καταγραφής κίνησης, καθώς επίσης και σε controllers που οδήγησαν στην σημερινή τεχνολογία. Περιγράφεται γενικά το Kinect και γίνεται σύγκριση με τα συστήματα καταγραφής κίνησης. Τέλος, αναφέρονται κάποιες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την σύγκριση κινήσεων.

Στο κεφάλαιο 3 αναφέρεται η δομή του συστήματος. Περιγράφονται αναλυτικά οι σκηνές του παιχνιδιού και η ροή δεδομένων του συστήματος, όπως και η σχεδίαση του συστήματος. Εξηγούνται επίσης τα εργαλεία που χρειάστηκαν για την υλοποίηση.

Στο κεφάλαιο 4 αναλύεται η υλοποίηση της εργασίας. Γίνεται περιγραφή των δεδομένων των χορών του δασκάλου, καθώς και πως μεταφράζει η εφαρμογή τα δεδομένα που παράγει το Kinect. Δίνεται έμφαση κυρίως στη σύγκριση των κινήσεων δασκάλου και χρήστη, και γίνεται εξήγηση των μεθόδων που δοκιμάστηκαν. Τέλος δίνεται ο τρόπος που υπολογίζονται τα δεδομένα που βλέπει ο χρήστης.

Στο κεφάλαιο 5 παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την ολοκλήρωση της εφαρμογής, οι ευκαιρίες για μελλοντική δουλεία και επέκταση, όπως και οι εμπειρίες που αποκτήθηκαν λόγω της εργασίας αυτής.

Κεφάλαιο 2

Προηγούμενη Εργασία

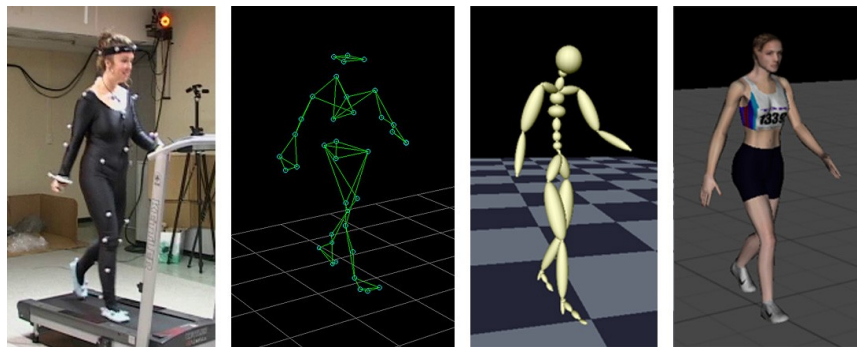
2.1 Τεχνική καταγραφής κίνησης	5
2.2 Εφαρμογές καταγραφής κίνησης	7
2.3 Τεχνικές και συστήματα καταγραφής κίνησης	11
2.4 Ομοιότητα και σύγκριση κινήσεων	16
2.5 Motion-based gaming	19
2.6 Motion controllers	21
2.7 Kinect	24
2.8 Σύγκριση συστημάτων καταγραφής κίνησης και Kinect	25

2.1 Τεχνική καταγραφής κίνησης

Το animation είναι η γρήγορη εναλλαγή 2D ή 3D εικονικών αναπαραστάσεων αντικειμένων ή χαρακτήρων, με σκοπό να δημιουργηθεί μια ψευδαίσθηση μετακίνησης. Σύμφωνα με τον Michael Gleicher [3], το animation είναι μια μοναδική μορφή εκφραστικής τέχνης που παρέχει στον δημιουργό την ευχέρεια να ελέγχει την εμφάνιση και μετακίνηση χαρακτήρων και αντικειμένων. Η ελευθερία αυτή δεν είναι όμως τόσο καλή όσο ακούγεται, αφού τα πάντα πρέπει να ελεγχθούν για να πάρουμε ένα ολοκληρωμένο τελικό αποτέλεσμα.

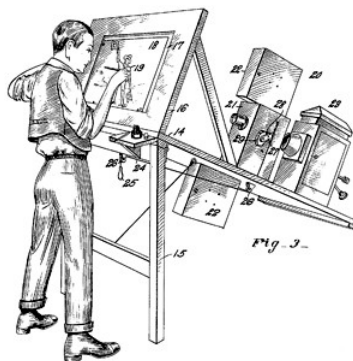
Αρχικά το computer animation πρόσφερε τη δυνατότητα δημιουργίας animation από την παρατήρηση της κίνησης πραγματικών αντικειμένων [3]. Μετά από εξελίξεις στον τομέα αυτό, τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί μια νέα μέθοδος που βοηθά στη δημιουργία animation, το motion capture [1].

Αναφέροντας τον όρο motion capture εννοούμε την διαδικασία καταγραφής κίνησης αντικειμένων ή ανθρώπων. Χρησιμοποιείται σε πολλούς τομείς, όπως σε ταινίες, σε ηλεκτρονικά παιχνίδια, στη ρομποτική και σε εφαρμογές ιατρικής. Αναφέρεται συγκεκριμένα στην καταγραφή ανθρώπινων κινήσεων (ακόμα και εκφράσεις προσώπου), για την μετέπειτα εφαρμογή τους στο εκάστοτε 2D ή 3D εικονικό μοντέλο, δημιουργώντας έτσι μια ρεαλιστική αναπαράσταση (Σχήμα 2.1). Όταν η καταγραφή κίνησης αναφέρεται σε συγκεκριμένα την καταγραφή εκφράσεων του προσώπου τότε χρησιμοποιείται ο όρος performance capture.



Σχήμα 2.1: Απεικόνιση της διαδικασίας καταγραφής κίνησης και ενσωμάτωση στο τρισδιάστατο μοντέλο

Η ιδέα της καταγραφής της ανθρώπινης κίνησης για εικονικούς χαρακτήρες ωστόσο δεν είναι καινούργια. Η τεχνική πάνω στην οποία βασίστηκε η καταγραφή κίνησης είναι το rotoscoping [5]. Το rotoscoping αναφέρεται στην προβολή μιας σειράς από frames για να δημιουργήσει ο καλλιτέχνης μια ρεαλιστική κίνηση. Η τεχνική αυτή ξεκίνησε από τον Max Fleischer το 1915. Αρχικά μια ταινία προβαλλόταν frame-by-frame πάνω σε γυάλινη επιφάνεια και ξανά-ζωγραφίζοταν από τον καλλιτέχνη (Σχήμα 2.2). Σήμερα υπάρχουν αρκετές τεχνικές για καταγραφή κίνησης που θα μελετηθούν στη συνέχεια.



Σχήμα 2.2: Η τεχνική Rotoscoping

Η καταγραφή κίνησης προσφέρει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των παραδοσιακών τρόπων animation ενός 3D μοντέλου [4]. Είναι πιο γρήγορη, και η κίνηση του εικονικού χαρακτήρα μπορεί να επιτευχθεί σε πραγματικό χρόνο. Η εργασία που χρειάζεται για την κίνηση του μοντέλου δεν αλλάζει ιδιαίτερα με την πολυπλοκότητα ή το μήκος της κίνησης με τον ίδιο βαθμό που θα άλλαζε χρησιμοποιώντας παραδοσιακές τεχνικές. Αυτό επιτρέπει την εκτέλεση πολλών δοκιμών με διαφορετικά στυλ, δίνοντας μια διαφορετική προσωπικότητα περιορισμένη μόνο από το ταλέντο του ηθοποιού.

Μπορούμε επίσης εύκολα να αναδημιουργήσουμε σύνθετες κινήσεις και ρεαλιστική φυσική αλληλεπίδραση, όπως δευτερεύουσες κινήσεις, βάρος, και ανταλλαγή δυνάμεων. Τέλος, η ποσότητα δεδομένων animation που μπορεί να παραχθεί σε ένα δεδομένο χρονικό διάστημα είναι εξαιρετικά μεγαλύτερη σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνικές. Αυτό συμβάλλει τόσο στην αποτελεσματικότητα του κόστους όσο στην τήρηση προθεσμιών παραγωγής.

Ωστόσο η καταγραφή κίνησης δεν είναι χωρίς τα μειονεκτήματά της. Χρειάζεται συγκεκριμένο hardware και ειδικό λογισμικό για τη λήψη και επεξεργασία των δεδομένων κίνησης. Το κόστος του λογισμικού, ο εξοπλισμός και το προσωπικό που χρειάζεται μπορεί να μην είναι προσιτό για μικρές παραγωγές. Αν εμφανιστούν προβλήματα, είναι πιο εύκολο να ξαναγυριστεί η σκηνή αντί να γίνει αλλαγή των δεδομένων. Μόνο λίγα συστήματα επιτρέπουν την προβολή των δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για να αποφασιστεί αν χρειάζεται να γίνει ξανά η καταγραφή.

2.2 Εφαρμογές καταγραφής κίνησης

Η τεχνολογία του motion capture έχει πολλές εφαρμογές σε διάφορους τομείς [2]. Για παράδειγμα, πολλές ταινίες τα τελευταία χρόνια επίσης κάνουν χρήση αυτής της τεχνικής. Μια πρόιμη εκδοχή της σημερινής τεχνικής συναντάται στην ταινία κινουμένων σχεδίων της Disney το 1937, Η Χιονάτη και οι Επτά Νάνοι. Οι ηθοποιοί βιντεογράφονταν, και έπειτα οι animators χρησιμοποιούσαν frames από της σκηνές ως αναφορά για τα σχέδια τους (rotoscoping).

Η ταινία Lord of the Rings: The Two Towers ήταν η πρώτη ταινία μεγάλου μήκους που χρησιμοποίησε σύστημα καταγραφής κίνησης σε πραγματικό χρόνο (Σχήμα 2.3). Η μέθοδος αυτή μετέφερε τις κινήσεις του ηθοποιού Andy Serkis στο ηλεκτρονικά δημιουργημένο μοντέλο του Gollum καθώς τις εκτελούσε.



Σχήμα 2.3: Ο Andy Serkis ως Gollum

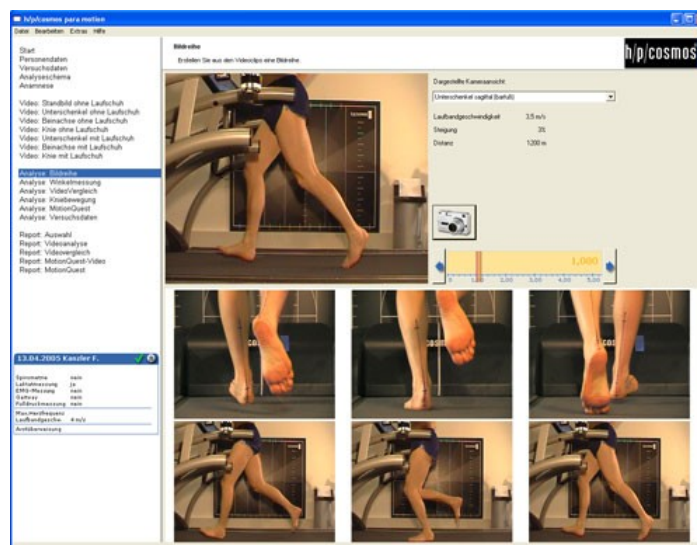
Κατά τη διάρκεια των γυρισμάτων της ταινίας Avatar (Σχήμα 2.4), όλες οι σκηνές που χρησιμοποίησαν motion capture σκηνοθετήθηκαν σε πραγματικό χρόνο χρησιμοποιώντας Autodesk Motion Builder για να πάρουν μια εικόνα που επέτρεπε στον σκηνοθέτη να δει πως θα φαινόταν ο ηθοποιός στην ταινία. Η μέθοδος αυτή επέτρεπε να δουν το αποτέλεσμα από γωνίες που δεν θα ήταν δυνατό από ένα pre-rendered animation.



Σχήμα 2.4: Σκηνή από την ταινία Avatar

Ο κλάδος της εικονικής πραγματικότητας ασχολείται με τη δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων που προσομοιώνουν είτε πραγματικούς χώρους είτε φανταστικούς χώρους. Η τεχνολογία της καταγραφής κίνησης επιτρέπει σε χρήστες να αλληλεπιδρούν με ένα τέτοιο εικονικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο. Η αλληλεπίδραση αυτή είναι εξαιρετικά χρήσιμη για προσομοιώσεις training, τεστ οπτικής αντίληψης ή και για μια απλή περιήγηση σε ένα 3D περιβάλλον.

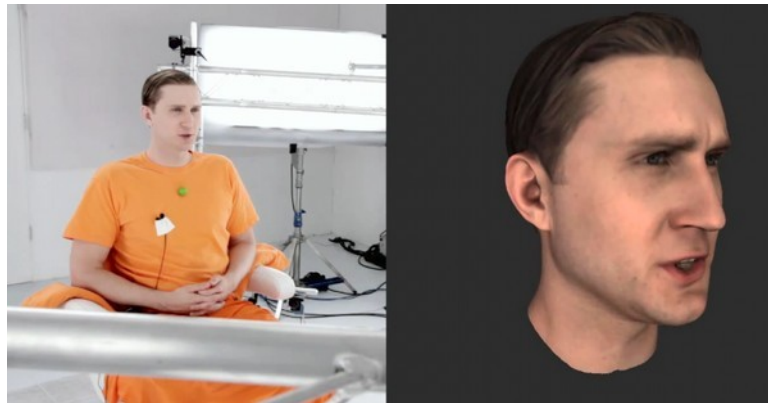
Η καταγραφή κίνησης βρίσκει χρήσεις και στον τομέα της ιατρικής. Μια από τις σημαντικότερες εφαρμογές στον τομέα αυτό είναι η ανάλυση βαδίσματος (gait analysis) (Σχήμα 2.5). Υπάρχουν τεχνικές που επιτρέπουν την αξιολόγηση της ανθρώπινης κίνησης, λαμβάνοντας υπόψη διάφορα βιομετρικά στοιχεία. Οι πληροφορίες που συλλέγουν μεταφέρονται σε πραγματικό χρόνο σε λογισμικό για ανάλυση. Εκτός από την εφαρμογή αυτή, υπάρχουν αρκετές πρόσφατες εφαρμογές που με τη βοήθεια της καταγραφής κίνησης στοχεύουν στην περίθαλψη τραυματιών.



