



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

**συνθεση χειρομορφων και εκφρασεων προσωπου για την
ψηφιακη υλοποιηση της ελληνικης νοηματικης γλωσσας**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννα Ε. Λυκουρέντζου

Επιβλέπων : Στέφανος Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2005



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΣΥΝΘΕΣΗ ΧΕΙΡΟΜΟΡΦΩΝ ΚΑΙ ΕΚΦΡΑΣΕΩΝ ΠΡΟΣΩΠΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΝΟΗΜΑΤΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ιωάννα Ε. Λυκουρέντζου

Επιβλέπων : Στέφανος Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 5^η Οκτωβρίου 2005.

.....
Στ.Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Α.Σταφυλοπάτης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Π.Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Οκτώβριος 2005

.....
Ιωάννα Ε. Λυκουρέντζου

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ιωάννα Λυκουρέντζου, 2005

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εμπύχωση ενός ψηφιακού χαρακτήρα προς την κατεύθυνση λεξικογράφησης της Ελληνικής Νοηματικής Γλώσσας (ΕΝΓ) είναι ένα πολλά υποσχόμενο πεδίο έρευνας η ανάπτυξη του οποίου θα συνεισφέρει σε μία πληθώρα από τομείς με κυριότερο αυτόν της εκπαίδευσης.

Σε αυτή την εργασία απεικονίζουμε μέσω υπολογιστή τις κινήσεις και εκφράσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μία ομάδα από λέξεις της ελληνικής νοηματικής γλώσσας. Αρχικά, αναφερόμαστε στις βασικές τεχνικές με χρήση των οποίων αναπαρίσταται η κίνηση και η έκφραση ενός ψηφιακού χαρακτήρα, καθώς και στα πρότυπα τα οποία αυτές ακολουθούν. Στη συνέχεια αναλύουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εργασίας καθώς και τις πλατφόρμες πάνω στις οποίες βασιστήκαμε για να σχεδιάσουμε τα νοήματα-λέξεις. Παράλληλα με την τεχνική ανάλυση δίνουμε κάποιες προτάσεις επέκτασης οι οποίες θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση της κάθε μίας από τις πλατφόρμες που χρησιμοποιήσαμε. Κατόπιν, περιγράφουμε τις λέξεις και εκφράσεις τις οποίες αναπτύξαμε, επεξηγώντας τον κώδικα, κάνοντας ειδικές παρατηρήσεις για κάθε μία από αυτές και τέλος απεικονίζοντάς τις.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: H-Anim, Τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ, Ευθεία/
Αντίστροφη Κινηματική, MPEG-4, FDP, FAP, HamNoSys, STEP.

ABSTRACT

The animation of a digital character towards the creation of a dictionary of the Greek Sign Language (GSL) is a promising field of research whose development will contribute to a variety of sectors the most important of them being the educational one.

In this thesis, we animate the movements and expressions that are used by a group of words of the Greek Sign Language. Initially we refer to the basic techniques that help us implement the movements and expressions of a digital character, as well as the formats that they follow. Then we analyze the technical characteristics of the thesis as well as the platforms on which they are based in order to animate the sign words. At the same time, we give certain proposals for the extension and improvement of each of these platforms. Then, we describe the words and expressions that we developed, explaining the code, making observations for each one of them and finally depicting them.

