

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**  
**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**ΣΧΕΔΙΟ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗΣ**  
**ΑΤΟΜΙΚΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Μάιος 2016

Ατομική Διπλωματική Εργασία

**ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΣΚΕΛΕΤΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ  
ΚΙΝΗΤΟΥ ANDROID ΚΑΙ ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΕ ΤΟ ΣΚΕΛΕΤΟ ΤΟΥ  
KINECT ΣΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ UNITY3D**

**Κωνσταντίνα Ιωάννου**

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ**



**ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ**

**Μάιος 2016**

# ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ

## ΤΜΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

**Δημιουργία σκελετού από τους αισθητήρες κινητού android και σύγκριση με το σκελετό του Kinect στο εργαλείο Unity3D**

**Κωνσταντίνα Ιωάννου**

Επιβλέπων Καθηγητής

Γιώργος Χρυσάνθου

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

Μάιος 2016

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου Δρ. Γιώργο Χρυσάνθου αλλά και τον διδακτορικό φοιτητή Παναγιώτη Χαραλάμπους για την πολύτιμη βοήθεια που μου παρείχαν καθώς και για τις καθοριστικές συμβουλές τους χωρίς τις οποίες δεν θα μπορούσε να ολοκληρωθεί η διπλωματική μου εργασία αλλά και όλους τους φίλους και συγγενείς για την στήριξή τους.

# Περίληψη

Το θέμα της Ατομικής Διπλωματικής μου Εργασίας είναι η ανάλυση της λειτουργίας του αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360 και των δεδομένων που παράγει, καθώς και η δημιουργία σκελετού μέσω των δεδομένων που λαμβάνουμε από τους αισθητήρες ενός κινητού (Smartphone) με λογισμικό android.

Συγκεκριμένα αποτελείται από τρία μέρη, την ανίχνευση του σκελετού μέσω του αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360, την δημιουργία σκελετού μέσω των δεδομένων που λαμβάνουμε από τους αισθητήρες κίνησης της συσκευής android, σύγκριση των 2 αυτών σκελετών και ενσωμάτωσή τους στο εργαλείο Unity3D.

Το πρώτο μέρος αποτελείται από την ανίχνευση του σκελετού με την χρήση του KinectWrapper το οποίο είναι ένα πακέτο στο εργαλείο Unity3D μέσω του οποίου μπορούμε να διαβάζουμε και να παρουσιάζουμε το σκελετό που ανιχνεύεται από τον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360.

Το δεύτερο μέρος αποτελείται από την δημιουργία του σκελετού από τα δεδομένα που παίρνουμε από τους αισθητήρες του κινητού android, συγκεκριμένα από το επιταχυνσιόμετρο. Τα δεδομένα αυτά μεταφέρονται στον υπολογιστή μέσω σύνδεσης της συσκευής στο διαδίκτυο με WIFI όπου και επικοινωνεί με την εφαρμογή που τρέχει στον υπολογιστή. Τα δεδομένα αυτά τοποθετούνται σε ένα αντικείμενο όπου αναπαριστά τη συσκευή και με αντίστροφη κινηματική που εφαρμόζεται στο πάνω μέρος του χεριού αναπαριστάτε η κίνηση του δεξιού χεριού.

Το τρίτο μέρος αποτελείται από την σύγκριση των δυο αυτών σκελετών με βάση το κάθε frame όπου υπάρχει απώλεια του σκελετού από το Kinect (συγκεκριμένα στο δεξί χέρι) και ενσωμάτωση των δεδομένων του σκελετού από τους αισθητήρες στις απώλειες αυτές έτσι ώστε να γίνεται καλύτερη καταγραφή της κίνησης από το Kinect χωρίς απώλειες δεδομένων.

Για την διεκπεραίωση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας χρειάστηκε η μελέτη των KinectSDK, AndroidSDK, Unity Networking καθώς και διάφορων ορολογιών της Αντίστροφης Κινηματικής και της δικτύωσης των εφαρμογών μέσω του εργαλείου Unity3d. Έχει γραφτεί σε γλώσσα C#, JavaScript και έχουν χρησιμοποιηθεί τα εργαλεία Microsoft Visual Studio και Unity Editor.

# Περιεχόμενα

<b>Κεφάλαιο 1 Εισαγωγή</b> .....	<b>1</b>
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.2 Καταγραφή Κίνησης (Motion Capture - MoCap) .....	2
1.2.1 Τι είναι η καταγραφή κίνησης .....	2
1.2.2 Αισθητήρας κίνησης Kinect .....	2
1.2.2 Εφαρμογές με Kinect XBOX 360 .....	4
1.3 Αισθητήρες Πλατφόρμας Android .....	5
1.3. 1 Αισθητήρες Android .....	5
1.3.2 Αισθητήρες κίνησης .....	5
1.4 Αντίστροφη Κινηματική (Inverse Kinematics - IK) .....	7
1.4.1 Τι είναι η Αντίστροφη Κινηματική .....	7
1.4.1 Χρήση IK .....	7
1.5 Σκοπός και Κίνητρο Διπλωματικής Εργασίας .....	8
1.6 Περίληψη Κεφαλαίων .....	10
<b>Κεφάλαιο 2 Σχετικές εργασίες</b> .....	<b>11</b>
2.1 Εισαγωγή .....	11
2.2 Ανίχνευση κίνησης σήμερα .....	11
2.3 Εφαρμογές/ Εμπορικά Συστήματα .....	13
<b>Κεφάλαιο 3 Σχεδίαση Συστήματος</b> .....	<b>16</b>
3.1 Εισαγωγή .....	16
3.2 Εργαλεία .....	16
3.3 Πακέτα - Wrappers .....	17
3.4 Απαιτήσεις Συστήματος .....	17
3.4.1 Απαιτήσεις Λογισμικού .....	17
3.4.1 Απαιτήσεις Υλικού .....	18

<b>Κεφάλαιο 4 Υλοποίηση Συστήματος.....</b>	<b>19</b>
4.1 Εισαγωγή .....	19
4.2 Επικοινωνία εφαρμογών .....	20
4.2.1 Ανάκτηση και επεξεργασία δεδομένων .....	21
4.2.2 Εφαρμογή αντίστροφης κινηματικής .....	26
4.3 Πως ανιχνεύεται ο σκελετός .....	27
4.3.1 Ανάκτηση σκελετού από το Kinect XBOX 360 μέσω του Unity3D .....	28
4.4 Στάδια Υλοποίησης Συστήματος .....	29
<b>Κεφάλαιο 5 Αποτελέσματα.....</b>	<b>32</b>
5.1 Εισαγωγή .....	32
5.2 Αποτελέσματα/Συμπεράσματα.....	32
5.3 Μελλοντική Εργασία .....	38
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>40</b>

# Κεφάλαιο 1

## Εισαγωγή

---

- 1.1 Εισαγωγή
  - 1.2 Καταγραφή Κίνησης (Motion Capture - MoCap)
    - 1.2.1 Τι είναι η καταγραφή κίνησης
    - 1.2.2 Αισθητήρας κίνησης Kinect XBOX 360
    - 1.2.3 Εφαρμογές με Kinect XBOX 360
  - 1.3 Αισθητήρες Πλατφόρμας Android
    - 1.3.1 Αισθητήρες Android
    - 1.3.2 Αισθητήρες κίνησης
  - 1.4 Αντίστροφη Κινηματική (Inverse Kinematics - IK)
    - 1.4.1 Τι είναι η Αντίστροφη Κινηματική
    - 1.4.1 Χρήση IK
  - 1.3 Σκοπός και Κίνητρο Διπλωματικής Εργασίας
  - 1.4 Περίληψη Κεφαλαίων
- 

### 1.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύντομη εισαγωγή για το τι είναι η καταγραφή κίνησης, γίνεται μια γνωριμία με τον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360 και αναφέρονται μερικές εφαρμογές του. Ακόμη παρουσιάζεται ένα θεωρητικό υπόβαθρο αρχικά για τους αισθητήρες της πλατφόρμας λογισμικού android και έπειτα πιο συγκεκριμένα για τους αισθητήρες κίνησης. Γίνεται επίσης μια σύντομη αναφορά για την αντίστροφη κινηματική και την χρήση της.

Στη συνέχεια αναφέρεται ο σκοπός και το κίνητρο της Διπλωματικής Εργασίας και τελειώνει με μία περίληψη για τα επόμενα κεφάλαια.



## **1.2 Καταγραφή Κίνησης (Motion Capture - MoCap)**

### **1.2.1 Τι είναι η καταγραφή κίνησης (Motion Capture)**

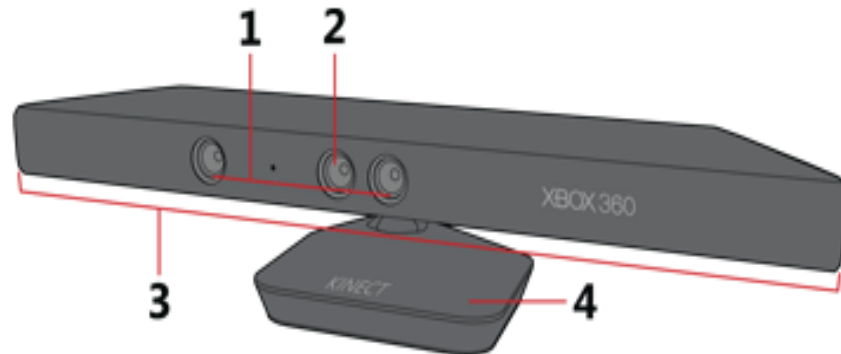
Η καταγραφή κίνησης είναι η διαδικασία της καταγραφής της κίνησης των αντικειμένων ή των ανθρώπων. Χρησιμοποιείται συνήθως με τη χρήση ειδικών αισθητήρων για την ανίχνευση των κινήσεων των αντικειμένων. Όμως η εξέλιξη της τεχνολογίας, επέτρεψαν σε διάφορα συστήματα να μην χρησιμοποιούν πλέον ειδικό εξοπλισμό για ανίχνευση των κινήσεων. Ως επακόλουθο την ανάπτυξη αρκετών εμπορικών εφαρμογών για markerless motion capture για κινηματογραφικούς σκοπούς αλλά και για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Με αποτέλεσμα η καταγραφή της κίνησης των χρηστών μπορεί να γίνει με μικρότερο κόστος χωρίς την χρήση των εξειδικευμένων στολών motion capture.

### **1.2.2 Αισθητήρας κίνησης Kinect [22]**

Το Kinect έχει κωδικό όνομα Project Natal, και είναι μια γραμμή από συσκευές εισόδου οι οποίες ανιχνεύουν την κίνηση και δημιουργήθηκε από την Microsoft για τις κονσόλες παιχνιδιών XBOX 360 και XBOX One αλλά και για τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές με λειτουργικό σύστημα Windows. Επιτρέπει στους χρήστες να ελέγχουν και να αλληλεπιδρούν με την κονσόλα ή τον υπολογιστή μέσω μιας διεπαφής χρήστη χρησιμοποιώντας χειρονομίες και φωνητικές εντολές. Το Kinect ανταγωνίζεται διάφορους άλλους παρόμοιους αισθητήρες κίνησης για κονσόλες παιχνιδιών οι όπως το Wii Remote Plus για το Wii και το Wii U, το PlayStation Move / PlayStation Eye για το PlayStation 3, PlayStation Camera για το PlayStation 4. Η Microsoft κυκλοφόρησε επίσης το 2011 το πακέτο ανάπτυξης λογισμικού Kinect για Windows 7 το οποίο επιτρέπει στους προγραμματιστές την ανάπτυξη εφαρμογών για Kinect σε γλώσσες προγραμματισμού C++/CLI, C# ή Visual Basic .NET.

Συγκεκριμένα στη Διπλωματική αυτή εργασία χρησιμοποιήθηκε το Kinect XBOX 360. Είναι μια συσκευή όπως και προαναφέρθηκε η οποία ανιχνεύει την κίνηση και δημιουργήθηκε από την Microsoft για να χρησιμοποιείται μαζί με την κονσόλα παιχνιδιών XBOX. Πλέον μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την ανάπτυξη

εφαρμογών στους υπολογιστές. Μπορούμε να αλληλεπιδράσουμε με την εφαρμογή μέσω των κινήσεων του χεριού αλλά και του σώματος. Ανιχνεύει αντικείμενα από απόσταση 80cm έως 4m, μπορεί να ανιχνεύει και να καταγράφει την κίνηση μέχρι και 2 χρηστών σαν σκελετούς που αποτελούνται από μια συλλογή 20 σημείων του ανθρώπινου σώματος. Μπορεί όμως να παρακολουθεί μέχρι και 6 άτομα.



Εικόνα 1.1. Kinect XBOX 360

Με βάση την εικόνα 1.1 [8] το Kinect και συγκεκριμένα το Kinect XBOX 360 αποτελείται από:

1. Δύο κάμερες οι οποίες δουλεύουν μαζί και είναι 2 αισθητήρες υπέρυθρων, ο πομπός και ο δέκτης, όπου χρησιμοποιούνται για να πάρουν το βάθος των αντικειμένων αλλά και τον σκελετό των χρηστών.
2. Μια RGB (RedGreenBlue) κάμερα, η οποία είναι μια απλή κάμερα που δίνει την δυνατότητα καταγραφής βίντεο και λήψης φωτογραφιών του χρήστη κατά την διάρκεια ενός παιχνιδιού αλλά βοηθά και στην αναγνώριση προσώπου.
3. Μια σειρά από τρία μικρόφωνα τα οποία αναγνωρίζουν την κατεύθυνση της πηγής ήχου και έχουν την δυνατότητα να ακυρώνουν τυχόν θόρυβο.
4. Ένας μηχανοκίνητος αισθητήρας κλίσης ο οποίος προσαρμόζεται αυτόματα έτσι ώστε ο αισθητήρας κίνησης Kinect να βρίσκεται στην καλύτερη πιθανή γωνία.