Σχήμα 2.5: Λογισμικό για gait analysis

Τα ηλεκτρονικά παιχνίδια χρησιμοποιούν συχνά την τεχνολογία καταγραφής κίνησης για να δώσουν ζωή σε χαρακτήρες του τύπου αθλητών, πολεμιστών και άλλων. Ένα από τα πρώτα παραδείγματα συναντάται το 1995, με το παιχνίδι της ATARI, Highlander: The Last of the MacLeods.

Σήμερα βλέπουμε να δίνεται όχι μόνο κίνηση στους χαρακτήρες, αλλά μέσω της καταγραφής εκφράσεων προσώπου δίνεται και ζωή στα πρόσωπα τους. Ένα πρόσφατο και εντυπωσιακό παράδειγμα αποτελεί το παιχνίδι L.A Noire (Σχήμα 2.6), που με τη βοήθεια της εταιρίας Depth Analysis και το σύστημα καταγραφής κίνησης τους με όνομα MotionScan [6] πρόσφερε στους χρήστες μια εξαιρετική εμπειρία με ρεαλιστικές εκφράσεις προσώπων των χαρακτήρων.



Σχήμα 2.6: Facial capture in L.A Noire

Η χρήση της τεχνολογίας αυτής ωστόσο δεν σταματά στην στη διαδικασία δημιουργίας του παιχνιδιού και στην ρεαλιστική κίνηση των χαρακτήρων του, αφού η καταγραφή και αναγνώριση κίνησης εφαρμόζεται και στον ίδιο τον χρήστη (Σχήμα 2.7). Όπως θα αναλυθεί στη συνέχεια, σήμερα υπάρχουν συστήματα που δίνουν στον χρήστη τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το σώμα του εντός παιχνιδιού και του δίνουν μια ρεαλιστική εμπειρία.



Σχήμα 2.7: Παιχνίδι Kinect Sports

2.3 Τεχνικές και συστήματα σύλληψης δεδομένων

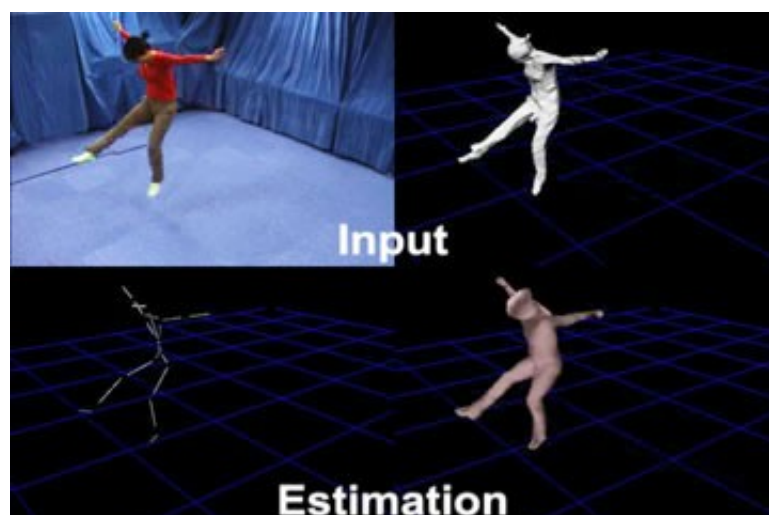
Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στις τεχνικές που υπάρχουν για να λάβουμε τις απαραίτητες πληροφορίες κίνησης. Υπάρχουν διάφορα είδη συστημάτων που μας επιτρέπουν να καταγράψουμε κίνηση.

- Marker based Motion Capture
 - Optical Systems
 - Passive
 - Active
 - Non Optical Systems
 - Inertial
 - Mechanical
 - Magnetic
- Marker-less Motion Capture

Οι δύο κύριες κατηγορίες είναι τα Marker based συστήματα, και τα Marker-less.

Στα Marker based συστήματα, τοποθετούνται στον χρήστη ειδικοί οπτικοί δείκτες (special visual markers) ή αλλιώς “σημεία” (dots).

Στα Marker-less συστήματα (Σχήμα 2.8), αναγνωρίζεται η κίνηση του ηθοποιού χωρίς την χρήση οπτικών δεικτών. Τελικά θα καταλήξουν να είναι μια πιο φτηνότερη εναλλακτική λύση για motion capture, που θα φέρει επανάσταση στην αλληλεπίδραση ανθρώπου και μηχανής. Η γενική μέθοδος βασίζεται στην παρακολούθηση με βίντεο, πολλές κάμερες χρησιμοποιούνται για την καταγραφή της κίνησης του ηθοποιού. Χρησιμοποιώντας μια διαδικασία triangulation, το σώμα του ηθοποιού συνδυάζεται με ένα πρότυπο σώμα παρόμοιου μεγέθους και build. Έτσι αναγνωρίζονται τα joints του ηθοποιού, και έχουμε ροές δεδομένων που σχετίζονται με τα joints αυτά όπως και με τα marker-based συστήματα.

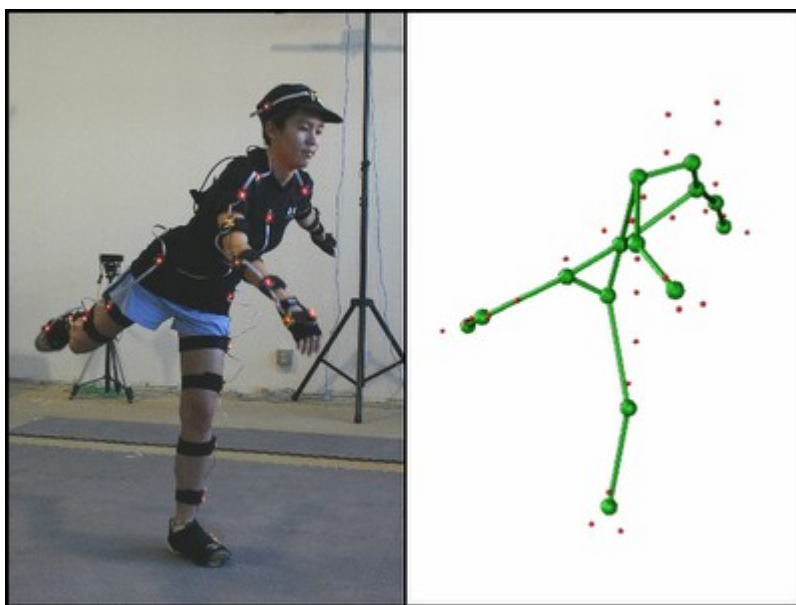


Σχήμα 2.8: Marker-less Motion Capture

Optical

Τα οπτικά συστήματα καταγραφής κίνησης (Σχήμα 2.9) [7] ανήκουν στην κατηγορία που χρησιμοποιούν markers. Είναι η πιο διαδεδομένη και η πιο αποδοτική μέθοδος. Γύρω από τον χρήστη τοποθετούνται ειδικές κάμερες που μπορούν να καθορίσουν στις τρεις διαστάσεις τη θέση του κάθε marker. Ο τρόπος αυτός έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Ο χρήστης έχει πλήρη ελευθερία κινήσεων, και μπορούμε να λάβουμε δεδομένα από περισσότερους από ένα χρήστη ταυτόχρονα.

Ωστόσο, έχει τα μειονεκτήματά του. Μπορεί να επηρεαστεί από πηγές φωτός που υπάρχουν στον χώρο που καταγράφεται η κίνηση. Το σύστημα μπερδεύεται όταν μια κάμερα χάσει από το οπτικό της πεδίο ένα marker με αποτέλεσμα την απώλεια δεδομένων, και επομένως ο χρήστης του συστήματος θα χρειάζεται ώρες για επεξεργασία και διόρθωση των σφαλμάτων. Παρόλο που μπορούν να λάβουν δεδομένα από πολλαπλά αντικείμενα, είναι δύσκολο να γίνει χωρίς τα σφάλματά του. Όταν κοντεύουν οι markers ενός αντικειμένου με ενός άλλου και επικαλύπτονται το σύστημα μπερδεύεται για το που ανήκει ο κάθε marker.



Σχήμα 2.9: Παράδειγμα Optical Motion Capture

Passive optical system

Το σύστημα αυτό [9] χρησιμοποιεί markers οι οποίοι είναι επικαλυμμένοι με αντανακλαστικό υλικό για να αντανακλούν το φως που παράγεται από κάθε φακό κάμερας. Το threshold της κάμερας μπορεί να ρυθμιστεί ούτως ώστε να μην λαμβάνει υπόψη δέρμα και υφάσματα, αναγνωρίζοντας μόνο τους markers. Για βαθμονόμηση (calibration) της κάθε κάμερας χρησιμοποιείται ένα αντικείμενο με markers σε συγκεκριμένες θέσεις. Με την βαθμονόμηση αυτή λαμβάνεται η θέση της κάθε κάμερας και η παραμόρφωση του φακού τους. Τυπικά ένα τέτοιο σύστημα αποτελείται από 2 έως 48 κάμερες. Για πλήρη κάλυψη όμως απαιτούνται επιπλέον κάμερες.

Το πλεονέκτημα αυτού του συστήματος είναι πως δεν απαιτούν από τον χρήστη να φοράει καλώδια ή ηλεκτρονικό εξοπλισμό. Αντί αυτού, εκατοντάδες λαστιχένιες μπάλες επισυνάπτονται με αντανακλαστική ταινία, η οποία πρέπει να αντικαθίστανται περιοδικά. Οι markers συνήθως συνδέονται απευθείας στο δέρμα, ή επισυνάπτονται με velcro στον χρήστη ο οποίος φοράει full-body spandex ή lycra σχεδιασμένο ειδικά για καταγραφή κίνησης. Ωστόσο η καταγραφή κίνησης με αυτόν τον τύπο συστημάτων απαιτεί παρέμβαση και επιδιόρθωση των προβλημάτων που υπάρχουν στα δεδομένα.

Active optical system

Το σύστημα αυτό [8] τριγωνοποιεί θέσεις φωτίζοντας ένα LED πολύ γρήγορα, ή πολλαπλά LED χρησιμοποιώντας λογισμικό για αναγνώριση τους από τις σχετικές τους θέσεις. Χρησιμοποιεί markers οι οποίοι αντί να αντανακλούν φως από πηγές, τροφοδοτούνται για να παράγουν δικό τους φως.

Inertial

Τα inertial συστήματα [10] βασίζονται σε αδρανειακούς (inertial) αισθητήρες. Τα δεδομένα κίνησης που καταγράφουν μεταδίδονται ασύρματα σε έναν υπολογιστή όπου η κίνηση καταγράφεται ή απλά εμφανίζεται. Τα περισσότερα αδρανειακά συστήματα χρησιμοποιούν γυροσκόπια για την μέτρηση των τιμών περιστροφής, οι οποίες αποθηκεύονται σε ένα σκελετό στο λογισμικό που χρησιμοποιείται. Όπως και με τα οπτικά συστήματα με τους markers, όσο πιο πολλά γυροσκόπια χρησιμοποιούνται τόσο πιο ρεαλιστικά θα είναι τα δεδομένα. Λόγω της εύκολης εγκατάστασής τους είναι ένα δημοφιλές σύστημα για δημιουργούς ηλεκτρονικών παιχνιδιών.

Mechanical

Τα μηχανικά συστήματα [11] ανήκουν και αυτά στην κατηγορία των μη οπτικών συστημάτων. Η τεχνική αυτή είναι η πρώτη που εφαρμόστηκε σε συστήματα καταγραφής κίνησης. Πάνω στον άνθρωπο από τον οποίο θα ληφθούν τα δεδομένα, εφαρμόζεται ένα σύνολο από μεταλλικά-μηχανικά κομμάτια (Σχήμα 2.10). Καθώς ο άνθρωπος κινείται, κινούνται μαζί του τα ανάλογα μεταλλικά κομμάτια. Κάθε κλείδωση έχει αισθητήρες (sensors) και καθώς γίνεται κίνηση στέλνουν σήμα σε έναν υπολογιστή.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οι αισθητήρες που υπάρχουν σε κάθε κλείδωση των κομματιών αυτών να στέλλουν το ανάλογο σήμα στον υπολογιστή. Η τεχνική αυτή έχει το πλεονέκτημα πως δεν επηρεάζεται από το φως (όπως η οπτική μέθοδος), ούτε από μαγνητικά πεδία (όπως η μαγνητική μέθοδος). Ωστόσο, τα μηχανικά κομμάτια επηρεάζουν την ελευθερία κίνησης του ανθρώπου από τον οποίο θα ληφθούν τα δεδομένα.



Σχήμα 2.10: Στολή για mechanical motion capture

Magnetic

Στα συστήματα αυτά ρυθμίζεται ένα μαγνητικό πεδίο μέσω συσκευών αποστολής σήματος (transmitters). Στην περιοχή του μαγνητικού πεδίου βρίσκεται ο ηθοποιός, ο οποίος φοράει αισθητήρες. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να καθορίσουν τη θέση τους μέσα στο πεδίο, υπολογίζοντας την απόστασή τους από τις συσκευές αποστολής σήματος, καθώς και την κατεύθυνσή τους. Τα δεδομένα αυτά στέλλονται στον υπολογιστή σε πραγματικό χρόνο. Δηλαδή να εμφανίζονται τα δεδομένα άμεσα, την ώρα που λαμβάνονται, εφαρμοσμένα σε κάποιο αντίστοιχο εικονικό μοντέλο.