KEY WORDS: H-Anim, Keyframing, Forward/ Inverse Kinematics, MPEG-4, FDP, FAP, HamNoSys, STEP.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω πρώτα από όλα τον επιβλέποντα καθηγητή κ. Στέφανο Κόλλια για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ σε ένα σύγχρονο αντικείμενο.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω τον υπεύθυνο της εργασίας μου, κ. Κωνσταντίνο Καρπούζη, για την πολύτιμη βοήθειά και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας. Η συνεργασία μαζί του ήταν ιδιαίτερα διδακτική.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλα τα μέλη της ερευνητικής ομάδας του εργαστηρίου Εικόνας, Βίντεο και Πολυμέσων για την πολύτιμη βοήθεια που μου προσέφεραν όποτε τη χρειαζόμουν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	7
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	9
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
1.1 Γενικά – Σκοπός της μελέτης	14
1.2 Η ελληνική Νοηματική Γλώσσα (ΕΝΓ).....	14
1.2.1 Νόημα, η βασική μονάδα της ΕΝΓ	14
1.2.2 Είδη κινήσεων της ΕΝΓ	16
1.3 Απεικόνισης της ΕΝΓ μέσω υπολογιστή	18
1.3.1 Λεξικογράφηση της ΕΝΓ	18
1.3.2 Εφαρμογές	19
1.4 Δομή και περιεχόμενο της μελέτης.....	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΝΘΡΩΠΙΝΩΝ ΚΙΝΗΣΕΩΝ	22
2.1 Το ανθρώπινο μοντέλο – Πρότυπο H-Anim	22
2.2 Βασικοί Όροι.....	28
2.3 Βασικές μέθοδοι Σύνθεσης Ανθρωπίνων Κινήσεων	28
2.3.1 Τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ (Keyframing)	29
2.3.1.1 Παράδειγμα χρήσης της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ	31
2.3.1.2 Χρήση της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ σε κινήσεις χεριών	32
2.3.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα χρήσης της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ	35
2.3.2 Διαδικαστικές Μέθοδοι(Procedural methods)	37
2.3.2.1 Κινηματική (Kinematics)	37
2.3.2.2 Δυναμική εξομοίωση (Dynamic Simulation)	46
2.3.2.3 Μέθοδος Περιορισμού του Χωροχρόνου (Spacetime)	47
2.3.3 Τεχνική καταγραφής κινήσεων μέσω βίντεο (Video Motion Capture)	48
2.3.4 Τεχνικές βασισμένες σε Γλώσσες Σεναρίου (Script Based Techniques).....	49
2.3.5 Υβριδικές Μέθοδοι	49
2.4 Βασικές τεχνικές εμπύχωσης εκφράσεων προσώπου	51
2.4.1. MPEG-4.....	51
2.4.2.Προδιαγραφή και Εμπύχωση Προσώπων	52
2.4.3 Σημεία Χαρακτηριστικών Γνωρισμάτων Προσώπου (Face Feature Points)	53
2.4.4 Facial Definition Parameter Set- FDP	54
2.4.5 Παράμετροι εμπύχωσης προσώπου (Face Animation Parameters – FAPs)	56
2.4.6 Προδιαγραφή Μοντέλου προσώπου	57
2.4.7 Στατική γεωμετρία με χρήση ενός Γράφου Σκηνής (Scene Graph).....	58

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ..... 59

3.1 HamNoSys.....	59
3.1.1 Σύντομη Περιγραφή του HamNoSys.....	59
3.1.2 Τρόποι καταγραφής κινήσεων από το σύστημα HamNoSys.....	63
3.1.3 Παραδείγματα καταγραφής νοημάτων με το σύστημα HamNoSys.....	64
3.1.4 Περιορισμοί του οποίους θέτει το HamNoSys.....	69
3.1.5 Εμβέλεια.....	72
3.2 Η γλώσσα σεναρίου STEP (Scripting Language for Embodied Agents)	72
3.2.1 Εισαγωγή.....	72
3.2.2 Αρχές σχεδιασμού της γλώσσας STEP.....	73
3.2.3 Η γλώσσα σεναρίου STEP.....	75
3.2.3.1 Σύστημα αναφοράς.....	76
3.2.3.2 Σύστημα Αναφοράς Χρόνου.....	78
3.2.3.3 Τελεστές βασικών και σύνθετων κινήσεων.....	79
3.2.4 Προτάσεις Επέκτασης πλατφόρμας STEP.....	83
3.2.5 Συμπεράσματα.....	84
3.3 Το ψηφιακό περιβάλλον αναπαράστασης των λέξεων της νοηματικής γλώσσας	85
3.3.1 Υπολογιστικές εφαρμογές Εμφύχωσης, για την αναπαράσταση της νοηματικής γλώσσας.....	85
3.3.2 Περιγραφή της μηχανικής πλατφόρμας.....	86
3.3.2.1 Η Γραφική Διεπαφή Χρήστη της πλατφόρμας.....	87
3.3.2.2 Εσωτερική λειτουργία της πλατφόρμας.....	92
3.3.2.3 Προβλήματα και Περιορισμοί.....	93
3.3.2.4 Προοπτικές επεκτασιμότητας.....	94
3.4 Ο εικονικός χαρακτήρας GRETA	95
3.4.1 Ο εικονικός χαρακτήρας Greta.....	95
3.4.2 Στοιχεία κατασκευής της Greta.....	96
3.4.2.1 Η πολυγωνική δομή του τρισδιάστατου μοντέλου.....	96
3.4.2.2 Διαχωρισμός του προσώπου της Greta σε περιοχές.....	98
3.4.3 Μηχανισμός δημιουργίας εκφράσεων- Εντολές FAP.....	99
3.4.3.1 Εφαρμογή των εντολών FAP στο τρισδιάστατο μοντέλο.....	99
3.4.3.2 Παράδειγμα αλλαγής θέσης στο μοντέλο προσώπου της Greta.....	100
3.4.4 Συμπεράσματα.....	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΙΝΗΣΕΩΝ ΧΕΡΙΩΝ ΓΙΑ ΛΕΞΕΙΣ ΤΗΣ ΕΝΓ..... 103