### 1.2.3 Εφαρμογές με Kinect XBOX 360[26]

- Η κάμερα του Kinect XBOX 360 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένας τρισδιάστατος σαρωτής (3D scanner) για την παραγωγή υψηλής ποιότητας τρισδιάστατων σαρώσεων μικρών ή και μεγάλων αντικειμένων. Το λογισμικό αυτό ονομάζεται Kinect Fusion[23] και είναι διαθέσιμο από την Microsoft για το Kinect for Windows SDK.
- Ακόμη μια εφαρμογή είναι ένα διαδραστικό πρωτότυπο σύστημα αποκατάστασης όπου βοηθά τους ασθενείς με εγκεφαλικό επεισόδιο[24]. Στο σύστημα αυτό δίνονται στους χρήστες ασκήσεις που θα βελτιώσουν τις κινητικές τους λειτουργίες και οι δραστηριότητές τους θα παρακολουθούνται από τη δυνατότητα σάρωσης του Kinect μαζί με ένα πρόγραμμα το οποίο βοηθά στη παρακολούθηση της προόδου των ασθενών. Αυτό επιτρέπει στους ασθενείς να αναρρώσουν από το σπίτι με ιδιωτική ή οικογενειακή φροντίδα.
- Το Fitnect[25] είναι ένα σύστημα επαυξημένης πραγματικότητας τρισδιάστατο δοκιμαστήριο όπου επιτρέπει στους αγοραστές να δοκιμάσουν εικονικά διάφορα ρούχα και αξεσουάρ δίνοντάς τους την δυνατότητα να δουν πως είναι όταν τα φορούν χωρίς να τα δοκιμάζουν στην πραγματικότητα.
- Η εφαρμογή Magic Mirror είναι μια εφαρμογή επαυξημένης πραγματικότητας όπου εμφανίζει ανατομικά στοιχεία όπως όργανα και σκελετό σε έναν χρήστη. Όταν ο χρήστης στέκεται μπροστά στο Kinect μπορεί να δει σε πραγματικό χρόνο τη δομή των οστών σε μια συγκεκριμένη περιοχή όπως κοντά στο στήθος ή στο στομάχι.
- Το Hololector είναι ένας καθρέφτης επαυξημένης πραγματικότητας. Όπου όταν ένας άνθρωπος στέκεται μπροστά από το Hololector, το οποίο αποτελείται από μια LCD οθόνη και από πάνω ένα Kinect, τότε θα ανιχνευτεί και θα μεταφερθεί η κίνηση του σώματός του στο καθρέφτη-οθόνη. Το σύστημα μπορεί επίσης να ανιχνεύσει την παρουσία ξένου αντικειμένου που μπορεί να κρατά ο χρήστης στο χέρι μπροστά στο σύστημα. Ο χρήστης έχει επίσης την δυνατότητα να προσθέσει εικονικά αντικείμενα και να αλληλεπιδρούν με τη προβαλλόμενη εικόνα του χρήστη στον καθρέφτη.

## 1.3 Αισθητήρες Πλατφόρμας Android

### 1.3.1 Αισθητήρες Android [2]

Πλέον οι πλείστες Android συσκευές έχουν ενσωματωμένες αισθητήρες που μετρούν την κίνηση, τον προσανατολισμό και διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες. Η πλατφόρμα Android υποστηρίζει τις εξής 3 κατηγορίες αισθητήρων:

- Αισθητήρες κίνησης

Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν τις δυνάμεις επιτάχυνσης και περιστροφής σε τρεις άξονες. Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει το επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο, αισθητήρες βαρύτητας και διανυσματικής περιστροφής.

- Αισθητήρες Περιβάλλοντος

Οι αισθητήρες αυτοί μετρούν διάφορες παραμέτρους του περιβάλλοντος όπως την θερμοκρασία αέρα, την πίεση, τον φωτισμό και την υγρασία. Περιλαμβάνονται τα βαρόμετρα, φωτόμετρα και τα θερμομέτρα.

- Αισθητήρες Θέσης

Αυτοί οι αισθητήρες μετρούν τη φυσική θέση. Περιλαμβάνονται οι αισθητήρες προσανατολισμού και τα μαγνητόμετρα.

Θα επικεντρωθούμε στους αισθητήρες κίνησης οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν για την εκπλήρωση της διπλωματικής αυτής εργασίας.

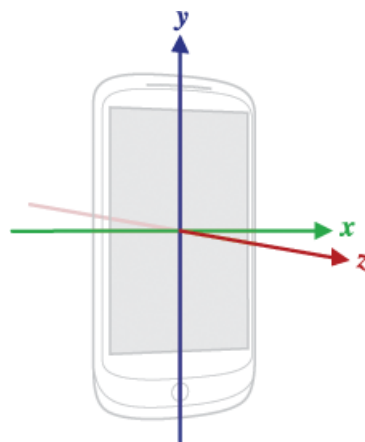
### 1.3.2 Αισθητήρες κίνησης [1]

Οι αισθητήρες κίνησης είναι χρήσιμοι για την ανίχνευση κίνησης της συσκευής όπως την κλίση, το κούνημα, την περιστροφή ή την ταλάντευση. Το επιταχυνσιόμετρο και το γυροσκόπιο βασίζονται από τη συσκευή (στο υλικό) ενώ η βαρύτητα, η γραμμική επιτάχυνση και ο αισθητήρας διανυσματικής περιστροφής μπορεί να βασίζονται είτε στο υλικό είτε στο λογισμικό της συσκευής.

- Το επιταχυνσιόμετρο μετρά την επιτάχυνση που εφαρμόζεται στη συσκευή συμπεριλαμβανομένου και της δύναμης της βαρύτητας.[3]
  - Στην πράξη όταν μια συσκευή είναι τοποθετημένη σε ένα τραπέζι στο φυσικό της προσανατολισμό τότε εάν σπρώξουμε τη συσκευή στην

αριστερή πλευρά η επιτάχυνση στον άξονα  $x$  παίρνει θετική τιμή. Εάν σπρώξεις τη συσκευή από κάτω έτσι ώστε να απομακρύνεται από εσένα, η τιμή της επιτάχυνσης στον άξονα  $y$  είναι θετική. Τέλος εάν σπρώξεις την συσκευή προς τα πάνω με μια επιτάχυνση  $A \text{ m/s}^2$  η τιμή της επιτάχυνσης στον άξονα  $z$  είναι ίση με  $A+9.81$  όπου αντιστοιχεί στην επιτάχυνση του κινητού ( $+A \text{ m/s}^2$ ) πλην τη δύναμη της βαρύτητας ( $-9.81 \text{ m/s}^2$ ).

- Το επιταχυνσιόμετρο χρησιμοποιεί 10 φορές λιγότερη ενέργεια απ' ότι οι άλλοι αισθητήρες κίνησης όμως έχει το μειονέκτημα ότι οι τιμές αυτές πρέπει να περάσουν από φίλτρα για την εξάλειψη των δυνάμεων της βαρύτητας αλλά και την μείωση του θορύβου.
- Ο αισθητήρας βαρύτητας παρέχει ένα τρισδιάστατο διάνυσμα το οποίο υποδεικνύει την κατεύθυνση και το μέγεθος της βαρύτητας .
- Το γυροσκόπιο μετρά τον ρυθμό περιστροφής σε radian per second γύρω από τον άξονα  $x$ ,  $y$ ,  $z$  της συσκευής.
- Η γραμμική επιτάχυνση παρέχει ένα τρισδιάστατο διάνυσμα το οποίο αντιπροσωπεύει την επιτάχυνση με βάση τους τρεις άξονες  $x$ ,  $y$ ,  $z$  της συσκευής εξαιρώντας την βαρύτητα. Δηλαδή είναι η επιτάχυνσή της μείον την επιτάχυνση λόγω της βαρύτητας.
- Ο αισθητήρας διανυσματικής περιστροφής παρουσιάζει το προσανατολισμό της συσκευής ως ένα συνδυασμό μιας γωνίας και ενός άξονα, όπου η συσκευή περιστράφηκε μέσω μιας γωνίας  $\theta$  γύρω από έναν άξονα.



Εικόνα 1.2. Σύστημα Συντεταγμένων που χρησιμοποιείται από τους αισθητήρες σε μια συσκευή με λογισμικό Android

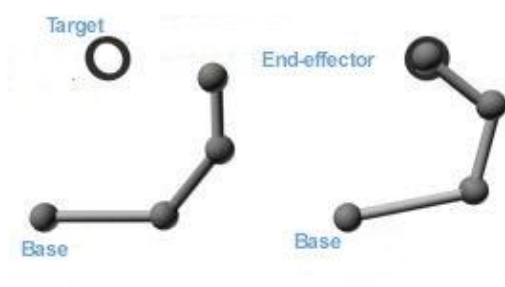
## 1.4 Αντίστροφη Κινηματική (Inverse Kinematics - IK)

### 1.4.1 Τι είναι η Αντίστροφη Κινηματική [7]

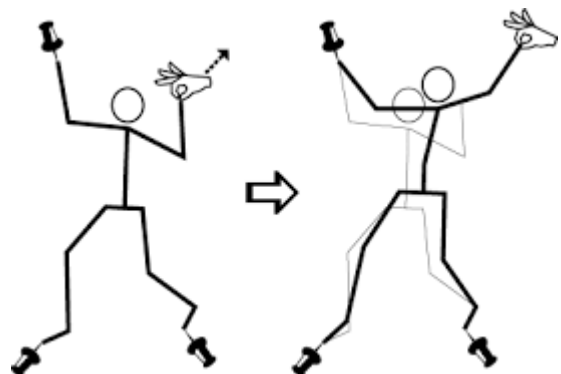
Αρχικά κινηματική είναι η διαδικασία υπολογισμού της θέσης στο χώρο ενός άκρου μιας συνδεδεμένης δομής (ενός σκελετού που αποτελείται από αρθρώσεις) δεδομένου τις γωνίες όλων των σημείων που αποτελούν την δομή αυτή, δηλαδή όλων των αρθρώσεων. Η αντίστροφη κινηματική κάνει το αντίθετο, όπου δεδομένου του τελικού σημείου της δομής, υπολογίζονται οι γωνίες στις οποίες πρέπει να βρίσκονται οι αρθρώσεις για να επιτευχθεί το τελικό αυτό σημείο. Δηλαδή δίνεται μια επιλεγμένη θέση στο χώρο και εργαζόμαστε προς τα πίσω και βρίσκουμε ένα έγκυρο τρόπο προσανατολισμού των αρθρώσεων έτσι ώστε το τελικό σημείο της αλυσίδας των αρθρώσεων να βρεθεί στη θέση που δόθηκε.

### 1.4.1 Χρήση IK

Πλεονέκτημα της Αντίστροφης Κινηματικής είναι το γεγονός ότι μπορούμε να κατευθύνουμε το κάτω μέρος της αλυσίδας των αρθρώσεων, π.χ. την άρθρωση του καρπού και όλα τα μέρη της αλυσίδας πάνω από το χέρι αυτόματα περιστρέφονται σε θέση έτσι ώστε να συμβαδίζουν με την κίνηση του χεριού. Γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκε για την διεκπεραίωση της διπλωματικής μου εργασίας, αφού με δεδομένη τη θέση της άρθρωσης του χεριού (εννοώντας της παλάμης όπου είναι το τελικό σημείο στην αλυσίδα) θέλουμε να κινούνται και οι υπόλοιπες αρθρώσεις προς τα πάνω, μέχρι την άρθρωση του ώμου.



Εικόνα 1.3. Παράδειγμα αρθρώσεων για IK



Εικόνα 1.4. Εφαρμογή IK στον σκελετό

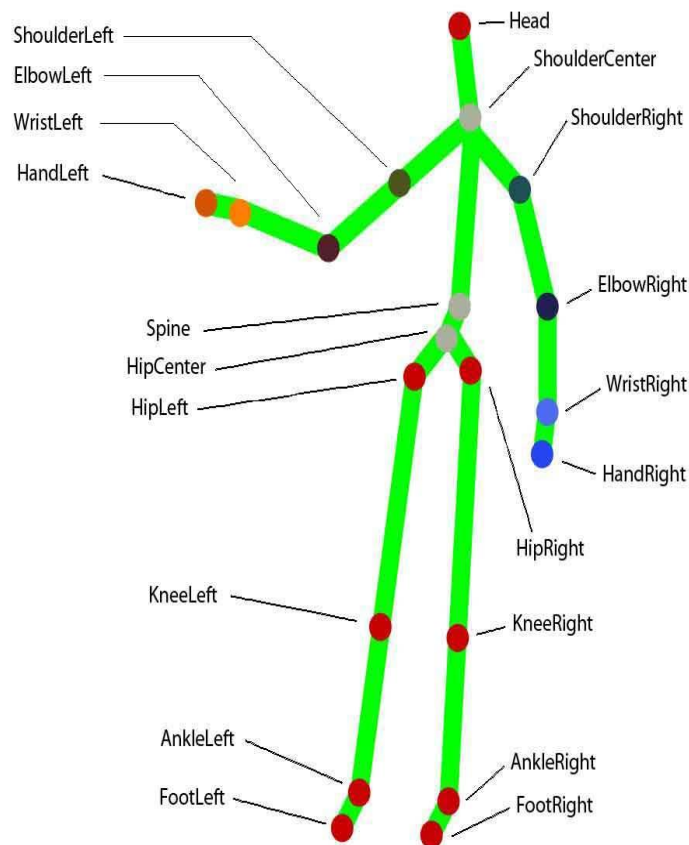
## 1.5 Σκοπός και Κίνητρο Διπλωματικής Εργασίας

Ο βασικός σκοπός αυτής της Διπλωματικής Εργασίας είναι αρχικά η μελέτη και έρευνα κατά πόσο είναι εφικτό να εκλάβουμε την κίνηση του χεριού του χρήστη από τα δεδομένα που παίρνουμε από τη συσκευή android έτσι ώστε να την εφαρμόσουμε σε σκελετό με αρθρώσεις στο εργαλείο Unity3D και να προχωρήσουμε σε περαιτέρω διεργασίες. Έπειτα γίνεται η σύγκριση της ποιότητας κίνησης των αρθρώσεων αυτών με τις αντίστοιχες κινήσεις των αρθρώσεων από τον σκελετό που παράγεται από τον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360 έτσι ώστε να καταλήξουμε σε συμπεράσματα όσο αφορά την ποιότητα καταγραφής της κίνησης του αισθητήρα Kinect και κατά πόσο είναι χρήσιμη η χρήση περισσότερων μέσων για καταγραφή δεδομένων κίνησης.