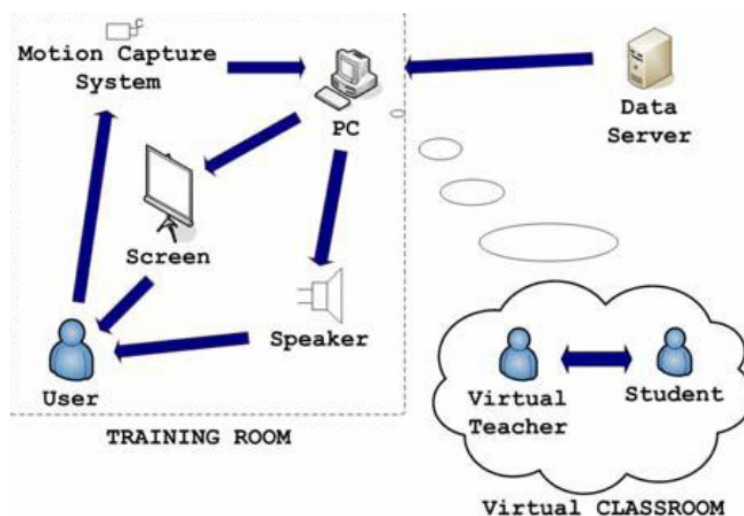
Το μειονέκτημά του είναι ότι είναι πολύ ευαίσθητη η περιοχή στην οποία θα καταγραφεί η κίνηση. Δεν πρέπει να βρίσκονται μεταλλικά αντικείμενα κοντά στην περιοχή αυτή, και για να διατηρηθεί η ποιότητα των δεδομένων η καταγραφή θα πρέπει να γίνεται σε μικρό χώρο. Επιπλέον πολλά καλώδια πρέπει να είναι συνδεδεμένα με τον ηθοποιό που περιορίζουν την ελευθερία κίνησης του. Ωστόσο σε υψηλότερου επιπέδου μαγνητικά συστήματα οι αισθητήρες δουλεύουν χωρίς καλώδια (wireless), δίνοντας καλύτερα αποτελέσματα και ελευθερία στις κινήσεις του ηθοποιού.

2.4 Ομοιότητα και σύγκριση κινήσεων

Έχοντας κάνει αναφορά στην καταγραφή κίνησης και στα δεδομένα που παίρνουμε μέσω της τεχνικής αυτής, είναι σημαντικό να δούμε πως μπορούμε να κάνουμε χρήση τους για την υλοποίηση της εργασίας αυτής. Δεν υπάρχει κάποιος συγκεκριμένος ορισμός που ορίζει πότε δύο κινήσεις είναι όμοιες. Η σύγκριση δύο κινήσεων και η απάντηση στο ερώτημα εάν είναι όμοιες ή όχι εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες. Για παράδειγμα, οι κινήσεις walk και run μπορεί για κάποιους να είναι όμοιες αφού είναι κινήσεις μετακίνησης, ωστόσο για άλλους δεν θεωρούνται καθόλου όμοιες. Όταν η ομοιότητα κινήσεων μελετηθεί με περισσότερη λεπτομέρεια, δύο κινήσεις είναι διαφορετικές λόγω ταχύτητας και χρόνου και η σύγκριση εξαρτάται από τα δεδομένα καταγραφής κίνησης.

Υπάρχουν αρκετοί παράγοντες που επηρεάζουν μια κίνηση. Για παράδειγμα η ταχύτητα, η κατεύθυνση, το μέγεθος του σώματος, το στυλ, και 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.

Σε προηγούμενη εργασία σχετικά με την εκμάθηση χορού μέσω της τεχνολογίας καταγραφής κίνησης [24], ο χρήστης διδάσκεται χορούς μέσω ενός εικονικού δασκάλου, κάνοντας τον χρήστη να νιώθει ότι βρίσκεται σε πραγματικό περιβάλλον διδασκαλίας χορού. Η κίνηση του χρήστη αναλύεται από το σύστημα και ο εικονικός δάσκαλος δίνει τα σχόλια για την πρόοδο του. Το σύστημα που υλοποιήθηκε σύμφωνα με την εργασία αυτή χωρίζεται στο δωμάτιο εκπαίδευσης και στην βάση δεδομένων, που δίνουν την αίσθηση μιας εικονικής τάξης με τον δάσκαλο και τον χρήστη (Σχήμα 2.11).



Σχήμα 2.11: Αλληλεπίδραση χρήστη και συστήματος

Το δωμάτιο εκπαίδευσης περιλαμβάνει τα απαραίτητα για να γίνει καταγραφή της κίνησης του χρήστη, δηλαδή το σύστημα καταγραφής κίνησης, οι κάμερες και η οθόνη. Κατά τη διάρκεια του μαθήματος η κίνηση του χρήστη μεταφέρεται σε ένα τρισδιάστατο μοντέλο και έτσι ο χρήστης ελέγχει ένα δικό του χαρακτήρα στην οθόνη. Στο τέλος του μαθήματος ο μαθητής λαμβάνει σχόλια για όλη την επίδοσή του. Για την καταγραφή της κίνησης του χρήστη απαιτείται από αυτόν να φορέσει στολή με markers, όπως και στα περισσότερα τέτοια συστήματα.

Ο χρήστης ακολουθεί τις κινήσεις του δασκάλου σύμφωνα με το προ-σχεδιασμένο πλάνο. Υπάρχουν κινήσεις που έχουν καταγραφεί από πραγματικούς χορευτές και τα δεδομένα αυτά περιέχονται σε μια βάση δεδομένων. Το σύστημα παρουσιάζει στον χρήστη τους διάφορους τύπους μαθημάτων, και όταν ο χρήστης κάνει την επιλογή του τότε γίνεται έλεγχος για το αν το σύστημα είναι έτοιμο να καταγράψει την κίνηση του.

Η αλληλεπίδραση του χρήστη με τον δάσκαλο είναι αρκετά ενδιαφέρουσα, αφού ο δάσκαλος όχι μόνο δίνει σχόλια στον χρήστη σχετικά με την επίδοσή του, αλλά επίσης κάνει εισηγήσεις σχετικά με ποιες κινήσεις θα πρέπει να εξασκήσει περισσότερο. Αρχικά εμφανίζονται απλές κινήσεις που ταξινομούνται σε διάφορα επίπεδα δυσκολίας, και αν ο χρήστης ολοκληρώσει μια τότε προχωράει στο επόμενο επίπεδο. Αν όχι, ο δάσκαλος δείχνει ξανά την κίνηση.

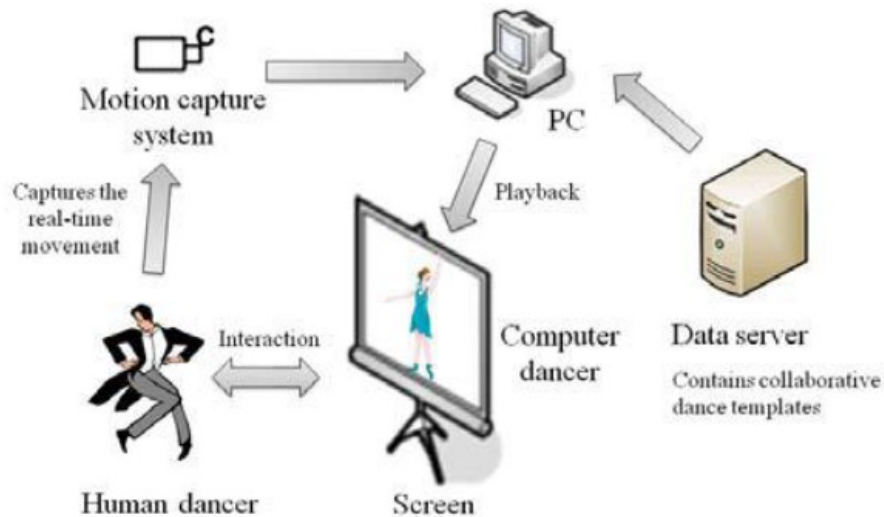
Στο τέλος οι κινήσεις ενώνονται σε μια ακολουθία. Η εκπαίδευση τελειώνει όταν ο δάσκαλος μένει ικανοποιημένος από την παρουσίαση του χρήστη. Η σύγκριση του συστήματος αυτού, γίνεται συλλέγοντας τα δεδομένα και συγκρίνοντας τις γωνιές των αρθρώσεων σε κάθε frame. Όταν ο χρήστης χορεύει, σε κάθε frame γίνεται σύγκριση της κάθε άρθρωσης του με την κάθε άρθρωση του δασκάλου στο συγκεκριμένο frame.

Δίνοντας έμφαση στον τρόπο σύγκρισης δύο κινήσεων προχωρούμε σε ένα συγκεκριμένο παράδειγμα υλοποίησης [25]. Για προετοιμασία της εργασίας αυτής γίνεται ερεύνα για το πότε δύο κινήσεις είναι όμοιες ή όχι. Στη συνέχεια υπολογίζεται η σημαντικότητα της κάθε άρθρωσης με βάση διάφορες δοκιμές και θέτονται συγκεκριμένα βάρη στην κάθε άρθρωση. 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 (threshold) τότε οι δύο κινήσεις αξιολογούνται ως αντιληπτικά όμοιες. Η τιμή του κατωφλίου υπολογίζεται από τα δεδομένα εκπαίδευσης. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το σύστημα αυτό υπερτερεί από άλλα συστήματα που υπολογίζουν την ευκλείδεια απόσταση μεταξύ των αρθρώσεων.

Σε παρόμοιο σύστημα [23] που αφορά την καταγραφή κίνησης και την αξιολόγηση χορευτή, ο χρήστης αλληλεπιδρά με τον εικονικό του δάσκαλο μέσω χορού και αξιολογείται για αυτή του την παρουσία (Σχήμα 2.12). Δηλαδή, ο εικονικός χορευτής έχει την ικανότητα να χορεύει σε συνεργασία με τον χρήστη του συστήματος αναγνωρίζοντας τις κινήσεις του χρήστη σε πραγματικό χρόνο. Η αναγνώριση και η αντίδραση του δασκάλου γίνεται χωρίς καθυστέρηση. Για την αναγνώριση της κίνησης του χορευτή χρησιμοποιήθηκε οπτικό σύστημα καταγραφής κίνησης με χρήση markers για να υπάρχει μεγάλη ακρίβεια.

Γίνεται καταγραφή της κίνησης του χρήστη από το σύστημα καταγραφής κίνησης, και στη συνέχεια τα δεδομένα κίνησης στέλνονται σε ένα υπολογιστή. Ο server με τα δεδομένα χορών στέλνει την κίνηση που θα μάθει ο χρήστης.

Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού είναι σημαντικό το σύστημα να αναγνωρίζει την κίνηση του χρήστη χωρίς καθυστέρηση ώστε να γίνεται ορθά η αλληλεπίδραση με το σύστημα.



Σχήμα 2.12: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής συστήματος

2.4 Motion-based gaming

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η καταγραφή κίνησης χρησιμοποιείται στα ηλεκτρονικά παιχνίδια για να δώσουμε ζωή σε εικονικούς χαρακτήρες, είτε μέσω κινήσεων ή εκφράσεων προσώπου. Δεν είναι ωστόσο η μόνη εφαρμογή στον τομέα των παιχνιδιών, αφού τα τελευταία χρόνια άρχισαν να παρουσιάζονται αρκετά ηλεκτρονικά παιχνίδια και controllers που βασίζονται στην τεχνική του motion capture. Αυτός ο νέος τρόπος αλληλεπίδρασης διαφέρει αρκετά από τον κλασσικό μέχρι πρόσφατα τρόπο που γνωρίζουμε.

Ο όρος motion gaming αναφέρεται στο να παίζει κάποιος βιντεοπαιχνίδια χωρίς την κλασσική αλληλεπίδραση μέσω ενός συνηθισμένου controller. Τα νέα αυτά motion-based ηλεκτρονικά παιχνίδια, που είναι πιο διαδραστικά από τα συστήματα με κλασσικά χειριστήρια, είναι πιο ρεαλιστικά, και δίνουν μια καλύτερη αίσθηση του να είσαι παρών στο περιβάλλον [15]. Ωστόσο, υπάρχει κάποια ιστορία ως προς το πως φτάσαμε σε αυτό το σημείο.

Η ιδέα εναλλακτικών controller γενικότερα δεν είναι τόσο καινούρια όσο φαίνεται, με τα πρώτα παραδείγματα motion-based gaming να ξεκινούν στο 1986, όπως θα δούμε παρακάτω.

Στο ευρύτερο κοινό όμως τα motion based controllers έγιναν αποδεκτά με τις σύγχρονες συσκευές Wii της Nintendo, το PlayStation Move της Sony και την Microsoft με το Kinect να ακολουθούν στα βήματα του. Αυτά τα συστήματα σημάδεψαν μια εποχή όπου το gaming χωρίς controllers είναι επιτέλους δημοφιλές.

Είναι όμως αυτός ο νέος τρόπος αλληλεπίδρασης αποδεκτός από τους χρήστες των παιχνιδιών; Είναι σίγουρο πως προσφέρει μια μοναδική εμπειρία περιλαμβάνοντας το σώμα του χρήστη στο παιχνίδι, δίνοντας του την αίσθηση πως βρίσκεται μέσα στο εικονικό περιβάλλον. Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το σώμα του ως controller, καθώς εξασκείται χορεύει ή κάνει άλλες κινήσεις και χειρονομίες (Σχήμα 2.13).