4.1 Γενικές Παρατηρήσεις	103
4.2 Ανάλυση Σχεδιασμού των Λέξεων	107
4.2.1 Νόημα 1 - «Ουρά».....	107
4.2.2 Νόημα 2 - «Μοσχάρι».....	109
4.2.3 Νόημα 3 - «Πάπια».....	112
4.2.4 Νόημα 4 - «Περιστέρν».....	113
4.2.5 Νόημα 5 - «Μέλι».....	114
4.2.6 Νόημα 6 - «Φωλιά».....	117
4.2.7 Νόημα 7 - «Γούνα Ζώου».....	119
4.2.8 Νόημα 8- «Μυρμήγκι».....	121
4.2.9 Νόημα 9 - «Ράμφος».....	123
4.2.10 Νόημα 10 - «Πεταλούδα».....	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 – ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΚΦΡΑΣΕΩΝ ΠΡΟΣΩΠΟΥ ΓΙΑ ΛΕΞΕΙΣ ΤΗΣ ΕΝΓ..... 128

5.1 Σχεδιασμός των εκφράσεων προσώπου.....	128
---	------------

5.2 Παρατηρήσεις	132
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 – ΕΠΙΛΟΓΟΣ	134
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ	135

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1: (a) η λέξη «επιλέγω» της ENΓ, (b) η λέξη «φύλλο χαρτί» της ENΓ.	16
Σχήμα 2 : (a), (b) Κίνηση μόνο του ενός και (c) ,(d) Κίνηση και των δύο χεριών.....	17
Σχήμα 3: Το ιεραρχικό δένδρο του Ανθρώπινου Μοντέλου Συνδέσμων του προτύπου H - Anim.	26
Σχήμα 4 : Ανθρώπινη δομή, συμβατή με το πρότυπο H-Anim, στην κατάσταση ηρεμίας.....	27
Σχήμα 5 : Εφαρμογή της μεθόδου της παρεμβολής	30
Σχήμα 6 : Χρήση της τεχνικής χαρακτηριστικών καρέ – Βασικά καρέ	31
Σχήμα 7 : Παράδειγμα εφαρμογής της τεχνικής χαρακτηριστικών καρέ – Ενδιάμεσα καρέ.....	32
Σχήμα 8 : Αναπαράσταση της λέξης «φωλιά» με χρήση των χαρακτηριστικών καρέ	34
Σχήμα 9 : Παράδειγμα λειτουργίας του μηχανισμού παρεμβολής.....	36
Σχήμα 10: Ευθεία Κινηματική	38
Σχήμα 11 Αντίστροφη Κινηματική.....	40
Σχήμα 12: Ιεραρχία Συνδέσμων κατασκευής αντίστροφης κινηματικής	41
Σχήμα 13: Δεν υπάρχει λύση	41
Σχήμα 14 : Ύπαρξη μοναδικής λύσης	42
Σχήμα 15: Ύπαρξη δύο λύσεων. Επιλέγεται αυτή η πλησιέστερη στην υπάρχουσα θέση.....	42
Σχήμα 16: Ύπαρξη πολλαπλών λύσεων σε κατασκευές με περισσότερους από δύο συνδέσμους.	42
Σχήμα 17: Η μία από τις δύο λύσεις απορρίπτεται γιατί δίνει αφύσικη κίνηση.....	43
Σχήμα 18: Οι μονάδες FAPU.....	53
Σχήμα 19: Τα σημεία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της μορφής ενός μοντέλου προσώπου. Τα FAPs καθορίζονται από την κίνηση των σημείων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.	55
Σχήμα 20: Βασικές εκφράσεις προσώπου	57
Σχήμα 21: Το νόημα «ουρά» της ελληνικής νοηματικής γλώσσας.	61
Σχήμα 22: Κατεύθυνση e.f.d.....	62
Σχήμα 23: Καταγραφή της λέξης «ήλιος»	65
Σχήμα 24: Καταγραφή της λέξης «πάπια»	66
Σχήμα 25 : Προσανατολισμός Χεριών	68