Συγκεκριμένα στη διπλωματική αυτή εργασία θα προβάλλονται δύο σκελετοί όπου αποτελούνται από μια αλυσίδα από αρθρώσεις. Ο ένας σκελετός όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω θα αναπαριστά τον σκελετό του χρήστη μαζί με τα δεδομένα που ανακτούμε από τους αισθητήρες της συσκευής που θα κρατά ο χρήστης στο δεξί του χέρι. Ο δεύτερος σκελετός που θα παρουσιάζεται είναι εκείνος που δημιουργείται μέσω των δεδομένων που λαμβάνονται από τον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360. Η επικοινωνία με την συσκευή android επιτυγχάνεται μέσω του Photon Unity Networking (PUN) στο εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε για την εργασία αυτή όπου μας δίνει την δυνατότητα να επικοινωνεί η εφαρμογή που τρέχει στη συσκευή android με την κύρια εφαρμογή που τρέχει στον υπολογιστή. Σε πρώτο στάδιο γίνεται μια σύγκριση των γωνιών που σχηματίζουν οι αρθρώσεις του δεξιού χεριού με τις αντίστοιχες του δεξιού χεριού από τον σκελετό που παράγεται από τον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360 όπου και καταγράφονται σε αρχείο. Επίσης εφαρμόζεται αντίστροφη κινηματική στο δεξί χέρι για την αναπαράσταση της κίνησης από τα δεδομένα της συσκευής όπου και γίνεται σύγκριση της κίνησης των δεξιών χεριών των δυο σκελετών. Σε μετέπειτα στάδιο με την χρήση αντίστροφης κινηματικής σε ολόκληρο τον σκελετό θα γίνεται η πλήρης σύγκριση των σκελετών και ενσωμάτωση των δεδομένων που παράγονται με απώτερο στόχο την πλήρη κίνηση του σκελετού εξολοκλήρου από τα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου της συσκευής.

Συνοψίζοντας το κίνητρο αυτής της Διπλωματικής εργασίας αρχικά είναι η μελέτη της καταγραφής της κίνησης του αισθητήρα Kinect και κατά πόσο υπάρχουν απώλειες στην καταγραφή αυτής της κίνησης έτσι ώστε να γίνεται συμπλήρωση των δεδομένων αυτών

από τα δεδομένα που παίρνουμε από μια συσκευή, με επιταχυνσιόμετρο, που κρατά ο χρήστης. Έπειτα είναι η έρευνα κατά πόσο είναι εφικτή η δημιουργία κίνησης και αναπαράσταση της κίνησης στο τρισδιάστατο χώρο από τα δεδομένα που ανακτούμε από μια συσκευή με επιταχυνσιόμετρο και η επιτυχής ενσωμάτωση των δεδομένων αυτών σε αντικείμενο και αναπαράσταση της κίνησης του χεριού έτσι ώστε να μπορούμε να συμπεράνουμε εάν είναι εφικτή η εξαγωγή κίνησης του χεριού από την επιτάχυνση και μόνο της συσκευής που κρατά ο χρήστης. Με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένα σύστημα που να μας δίνει την δυνατότητα να ενισχύουμε την κίνηση και τα δεδομένα που λαμβάνουμε από το Kinect έτσι ώστε να μην υπάρχουν απώλειες στην καταγραφή της κίνησης.



Εικόνα 1.5. Αρθρώσεις του σκελετού που αναγνωρίζει ο αισθητήρας Kinect XBOX 360



## 1.6 Περίληψη Κεφαλαίων

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάσαμε μια μικρή εισαγωγή και ένα θεωρητικό υπόβαθρο όσο αφορά την καταγραφή της κίνησης, τον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360, τους αισθητήρες κίνησης της πλατφόρμας android με επίκεντρο τους αισθητήρες κίνησης οι οποίοι εξετάστηκαν για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής και μια σύντομη αναφορά στην αντίστροφη κινηματική και κάποιες εφαρμογές της. Έτσι ώστε να γίνει κατανόηση της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε καθώς και της ειδικής ορολογίας. Το υπόλοιπο της αναφοράς θα ακολουθήσει την εξής δομή:

Στο δεύτερο κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στο πως ανιχνεύονται σήμερα οι σκελετοί των χρηστών δηλαδή πως γίνεται σήμερα η καταγραφή της κίνησης και μερικές από τις εφαρμογές που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά.

Στο τρίτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν οι απαιτήσεις του συστήματος που καλύπτουν τόσο το υλικό όσο και το λογισμικό, τα πακέτα που χρησιμοποιήθηκαν για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής.

Στο τέταρτο κεφάλαιο θα γίνει εκτενής αναφορά στον τρόπο υλοποίησης της εφαρμογής εξηγώντας και αναλύοντας βασικά σημεία του τρόπου διαχείρισης των δεδομένων που παίρνουμε από την συσκευή android.

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα στα οποία έχω καταλήξει με το πέρας αυτής της διπλωματικής εργασίας και οι προοπτικές για μελλοντική εργασία επί του ίδιου θέματος αλλά και για την καταγραφής της κίνησης γενικότερα.

# Κεφάλαιο 2

## Σχετικές εργασίες

---

2.1 Εισαγωγή

2.2 Ανίχνευση κίνησης σήμερα

2.3 Εφαρμογές/ Εμπορικά Συστήματα

---

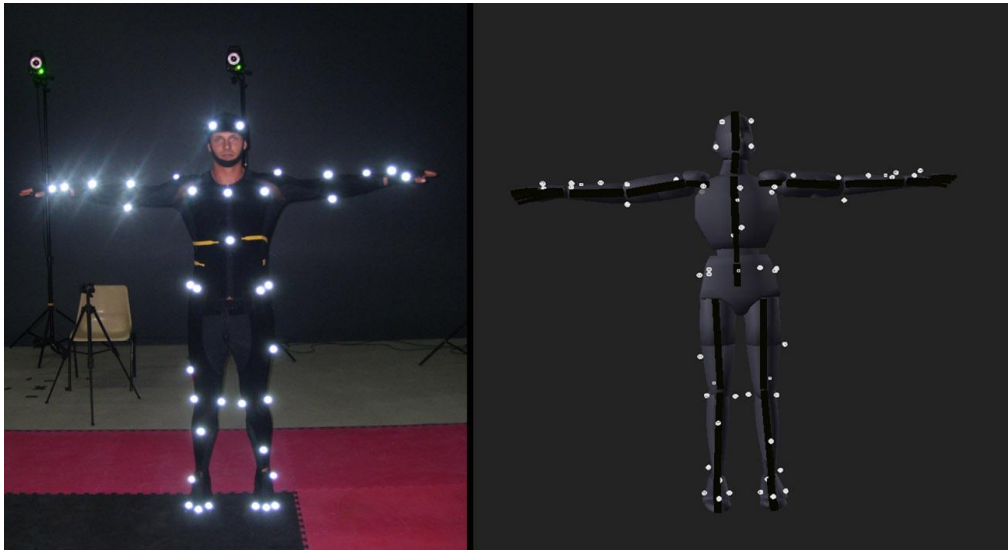
### 2.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά για την καταγραφή της κίνησης σήμερα, στη συνέχεια θα παρουσιαστούν μερικά συστήματα που κυκλοφορούν στην αγορά για την ανίχνευση κίνησης με βάση τον αισθητήρα Kinect αλλά και εφαρμογές που υπάρχουν όσο αφορά την καταγραφή της κίνησης που γίνεται σε συνδυασμό με τους αισθητήρες κίνησης (επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο κτλ).

### 2.2 Ανίχνευση κίνησης σήμερα[20]

Από τον 20ο αιώνα ο χρήστης θα πρέπει να φορεί δείκτες κοντά σε κάθε άρθρωση για τον προσδιορισμό της κίνησης από τις θέσεις ή των γωνιών μεταξύ των δεικτών αυτών. Έπειτα όλες οι γωνίες των αρθρώσεων υπολογίζονται από μαθηματικά μοντέλα στη σιλουέτα. Όμως απαιτείται ειδικός εξοπλισμός, όσο αφορά το υλικό αλλά και το λογισμικό, ο οποίος έχει πολύ υψηλό κόστος έτσι μπορεί να είναι απαγορευτικός για μικρές παραγωγές.

Αναδυόμενες όμως τεχνικές και έρευνες στην υπολογιστική όραση οδήγησαν στην ανάπτυξη της markerless καταγραφής κίνησης. Τα Markerless συστήματα, στα οποία και επικεντρωνόμαστε αφού μας αφορούν για την έρευνα αυτής της Διπλωματικής Εργασίας, δεν απαιτούν ο χρήστης να φορεί ειδικό εξοπλισμό για την ανίχνευση της κίνησης.



Εικόνα 2.1 Σύστημα ανάγνωσης κίνησης με την χρήση στολής με Markers



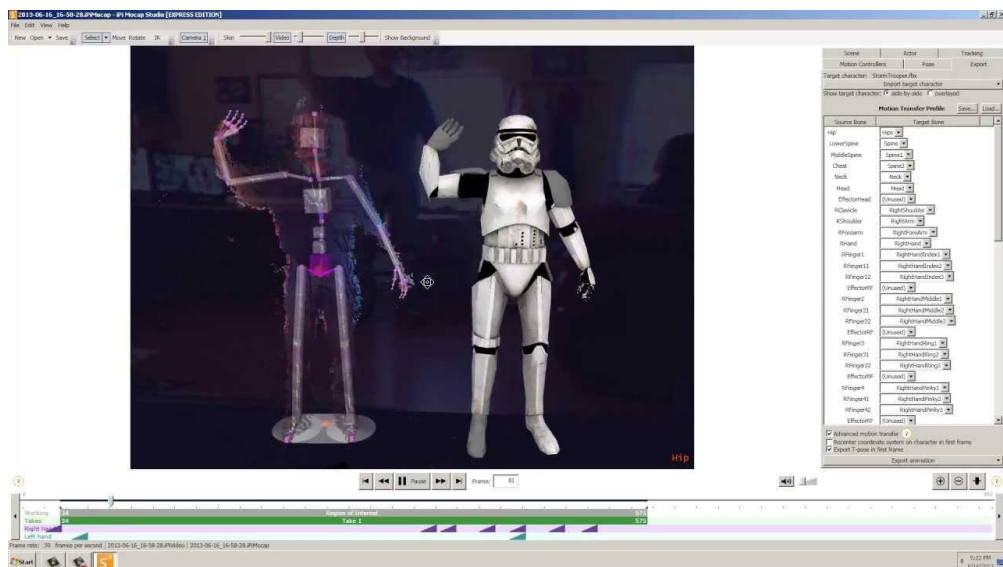
Εικόνα 2.2 Markerless σύστημα ανάγνωσης κίνησης

## 2.3 Εφαρμογές/ Εμπορικά Συστήματα

- **Markerless Συστήματα**

- **iPi Soft [11]**

Το iPi Motion Capture είναι ένα εργαλείο που εντοπίζει τρισδιάστατα τις κινήσεις του ανθρώπινου σώματος και παράγει μια τρισδιάστατη κίνηση (animation). Είναι επίσης markerless λογισμικό όπου υποστηρίζει την χρήση 1 ή 2 Kinect ή 3 μέχρι και 8 Sony PlayStation Eye κάμερες (οι οποίες κάμερες είναι οι αισθητήρες κίνησης που χρησιμοποιεί η κονσόλα PlayStation για την αναγνώριση της κίνησης του χρήστη όπως είναι και το Kinect για την κονσόλα XBOX). Έτσι δεν χρειάζεται για την ακριβή στολή που έχει σε κάθε άρθρωση σημεία για την αναγνώριση της κίνησης και μπορεί εύκολα η κίνηση αυτή που καταγράφεται να επεξεργαστεί και να εξαχθεί σε διάφορες δημοφιλής μορφές αντικειμένων όπως είναι η μορφή FBX και BVH.



Εικόνα 2.3 Παράδειγμα εφαρμογής του Ipi MotionCapture

- **Fastmocap[10]**

Αυτό το εργαλείο είναι μια τεχνολογία για την καταγραφή της κίνησης η οποία δίνει την δυνατότητα δημιουργίας μιας φυσικής κίνησης του χαρακτήρα με ένα γρήγορο και εύκολο τρόπο με την χρήση του Microsoft Kinect Sensor. Τα πλεονεκτήματα που έχει όσο αφορά τα άλλα συστήματα είναι το γεγονός ότι δεν χρειάζεται calibration πόζα, είναι markerless αφού χρησιμοποιεί ένα Microsoft Kinect αισθητήρα.

- **nuiCapture [12]**

Το nuiCapture είναι ένα λογισμικό το οποίο καταγράφει και αναλύει τα δεδομένα από τον αισθητήρα κίνησης Kinect for Windows. Σε πραγματικό χρόνο γίνεται καταγραφή κίνησης του σώματος αλλά και του προσώπου markerless με την δυνατότητα επικοινωνίας και συγχρονισμού πολλαπλών Kinect for Windows. Γίνεται αυτόματα εξαγωγή του βάθους, του χρώματος, του σκελετού και δεδομένα του προσώπου σε διάφορα προγράμματα όπως Matlab, Maya, 3DS Max.



Εικόνα 2.4. Παράδειγμα εφαρμογής nuiCapture

- **iClone[27]**

Το iClone είναι ένα πρόγραμμα το οποίο σε πραγματικό χρόνο δημιουργεί τρισδιάστατο animation και rendering. Με την χρήση ενός Kinect μπορεί να δημιουργήσει την πλήρη κίνηση του προσώπου αλλά και του σκελετού ενός χρήστη, χρονοδιάγραμμα για την επεξεργασία και συγχώνευσης των κινήσεων. Επιτρέπει επίσης την εξαγωγή αλλά και εισαγωγή χαρακτήρων και δεδομένων κίνησης μέσω διάφορων εξωτερικών εργαλείων όπως το Unity, 3DS Max, Blender σε διάφορες μορφές όπως FBX, BVH. Το λογισμικό αυτό δημιουργήθηκε από την Reallusion.