Σχήμα 2.13: Παιχνίδι Kinect Sports

Μερικοί συζητούν πως αν και τα παιχνίδια αυτά είναι αναμφισβήτητα διασκεδαστικά, δεν δίνουν την ίδια αίσθηση στον χρήστη όπως ένα κλασσικό controller. Άλλοι βέβαια προτιμούν την νέα αυτή διαδραστική επαφή, πράγμα που έχει δείξει σχετική έρευνα στο Baylor University [19]. Οι ερευνητές εξέτασαν τις αντιδράσεις των συμμετεχόντων προς παιχνίδια σε κλασσικές κονσόλες όπως το PlayStation 3 και το XBOX 360 με game pads, και προς παιχνίδια στα νέα motion based συστήματα, που περιλαμβάνουν το Move της Sony, το Kinect της Microsoft και το Wii της Nintendo. Τα νέα αυτά συστήματα έχουν διαδραστικές λειτουργίες όπως γυροσκόπια, αναγνώριση φωνής, υπέρυθρες κάμερες, σαρωτές σώματος και αισθητήρες κίνησης.

Σύμφωνα με τον Daniel Shafer Ph. D, οι ήχοι και τα γραφικά ενός παιχνιδιού μπορεί να είναι ρεαλιστικά, αλλά δεν δίνουν κατ' ανάγκη την αίσθηση ότι βρισκόμαστε στο περιβάλλον. Αν και δεν είναι κοινή γνώμη, είναι σίγουρα ο τρόπος σκέψης αρκετών και δείχνει πως τουλάχιστον μερικώς το κοινό έχει επιτέλους αποδεχθεί την νέα αυτή τεχνολογία.

2.5 Motion controllers

Βρίσκουμε το αρχικό παράδειγμα εναλλακτικών controllers με το power pad του NES (1986). Το power pad μια απλή πλαστική επιφάνεια με αισθητήρες στο εσωτερικό του. Ο παίχτης πίεζε τους αισθητήρες με τα πόδια του και έμοιαζε με ένα συνδυασμό Dance Dance Revolution και ένα Twister mat. Βέβαια σήμερα οι περισσότεροι δεν έχουν ακουστά το power pad, και δεν μπορούμε να πούμε ότι άλλαξε τον κόσμο των ηλεκτρονικών παιχνιδιών. Ωστόσο, άνοιξε δρόμους προς ένα μέλλον με διάφορους τύπους controller.

Μετά την εμφάνιση του έχουμε μια λίστα από παρόμοια συστήματα που στόχος τους ήταν να προσφέρουν στον χρήστη μια νέα εμπειρία [16]. Μερικά από αυτά βέβαια δεν ήταν πολύ επιτυχημένα, για παράδειγμα το Sega Activator της Sega (1995) (Σχήμα 2.13). Το Activator ήταν ένα προσομοιωτής πολεμικών τεχνών, που απαιτούσε από τον χρήστη να στέκεται σε ένα οκτάγωνο και να περνά τα χέρια του πάνω από υπέρυθρες ακτίνες που πήραν τη θέση των κουμπιών ενός controller.



Σχήμα 2.14: Sega Activator

Αυτό ουσιαστικά μετέτρεπε ολόκληρο το σώμα του παίκτη σε controller, και μπορούμε σίγουρα να πούμε πως το Activator αποτελεί πρόδρομο για το Kinect. Ωστόσο δεν βρήκε επιτυχία με το κοινό, λόγω της υψηλής του τιμής, της έλλειψης υποστήριξης του και του περιορισμού που έθετε στις κινήσεις του χρήστη.

Μετά από ένα χρονικό διάστημα όπου κυκλοφόρησαν αρκετοί νέοι τρόποι αλληλεπίδρασης το 2003 η Sony κυκλοφόρησε το EyeToy για το PlayStation 2 (Σχήμα 2.14). Διαθέτει ψηφιακή κάμερα με ανάλυση 320x240 pixels και μικρόφωνο. Χρησιμοποιεί υπολογιστική όραση και ανιχνευτή κίνησης για να επεξεργάζεται τις εικόνες και να επιτρέπει στο χρήστη να αλληλεπιδρά με κινήσεις του σώματος και ήχο. Για να λειτουργήσει χρειάζεται καλό φωτισμό στην αίθουσα. Τα μειονεκτήματα του ήταν το χαμηλό resolution της κάμερας, και η έλλειψη ποικιλίας παιχνιδιών. Το EyeToy είναι πολύ παρόμοιο με το σημερινό Kinect, και ίσως ήταν η κύρια πηγή έμπνευσης του.



Σχήμα 2.15: Παιχνίδι για το PS EyeToy

Ένα από τα πιο δημοφιλές χειριστήρια σήμερα είναι το Wii remote (Σχήμα 2.16). Αποτελεί το βασικό χειριστήριο για την κονσόλα παιχνιδιών Nintendo Wii (2006) και κύριο χαρακτηριστικό του είναι η ικανότητα να αντιλαμβάνεται την κίνηση με τη χρήση επιταχυνσιογράφος και υπέρυθρου οπτικού αισθητήρα. Το επιταχυνσιογράφος καταγράφει την κίνηση σε τρεις άξονες, οριζόντιο, κάθετο και οριζόντια περιστροφή. Ο οπτικός αισθητήρας με τη βοήθεια του sensor bar που εκπέμπει υπέρυθρες ακτίνες, καταλαβαίνει προς τα πού είναι στραμμένο το χειριστήριο.



Σχήμα 2.16: Παιχνίδι tennis για την κονσόλα Nintendo Wii

Η Sony κυκλοφόρησε τον διάδοχο του EyeToy με το PlayStation Eye το 2007, προορισμένο για το PlayStation 3. Καταγράφει βίντεο με τετραπλάσια ανάλυση (640×480 pixels) από το EyeToy και διπλάσια frames το δευτερόλεπτο. Επίσης έχει τη δυνατότητα μέσω τεσσάρων μικροφώνων που διαθέτει να διαγράφει τους θορύβους από το παρασκήνιο.

Το 2008 βλέπουμε το Wii Motion Plus, μια συσκευή επέκτασης του Wii remote που διαθέτει επιπρόσθετους αισθητήρες για να καταγράφονται καλύτερα οι πιο σύνθετες κινήσεις της συσκευής.

Μετά την προσπάθεια της Sony με το PlayStation Eye το 2007, το 2010 κυκλοφορεί το PlayStation Move (Σχήμα 2.17). Όπως και το Wii remote, είναι ασύρματος αισθητήρας κίνησης. Χρησιμοποιείται μαζί με το PlayStation Eye ως εναλλακτικό χειριστήριο για το PlayStation3. Το φως που εκπέμπει λειτουργεί ως marker για το PlayStation Eye, και δίνει τη θέση του στις δύο διαστάσεις, ενώ το ομοιόμορφο σφαιρικό σχήμα και καθορισμένο μέγεθος επιτρέπει στο σύστημα μέσω της προοπτικής σμίκρυνσης να καθορίσει τη θέση στην τρίτη διάσταση. Έτσι το σύστημα παίρνει ακριβείς πληροφορίες για τη θέση του χειριστηρίου αυτού στο χώρο.



Σχήμα 2.17: Boxing με τη χρήση του PS Move

2.6 Kinect

Φτάνουμε στη συσκευή που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία αυτή, το Kinect [20]. Το Kinect της Microsoft (Σχήμα 2.18) κυκλοφόρησε το 2010 για το XBOX 360, και είναι το πρώτο καταναλωτικό προϊόν που επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν μια διασύνδεση μόνο με χειρονομίες και φωνή. Η καινοτόμα αυτή συσκευή μπορεί να προσδιορίσει τη θέση του χρήστη στο χώρο και να ερμηνεύει φωνητικές εντολές, και όλα αυτά χωρίς να χρειάζεται να κατέχει οποιοδήποτε ειδικό ελεγκτή ή να φοράει ειδικά ενδύματα.

Καταγράφει τριών ειδών δεδομένα, απόσταση εικόνα και ήχο, ενώ στην επεξεργασία συνδυάζει αυτά τα δεδομένα. Ένας υπέρυθρος προβολέας και μια κάμερα δίνουν στο Kinect την αντίληψη του βάθους. Μετρώντας τη διάρκεια που χρειάζονται οι εκπεμπόμενες υπέρυθρες ακτίνες να ανακλαστούν πίσω από τα αντικείμενα που θα συναντήσουν, η συσκευή υπολογίζει τη διάταξη του δωματίου.



Σχήμα 2.18: Microsoft Kinect

Μια άλλη κάμερα καταγράφει το κανονικό ανθρώπινο οπτικό φάσμα. Εκτός από το να βοηθάει τη συσκευή να κατανοήσει τη θέση και την ταυτότητα του χρήστη, έχοντας όμως και τη δυνατότητα να παίρνει φωτογραφίες και βίντεο. Το Kinect μαζεύει ηχητικές πληροφορίες μέσω τεσσάρων ενσωματωμένων μικροφώνων.

Έχει αλλάξει τον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης αλληλεπιδρά με τους υπολογιστές, και χρησιμοποιείται πλέον σε διάφορους τομείς, όπως στην εκπαίδευση και σε ιατρικές περιθάλψεις. Δίνει την ευκαιρία στο χρήστη να αλληλεπιδρά με το παιχνίδι του χωρίς κάποιο χειριστήριο σε ένα φιλικό και εύχρηστο περιβάλλον προς αυτόν.

2.5 Σύγκριση Συστημάτων Καταγραφής Κίνησης και Kinect

Για ανακεφαλαίωση του κεφαλαίου αυτού θα γίνει μια σύγκριση των συστημάτων καταγραφής κίνησης και του Kinect, που χρησιμοποιήθηκε για την αλληλεπίδραση του χρήστη με την εφαρμογή αυτή.

Το σύστημα καταγραφής κίνησης απαιτεί εξοπλισμό (στολές για τον ηθοποιό και γενικά ολόκληρο το σύστημα καταγραφής) και συγκεκριμένο χώρο για να γίνει η καταγραφή των κινήσεων. Από την άλλη, το Kinect είναι απλά μια μικρή συσκευή που δεν απαιτεί από τον χρήστη να φοράει οποιαδήποτε στολή, ούτε χρειάζεται επιπλέον εξοπλισμό. Είναι επίσης εύκολο στη μετακίνηση.

Αυτό βέβαια σημαίνει επίσης πως παρόλο που το Kinect μπορεί να καταγράψει και να αποθηκεύσει κίνηση, η ποιότητα των δεδομένων που παράγει ένα σύστημα καταγραφής κίνησης είναι εξαιρετικά καλύτερη. Το Kinect έχει τη δυνατότητα καταγραφής κίνησης μόνο από μπροστά, αφού έχει μόνο μια κάμερα. Ένα σύστημα καταγραφής κίνησης έχει ένα πλήθος καμερών για να γίνεται καταγραφή κίνησης από όλες τις πλευρές, οδηγώντας σε πιο σωστά και ολοκληρωμένα δεδομένα.

Το Kinect χρησιμοποιείται και κατά την διάρκεια ενός παιχνιδιού, ενώ τα συστήματα καταγραφής κίνησης χρησιμοποιούνται μόνο για την επεξεργασία κινήσεων και την προετοιμασία τους για ταινίες ή παιχνίδια.

Τέλος, η μεγαλύτερη διαφορά των δύο είναι το κόστος τους. Το Kinect έχει μια πολύ προσιτή τιμή, ενώ το σύστημα καταγραφής κίνησης λόγω του εξοπλισμού που χρειάζεται ξεπερνά κατά πολύ την τιμή του Kinect.

Κεφάλαιο 3

Δομή συστήματος

3.1 Εισαγωγή	27
3.2 Γενική Λειτουργία Παιχνιδιού	28
3.3 Σχεδίαση συστήματος	29
3.4 Ροή Δεδομένων	30
3.5 Λειτουργίες Συστήματος	32
3.5.1 Μενού	32
3.5.2 Κεντρική οθόνη παιχνιδιού	33
3.5.3 Οθόνη αποτελεσμάτων	34
3.6 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν	35
3.6.1 3DS Max	35
3.6.2 Virtual Reality Lab UCY	36
3.6.3 MotionBuilder	36
3.6.4 Unity 3D	37
3.6.5 Kinect	38
3.6.6 Zigfu	38

3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξηγηθεί η γενική λειτουργία του παιχνιδιού. Δίνεται περιγραφή των λειτουργιών του συστήματος, καθώς και του τρόπου που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους τα μέρη του συστήματος. Περιγράφονται οι βασικές σκηνές της εφαρμογής, όπως και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία της εφαρμογής.

3.2 Γενική Λειτουργία Παιχνιδιού

Το παιχνίδι που υλοποιήθηκε για αυτή την διπλωματική εργασία στοχεύει κυρίως σε παιδιά, αλλά επίσης και σε άτομα όλων των ηλικιών. Στοχεύει να προωθήσει την πολιτιστική κληρονομιά και συγκεκριμένα τους κυπριακούς παραδοσιακούς χορούς.