Σχήμα 26: (a) Λάθος καταγραφή της λέξης «εγώ», (b) Σωστή καταγραφή της λέξης, (c) Σωστή καταγραφή της λέξης «εσύ».....	70
Σχήμα 27: Σύστημα Αναφοράς Κατεύθυνσης του εικονικού χαρακτήρα.	76
Σχήμα 28: Οι κατευθύνσεις του τοπικού συστήματος συντεταγμένων του αριστερού βραχίονα.....	77
Σχήμα 29: Αλλαγή της κατεύθυνσης του αγκώνα και του ώμου.....	78
Σχήμα 30: Η κίνηση του Βαδίσματος.....	80
Σχήμα 31 : Παράδειγμα Χρήσης τελεστή “touch”	82
Σχήμα 32: Καταστάσεις βασισμένες στη χρήση του τελεστή “touch”	82
Σχήμα 33: Διαδικασία σύνθεσης νοημάτων	86
Σχήμα 34: Ο εικονικός αρθρωτός χαρακτήρας τον οποίο χρησιμοποιούμε για την οπτική αναπαράσταση των λέξεων-νοημάτων.	87
Σχήμα 35: Επιλογή μίας ενσωματωμένης στην πλατφόρμα λέξης.....	88
Σχήμα 36: Τμήμα της διεπαφής της πλατφόρμας σύνθεσης νοημάτων	88
Σχήμα 37:Λίστα μελών του εικονικού χαρακτήρα	89

Σχήμα 38: (α)αρχική θέση εικονικού χαρακτήρα, (b) η παλάμη δεν μπορεί να περιστραφεί περισσότερο.	90
Σχήμα 39: Λίστα με κινήσεις τις οποίες μπορεί να εκτελέσει ο εικονικός χαρακτήρας 91	91
Σχήμα 40: Περιοχή εισαγωγής εντολών της γλώσσας STEP 92	92
Σχήμα 41: Η περιοχή του στόματος του εικονικού χαρακτήρα Greta 97	97
Σχήμα 42: Η πολυγωνική δομή της περιοχής των ματιών του εικονικού χαρακτήρα Greta..... 97	97
Σχήμα 43: Η πολυγωνική δομή του μετώπου του εικονικού χαρακτήρα. 98	98
Σχήμα 44: Οι περιοχές διαχωρισμού του προσώπου οι οποίες αντιστοιχούν στις περιοχές ελέγχου των FAPs. 99	99
Σχήμα 45: Η έκφραση “συνοφρύωμα” του εικονικού χαρακτήρα Greta. 100	100
Σχήμα 46: Ανασήκωμα του αριστερού φρυδιού..... 101	101
Σχήμα 47: Η έκφραση “συνοφρύωμα” 102	102
Σχήμα 48: Κυκλική κίνηση μικρής εμβέλειας 104	104
Σχήμα 49: Ημικυκλική κίνηση μεγάλης εμβέλειας 105	105
Σχήμα 50: Ονοματολογία μελών εικονικού χαρακτήρα 106	106
Σχήμα 51: Η λέξη «ουρά» της ENΓ 108	108
Σχήμα 52: Η λέξη «μοσχάρι» της ENΓ. 111	111
Σχήμα 53: Η λέξη «πάπια» της ENΓ. 113	113
Σχήμα 54: Η λέξη «περιστέρι» της ENΓ. 114	114
Σχήμα 55: Η λέξη «μέλι» της ENΓ 116	116
Σχήμα 56: Η λέξη «φωλιά» της ENΓ 118	118
Σχήμα 57: Η λέξη «γούνα ζώου» της ENΓ 120	120
Σχήμα 58: Η λέξη «μυρμήγκι» της ENΓ 122	122
Σχήμα 59: Η λέξη «ράμφος» της ENΓ (front view) 124	124
Σχήμα 60: Η λέξη «ράμφος» της ENΓ (custom view)..... 125	125
Σχήμα 61: Η λέξη «πεταλούδα» της ENΓ (front view) 126	126
Σχήμα 62: Η λέξη «πεταλούδα» της ENΓ (custom view) 127	127
Σχήμα 63: Έκφραση 1 της Greta 129	129
Σχήμα 64: Έκφραση 2 της Greta 130	130
Σχήμα 65: Έκφραση 3 της Greta 132	132