- Συστήματα ανίχνευσης κίνησης με την χρήση στολής με Markers (Αισθητήρες)

- **Synertial [13]**

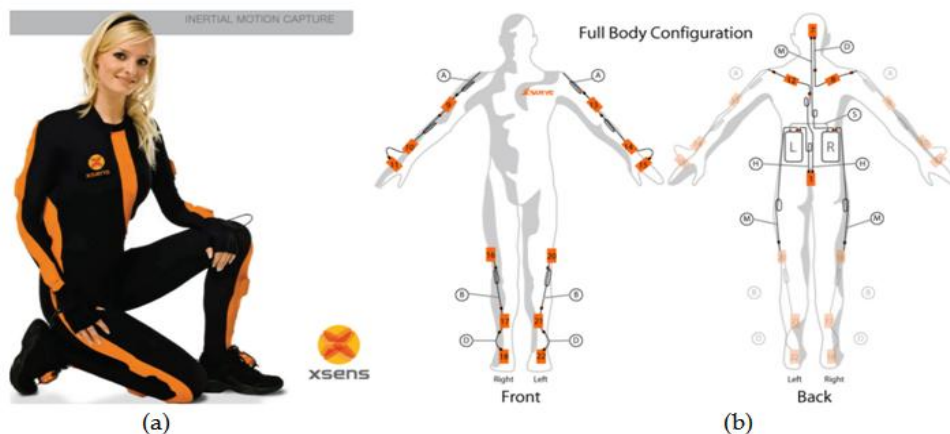
Η εταιρεία αυτή προσφέρει προϊόντα τα οποία βασίζονται στους Inertial Motion Sensor αισθητήρες οι οποίοι αποτελούνται από μαγνητόμετρο, επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο και μετρητής της βαρομετρικής πίεσης.



Εικόνα 2.5 IGS Cobra 400 Suit όπου είναι προϊόν της εταιρείας Synertial και είναι στολή με αισθητήρες.

- **Xsens [14]**

Οι τεχνολογίες με βάση τους αισθητήρες κίνησης της Xsens δίνουν την δυνατότητα ομαλής αλληλεπίδρασης μεταξύ του φυσικού κόσμου με τον ψηφιακό κόσμο στις συσκευές ηλεκτρονικών ειδών και στις επαγγελματικές εφαρμογές όπως 3D animation ενός χαρακτήρα και ανάλυση της κίνησης. Προσφέρει Inertial αισθητήρες κίνησης καθώς και ολοκληρωμένα συστήματα για ανίχνευση και καταγραφή της κίνησης όπου συμπεριλαμβάνονται στολές οι οποίες αποτελούνται από αυτούς τους αισθητήρες.



Εικόνα 2.6 Παράδειγμα προϊόντος με Inertial αισθητήρες της Xsens

# Κεφάλαιο 3

## Σχεδίαση Συστήματος

---

3.1 Εισαγωγή

3.2 Εργαλεία

3.3 Πακέτα - Wrappers

3.4 Απαιτήσεις Συστήματος

3.4.1 Απαιτήσεις Λογισμικού

3.4.1 Απαιτήσεις Υλικού

---

### 3.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο αναφέρονται τα εργαλεία και πακέτα-wrappers που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη αυτού του συστήματος. Επίσης θα οριστούν οι απαιτήσεις λογισμικού και υλικού για την ομαλή και ολοκληρωμένη ανάπτυξη του συστήματος.

### 3.2 Εργαλεία

Για την ανάπτυξη του συστήματος χρειάστηκαν μερικά εργαλεία τόσο για την σύνδεση του υλικού εξοπλισμού όσο και για την ανάπτυξη του κώδικα.

#### Unity [9]

Το Unity είναι ένα σύστημα ανάπτυξης παιχνιδιών. Μια ισχυρή και ιδανική μηχανή για rendering, εξοπλισμένη με εύχρηστα εργαλεία για τη δημιουργία τρισδιάστατου και δισδιάστατου διαδραστικού περιεχομένου. Στο Unity Asset Store μπορεί κανείς να βρει εκατοντάδες asset packages από textures μέχρι διάφορα υλικά και αντικείμενα, από ηχητικά εφέ μέχρι 3D μοντέλα, animations, ακόμη και tutorials αλλά και έτοιμα projects/ προγράμματα. Στο Unity αναπτύχθηκε ο κώδικας του συστήματος μέσω του Unity Editor.

### **3.3 Πακέτα - Wrappers**

#### **Kinect Wrapper Package for Unity3D[16]**

Είναι ένα πακέτο για το εργαλείο Unity3D το οποίο περιλαμβάνει όλα τα αρχεία που είναι απαραίτητα για την δημιουργία εφαρμογών χρησιμοποιώντας το Kinect μέσω του Unity.

#### **Photon Unity Networking Package[15]**

Το Photon Unity Networking είναι ένα πακέτο για παιχνίδια με πολλαπλούς παίκτες. Προσφέρει επιλογές για έλεγχο αυθεντικότητας και επικοινωνία εντός του παιχνιδιού. Το πακέτο αυτό χρησιμοποιήθηκε για την επικοινωνία της εφαρμογής που τρέχει στη συσκευή android με την εφαρμογή που τρέχει στον υπολογιστή.

### **3.4 Απαιτήσεις Συστήματος**

#### **3.4.1 Απαιτήσεις Λογισμικού**

Το σύστημα αυτό έχει αναπτυχθεί σε Windows 7 αφού για τη χρήση του αισθητήρα Kinect XBOX 360 πρέπει να γίνει εγκατάσταση των κατάλληλων drivers και βιβλιοθηκών που προσφέρει η Microsoft έτσι ώστε να αναγνωρίζεται από τον υπολογιστή το Kinect.

Απαιτούνται τα εξής:

- Kinect for Windows SDK (Software Development Kit) v1.7 και Kinect for Windows Development Toolkit

Επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν εφαρμογές που υποστηρίζουν την αναγνώριση κίνησης και φωνής. Αποτελείται από drivers, βιβλιοθήκες και δείγματα εφαρμογών.



- Android Studio και SDK

Το εργαλείο αυτό απαιτείται για την ανάκτηση των δεδομένων από την συσκευή android. Όπου χρησιμοποιείται από το Unity3D ως Plug-in έτσι ώστε να μπορεί να τρέχει από το Unity3D η εφαρμογή στη συσκευή android. Για αυτή τη δυνατότητα όμως απαιτείται η επαγγελματική έκδοσή του εργαλείου Unity3D.

- Visual Studio 2015

Το Visual Studio 2015 είναι ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον σχεδιασμού, ανάπτυξης και εκσυγχρονισμού εφαρμογών. Με την εγκατάσταση αυτού του εργαλείου θα γίνει επίσης και εγκατάσταση χρήσιμων frameworks και διάφορων βιβλιοθηκών που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη και επεξεργασία εφαρμογών.

### **3.4.1 Απαιτήσεις Υλικού**

Για την σωστή και καλή λειτουργία του συστήματος λήφθηκαν υπόψη κάποιες σημαντικές απαιτήσεις υλικού που πρέπει να ικανοποιούνται. Αυτές οι απαιτήσεις σχετίζονται με τον αισθητήρα Kinect, την επικοινωνία της συσκευής android με τον υπολογιστή και την δυνατότητα ανάκτησης των δεδομένων από τους αισθητήρες κίνησης της συσκευής.

Καταρχάς απαιτείται μια συσκευή android κατά προτίμηση με τελευταίας γενιάς αισθητήρες όπου δεν είναι τόσο ευαίσθητοι στον θόρυβο (είτε είναι μια συσκευή τύπου Smartphone , είτε είναι αισθητήρες δεμένοι στο χέρι του χρήστη). Για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκε συσκευή τύπου Smartphone, συγκεκριμένα ένα HTC ONE X.

Επίσης για την καταγραφή της κίνησης απαιτείται είτε ένα Kinect XBOX 360, το οποίο χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη Διπλωματική Εργασία, είτε ένα Kinect for Windows. Με την διαφορά ότι για το κάθε ένα υπάρχουν τροποποιήσεις όσο αφορά τα drivers και τις βιβλιοθήκες που απαιτούνται έτσι ώστε να αναγνωρίζεται από τον υπολογιστή.

Τέλος για τον Η/Υ απαιτείται να έχει γρήγορο επεξεργαστή και την κατάλληλη RAM ούτως ώστε να μπορούν να τρέξουν οι 2 εφαρμογές παράλληλα αλλά και για την ομαλή και γρήγορη επικοινωνία των συσκευών.

# Κεφάλαιο 4

## Υλοποίηση Συστήματος

---

### 4.1 Εισαγωγή

### 4.2 Επικοινωνία εφαρμογών

#### 4.2.1 Ανάκτηση και επεξεργασία δεδομένων

#### 4.2.2 Εφαρμογή αντίστροφης κινηματικής

### 4.3 Πως ανιχνεύεται ο σκελετός

#### 4.3.1 Ανάκτηση σκελετού από το Kinect XBOX 360 μέσω του Unity3D

### 4.4 Στάδια Υλοποίησης Συστήματος

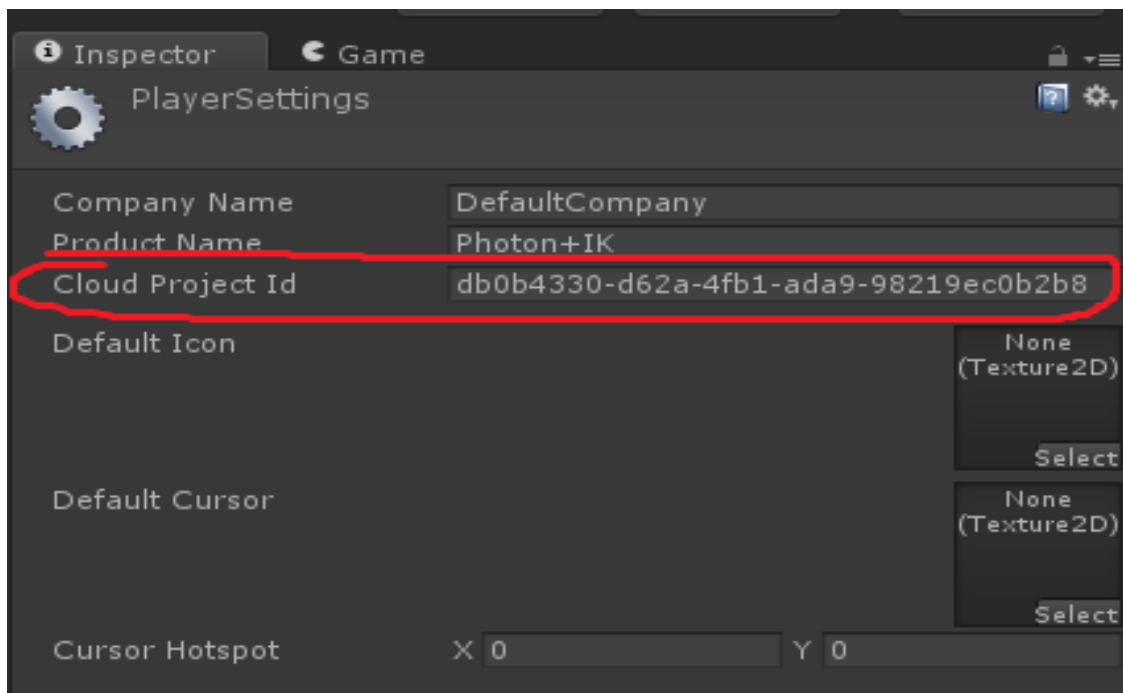
---

### 4.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο θα καταγραφούν οι διεργασίες που έγιναν για την υλοποίηση του συστήματος. Θα γίνει εκτενής αναφορά στην διαδικασία επικοινωνίας της εφαρμογής που τρέχει στη συσκευή με την εφαρμογή στον υπολογιστή του τρόπου ανάκτησης των δεδομένων από τη συσκευή και πως εφαρμόζονται στο σκελετό. Στη συνέχεια θα αναλυθεί ο τρόπος που γίνεται η αναγνώριση και παρουσίαση του σκελετού από το Kinect μέσω του εργαλείου Unity3D. Ακόμη θα αναφερθεί πως και που χρησιμοποιήθηκε η αντίστροφη κινηματική στο σκελετό με τα δεδομένα από τη συσκευή.

## 4.2 Επικοινωνία εφαρμογών

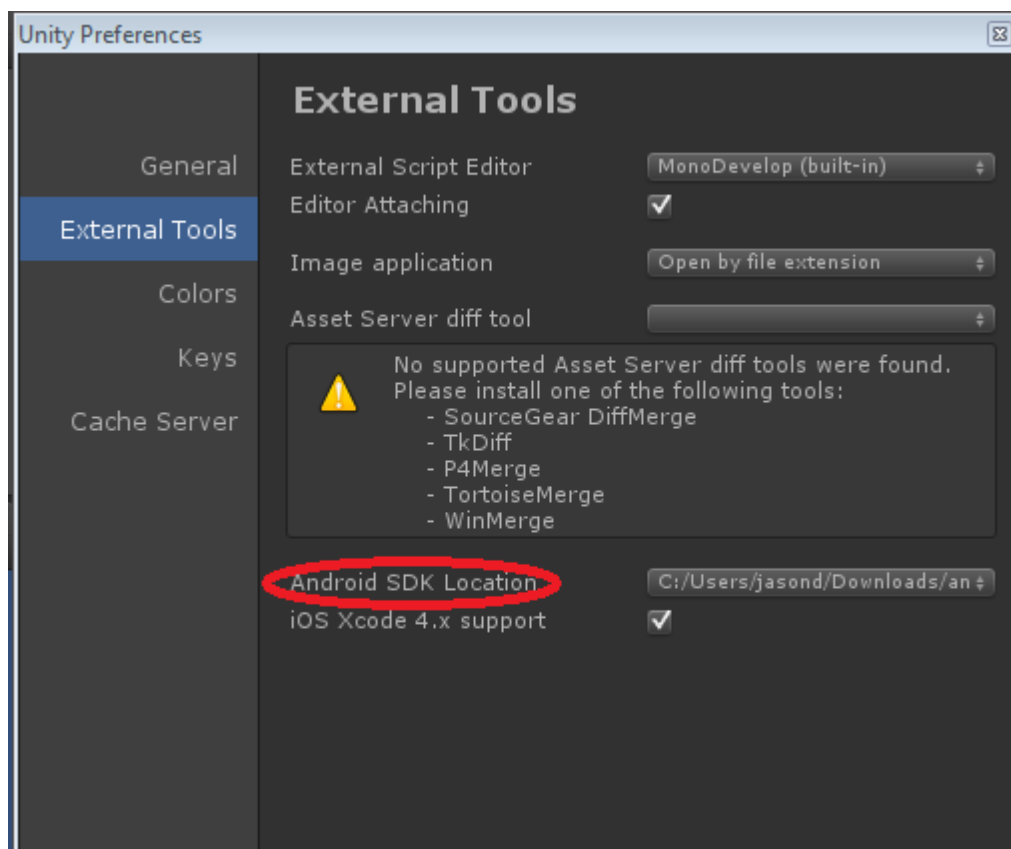
Για την επικοινωνία της συσκευής android, συγκεκριμένα του κινητού HTC ONE X, με τον υπολογιστή χρησιμοποιήθηκε το πακέτο Photon Networking που προσφέρεται από την εταιρεία Exit Games για το εργαλείο Unity3D. Αρχικά κατεβάσαμε το πακέτο από το asset store του Unity, όπου με την εγκατάσταση του πακέτου αυτού ακολουθώντας τα βήματα που μας παρουσιάζονται, κατά την διάρκεια εγκατάστασης, δημιουργούμε ένα λογαριασμό στο Cloud του Photon όπου και μας δίνεται ένα μοναδικό κλειδί για την ανάπτυξη των εφαρμογών μας. Με τον τρόπο αυτό γίνεται η επικοινωνία των εφαρμογών μας σε πραγματικό χρόνο με την προϋπόθεση ότι η συσκευή είναι συνεχώς ενωμένη με το διαδίκτυο, είτε μέσω WiFi είτε μέσω mobile data (3G). Έτσι το Photon Networking δίνει στους προγραμματιστές την δυνατότητα για εύκολη και γρήγορη δημιουργία παιχνιδιών με πολλαπλούς παίχτες. Επιπρόσθετα ακολουθείται ο τρόπος επικοινωνίας client/server όπου η εφαρμογή στο κινητό αποτελεί τον client και η εφαρμογή στον υπολογιστή τον server.