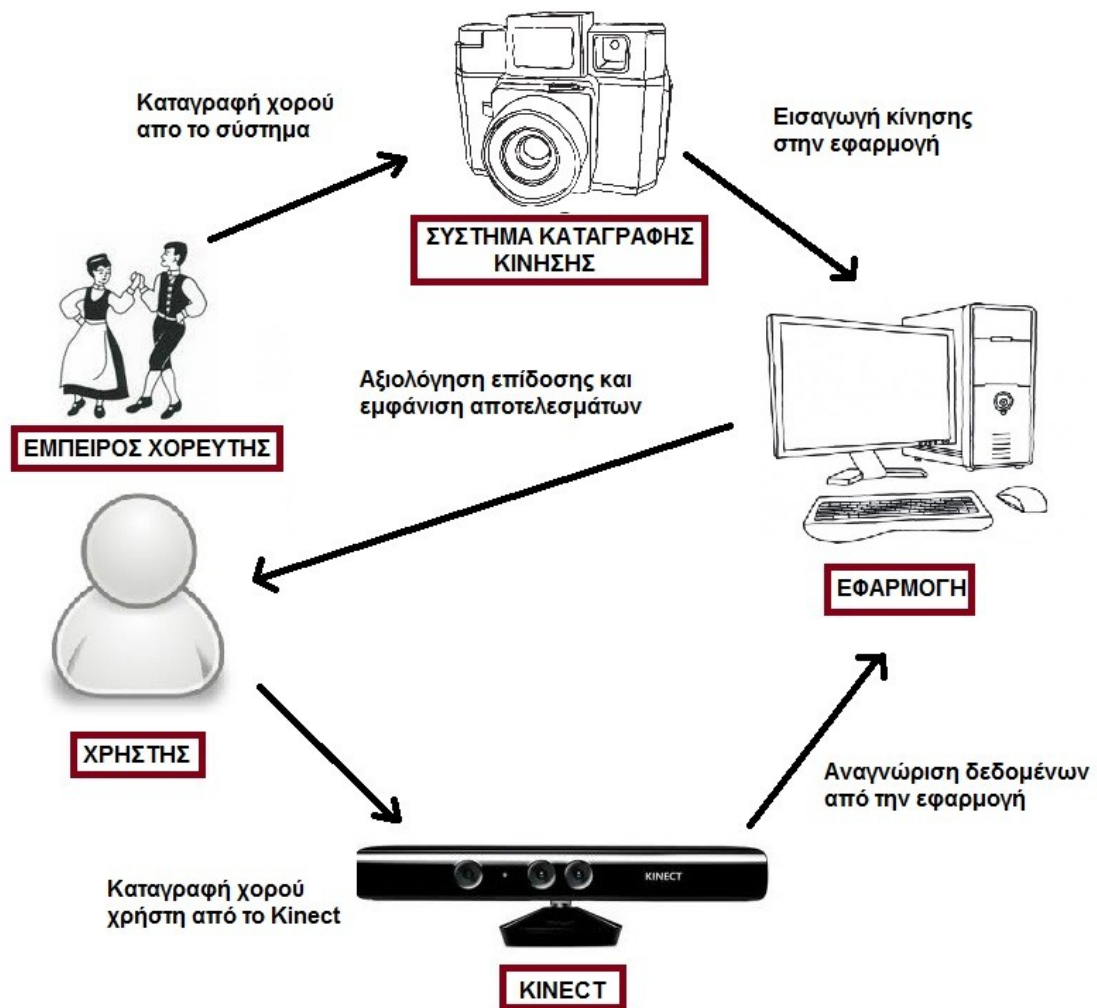
Κύριος στόχος του παιχνιδιού είναι να διδάξει και να βοηθήσει τον χρήστη να βελτιώσει την επίδοση του σε ένα χορό της επιλογής του.

Αρχικά παρουσιάζεται στον χρήστη ένα μενού με τις επιλογές του. Ο χρήστης μπορεί να δει ένα preview των χορών που είναι διαθέσιμοι, και στη συνέχεια διαλέγει τον χορό που θέλει να εξασκήσει.

Αφού κάνει την επιλογή του ο χρήστης μεταφέρεται στο κεντρικό δωμάτιο του παιχνιδιού που παριστάνει μια παραδοσιακή ταβέρνα, όπου των περιμένουν ο δάσκαλος του και ένας επιπλέον χορευτής. Αναμένεται από τον χρήστη να κάνει calibration, και έπειτα αρχίζει ο χορός.

Καθώς ο χρήστης χορεύει θα του εμφανίζονται σε πραγματικό χρόνο ενδείξεις που του δείχνουν πιο μέρος του σώματος του είναι στη σωστή ή λάθος θέση, βοηθώντας τον να τελειοποιήσει τις κινήσεις του. Επίσης όταν ο χρήστης επιλέξει να τερματίσει ή ολοκληρώσει τον χορό, θα του εμφανίζονται σχόλια για την συνολική επίδοση του, περιλαμβάνοντας τα δυνατότερα και χειρότερα του σημεία.

3.3 Σχεδίαση συστήματος



Σχήμα 3.1: Σχεδιάγραμμα συστήματος

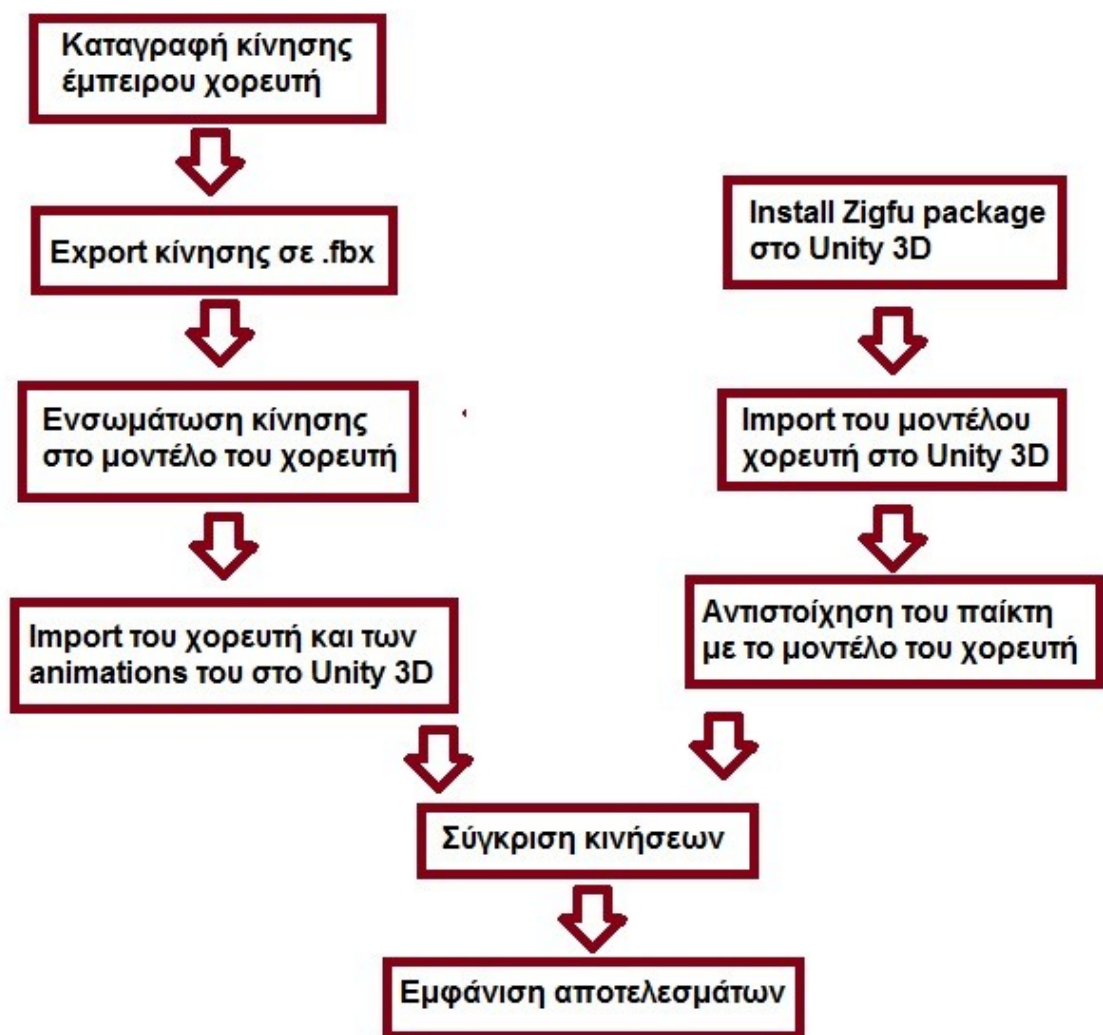
Πιο πάνω εμφανίζεται η αλληλεπίδραση των αντικειμένων του συστήματος.

Ο χρήστης αλληλεπιδρά με το σύστημα μέσω της κίνησης του που αναγνωρίζει και καταγράφει το Kinect. Επίσης, η κίνηση θα εμφανίζεται σε τρισδιάστατο μοντέλο στην σκηνή. Καθώς χορεύει, η εφαρμογή υπολογίζει αν εκτελεί τις κινήσεις που δείχνει ο εικονικός δάσκαλος και του εμφανίζει ενδείξεις ως προς τι να διορθώσει καθώς και τελικά αποτελέσματα.

Το σύστημα καταγραφής κίνησης καταγράφει την κίνηση ενός έμπειρου χορευτή, και μετά από επεξεργασία η κίνηση αυτή εισάγεται στο σύστημα για να γίνει σύγκριση με αυτή του χρήστη.

3.4 Ροή δεδομένων

Η ροή δεδομένων του συστήματος παρουσιάζεται πιο κάτω:



Σχήμα 3.2: Ροή δεδομένων

Η λειτουργία της εφαρμογής χωρίζεται σε δύο μέρη (Σχήμα 3.2). Αριστερά έχουμε την προετοιμασία που πρέπει να γίνει για να φορτώσουμε τα δεδομένα ενός πραγματικού χορευτή, και δεξιά έχουμε τις λειτουργίες που σχετίζονται με τον χρήστη και το μοντέλο που τον αντιπροσωπεύει. Ο τελικός στόχος του συστήματος είναι να γίνει η σύγκριση των κινήσεων του παίκτη και του δασκάλου.

Αρχικά πρέπει να γίνει η καταγραφή κίνησης από πραγματικό έμπειρο χορευτή στο εργαστήριο Virtual Reality. Η καταγραφή αυτή και η ανάλυση των δεδομένων κίνησης έχει γίνει προηγουμένως της εκκίνησης της εργασίας και θα αναλυθεί στο επόμενο κεφάλαιο.

Αφού γίνει ανάλυση των δεδομένων, έχουμε ένα αρχείο .bvh που περιέχει την κίνηση. Για να ενσωματωθεί η κίνηση αυτή στο μοντέλο του χορευτή και για να είναι αναγνωρίσιμο από το Unity 3D, χρειάζεται να είναι σε μορφή .fbx. Αφού γίνει η μετατροπή αυτή, τότε μπορούμε να βάλουμε την κίνηση πάνω στον χορευτή. Μετά τη διαδικασία αυτή μπορούμε να εισάγουμε τα δεδομένα του χορού στο Unity 3D για την ανάπτυξη του παιχνιδιού.

Σε αυτό το σημείο έχουμε τα διάφορα animations του δασκάλου για τους χορούς που περιέχει το παιχνίδι. Το επόμενο βήμα είναι να αναγνωρίσουμε την κίνηση του χρήστη μέσω του Kinect.

Για να γίνει χρήση του Kinect στο Unity χρησιμοποιήθηκε το πακέτο Zigfu, που εξηγείται στα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν πιο κάτω. Εν συντόμως, το πακέτο αυτό περιλαμβάνει απαραίτητα SDKs για να αναγνωριστεί το Kinect στο Unity όπως επίσης και έτοιμα scripts που κάνουν χρήση του Kinect. Αφού κάνουμε import ένα επιπλέον μοντέλο χορευτή, γίνεται χρήση ενός script για την αντιστοίχιση των σημείων του παίκτη στα σημεία του εικονικού χαρακτήρα.

Αφού έχουμε τις δύο κινήσεις το μόνο που απομένει είναι η σύγκριση των δύο, η οποία γίνεται σε πραγματικό χρόνο καθώς ο χρήστης χορεύει. Η σύγκριση αυτή θα εξηγηθεί λεπτομερώς στο επόμενο κεφάλαιο.

3.5 Λειτουργίες Συστήματος

Το σύστημα αποτελείται από τρεις βασικές σκηνές: το μενού, την κεντρική οθόνη του παιχνιδιού όπου χορεύει ο χρήστης (Σχήμα 3.5), και την οθόνη αποτελεσμάτων. Πιο κάτω γίνεται περιγραφή των τριών.

3.5.1 Μενού

Με την εκκίνηση της εφαρμογής εμφανίζεται στον χρήστη το μενού από το οποίο μπορεί να κάνει τις επιλογές του (Σχήμα 3.3). Οι τρεις πόρτες απεικονίζουν τους τρεις χορούς που μπορεί να εξασκηθεί ο χρήστης, και μπροστά από τις πόρτες υπάρχουν οι χορευτές που χορεύουν τον αντίστοιχο χορό. Υπάρχει επίσης η δυνατότητα εξόδου, που τερματίζει το παιχνίδι. Η επιλογή χορού γίνεται με χρήση χειρονομιών wave και push.



Σχήμα 3.3: Μενού παιχνιδιού

3.5.2 Κεντρική Οθόνη Παιχνιδιού

Η σκηνή αυτή είναι το δωμάτιο όπου γίνεται ο χορός. Αρχικά γίνεται μια μικρή περιήγηση του δωματίου (Σχήμα 3.4) ξεκινώντας από την πόρτα στο πίσω μέρος του δωματίου και καταλήγοντας μπροστά από το μοντέλο του παίκτη.



Σχήμα 3.4: Στιγμιότυπο περιήγησης



Σχήμα 3.5: Βασική σκηνή παιχνιδιού

User Interface

Στο κάτω δεξιά μέρος της οθόνης βρίσκεται η καταγραφή από το Kinect (Σχήμα 3.7). Στο κάτω αριστερά μέρος βρίσκεται το User Radar, ενώ δίπλα του βρίσκεται το figure που αναπαριστά τον παίκτη. Κάθε κομμάτι του αλλάζει χρώμα με βάση τη σύγκριση κινήσεων του παίκτη και του μοντέλου του έμπειρου χορευτή. Η σύγκριση αυτή θα αναλυθεί περαιτέρω στο επόμενο κεφάλαιο.



Σχήμα 3.7: Δεδομένα από το Kinect

3.5.3 Οθόνη Αποτελεσμάτων

Η οθόνη αυτή (Σχήμα 3.8) εμφανίζεται όταν ο χρήστης ολοκληρώσει τον χορό ή όταν επιλέξει από μόνος του να τερματίσει. Ο τρόπος που υπολογίζονται τα αποτελέσματα θα εξηγηθεί στο επόμενο κεφάλαιο. Δείχνει στον χρήστη την ολική του επίδοση, και τα καλύτερα και χειρότερα του σημεία.