Κεφάλαιο 1 – Εισαγωγή

1.1 Γενικά – Σκοπός της μελέτης

Σκοπός αυτής της μελέτης, είναι η απεικόνιση μέσω υπολογιστή κάποιων λέξεων της ελληνική νοηματικής γλώσσας. Η απεικόνιση αυτή αφορά τόσο τις κινήσεις των χεριών όσο και τις εκφράσεις του προσώπου τις οποίες η λέξη εμπλέκει. Στη συνέχεια αυτού του κεφαλαίου αναφερόμαστε στην ελληνική νοηματική γλώσσα, στις βασικές μονάδες οι οποίες τη συνθέτουν καθώς και στα είδη των κινήσεων που περιέχει. Κατόπιν αναλύουμε τη χρησιμότητα την οποία έχει μία απεικόνιση μέσω υπολογιστή των λέξεων της ελληνικής νοηματικής γλώσσας και τις εφαρμογές τις οποίες αυτή μπορεί να εξυπηρετήσει. Τέλος, δίνουμε μία επισκόπηση των κεφαλαίων τα οποία συνθέτουν αυτή την μελέτη.

1.2 Η ελληνική Νοηματική Γλώσσα (ΕΝΓ)

Με τον όρο ελληνική Νοηματική Γλώσσα (ΕΝΓ) ονομάζουμε το σύνολο των κανόνων και λέξεων οι οποίοι συνθέτουν τη φυσική γλώσσα της κοινότητας κωφών Ελλάδος. Η ιδιαιτερότητα όλων των νοηματικών γλωσσών (συμπεριλαμβανομένης και της ΕΝΓ) είναι το γεγονός ότι η γραμματική την οποία χρησιμοποιούν βασίζεται όχι στην ακουστική, αλλά στην οπτικό-κινησιακή επικοινωνία. Η ΕΝΓ δεν απεικονίζει πιστά τις λέξεις της ελληνικής ομιλούμενης γλώσσας, αλλά αποτελεί μία αυτόνομη φυσική γλώσσα την οποία χρησιμοποιούν οι Έλληνες νοηματιστές.

Τα μέσα τα οποία η ΕΝΓ χρησιμοποιεί για τη διάρθρωση του λόγου περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων τον καθορισμό της θέσης του σώματος καθώς και τον ακριβή ορισμό της κίνησης, του προσανατολισμού και της θέσης των χεριών. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο στη σύνταξη και στο νόημα των λέξεων παίζει η έκφραση του προσώπου και μερικά ακόμη μη λεκτικά χαρακτηριστικά.

1.2.1 Νόημα, η βασική μονάδα της ΕΝΓ

Στη βάση της ΕΝΓ βρίσκονται τα νοήματα. Ένα νόημα μπορεί να αποτελεί είτε μία λέξη είτε μία έκφραση και πολλές φορές περιγράφει οπτικά το αντικείμενο ή την ιδιότητα που αναπαριστά. Επιπλέον των νοημάτων, η ΕΝΓ περιλαμβάνει το δακτυλικό αλφάβητο, το οποίο αποτελεί ουσιαστικά μία μετάφραση του ελληνικού αλφαβήτου στη νοηματική γλώσσα. Το δακτυλικό αλφάβητο χρησιμοποιείται για την