Εικόνα 4.1 Χρήση του μοναδικού κλειδιού στο Unity για την επίτευξη επικοινωνίας της συσκευής με την εφαρμογή στον Η/Υ

#### 4.2.1 Ανάκτηση και επεξεργασία δεδομένων

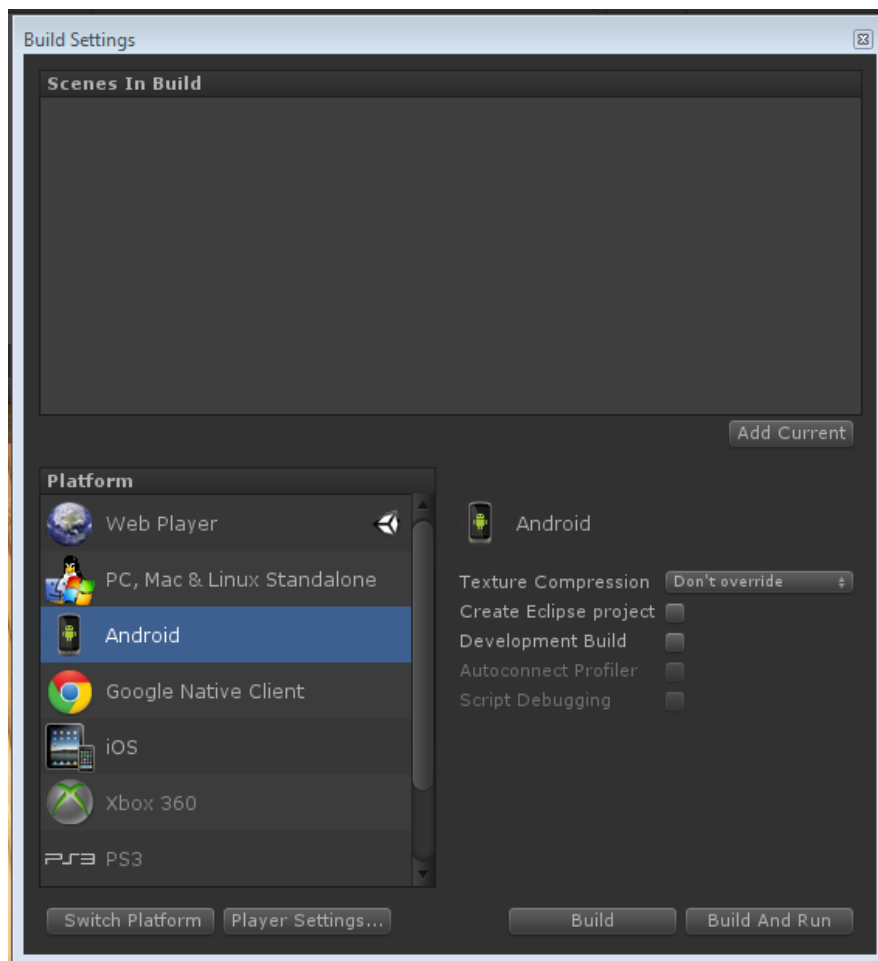
Αρχικά όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.2, για να τρέξει η εφαρμογή στη συσκευή android πρέπει να αλλάξουμε κάποιες ρυθμίσεις στο εργαλείο Unity3D Pro (αφού για να μπορούμε να τρέχουμε εφαρμογές στο κινητό πρέπει να έχουμε την Pro έκδοση του εργαλείου Unity). Αφού εγκαταστήσουμε το Android SDK και μέσω του Update Manager ενημερώσουμε όλα τα πακέτα, τότε βάζουμε το μονοπάτι στο οποίο βρίσκεται το SDK στον υπολογιστή μας έτσι μπορούμε μέσω του Unity3D Pro να τρέχουμε την εφαρμογή μας στη συσκευή android.



Εικόνα 4.2 Προσθήκη του Android SDK στο Unity3D Pro

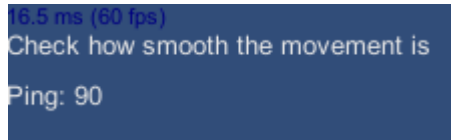
Όσο αφορά τις ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν στη συσκευή android όταν ενώνουμε την συσκευή με τον υπολογιστή μέσω usb σύρματος, θα πρέπει να βρίσκεται σε debug mode μέσω του Settings > Applications Development και επιλέγουμε το USB Debugging και το Allow mock locations. Επίσης θα πρέπει να είναι ενεργοποιημένο το Development Mode της συσκευής.

Το μεγάλο πλεονέκτημα χρήσης του εργαλείου Unity για την δημιουργία εφαρμογών είναι το γεγονός ότι υπάρχει η δυνατότητα ανάπτυξής τους σε πολλές διαφορετικές πλατφόρμες. Το Unity μπορεί να τρέξει σε Mac, Windows και Linux. Μπορούν επίσης να κατασκευαστούν εφαρμογές για Playstation 3, XBOX 360 και Nintendo Wii. Η εργασία αυτή δημιουργήθηκε και δοκιμάστηκε σε Windows και Android. Όπως βλέπουμε και στην εικόνα 4.3 είναι επιλεγμένη η επιλογή για κατασκευής της εφαρμογής σε Android. Για να κατασκευάσουμε και να τρέξουμε την εφαρμογή σε διαφορετική πλατφόρμα απλά επιλέγουμε την πλατφόρμα που επιθυμούμε και έπειτα πατούμε το κουμπί Switch Platform, διαδικασία η οποία μπορεί να πάρει κάποιο χρόνο σε σχέση με το πόσο μεγάλη είναι η εφαρμογή και πόσο γρήγορο είναι το σύστημα στο οποίο τρέχει. Μπορούμε να κάνουμε build την εφαρμογή μας μέσω του File > Build Settings ή με την συντόμευση Control + Shift + B και έπειτα είτε επιλέγουμε το Build and Run όπου αυτόματα κατασκευάζει και τρέχει την εφαρμογή στην επιλεγμένη πλατφόρμα είτε το Build που απλά κατασκευάζει την εφαρμογή χωρίς να την τρέξει.



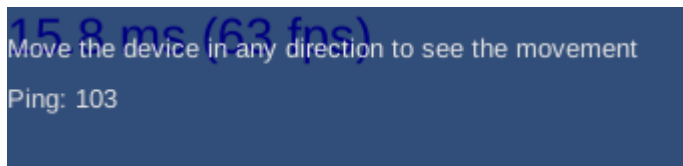
Εικόνα 4.3 Παράδειγμα κατασκευής εφαρμογής σε Android

Συγκεκριμένα για την επικοινωνία των εφαρμογών που τρέχουν στον υπολογιστή και στη συσκευή android αρχικά κάνουμε built και τρέχουμε την εφαρμογή μας στη συσκευή android τότε περιμένουμε μέχρι να ενωθεί με το Server και να πάρει το ρόλο του Client. Όπου θα εμφανιστεί πάνω αριστερά στη εφαρμογή στον υπολογιστή το μήνυμα που βλέπουμε στην εικόνα 4.4 :



Εικόνα 4.4. Μήνυμα επιτυχής σύνδεσης

Στην εφαρμογή στη συσκευή android θα εμφανιστεί το μήνυμα που βλέπουμε στην εικόνα 4.5:



Εικόνα 4.5. Μήνυμα επιτυχής σύνδεσης

Εάν δεν είναι επιτυχής η σύνδεση τότε θα εμφανιστεί το μήνυμα που βλέπουμε στην εικόνα 4.6 στην εφαρμογή που τρέχει στη συσκευή android:



Εικόνα 4.6. Μήνυμα όταν η σύνδεση δεν επιτεύχθηκε

Στη περίπτωση μη επιτυχούς επικοινωνίας των εφαρμογών θα πρέπει να τερματίσουμε την εφαρμογή στη συσκευή αλλά και στον υπολογιστή και να ελέγξουμε την σύνδεση της συσκευής στο διαδίκτυο. Όταν σιγουρευτούμε ότι η συσκευή είναι συνδεδεμένη με επιτυχία στο διαδίκτυο είτε με mobile data (3G) είτε με WiFi, τότε τρέχουμε ξανά πρώτα την εφαρμογή στη συσκευή android και έπειτα την εφαρμογή στον υπολογιστή. Θα πρέπει να εμφανιστούν τα μηνύματα για επιτυχείς επικοινωνία των εφαρμογών διαφορετικά επαναλαμβάνουμε την διαδικασία.

Η ανάκτηση των δεδομένων γίνεται με τον εξής τρόπο:

- Αρχικά δημιουργούμε και καθιερώνουμε την ένωση των δύο εφαρμογών όπου συνδέονται σε κοινό "δωμάτιο" χρησιμοποιώντας το πακέτο Photon Network όπως βλέπουμε στο πιο κάτω κομμάτι κώδικα.

```
public void Awake()
{
    if (!PhotonNetwork.connected)
    {
        PhotonNetwork.autoJoinLobby = false;
        PhotonNetwork.ConnectUsingSettings("0.9");
    }
}

public void OnConnectedToMaster()
{
    PhotonNetwork.JoinRandomRoom();
}

public void OnPhotonRandomJoinFailed()
{
    PhotonNetwork.CreateRoom(null, new RoomOptions() {maxPlayers = 4},
    null);
}

public void OnCreatedRoom()
{
    Application.LoadLevel(Application.loadedLevel);
}
```

- Έπειτα χρησιμοποιώντας ένα απλό έλεγχο εάν η εφαρμογή είναι ο Client, η οποία πρέπει να είναι η εφαρμογή που τρέχει στο κινητό, μπορούμε να πάρουμε τις πληροφορίες που χρειαζόμαστε.
- Αφού πάρουμε τις πληροφορίες εφαρμόζουμε φίλτρο στα δεδομένα που πήραμε από την συσκευή για την εξομάλυνση του θορύβου που λαμβάνει ο αισθητήρας επιτάχυνσης όπως βλέπουμε πιο κάτω.

```

public float kFilteringFactor=0.1f;
public Transform bones;
public float speed = 5.0F;

//εφαρμογή φίλτρου στα δεδομένα για κάθε κατεύθυνση
gravX = (float) (Input.acceleration.x * kFilteringFactor) +(float) (gravX *
(float)(1.0 - kFilteringFactor));

gravY = (float)(Input.acceleration.y * kFilteringFactor) + (float)(gravY *
(float)(1.0 - kFilteringFactor));

gravZ =(float) (Input.acceleration.z * kFilteringFactor) + (float)(gravZ *
(float)(1.0 - kFilteringFactor));

float accelX = Input.acceleration.x - ( (float)(Input.acceleration.x *
kFilteringFactor) +(float) (gravX * (1.0 - kFilteringFactor)) );

float accelY = Input.acceleration.y - ((float) (Input.acceleration.y *
kFilteringFactor) +(float) (gravY * (1.0 - kFilteringFactor)) );

float accelZ = Input.acceleration.z - ((float) (Input.acceleration.z *
kFilteringFactor) + (float)(gravZ * (1.0 - kFilteringFactor)) );

//εφαρμογή της δύναμης της επιτάχυνσης
accelX *= 9.81f;
accelY *= 9.81f;
accelZ *= 9.81f;

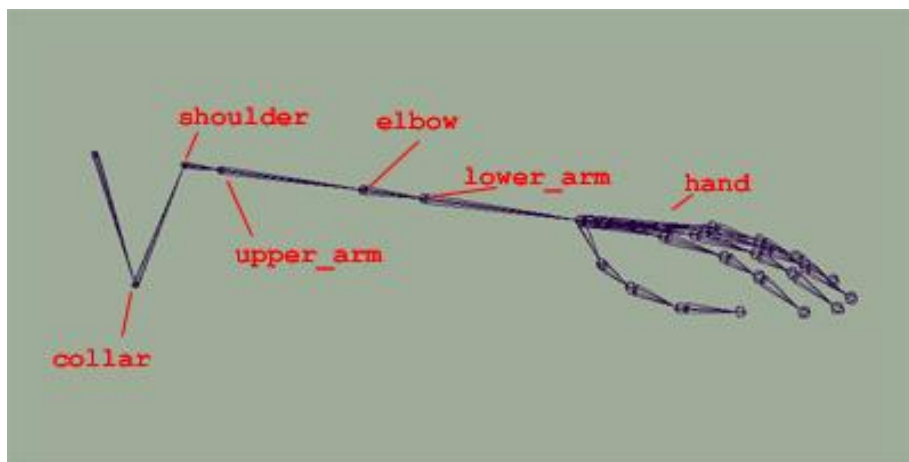
//εφαρμογή της επιτάχυνσης στο αντικείμενο
bones.transform.Translate(movement*Time.deltaTime*speed);

```



#### 4.2.2 Εφαρμογή αντίστροφης κινηματικής

Η αντίστροφη κινηματική εφαρμόζεται σε ένα σημείο του σκελετού και συγκεκριμένα στο σημείο `right_collar` του δεξιού χεριού το οποίο έχει σαν παιδιά τα υπόλοιπα σημεία του δεξιού χεριού. Συγκεκριμένα όπως μπορούμε να δούμε και από την εικόνα 4.7 το σημείο `collar` είναι ο πατέρας όλων των υπόλοιπων σημείων έτσι οποιαδήποτε αλλαγή είτε στο `rotation` (περιστροφή) είτε στη θέση οποιουδήποτε σημείου στην αλυσίδα, δηλαδή σε ένα από τα παιδιά του, θα έχει ως αποτέλεσμα την κίνηση σε όλο το χέρι.