Σχήμα 3.8: Οθόνη αποτελεσμάτων

3.6 Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν

Για την υλοποίηση της εφαρμογής χρειάστηκαν κάποια συγκεκριμένα εργαλεία. Για την επεξεργασία των μοντέλων του παιχνιδιού χρησιμοποιήθηκε το 3DS Max. Για την καταγραφή των χώρων χρησιμοποιήθηκε το εργαστήριο Virtual Reality του Πανεπιστημίου Κύπρου, ενώ για την επεξεργασία των δεδομένων αυτών και την σύνδεση τους με το μοντέλο του χορευτή χρησιμοποιήθηκε το Motion Builder της Autodesk. Η εφαρμογή αναπτύχθηκε με τη χρήση του Unity 3D και για να λειτουργήσει η εφαρμογή χρειάζεται η σύνδεση με το Kinect. Στη συνέχεια γίνεται μια σύντομη αναφορά στα εργαλεία αυτά που χρησιμοποιήθηκαν.

3.6.1 3DS Max

Το 3DS Max (Σχήμα 3.9) είναι λογισμικό το οποίο χρησιμοποιείται για δημιουργία 3D μοντέλων, animation και εικόνων. Αναπτύγμένο από την Autodesk, έχει δυνατότητες μοντελοποίησης και χρησιμοποιείται αρκετά από δημιουργούς 3D παιχνιδιών, στην τηλεόραση και σε studio αρχιτεκτονικής. Χρησιμοποιείται επίσης σε ταινίες για την δημιουργία effects.



Σχήμα 3.9: Περιβάλλον 3DS Max

3.6.2 Virtual Reality Lab UCY

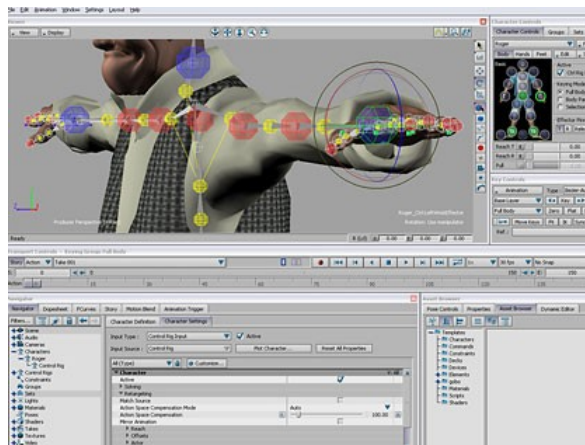
Το εργαστήριο χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή κινήσεων από έμπειρους χορευτές, με σκοπό να χρησιμοποιηθούν τα δεδομένα στην εφαρμογή αυτή. Αποτελείται από το κυρίως σύστημα και 12 κάμερες (Σχήμα 3.10). Οι κάμερες “διαβάζουν” τους markers που βρίσκονται πάνω στην στολή του χορευτή μέσω ενός αλγόριθμου. Η θέση των καμερών είναι σημαντικό να είναι σωστή, αφού σε άλλη περίπτωση παρουσιάζονται λάθη κατά την καταγραφή της κίνησης που θα απαιτούσαν πολύ χρόνο για την επεξεργασία και διόρθωση τους.



Σχήμα 3.10: Στιγμιότυπο από την καταγραφή των χορών

3.6.3 MotionBuilder

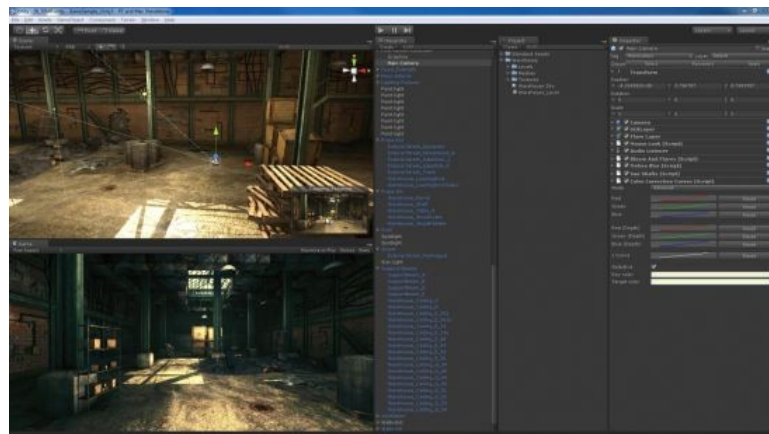
Επίσης από την Autodesk, το MotionBuilder (Σχήμα 3.11) εστιάζεται στο animation 3D χαρακτήρων. Χρησιμοποιείται για εικονική παραγωγή, καταγραφή κίνησης, και για παραδοσιακό keyframe animation. Χρησιμοποιείται κυρίως σε ταινίες, σε ηλεκτρονικά παιχνίδια, στην τηλεόραση και σε άλλα πολυμέσα. Δίνει τη δυνατότητα animation σκελετού αλλά και προσώπου, και προσφέρει εργαλεία real-time animation. Κάποια παραδείγματα χρήσης του βρίσκονται στην σειρά παιχνιδιών Assassin's Creed και στην ταινία Avatar.



Σχήμα 3.11: Περιβάλλον MotionBuilder

3.6.4 Unity 3D

Το Unity (Σχήμα 3.12) είναι εργαλείο για δημιουργία τρισδιάστατων παιχνιδιών, αλλά και για αρχιτεκτονικές απεικονίσεις ή real time animation. Παιχνίδια που αναπτύσσονται στο Unity μπορούν να τρέξουν σε πλατφόρμες όπως σε Windows, Mac, Android και άλλα. Το Unity δίνει επίσης τη δυνατότητα ανάπτυξης παιχνιδιών για web browser, χρησιμοποιώντας το ειδικό plugin.

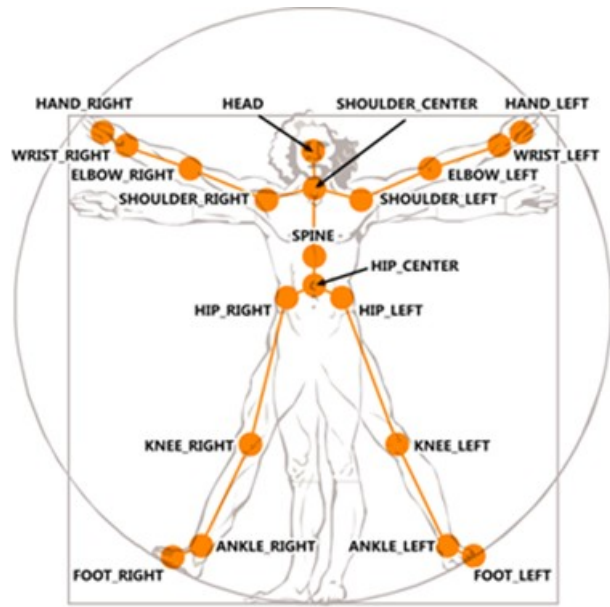


Σχήμα 3.12: Περιβάλλον Unity 3D

3.6.5 Kinect

Για να λειτουργήσει η εφαρμογή μας χρειάζεται ένας τρόπος να αναγνωρίσουμε την κίνηση του χρήστη για να του δώσουμε feedback σχετικά με την επίδοση του στον χορό. Για τον σκοπό αυτό επιλέχθηκε το Kinect. Η λειτουργία ανίχνευσης κίνησης του Kinect θα χρησιμοποιείται για τις επιλογές του χρήστη στο κεντρικό μενού, και σημαντικότερα για να αναγνωρίσει την κίνηση του σώματος του καθώς χορεύει.

Το Kinect αναγνωρίζει τις αρθρώσεις του ανθρώπινου σώματος (Σχήμα 3.13) για να σχηματίσει τον σκελετό του χρήστη. Για να “ενώσουμε” τις λειτουργίες του Kinect με το Unity χρειάστηκαν κάποια εργαλεία που θα αναλυθούν στη συνέχεια.



Σχήμα 3.13: Σχεδιάγραμμα αρθρώσεων που παρέχει το Kinect

3.6.6 Zigfu

Το πακέτο Zigfu είναι ένα σύνολο βιβλιοθηκών και scripts για την παροχή μιας πλατφόρμας για ανάπτυξη παιχνιδιών και εφαρμογών χρησιμοποιώντας το Microsoft Kinect. Αναπτύχθηκε αρχικά από τους Amir Hirsch, Ted Blackman, Roe Shenberg και Shlomo Zippel.

Περιέχει τα ακόλουθα SDKs:

- OpenNI
- Sensor Kinect
- PrimeSense NiTE

Το κύριο μέρος του πακέτου αυτού είναι το OpenNI, ένα open source SDK που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη είτε βιβλιοθηκών ή εφαρμογών. Η ενσωμάτωση και χρησιμοποίηση του είναι αρκετά ευκολότερη από το default SDK που προσφέρει η Microsoft.

Ένα παράδειγμα χρησιμοποίησης του πακέτου εκτός από τα SDKs για την ένωση του Kinect με το Unity αποτελούν τα script για την μεταφορά των δεδομένων που καταγράφει το Kinect σε ένα μοντέλο χορευτή.

Κεφάλαιο 4

Υλοποίηση

4.1 Καταγραφή και επεξεργασία κίνησης δασκάλου	40
4.2 Χειρονομίες παιχιδιού	42
4.3 Σκηνικό παιχιδιού	44
4.4 Κίνηση και μοντέλο χρήστη	45
4.5 Σύγκριση κινήσεων	48
4.6 Εμφάνιση αποτελεσμάτων	50
4.6.1 Έγχρωμη αντιπροσώπευση	50
4.6.2 Τελική βαθμολογία	51
4.7 Προβλήματα	51

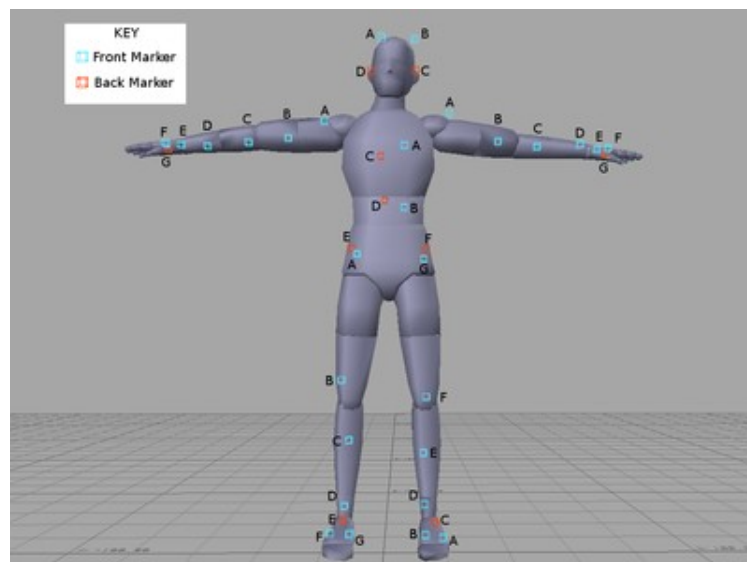
4.1 Καταγραφή και επεξεργασία κίνησης δασκάλου

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, οι χοροί που χρησιμοποιήθηκαν στο παιχνίδι έχουν καταγραφεί στο εργαστήριο Virtual Reality του Πανεπιστημίου Κύπρου. Στο κομμάτι αυτό βοήθησαν έμπειροι χορευτές από τους οποίους καταγράφηκε η κίνηση καθώς χόρευαν. Η διαδικασία της καταγραφής των χορών και της επεξεργασίας των δεδομένων είχε γίνει προηγουμένως της εκκίνησης της εργασίας και θα εξηγηθεί στη συνέχεια.

Αρχικά για να αρχίσει η καταγραφή της κίνησης γίνεται calibration. Όλοι οι markers πρέπει να είναι εκτός του οπτικού πεδίου των καμερών, για να εξακριβωθεί αν οι κάμερες ανιχνεύουν αντικείμενα που υπολογίζουν ως markers λόγω της αντανάκλασης τους. Τα αντικείμενα αυτά πρέπει να αφαιρεθούν αλλιώς θα υπάρχουν σφάλματα κατά την καταγραφή της κίνησης.

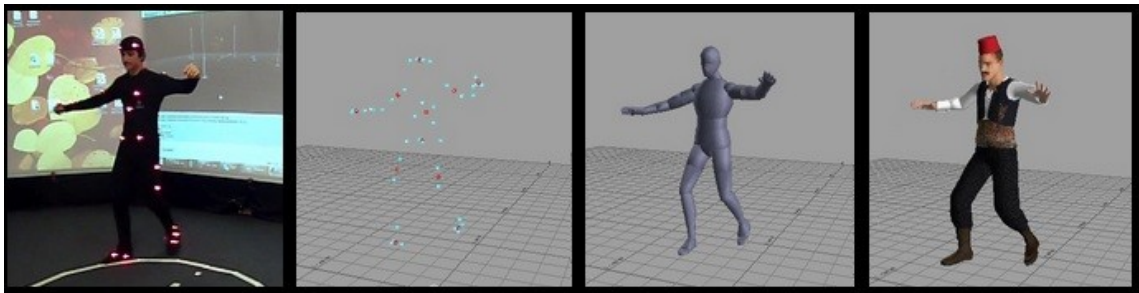
Έπειτα γίνεται “wandering”. Το wand αποτελείται από 3 markers, και περνάται από το οπτικό πεδίο των καμερών καθώς αυτές καταγράφουν δεδομένα. Σε αυτό το σημείο όσο πιο πολλά δεδομένα παρθούν τόσο καλύτερη θα είναι η ποιότητα της καταγραφής, γι’ αυτό είναι σημαντικό να βλέπουν το wand όσες πιο πολλές κάμερες γίνεται. Τέλος το σύστημα υπολογίζει αν η τα αποτελέσματα της διαδικασίας αυτής ήταν ικανοποιητικά, αλλιώς πρέπει να επαναληφθεί. Τελευταίο βήμα του calibration είναι ο ορισμός των αξόνων x, y και z. Αυτό βοηθά για το import των δεδομένων σε εφαρμογές όπως το MotionBuilder.