απόδοση κάποιων ονομάτων ή ακρωνυμίων για τα οποία δεν υπάρχει αντίστοιχο νόημα. Είναι βασικό ωστόσο να τονίσουμε ότι η ΕΝΓ όπως και όλες γενικά οι νοηματικές γλώσσες, δε στηρίζεται στην ευρεία χρήση του δακτυλικού αλφαβήτου για την απόδοση των λέξεων. Η διαφορά της σκέψης μεταξύ της νεοελληνικής ομιλούμενης γλώσσας και της ΕΝΓ έγκειται στο γεγονός ότι στην ομιλούμενη νεοελληνική η κάθε λέξη αποτελείται από φθόγγους και γράμματα του αλφαβήτου τα οποία προφέρονται κατά την ομιλία. Αυτοί οι φθόγγοι είναι πολύ λιγότεροι από τις αντίστοιχες λέξεις τις οποίες παράγουν. Αντίθετα στην ΕΝΓ η κάθε λέξη είναι είτε ένα ξεχωριστό νόημα είτε σύνθεση κάποιων νοημάτων. Τα ξεχωριστά νοήματα που συνθέτουν το λεξιλόγιο της ΕΝΓ είναι πολύ περισσότερα από το αλφάβητο και τους φθόγγους της ομιλούμενης γλώσσας.

Ένα νόημα διακρίνεται από τρία χαρακτηριστικά στοιχεία τα οποία είναι:

1. Κίνηση

Με τον όρο κίνηση αναφερόμαστε στην κίνηση των άκρων και συνηθέστερα στην κίνηση των χεριών στο χώρο. Συγκεκριμένα, ο χώρος στον οποίο εκτελούνται οι λέξεις-νοήματα ονομάζεται χώρος νοηματισμού. Αντιστοιχεί στον τετράγωνο χώρο που ορίζεται από την κορυφή του κεφαλιού έως τον άνω κορμό και εκτείνεται περίπου τριάντα εκατοστά εκατέρωθεν των βραχιόνων. Οποιοδήποτε νόημα εκτελείται εκτός του χώρου νοηματισμού δεν αναγνωρίζεται ως λέξη κατά την επίσημη τουλάχιστο αναπαράσταση της γλώσσας. Εκτός από τη συμμετοχή της στην απόδοση του νοήματος, η κίνηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να αποδώσει διαφορετικές εκφάνσεις μίας λέξης, όπως για παράδειγμα το μέγεθος (μικρό-μεγάλο), το πλήθος(πολύ-λίγο), τη συχνότητα (συχνά-σπάνια) ή τον αριθμό (πληθυντικός ή ενικός) της.

2. Χειρομορφή – Προσανατολισμός παλάμης

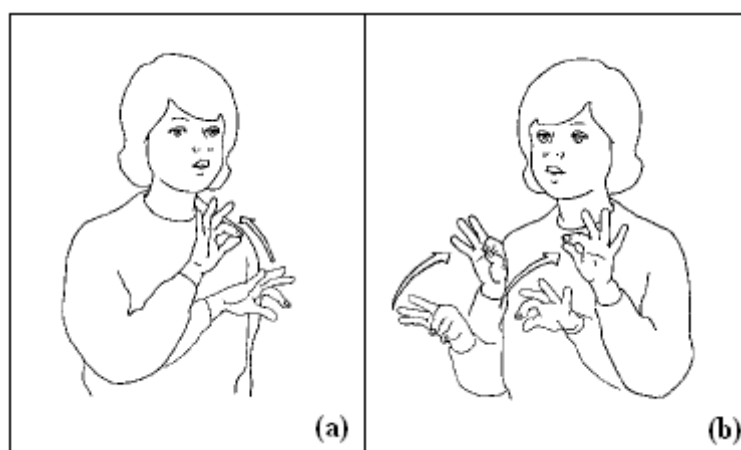
Με τον όρο χειρομορφή, εννοούμε τη θέση των δακτύλων και της παλάμης κατά τη διάρκεια απόδοσης της λέξης. Η θέση ή αλλιώς ο προσανατολισμός της παλάμης, αναφέρεται στην κατεύθυνση προς την οποία στρέφεται η παλάμη κατά τη διάρκεια απόδοσης του νοήματος. Διαφορετικός προσανατολισμός της παλάμης μπορεί να διαχωρίσει εντελώς το νόημα δύο λέξεων ακόμη και αν η χειρομορφή την οποία χρησιμοποιούν είναι η ίδια.