Εικόνα 4.7 Σημεία που αποτελούν το χέρι ενός σκελετού

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η εξής:

Δημιουργήθηκε ένα αντικείμενο στο οποίο εφαρμόζεται η επιτάχυνση που παίρνουμε από τη συσκευή που κρατά ο χρήστης στο χέρι του. Το αντικείμενο ακολουθά το κατώτερο σημείο της αλυσίδας που αποτελεί το δεξί χέρι έτσι με την αλλαγή της θέσης του σημείου αυτού έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή της θέσης όλου του δεξιού χεριού με την χρήση της αντίστροφης κινηματικής. Η αντίστροφη κινηματική συγκεκριμένα εφαρμόζεται στο σημείο `right_collar` του σκελετού και έχει ως κατώτερο σημείο στην αλυσίδα το `right_hand` το οποίο και ακολουθεί το αντικείμενο όπως προαναφέρθηκε.

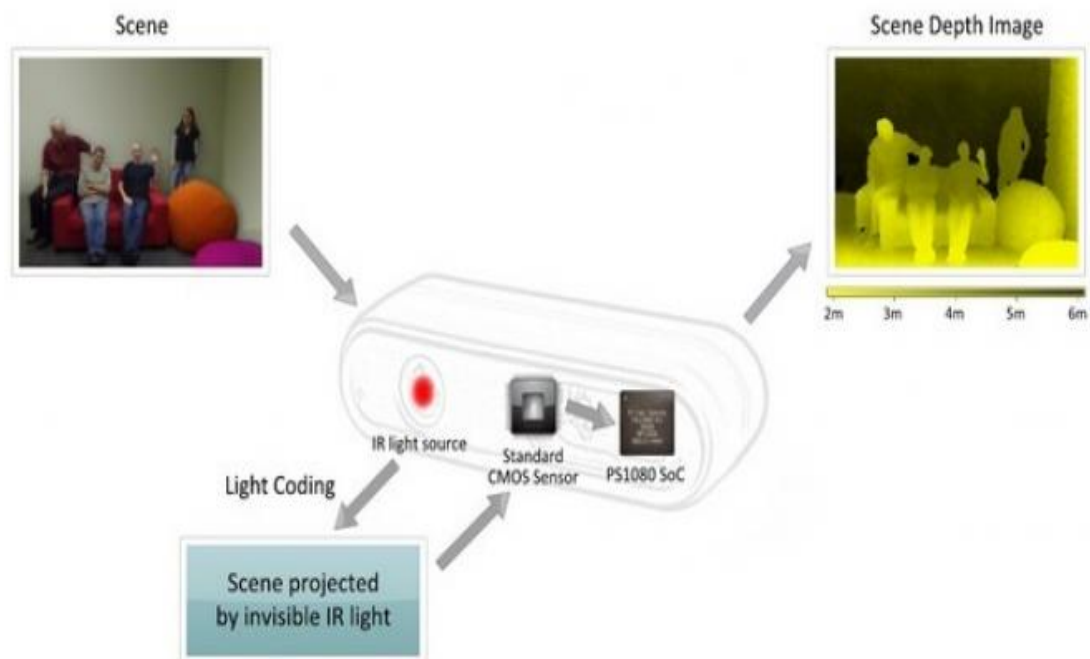
### 4.3 Πως ανιχνεύεται ο σκελετός

Η αναγνώριση του σκελετού μέσω της συσκευής Kinect γίνεται στα εξής 2 στάδια [21]:

1. Υπολογισμός ενός depth map (χάρτης βάθους)
2. Υπολογισμός της θέσης του σώματος με την χρήση machine learning.

Συγκεκριμένα οι δύο 3D Depth Sensor που βρίσκονται στο Kinect αποτελούνται από ένα Infrared Projector - προβολέα υπέρυθρων και από ένα αισθητήρα υπέρυθρων - Infrared Sensor [20].

Ο προβολέας εκπέμπει ένα πλέγμα από υπέρυθρο φως μπροστά του και αυτό το φως αντανακλάται από τα αντικείμενα που βρίσκονται στη πορεία του, το φως αυτό αντανακλάται πίσω στον αισθητήρα υπέρυθρων. Έπειτα το μοτίβο που λαμβάνεται από τον αισθητήρα υπέρυθρων αποκωδικοποιείται μέσα στη συσκευή για τον προσδιορισμό του βάθους. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται Light Coding την οποία βλέπουμε και στην εικόνα 4.8. Έτσι το Kinect μπορεί να διακρίνει το βάθος των αντικειμένων σε απόσταση ενός εκατοστού και το ύψος και πλάτος τους σε απόσταση τριών χιλιοστών.

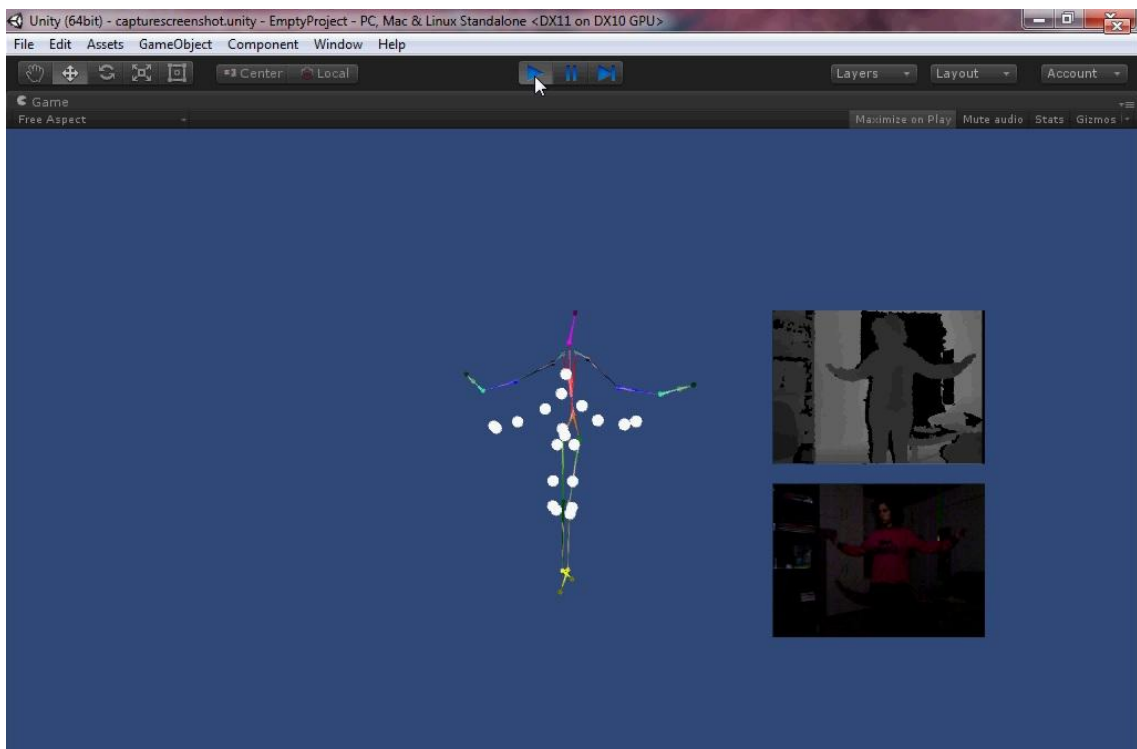


Εικόνα 4.8 Διαδικασία Light Coding η οποία γίνεται στον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360

### 4.3.1 Ανάκτηση σκελετού από το Kinect XBOX 360 μέσω του Unity3D

Η αναγνώριση του σκελετού μέσω του Unity 3D γίνεται μέσω της χρήσης του Kinect Wrapper Package συγκεκριμένα του Kinect1.7UnityPackage.unitypackage το οποίο βρήκαμε και κατεβάσαμε από το διαδίκτυο. Τα βήματα που ακολουθήθηκαν για την επίτευξη αυτής της επικοινωνίας είναι τα ακόλουθα:

1. Αρχικά σιγουρευόμαστε ότι δεν έχουμε στον υπολογιστή μας κανένα driver ή οποιοδήποτε άλλο πρόγραμμα που αφορά το Kinect από παλιές εγκαταστάσεις λογισμικών για Kinect
2. Εάν έχουμε ενωμένη τη συσκευή αυτή με τον υπολογιστή την αποσυνδέουμε.
3. Κάνουμε εγκατάσταση το SDK και το Developer Toolkit 1.7 από την ιστοσελίδα της Microsoft η οποία παρέχει το λογισμικό για Kinect for Windows.
4. Δημιουργούμε ένα project στο Unity και κάνουμε import το πακέτο το οποίο βρήκαμε και κατεβάσαμε από το διαδίκτυο.
5. Ανοίγουμε την σκηνή KinectSample, συνδέουμε το Kinect στον υπολογιστή και έπειτα τρέχουμε την σκηνή. Εάν όλα εγκαταστάθηκαν σωστά θα έχουμε το αποτέλεσμα που βλέπουμε στην εικόνα 4.9.



Εικόνα 4.9. Παράδειγμα αναγνώρισης σκελετού μέσω Unity

#### 4.4 Στάδια Υλοποίησης Συστήματος

Η υλοποίηση του συστήματος έγινε σε διάφορα στάδια όπως θα δούμε πιο κάτω όπου αρχικά αναγνωρίστηκε και παρουσιάστηκε ο σκελετός που αναγνωρίζεται από τον αισθητήρα Kinect XBOX 360. Έπειτα δημιουργήθηκε και παρουσιάστηκε ο δεύτερος σκελετός στον οποίο εφαρμόζονται στο δεξί χέρι αντίστροφη κινηματική και τα δεδομένα της επιτάχυνσης που παίρνουμε από τη συσκευή έτσι ώστε να γίνει αναπαράσταση της κίνησης του δεξιού χεριού στο οποίο και κρατά τη συσκευή ο χρήστης.

- Πρώτο Στάδιο Εφαρμογής:

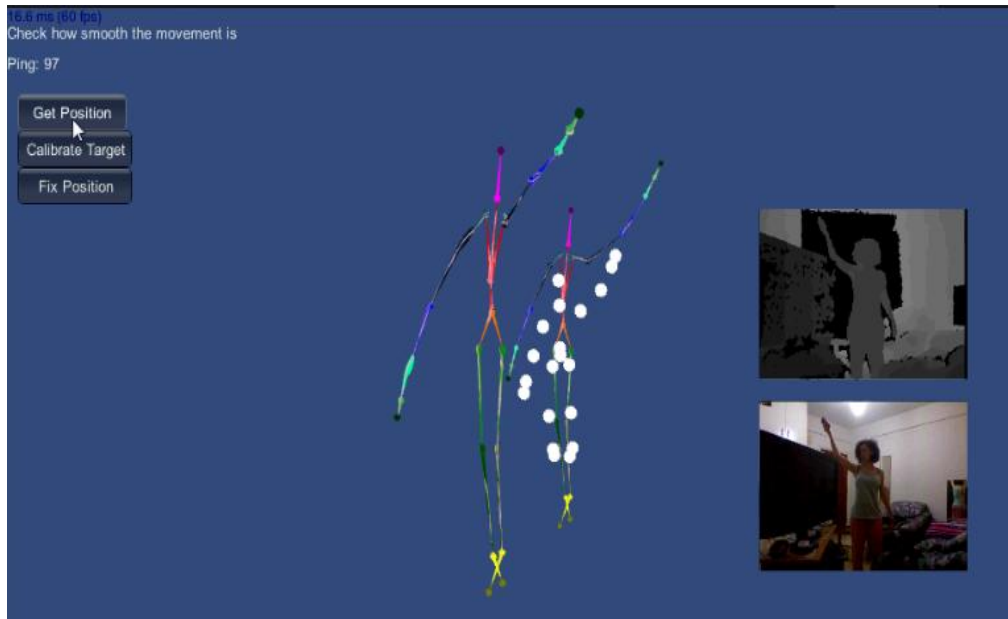


Εικόνα 4.10 Στιγμιότυπο πρώτης μορφής της εφαρμογής

Στην εικόνα 4.10 βλέπουμε ένα στιγμιότυπο της πρώτης μορφής της εφαρμογής όπου απεικονίζονται οι δύο σκελετοί. Ο σκελετός που παράγεται από το Kinect και ο σκελετός που αναπαριστά την κίνηση του δεξιού χεριού με τα δεδομένα από τη συσκευή. Οι αρθρώσεις/σημεία που αποτελούν το δεξί χέρι του σκελετού, στο οποίο εφαρμόζεται αντίστροφη κινηματική, είναι οι Right\_Collar, Right\_Shoulder, Right\_Elbow, Right\_Wrist, Right\_Hand.

Συγκεκριμένα υπάρχουν τρεις επιλογές στην εφαρμογή.

- Η πρώτη επιλογή είναι η Get Position όπου παίρνει την πόζα του σκελετού που δημιουργήθηκε από τα δεδομένα του Kinect και εφαρμόζει τις ανάλογες περιστροφές στις αρθρώσεις του δεύτερου σκελετού (στον σκελετό που βρίσκεται μπροστά) έτσι ώστε να γίνει η ίδια αναπαράσταση όπως βλέπουμε και στην εικόνα 4.11.