Το επόμενο βήμα είναι η τοποθέτηση των markers πάνω στη στολή. Όταν τελειώσει η διαδικασία του calibration ο ηθοποιός φοράει τη στολή και τοποθετούνται οι markers στα σωστά σημεία (Σχήμα 4.1). Είναι σημαντικό να μην είναι συμμετρικά, αλλιώς η καταγραφή μπορεί να έχει λάθη αφού δεν θα μπορεί να ξεχωρίσει δεξιά από αριστερά.



Σχήμα 4.1: Markers πάνω στο μοντέλο .fbx

Στη συνέχεια πρέπει να γίνει calibration του σκελετού. Ο ηθοποιός ξεκινά πάντα σε T-pose, και αρχίζει η καταγραφή. Έπειτα γίνεται η διαδικασία επεξεργασίας των δεδομένων στο MotionBuilder. Ορίζονται τα μέτρα του σκελετού ανάλογα με τα μέτρα του ηθοποιού που εκτέλεσε την κίνηση (ύψος, μήκος χεριών κτλ). Μετά πρέπει να γίνει ορισμός των rigid bodies του σκελετού, δηλαδή ορίζονται ποιοι markers ανήκουν στο κάθε rigid body. Αφού γίνει αυτή η διαδικασία, μπορούμε να αποθηκεύσουμε την κίνηση είτε σε .fbx ή .bvh (Σχήμα 4.2). Για τους σκοπούς της εργασίας χρησιμοποιείται η μορφή .fbx για να μπορούμε να εισάγουμε τις κινήσεις στο Unity 3D.



Σχήμα 4.2: Διαδικασία ενσωμάτωσης κίνησης στο μοντέλο του χορευτή

4.2 Χειρονομίες παιχνιδιού

Εκτός από την αναγνώριση της κίνησης του χορού του χρήστη, η εφαρμογή αναγνωρίζει επίσης κάποιες χειρονομίες (Σχήμα 4.3). Οι χειρονομίες αυτές χρησιμοποιούνται για την μεταφορά του χρήστη από σκηνή σε σκηνή ή και για την έξοδο του από την εφαρμογή.

Για την αναγνώριση των χειρονομιών χρησιμοποιήθηκαν τα scripts του OpenNI για wave, swipe και push με κάποιες μετατροπές για βελτίωσής. Συγκεκριμένα χρειάστηκε να γίνουν αλλαγές στις τιμές του drift speed της χειρονομίας push για να αναγνωρίζεται πιο εύκολα όταν ο χρήστης κάνει την επιλογή του.



Σχήμα 4.3: Χειρονομίες wave και push

Ο χρήστης αρχικά πρέπει να ενεργοποιήσει το μενού με μια χειρονομία wave. Έπειτα κινάει το χέρι του δεξιά και αριστερά προς την επιλογή του. Το κίτρινο χρώμα δείχνει πια πόρτα είναι η πιθανή επιλογή του χρήστη με βάση την τοποθεσία του χεριού του (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.4: Πιθανή επιλογή χρήστη με χρώμα κίτρινο καθώς κάνει swipe

Με χειρονομία push το χρώμα αλλάζει σε πράσινο και επιλέγεται η πόρτα που επιθυμεί (Σχήμα 4.5). Ο χρήστης μεταφέρεται τότε στην ταβέρνα που αποτελεί το κεντρικό δωμάτιο του παιχνιδιού για να αρχίσει τον χορό.



Σχήμα 4.5: Επιλογή χρήστη με πράσινο χρώμα πριν μεταφερθεί στην ταβέρνα

4.3 Σκηνικό παιχνιδιού

Τα μοντέλα του παιχνιδιού και τα textures που χρησιμοποιήθηκαν πάρθηκαν από ιστοσελίδες που προσφέρουν δωρεάν τρισδιάστατα μοντέλα, και τροποποιήθηκαν μέσω του 3DS Max για να έχουν μια πιο παραδοσιακή αίσθηση. Το μοντέλο του χορευτή παρεσχέθη από το Πανεπιστήμιο Κύπρου.

Ο χώρος παριστάνει μια παραδοσιακή κυπριακή ταβέρνα (Σχήμα 4.6). Υπάρχουν τρία τραπέζια γύρω από τους χορευτές με παραδοσιακές καρέκλες, και σε ένα από αυτά υπάρχει τάβλι. Στο πίσω μέρος του δωματίου υπάρχει ένα πέτρινο τζάκι με particle effects φωτιάς. Υπάρχει επίσης μια ξύλινη κατασκευή με ράφια για αποθήκευση βαρελιών κρασιού, δύο αμφορείς και μια ξύλινη ρόδα κάρου. Στον τοίχο υπάρχει μια λάμπα με κεραμικά, και από το ταβάνι κρέμεται ένα ξύλινο πολύφωτο.



Σχήμα 4.6: Εναλλακτικό view της ταβέρνας

Η κάμερα εστιάζεται στο μοντέλο του παίκτη, πάνω στον οποίο υπάρχει spotlight. Πίσω από τον παίκτη υπάρχει ο δάσκαλος του και ένας επιπλέον χορευτής, οι οποίοι δείχνουν στον παίκτη τις κινήσεις που πρέπει να εκτελέσει. Επίσης στο πίσω μέρος του δωματίου υπάρχει μια πόρτα που ενεργοποιείται όπως και στο μενού με μια χειρονομία wave. Αν ο χρήστης την επιλέξει τότε του εμφανίζεται η οθόνη αποτελεσμάτων και τερματίζει τον χορό του.

4.4 Κίνηση και μοντέλο χρήστη

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, για την ανάπτυξη του παιχνιδιού και την αλληλεπίδραση του χρήστη με αυτό χρησιμοποιείται το Kinect. Το Kinect αναγνωρίζει τον χρήστη και τις αρθρώσεις του και μας δίνει τη δυνατότητα να διαβάσουμε και να χρησιμοποιήσουμε τα δεδομένα αυτά.

Για την ευκολία χρησιμοποίησης των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το πακέτο Zigfu, που προσφέρει διάφορα scripts για την αναγνώριση κινήσεων του χρήστη (Σχήμα 4.7). Όπως και σε παρόμοιες υλοποιήσεις που έχουν γίνει σε χορευτικά παιχνίδια και για να είναι πιο διαδραστική και διασκεδαστική η εφαρμογή, οι κινήσεις του χρήστη μεταφέρονται σε ένα μοντέλο χορευτή εντός της σκηνής. Αυτό δίνει στο χρήστη μια πιο ευχάριστη και ρεαλιστική εμπειρία.

Για την υλοποίηση αυτή χρησιμοποιείται το script OpenNI Skeleton. Για να λειτουργήσει χρειάζεται να τοποθετηθεί στη σκηνή ένα τρισδιάστατο μοντέλο, σε αυτή την περίπτωση αυτό ενός χορευτή, και να αντιστοιχήσουμε τα σημεία που αναγνωρίζει το Kinect στα σημεία που επιθυμούμε πάνω στο μοντέλο.

Δίνεται επίσης η επιλογή να γίνεται update το root position, που επιτρέπει στον χαρακτήρα να κινείται ελεύθερα στον χώρο αντί να μένει στάσιμος, πράγμα χρήσιμο για τις απαιτήσεις της εφαρμογής.



Σχήμα 4.7: Αντιστοίχιση δεδομένων του Kinect με τον εικονικό χαρακτήρα

Με την εκκίνηση της εφαρμογής ζητείται από τον χρήστη να κάνει calibrate. Το pose που ζητείται είναι με τα χέρια σε γωνία 90° (Σχήμα 4.8). Ο λόγος που ζητείται αυτό αντί του συνηθισμένου T-pose είναι για να γίνεται πιο εύκολα ο διαχωρισμός μεταξύ upper arm και forearm, αφού δίνεται η θέση του αγκώνα.



Σχήμα 4.8: Αρχικό pose που ζητείται από τον χρήστη

Αφού ο χρήστης κάνει calibrate, υπάρχει ένα περιθώριο πέντε δευτερολέπτων πριν ξεκινήσει να χορεύει ο δάσκαλος, και έτσι έχει χρόνο να προετοιμαστεί ανάλογα. Επίσης σε αυτό το διάστημα δεν γίνεται ακόμη η σύγκριση των κινήσεων, αφού ξεκινά μόλις τελειώσει το countdown.

Βέβαια το Kinect δεν έχει μεγάλη ακρίβεια στην αναγνώριση κινήσεων, και λόγω αυτού εμφανίζονται κατά καιρούς ανακρίβειες στην κίνηση του εικονικού χαρακτήρα. Για παράδειγμα λόγω της ύπαρξης μόνο μιας κάμερας καταγράφεται κίνηση μόνο μπροστά. Αν ο χρήστης τοποθετήσει τα χέρια πίσω από την πλάτη του ή οποιαδήποτε άλλη κίνηση που δεν είναι απλή και frontal, το Kinect δυσκολεύεται να την αναγνωρίσει. Το ίδιο συμβαίνει όταν ο χρήστης σκύψει ή γονατίσει.

4.5 Σύγκριση κινήσεων

Το σημαντικότερο μέρος της εφαρμογής αποτελεί η σύγκριση των κινήσεων του χρήστη και του δασκάλου, αφού είναι σημαντικό να δώσουμε το σωστό feedback στον χρήστη.

Εντός του παιχνιδιού, τα μοντέλα του χρήστη και του δασκάλου είναι εντελώς όμοια. Η μόνη τους διαφορά είναι πως εκτελούν διαφορετικό animation, αφού ο δάσκαλος εκτελεί ένα προκαθορισμένο animation με βάση την επιλογή χορού του χρήστη, και το animation του χρήστη καθορίζεται σε πραγματικό χρόνο με βάση τα δεδομένα του Kinect. Αυτό κάνει την σύγκριση σχετικά εύκολη, αφού όμοια μοντέλα σημαίνει επίσης πως έχουν τα ίδια limbs και joints για σύγκριση. Άρα αφού έχουν την ίδια δομή σκελετού, δεν χρειάζονται αλλαγές και πρέπει να βρούμε απλά έναν αποτελεσματικό τρόπο σύγκρισης τους.

Για την σύγκριση των δύο κινήσεων χρησιμοποιήθηκε μια σύγκριση γωνιών των limbs των δύο σκελετών του δασκάλου και του χρήστη σε κάθε frame. Τα rotations στον σκελετό του μοντέλου είναι σε quaternions, και το Unity παρέχει συνάρτηση για που υπολογίζει την διαφορά τους σε μοίρες (`Quaternion.Angle(transform.rotation, target.rotation)`). Για την σύγκριση επιλέχθηκαν συγκεκριμένα σημεία του σκελετού. Συγκεκριμένα έγινε σύγκριση των upper arm, forearm, hand, thigh, calf, foot, pelvis και head. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε τις διαφορές των βασικών μερών των δύο σκελετών.

Έχοντας την διαφορά των γωνιών ωστόσο δεν είναι αρκετή. Είναι σημαντικό να θέσουμε κάποια βάρη στα σημεία του σκελετού, για να ορίσουμε πόσο σημαντικά είναι. Αυτό θα βοηθήσει σε μια πιο σωστή παρουσίαση αποτελεσμάτων, αφού χωρίς τα βάρη μπορεί ένα σημείο όχι τόσο σημαντικό να μειώσει το σκορ του χρήστη ενώ τα άλλα πιο σημαντικά σημεία είναι ορθά. Καταλήγουμε σίγουρα λοιπόν σε μια υλοποίηση weighted average.



Σχήμα 4.9: Παράδειγμα σύγκρισης



Σχήμα 4.10: Παραδείγματα σύγκρισης

Τα βάρη που υπάρχουν στην εφαρμογή τέθηκαν μετά από δοκιμές και εξάσκηση. Για παράδειγμα όσο αφορά το arm, δίνεται έμφαση περισσότερο στο upper arm αντί του hand.

4.5 Εμφάνιση αποτελεσμάτων

Όπως και στις υλοποιήσεις που μελετήθηκαν είναι σημαντικό να δίνεται στον χρήστη κάποιο είδος feedback. Στο παιχνίδι αυτό υπάρχουν δύο είδη feedback που στοχεύουν να βοηθήσουν τον χρήστη να καλυτερεύσει την επίδοσή του, ο χαρακτήρας στην οθόνη του καθώς χορεύει και τα τελικά αποτελέσματα στην οθόνη αποτελεσμάτων.

4.5.1 Έγχρωμη αντιπροσώπευση

Ο χαρακτήρας στο κάτω μέρος της οθόνης του χρήστη είναι μια απλή κατασκευή που αποτελείται από έξι μέρη (Σχήμα 4.11). Τα δύο του χέρια, δύο πόδια, τον κορμό του και το κεφάλι του. Τα μέρη αυτά συμβολίζουν τα μέρη του χρήστη και αρχικά πριν αρχίσει να χορεύει ο χρήστης όλα τα μέρη έχουν άσπρο χρώμα. Όταν αρχίσει να χορεύει, αρχίζει επομένως η σύγκριση των κινήσεων και ο υπολογισμός αν οι κινήσεις εκτελούνται ορθά.