Εικόνα 4.11 Επιλογή Get Position

- Calibrate Target είναι η δεύτερη επιλογή και είναι για επαναπροσδιορισμό του αντικειμένου που ακολουθεί το δεξί χέρι στην αρχική θέση. Το αντικείμενο αυτό παίζει το ρόλο της συσκευής που κρατά ο χρήστης στο δεξί χέρι και στο οποίο εφαρμόζεται πάνω του, όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, η επιτάχυνση του κινητού έτσι ώστε να αναπαρασταθεί η κίνηση του αντικειμένου αυτού με βάση την κίνηση που κάνει η συσκευή που κρατά ο χρήστης.
- Η επιλογή Fix Position ελέγχει κατά πόσο τα σημεία/αρθρώσεις που αποτελούν το δεξί χέρι διαφέρουν μεταξύ τους και παράγει το αρχείο data το οποίο περιλαμβάνει τις γωνίες των αρθρώσεων που αποτελούν το δεξί χέρι στους δύο σκελετούς και την κατάσταση στην οποία βρίσκονται οι αρθρώσεις αυτές. Οι καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρίσκονται οι αρθρώσεις που αναγνωρίζονται από το Kinect είναι οι εξής[4]:

- Inferred : Η κατάσταση αυτή είναι όταν ένα σημείο του σκελετού που ανιχνεύτηκε δεν είναι όμως ορατό από την κάμερα με αποτέλεσμα η θέση του να υπολογίζεται από τα δεδομένα των γειτονικών σημείων/άρθρωσεων αντί από τα δεδομένα της κάμερας του Kinect.
- NotTracked: Τα δεδομένα της άρθρωσης δεν είναι διαθέσιμα γιατί δεν ανιχνεύτηκαν.
- Tracked: Τα δεδομένα της άρθρωσης ανιχνεύτηκαν και είναι διαθέσιμα.

- Δεύτερο Στάδιο Εφαρμογής:



Εικόνα 4.12 Στιγμιότυπο Τελικής Μορφής Συστήματος

Στην εικόνα 4.12 βλέπουμε ένα στιγμιότυπο του δεύτερου σταδίου αλλά και τελικής μορφής της εφαρμογής όπου απεικονίζονται τρεις σκελετοί. Οι δύο σκελετοί που εμφανίζονται πίσω είναι οι δύο σκελετοί που αναφέραμε και πιο πάνω όπου είναι ο σκελετός που αναγνωρίζεται από το Kinect και ο σκελετός με τα δεδομένα από το επιταχυνσιόμετρο της συσκευής που κρατά ο χρήστης στο δεξί χέρι. Μπροστά εμφανίζεται ένας τρίτος σκελετός στον οποίο εφαρμόζονται τα δεδομένα που παράγει το Kinect μαζί με τα δεδομένα από τη συσκευή που κρατά ο χρήστης. Δηλαδή είναι ο συνδυασμός των δεδομένων των δύο σκελετών που εμφανίζονται πιο πίσω.

# Κεφάλαιο 5

## Αποτελέσματα

---

5.1 Εισαγωγή

5.2 Αποτελέσματα/ Συμπεράσματα

5.3 Μελλοντική Εργασία

---

### 5.1 Εισαγωγή

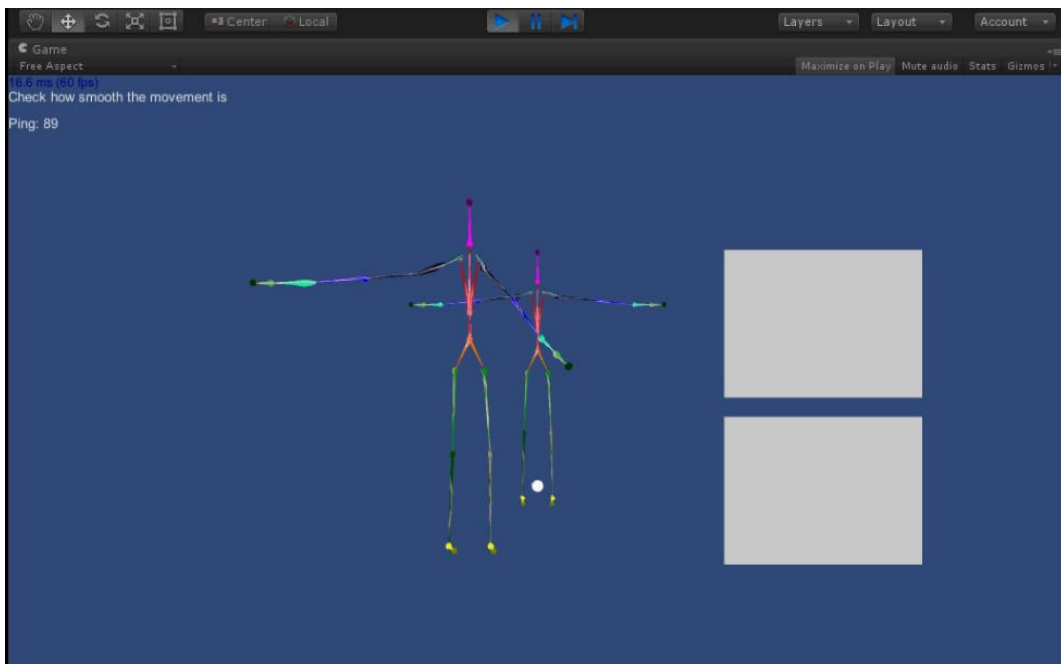
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν και θα σχολιαστούν τα αποτελέσματα του συστήματος όσο αφορά την ακρίβεια και την λειτουργικότητα του συστήματος αλλά και τα τελικά συμπεράσματα της έρευνας που διεξάχθηκε για αυτή τη Διπλωματική Εργασία. Στην συνέχεια θα αναφερθούν εισηγήσεις για την περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος.

### 5.2 Αποτελέσματα/ Συμπεράσματα

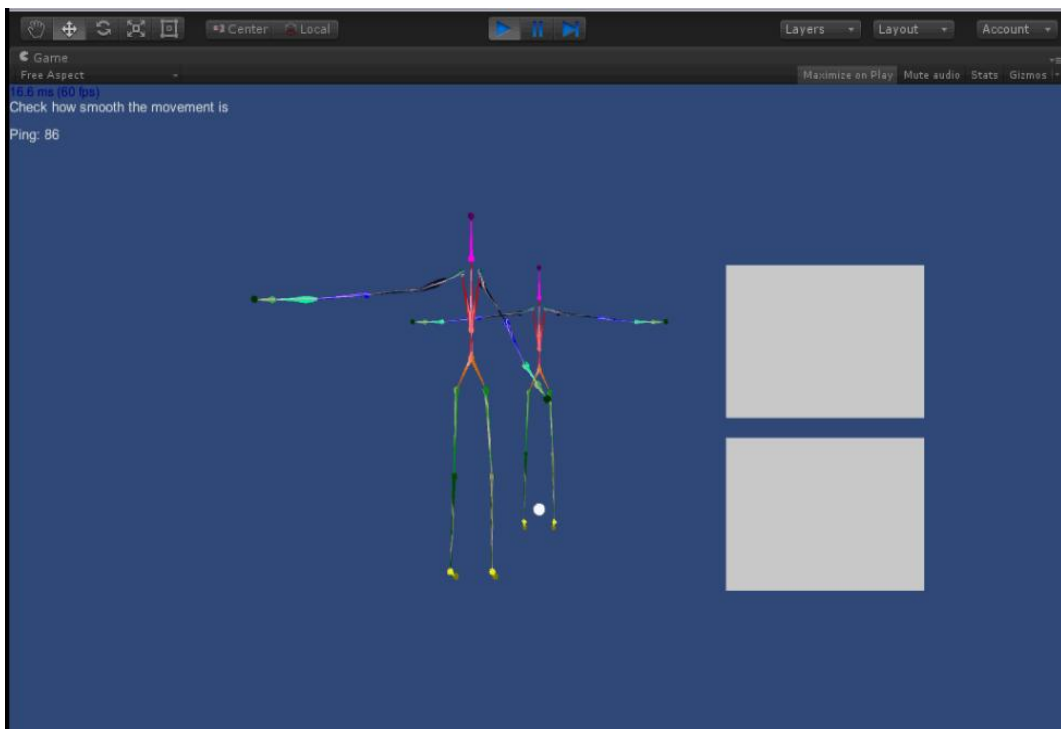
Για την επίτευξη αυτής της διπλωματικής εργασίας έγιναν πολλές δοκιμές όσο αφορά την εφαρμογή της επιτάχυνσης σε ένα αντικείμενο, αλλά και για την αναπαράσταση της κίνησης στο αντικείμενο αυτό με βάση την επιτάχυνση που παίρνουμε από τη συσκευή. Πρώτη δοκιμή ήταν η εφαρμογή των δεδομένων που παίρνουμε από την συσκευή χωρίς καμία επεξεργασία τους σε ένα τρισδιάστατο αντικείμενο. Το αποτέλεσμα που πήραμε όμως ήταν η συνεχής κίνηση του αντικειμένου ακόμη και όταν η συσκευή ήταν ακίνητη.

Στις εικόνες 5.1 και 5.2 που ακολουθούν μπορούμε να δούμε τα αποτελέσματα στη κίνηση του χεριού με το πέρασμα λίγων δευτερολέπτων ότι το χέρι αλλάζει θέση με την συσκευή ακίνητη. Αυτό συμβαίνει από τον εξωτερικό θόρυβο που λαμβάνει το

επιταχυνσιόμετρο και τον μεταφράζει ως επιτάχυνση και έτσι έχουμε την αχρειαστη κίνηση στο αντικείμενο.



Εικόνα 5.1 Στιγμιότυπο εφαρμογής με ακίνητη τη συσκευή με αρχική θέση χεριού



Εικόνα 5.2 Στιγμιότυπο εφαρμογής με ακίνητη τη συσκευή στο πέρασμα λίγων δευτερολέπτων



Με την εφαρμογή φίλτρων όμως πετυχαίνουμε πιο ομαλή κίνηση του αντικειμένου. Υπάρχουν διάφορα είδη φίλτρων και πρέπει να γίνουν διάφορες δοκιμές μέχρι να βρεθεί το κατάλληλο φίλτρο για την καλύτερη αναπαράσταση της κίνησης του αντικειμένου με την εφαρμογή των μετρήσεων της επιτάχυνσης.

Σε αρχικό στάδιο γίνεται η αναπαράσταση της κίνησης μόνο του δεξιού χεριού. Για να κινείται ολόκληρος ο σκελετός χωρίς την βοήθεια του Kinect θα πρέπει να συνδυαστούν περισσότεροι αισθητήρες και σε άλλα μέρη του σώματος είτε να εφαρμοστεί αντίστροφη κινηματική σε ολόκληρο τον σκελετό, το οποίο μπορεί να υλοποιηθεί σε μετέπειτα στάδιο. Θα πρέπει για παράδειγμα να μπουν αισθητήρες και στο αριστερό χέρι είτε σε κάποιο σημείο στα πόδια του χρήστη. Έτσι σε τελικό στάδιο θα μπορούμε να αναπαράγουμε έχοντας περισσότερα δεδομένα για διάφορα σημεία του σώματος μια πιο γενική και πιο ακριβής εικόνα για την κίνηση του σώματος του χρήστη εξ ολοκλήρου από τους αισθητήρες της επιτάχυνσης.

Μετά από την ανάλυση της καταγραφής της κίνησης από τον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360 είδαμε ότι οι αρθρώσεις δεν ανιχνεύονται πάντα και συνήθως τα δεδομένα τους υπολογίζονται με βάση τις γειτονικές αρθρώσεις (κατάσταση Inferred).

```
data: elbow
mobile angle 174.07
  angle kinect 159.45
Frame: 374 Inferred
data: wrist
mobile angle 174.07
  angle kinect 159.45
Frame: 375 Inferred
data: wrist
mobile angle 174.09
  angle kinect 29.56
Frame: 376 Inferred
data: wrist
mobile angle 174.1
  angle kinect 26.95
Frame: 377 Inferred
data: wrist
mobile angle 174.11
  angle kinect 24.12
Frame: 378 Inferred
```

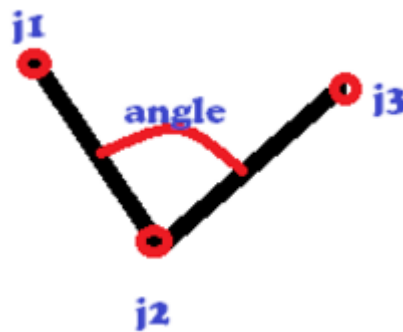
Εικόνα 5.3 Παράδειγμα του αρχείου data που παράγεται από την εντολή Fix Position

Στην Εικόνα 5.3 βλέπουμε ότι η κατάσταση των σημείων elbow και wrist είναι Inferred άρα τα δεδομένα τους υπολογίζονται από τα γειτονικά σημεία. Στο αρχείο αυτό καταγράφουμε επίσης τη γωνιά που σχηματίζουν τα σημεία shoulder, elbow και hand των δύο σκελετών όπου βλέπουμε ότι υπάρχει μεγάλη διαφορά μεταξύ τους. Διαπιστώνουμε έτσι, από τα δεδομένα του αρχείου που παράγουμε, το γεγονός ότι η κατάσταση των αρθρώσεων του χεριού του σκελετού που παράγεται από το Kinect είναι σε μεγάλη συχνότητα Inferred και άρα δεν είναι αξιόπιστα τα δεδομένα που παράγει το Kinect όσο αφορά την καταγραφή της κίνησης.