Σχήμα 4.11: Έγχρωμη αντιπροσώπευση λαθών χρήστη

Τα μέρη της κατασκευής αλλάζουν χρώμα μεταξύ πράσινου και κόκκινου με τη χρήση της συνάρτησης `Color.Lerp`, βασισμένα στο `weighted average` των μερών με τα οποία είναι σχετικό. Για παράδειγμα το αριστερό χέρι στην κατασκευή είναι ένας συνδυασμός του αριστερού άνω χεριού (`upper arm`), αριστερού κάτω χεριού (`forearm`) και αριστερού χεριού (`hand`). Το σκορ της περιοχής υπολογίζεται με βάση το `weighted average` σε αυτό το παράδειγμα αυτών των τριών. Τα χρώματα αριστερά και δεξιά της κατασκευής συμβολίζουν τον μέσο όρο της επίδοσης του χρήστη στο συγκεκριμένο frame.

4.5.2 Τελική βαθμολογία

Όσο αφορά την οθόνη τελικών αποτελεσμάτων, εμφανίζεται ένα ολικό σκορ επίδοσης καθώς και τα μέρη με την χειρότερη και καλύτερη επίδοση.

Για την εμφάνιση του μηνύματος της ολικής επίδοσης λαμβάνονται υπόψη όλα τα δεδομένα κατά τη διάρκεια του χορού και υπολογίζεται το ολικό weighted average στο τέλος του χορού. Με βάση αυτό, εμφανίζεται στον χρήστη ένα μήνυμα. Τα μηνύματα που μπορεί να λάβει ο χρήστης είναι “EXCELLENT!”, “GOOD!”, “OK!”, και “POOR...”.

Τα most accurate και least accurate εμφανίζονται με βάση ολόκληρη την επίδοση του χρήστη. Το most accurate είναι προφανώς το μέρος με την μικρότερη ολική διαφορά από τον δάσκαλο, ενώ το least με την μεγαλύτερη ολική διαφορά.

4.6 Προβλήματα – Περιορισμοί

Ένα από τα αρχικά προβλήματα που συναντήθηκε είναι πως το default SDK της Microsoft για το Kinect δεν ενσωματώνεται εύκολα στο Unity 3D. Μετά από αρκετό χρόνο αναζήτησης καταλήξαμε στα SDKs που περιλαμβάνει το Zigfu, δηλαδή κυρίως το OpenNI. Αυτό δεν περιόρισε ωστόσο την υλοποίηση της εφαρμογής, και αν έκανε κάποια διαφορά έκανε την υλοποίηση πιο εύκολη λόγω των scripts που περιλαμβάνει.

Αρχικά έγινε αναζήτηση για τα δεδομένα κίνησης απευθείας από το Kinect. Ωστόσο δεν βρέθηκε κάποιος απλός τρόπος να γίνει σύγκριση με τα δεδομένα αυτά σε πραγματικό χρόνο, γι' αυτό η υλοποίηση κατέληξε να κάνει σύγκριση με το τρισδιάστατο μοντέλο που αντιστοιχεί στον χρήστη αντί με τα δεδομένα απευθείας από το Kinect. Δεν φαίνεται να υπάρχει ιδιαίτερο πρόβλημα με την χρησιμοποίηση της μεθόδου αυτής αφού η εφαρμογή αντιστοιχεί με ακρίβεια τις κινήσεις του χρήστη πάνω στο μοντέλο του χορευτή, αλλά ίσως θα υπήρχε μια μικρή βελτίωση.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι πως όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, το Kinect δεν καταγράφει κίνηση με μεγάλη ακρίβεια αφού έχει μόνο μια κάμερα. Σε υλοποιήσεις που μελετήθηκαν, ο μαθητής φοράει συγκεκριμένη στολή και η κίνηση του καταγράφεται από σύστημα καταγραφής κίνησης. Έτσι τα δεδομένα σχετικά με τον χορό του είναι πολύ πιο ακριβές σε σύγκριση με αυτά που μας δίνει το Kinect. Στροφές και κινήσεις που δεν είναι απλές και που κρύβουν κάποια μέρη του χρήστη δεν καταγράφονται ορθά αφού το Kinect δεν έχει τρόπο να δει πίσω και γενικότερα γύρω από τον χρήστη. Γι' αυτό τον λόγο σε χορούς που περιλαμβάνουν στροφές η σύγκριση δεν θα είναι σωστή.

Ένα άλλο πρόβλημα με το Kinect που παρατηρήθηκε είναι πως εάν υπάρχει πολύ φως σε ένα δωμάτιο τότε η καταγραφή κίνησης έχει αρκετά λάθη. Από τις δοκιμές που έγιναν η εφαρμογή έχει τα καλύτερα αποτελέσματα όταν υπάρχει π.χ μόνο ένα απλό φως σε ένα όχι τόσο φωτεινό δωμάτιο. Με ανοικτά παράθυρα και πολύ φως η καταγραφή του Kinect επηρεαζόταν αρκετά και έκανε λάθη.

Κεφάλαιο 5

Συμπεράσματα

5.1 Συμπεράσματα	53
5.2 Μελλοντική Δουλειά	54
5.3 Εμπειρίες που αποκτήθηκαν	55

5.1 Συμπεράσματα

Κάνοντας μια ανασκόπηση στους στόχους που είχαν τεθεί για την εργασία και βλέποντας τα τελικά αποτελέσματα, ως γενική εικόνα επιτεύχθηκαν. Η εφαρμογή όντως αξιολογεί την επίδοση του χρήστη σε διάφορους παραδοσιακούς χορούς, είναι εύκολη στη διαχείριση και μπορεί οποιοσδήποτε να μάθει τις λειτουργίες του σε θέμα δευτερολέπτων. Αυτό κάνει την εφαρμογή ιδανική για άτομα νεαρής ηλικίας, που ήταν το κοινό στο οποίο στόχευε η εφαρμογή.

Η μέθοδος που επιλέχτηκε ως τελική μέθοδος σύγκρισης είναι αρκετά ικανοποιητική και φέρει αναλόγως σωστά αποτελέσματα. Ο περιορισμός σε αυτό το σημείο έρχεται από το Kinect, που λόγω του τρόπου λειτουργίας του δυσκολεύεται να αναγνωρίσει ορισμένες κινήσεις λόγω της αδυναμίας καταγραφής της κίνησης του χρήστη σε τρισδιάστατη μορφή. Γι' αυτόν τον λόγο σε ορισμένα σημεία η σύγκριση της κίνησης δεν γίνεται ορθά και η τελική βαθμολογία του χρήστη δεν είναι εντελώς ακριβής.

5.2 Μελλοντική Δουλειά

Αν και υπάρχει ήδη η γενική λειτουργία σύγκρισης, σίγουρα υπάρχει προοπτική για μελλοντική δουλειά και βελτίωση της. Για παράδειγμα αντί να γίνεται σύγκριση με τα μοντέλα εντός της σκηνής, να γίνεται σύγκριση απευθείας με τα δεδομένα του Kinect.

Επίσης, υπάρχουν πολλοί παράγοντες που καθορίζουν πότε δύο κινήσεις είναι όμοιες που δεν χρησιμοποιήθηκαν στην εργασία αυτή. Μια κίνηση επηρεάζεται για παράδειγμα από την ταχύτητα, την κατεύθυνση και το στυλ του χορευτή. Ο κάθε χορευτής έχει το δικό του στυλ, την δική του διάθεση και συναισθηματική έκφραση, που κάνει την σύγκριση πιο περίπλοκη. Γι αυτόν τον λόγο αν και η σύγκριση που έγινε στην εργασία δίνει αποτελέσματα στον χρήστη, υπάρχει ακόμη περιθώριο για να είναι ακόμη πιο σωστά.

Εκτός από τη μέθοδο σύγκρισης, θα μπορούσαν επίσης να γίνουν βελτιώσεις στο user interface. Η εφαρμογή όπως είναι προς το παρόν προϋποθέτει από τον χρήστη να γνωρίζει εκ των προτέρων τις κινήσεις του κάθε χορού. Για αυτόν τον λόγο δεν στοχεύει ιδιαίτερα σε αρχάριους. Για να αλλάξει αυτό θα μπορούσε να γίνει breakdown των αρχείων κινήσεων των χορών και να εμφανίζονται στον χρήστη μηνύματα που θα του λένε ποια είναι η επόμενη κίνηση, όπως γίνεται σε χορευτικά παιχνίδια όπως το Dance Central και Just Dance.



Σχήμα 5.1: Ένδειξη επόμενων κινήσεων στο παιχνίδι Just Dance για Wii

Με την υλοποίηση αυτής της εφαρμογής του Πολιτιστικού Εργαστηρίου ανοίγονται επίσης δυνατότητες μοντελοποίησης όλων των δραστηριοτήτων του εργαστηρίου σε μορφή διαδραστικών εφαρμογών, αφού η χρήση εικονικών περιβαλλόντων για να διδάξουμε σε νέους την παράδοση σίγουρα θα προσελκύσει αρκετούς.

5.3 Εμπειρίες που αποκτήθηκαν

Λόγω της εργασίας αυτής δόθηκε η ευκαιρία να αποκτηθούν διάφορες γνώσεις και εμπειρίες στον τομέα της πληροφορικής και συγκεκριμένα των γραφικών. Έγινε ερευνα για το animation χαρακτήρων και σε επόμενο βήμα για την τεχνική καταγραφή κίνησης. Επίσης μελετήθηκαν οι προηγούμενες διαδικασίες που είχαν γίνει σχετικά με την καταγραφή και μοντελοποίηση των χορών και αποκτήθηκαν γνώσεις ως προς τα βήματα που χρειάζονται για να δώσουμε ζωή σε έναν εικονικό χαρακτήρα.

Επίσης έγινε για πρώτη φορά επαφή με το περιβάλλον Unity 3D, με το οποίο σε αυτό το σημείο γνωρίζουμε αρκετά λόγω της ανάπτυξης του παιχνιδιού στο περιβάλλον αυτό. Ήταν μια ενδιαφέρον εμπειρία αφού διαφέρει αρκετά με το XNA με το οποίο έγινε εξοικείωση στο παρελθόν. Επίσης η εργασία χρειάστηκε να γίνει επεξεργασία τρισδιάστατων μοντέλων και λόγου αυτού αποκτήθηκαν επίσης γνώσεις για τις λειτουργίες του 3DS Max.

Τέλος, αποκτήθηκαν γνώσεις λύσης προβλημάτων και έγινε εξοικείωση με τη διαδικασία που χρειάζεται για την ανάπτυξη μιας διαδραστικής εφαρμογής όπως αυτή.

Βιβλιογραφία

- [1] “Motion Capture – An Introduction”, [Ηλεκτρονικό] Available:
<http://www.spotlight-multimedia.com/tutorials/animation/74-motion-capture.html>
- [2] “Εφαρμογές καταγραφής κίνησης”, [Ηλεκτρονικό] Available:
<http://www.metamotion.com/motion-capture/motion-capture-who-1.htm>
- [3] Michael Gleicher, “Animation From Observation: Motion Capture and Motion Editing”, ACM SIGGRAPH Computer Graphics 33, 4: 51-54, 1999
- [4] “Advantages and Disadvantages and Applications of Motion Capture”, [Ηλεκτρονικό] Available:
<http://outsourcecadservices.blogspot.com/2007/10/advantages-disadvantages-and.html>
- [5] “Rotoscoping”, [Ηλεκτρονικό] Available:
http://mayersononanimation.blogspot.com/2007_06_01_archive.html
- [6] “MotionScan”, [Ηλεκτρονικό] Available:
<http://depthanalysis.com/motionscan/what-is-it/>
- [7] “Optical Motion Capture Systems”, [Ηλεκτρονικό] Available:
<http://www.metamotion.com/motion-capture/optical-motion-capture-1.htm>
- [8] “Active Optical System”, [Ηλεκτρονικό] Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Optical_systems
- [9] “Passive markers”, [Ηλεκτρονικό] Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Passive_markers
- [10] “Inertial Motion Capture Systems”, [Ηλεκτρονικό] Available:
http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Inertial_systems

- [11] “Mechanical Motion Capture Systems”, [Ηλεκτρονικό] Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Mechanical_motion
- [12] “Magnetic Motion Capture”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://www.metamotion.com/motion-capture/magnetic-motion-capture-1.htm>
- [13] “Motion Capture: Interesting Novelty or the Future of Gaming?”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://www.gnomonschool.com/blog/career/motion-capture-interesting-novelty-or-the-future-of-gaming>
- [14] “Motion Capture: Moving with the times”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://www.develop-online.net/features/1794/Motion-capture-Moving-with-the-times>
- [15] “Why Do We Love Motion Controls?”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://gametheoryonline.com/2011/02/03/motion-controls-kinect-move-sales/>
- [16] “The History of Motion Controls”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://gametheoryonline.com/2010/12/06/motion-controls-game-gaming-history/>
- [17] “History of the Game Controller”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://www.videogameconsolelibrary.com/art-controller.htm#page=motion>
- [18] “Players Get More Pleasure from Motion-Based Video Games”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://www.sciencedaily.com/releases/2012/03/120307132000.htm>
- [19] Daniel M. Shafer, Corey P. Carbonara, and Lucy Popova. “Spatial Presence and Perceived Reality as Predictors of Motion-Based Video Game Enjoyment.” *Teleoperators and Virtual Environments*, 2012
- [20] “The future of motion-controlled gaming”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://edition.cnn.com/2011/TECH/gaming.gadgets/01/21/motion.controls.steinberg/index.html>

- [21] “Kinect”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>
- [22] “Kinect vs. PlayStation Move vs. Wii: Motion-Control Showdown”, [Ηλεκτρονικό] Available: <http://www.pcmag.com/article2/0,2817,2372244,00.asp>
- [23] 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”, 2011
- [24] Jacky Chan, Howard Leung, Kai Tai Tang, Taku Komura, “Immersive Performance Training Tools Using Motion Capture Technology”, 2007
- [25] T. Tang, Howard Leung, Taku Komura, Hubert P. H. Shum, “Emulating human perception of motion similarity”, 2008