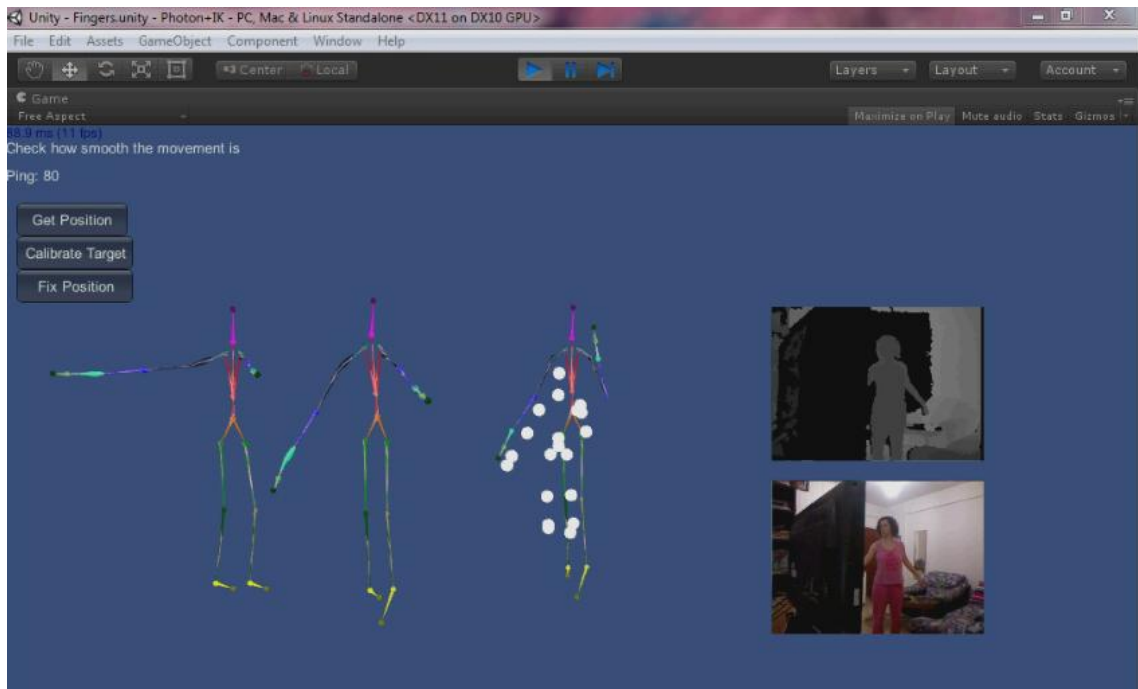
Σημείωση:

- Υπολογισμός γωνιάς των αρθρώσεων που αποτελούν το δεξί χέρι

Γωνιά είναι ένας συνδυασμός 2 γραμμών όπου για να μετρήσουμε μια γωνιά χρειαζόμαστε τρία σημεία στο τρισδιάστατο ή δυσδιάστατο χώρο. Τα σημεία αυτά είναι ένα αρχικό σημείο, το τελικό σημείο και ένα μεσαίο σημείο δηλαδή το σημείο που βρίσκεται μεταξύ του αρχικού και τελικού σημείου όπως βλέπουμε στην εικόνα 5.4.



Εικόνα 5.4 Αναπαράσταση της γωνιάς που δημιουργούν τρία σημεία/αρθρώσεις



Εικόνα 5.5 Στιγμιότυπο της Εφαρμογής με εμπόδιο μπροστά στον αισθητήρα κίνησης Kinect XBOX 360

Στην Εικόνα 5.5 βλέπουμε με σειρά από τα αριστερά προς τα δεξιά το σκελετό ο οποίος αναπαριστά την κίνηση του δεξιού χεριού με βάση τα δεδομένα του επιταχυνσιόμετρου που λαμβάνουμε από τη συσκευή / Smartphone που κρατά ο χρήστης, το σκελετό στον οποίο εφαρμόζονται ένας συνδυασμός των δεδομένων των δύο άλλων σκελετών δηλαδή των δεδομένων που λαμβάνουμε από το Kinect από το επιταχυνσιόμετρο. Ο τρίτος σκελετός είναι ο σκελετός που παράγει ο αισθητήρας κίνησης Kinect.

Συγκεκριμένα στον ενδιάμεσο σκελετό εφαρμόζονται τα δεδομένα του πρώτου σκελετού, τα δεδομένα δηλαδή του δεξιού χεριού, όταν η κατάσταση των αρθρώσεων είναι είτε NotTracked είτε Inferred.

Στο πιο πάνω στιγμιότυπο της εφαρμογής βλέπουμε χαρακτηριστικά την απώλεια των δεδομένων των αρθρώσεων του δεξιού χεριού, με αποτέλεσμα την λανθασμένη καταγραφή της κίνησης. Χαρακτηριστικά βλέπουμε το χέρι από τη κάμερα στα δεξιά ότι βρίσκεται κάτω όμως εμφανίζεται λανθασμένα στο σκελετό με τα δεδομένα από το Kinect ότι βρίσκεται πάνω. Έτσι έχουμε ως αποτέλεσμα να εφαρμοστεί με επιτυχία σε ένα άλλο σκελετό (στο σκελετό που βλέπουμε στη μέση) τα δεδομένα του δεξιού χεριού του πρώτου σκελετού (όπου το δεξί χέρι κινείται εξ ολοκλήρου από τα δεδομένα της επιτάχυνσης της συσκευής που κρατά ο χρήστης) μαζί με τα δεδομένα του τρίτου σκελετού (ο οποίος παράγεται με βάση τα δεδομένα του αισθητήρα κίνησης Kinect).

Από την γενική έρευνα που διεξάχθηκε για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής έχει ως συμπέρασμα ότι η εξαγωγή της κίνησης από την επιτάχυνση και μόνο μιας συσκευής, και συγκεκριμένα μιας συσκευής android, με απώτερο σκοπό την αναπαράστασή της στο τρισδιάστατο χώρο είναι πολύ δύσκολο αφού τα δεδομένα που εξάγουν πρέπει να τύχουν επεξεργασίας αλλά και πάλι δεν έχουν ακριβή αποτελέσματα. Το λάθος που βγάζει ένας μόνο αισθητήρας επιτάχυνσης είναι πολύ μεγάλο έτσι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως το μοναδικό μέσο για εξαγωγή και καταγραφή της κίνησης στο τρισδιάστατο χώρο.

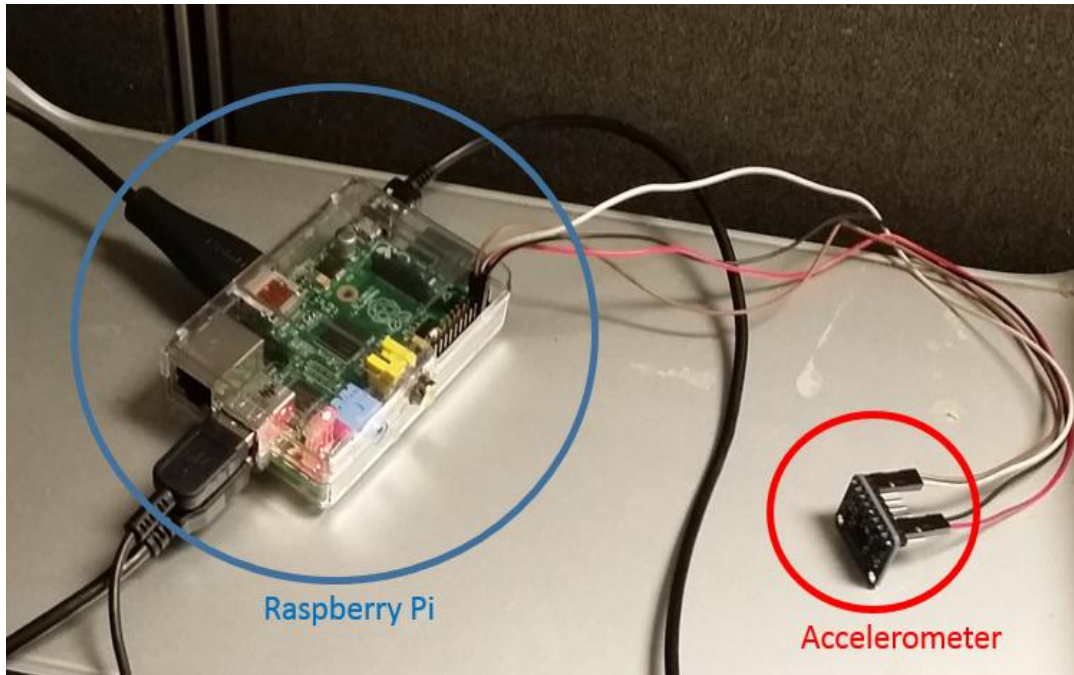
Διαπιστώνοντας ότι όντως υπάρχουν κενά και απώλειες στην καταγραφή της κίνησης από τον αισθητήρα κίνησης Kinect έχουμε σαν συμπέρασμα, από την υλοποίηση αυτού του συστήματος, ότι μπορούν να καλυφθούν οι απώλειες αυτές με τα δεδομένα που λαμβάνουμε από το επιταχυνσιόμετρο της συσκευής. Έτσι είναι εφικτό μαζί με τα δεδομένα που παράγει ο αισθητήρας Kinect να δημιουργηθεί ένα ικανοποιητικό σύστημα καταγραφής κίνησης με μηδαμινές απώλειες ακόμη και όταν βρίσκονται εμπόδια μπροστά στη κάμερα του Kinect.

### 5.3 Μελλοντική Εργασία

Παρατηρώντας τα χαρακτηριστικά παρόμοιων εφαρμογών και τα αποτελέσματα που πάρθηκαν θα μπορούσαμε να πούμε σαν μελλοντικές εργασίες και βελτιστοποιήσεις τα εξής:

- Ενσωμάτωση περισσότερων αισθητήρων κίνησης (επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο) στο σώμα δηλαδή ενσωμάτωση περισσότερων συσκευών ή εφαρμογών που παρέχουν πληροφορίες κίνησης και σε άλλα σημεία του σώματος. Παραδείγματος χάριν επιπρόσθετα από την συσκευή που κρατά ο χρήστης στο δεξί του χέρι να υπάρχουν εξίσου αισθητήρες κίνησης (επιταχυνσιόμετρο, γυροσκόπιο) και στο αριστερό χέρι, είτε στη μέση, είτε σε ένα από τα πόδια, είτε συνδυασμός των σημείων αυτών έτσι ώστε να ενισχύουν τις πληροφορίες για την καλύτερη επεξεργασία και κατανόησης της κίνησης του χρήστη.
- Δυνατότητα επικοινωνίας με εξωτερικές βάσεις δεδομένων. Δηλαδή πιο ευέλικτο σύστημα όσο αφορά τον τρόπο φύλαξης και ανάκτησης των δεδομένων που παίρνονται από την συσκευή που κρατά ο χρήστης.
- Περισσότερη μελέτη και έρευνα για εξάλειψη του θορύβου είτε μείωσή του στο μέγιστο στα δεδομένα που παίρνονται από το επιταχυνσιόμετρο της συσκευής του χρήστη (με την προϋπόθεση ότι οι αισθητήρες στη συσκευή του χρήστη είναι τελευταίας γενιάς οι οποίοι δεν είναι τόσο ευαίσθητοι στο θόρυβο). Όπου θόρυβο εννοούμε τις παρεμβολές που προκαλούνται είτε από τον ήχο είτε από άλλους εξωτερικούς παράγοντες που προκαλούν αλλοίωση στα δεδομένα του αισθητήρα ώστε να μην υπάρχει ακρίβεια στα δεδομένα αυτά.
- Χρήση της αντίστροφης κινηματικής με ακρίβεια σε όλο το σώμα:
  - Με περισσότερους αισθητήρες για την καλύτερη πρόβλεψη της κίνησης
  - Εφαρμογή του πακέτου Root Motion, που μας παραχώρησε ο μεταδιδακτορικός φοιτητής Ανδρέας Αριστείδου, και συγκεκριμένα τον αλγόριθμο για αντίστροφη κινηματική για όλο το σώμα, μαζί με τα δεδομένα από τους αισθητήρες.
- Δημιουργία συστήματος με αισθητήρες που είναι πιο ακριβείς στις μετρήσεις της επιτάχυνσης. Παραδείγματος χάρι χρήση αισθητήρων επιτάχυνσης που

χρησιμοποιούνται σε πλακέτες Raspberry Pi ή χρήση πιο καινούργιων συσκευών/Smartphone με τελευταίας τεχνολογίας αισθητήρες επιτάχυνσης.



Εικόνα 5.6 Πλακέτα Raspberry Pi με αισθητήρα επιτάχυνσης

- Έρευνα και περαιτέρω ανάπτυξη του συστήματος με τελικό στόχο την πλήρη αναγνώριση και καταγραφή της κίνησης μόνο από τα δεδομένα των αισθητήρων κίνησης που θα υπάρχουν στο σώμα. Δηλαδή θα υπάρχει πλήρη επικοινωνία των αισθητήρων και δημιουργία ενός σκελετού με όσο το δυνατό περισσότερη ακρίβεια. Είτε με συνδυασμό των δεδομένων από ένα Kinect για καλύτερης και πιο ακριβείς δημιουργίας σκελετού αλλά και πρόβλεψης της κίνησης.
- Τέλος θα μπορούσε να γίνει αναβάθμιση του αισθητήρα Kinect σε Kinect 2 για την εκμετάλλευση των αναβαθμίσεων που έχει ο νέος αυτός αισθητήρας. Θα πρέπει όμως η ανάπτυξη του συστήματος να γίνει σε Windows 8 και πάνω αφού το Kinect 2 έχει αυτή την προϋπόθεση για την περαιτέρω ανάπτυξη εφαρμογών.

## Βιβλιογραφία

- [1] [http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_position.html](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_position.html)
- [2] [http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_overview.html](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview.html)
- [3] [http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors\\_motion.html#sensors-motion-accel](http://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion.html#sensors-motion-accel)
- [4] <https://msdn.microsoft.com/en-us/library/microsoft.kinect.jointtrackingstate.aspx>
- [5] <http://docs.unity3d.com>
- [6] [http://freespace.virgin.net/hugo.elias/models/m\\_ik.htm](http://freespace.virgin.net/hugo.elias/models/m_ik.htm)
- [7] [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture)
- [8] <http://support.xbox.com/en-US/xbox-360/accessories/kinect-sensor-components>
- [9] <http://unity3d.com/company>
- [10] <http://www.fastmocap.com>
- [11] <http://ipisoft.com>
- [12] <http://nuicapture.com>
- [13] <http://synertial.com>
- [14] <https://www.xsens.com/products>
- [15] <http://doc.photonengine.com/en/pun/current/getting-started/pun-intro>
- [16] [http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft\\_Kinect\\_-\\_Microsoft\\_SDK#Install\\_the\\_Unity\\_Package](http://wiki.etc.cmu.edu/unity3d/index.php/Microsoft_Kinect_-_Microsoft_SDK#Install_the_Unity_Package)
- [17] [https://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture#Applications](https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture#Applications)
- [18] <http://www.codeproject.com/Articles/317974/KinectDepthSmoothing>
- [19] <http://users.dickinson.edu/~jmac/selected-talks/kinect.pdf>
- [20] <https://en.wikipedia.org/wiki/Kinect>
- [21] <http://research.microsoft.com/en-us/projects/surfacerecon>
- [22] <http://research.microsoft.com/en-us/projects/stroke-recovery-with-kinect>
- [23] <http://www.fitnect.hu>
- [24] <http://www.hongkiat.com/blog/innovative-uses-kinect>
- [25] <https://en.wikipedia.org/wiki/IClone>