3. Έκφραση προσώπου – Στάση Σώματος

Η έκφραση του προσώπου του ομιλητή, καθώς και η στάση του σώματός του μπορεί να έχουν ιδιαίτερη βαρύτητα για την απόδοση μίας λέξης της ΕΝΓ. Αποτελούν βασικά στοιχεία του νοήματος και η σημασία τους είναι παρόμοια με αυτή του τόνου της φωνής στην ομιλούμενη γλώσσα.

1.2.2 Είδη κινήσεων της ΕΝΓ

Στη νοηματική γλώσσα, οι λέξεις χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες. Η μία κατηγορία περιλαμβάνει όσες λέξεις χρησιμοποιούν μόνο το ένα χέρι για την αναπαράστασή τους, ενώ η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει όσες απαιτούν χρήση και των δύο χεριών. Αυτή η κατηγοριοποίηση είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς η χρήση του ενός ή των δύο χεριών μπορεί κάποιες περιπτώσεις να καθορίζει το νόημα της λέξης, ακόμη και αν η χειρομορφή παραμένει η ίδια. Για παράδειγμα, στο σχήμα 1. βλέπουμε δύο λέξεις της ΕΝΓ οι οποίες έχουν την ίδια χειρομορφή. Στην πρώτη όμως περίπτωση (σχήμα 1 (a)) η λέξη χρησιμοποιεί μόνο το ένα χέρι και τότε σημαίνει «επιλέγω», ενώ στη δεύτερη περίπτωση (σχήμα 1 (b)) χρησιμοποιεί και τα δύο χέρια, οπότε και σημαίνει «φύλλο χαρτί».



Σχήμα 1: (a) η λέξη «επιλέγω» της ΕΝΓ, (b) η λέξη «φύλλο χαρτί» της ΕΝΓ.

Στα νοήματα τα οποία χρησιμοποιούν μονάχα το ένα χέρι, μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε το αριστερό είτε το δεξί χωρίς αυτό να επηρεάζει τη σημασία του νοήματος-λέξης.

Τα νοήματα τα οποία απαιτούν τη χρήση και των δύο χεριών, μπορούν να χωριστούν σε δύο ακόμη κατηγορίες, τα νοήματα στα οποία συμμετέχουν μεν και τα

δύο χέρια αλλά μόνο το ένα κινείται και σε αυτά στα οποία κινούνται και τα δύο χέρια. Στο σχήμα 2 μπορούμε να διακρίνουμε αυτές τις δύο περιπτώσεις. Τα καρέ (a) και (b) του σχήματος 2, τα οποία απεικονίζουν τις λέξεις «πράσινο» και «πορτοκαλί» αντίστοιχα είναι νοήματα στα οποία κινείται μόνο το ένα χέρι αν και συμμετέχουν και τα δύο. Στα καρέ (c) και (d) όπου απεικονίζονται οι λέξεις «ποδήλατο» και «πρωί» αντίστοιχα, είναι νοήματα στα οποία έχουμε κίνηση και των δύο χεριών.



Σχήμα 2 : (a), (b) Κίνηση μόνο του ενός και (c) ,(d) Κίνηση και των δύο χεριών.

Η κατηγορία των νοημάτων τα οποία χρησιμοποιούν και τα δύο χέρια μπορεί να διαχωριστεί περαιτέρω σε συμμετρικά και μη συμμετρικά νοήματα. Το αν ένα νόημα είναι συμμετρικό ή όχι καθορίζεται από τον Κανόνα της Συμμετρίας ο οποίος διατυπώνεται επιγραμματικά ως εξής:

Κανόνας της Συμμετρίας

Ένα νόημα χαρακτηρίζεται ως συμμετρικό αν κατά την κίνηση των χεριών αυτά:

1. Κάνουν την ίδια ή συμμετρική κίνηση (ώστε η κίνηση του ενός να καθρεφτίζει την κίνηση του άλλου).
2. Έχουν την ίδια χειρομορφή.

3. Έχουν τον ίδιο ή συμμετρικό προσανατολισμό.
4. Βρίσκονται στην ίδια τοποθεσία σε σχέση με το σώμα.

Από τα παραπάνω μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι ακόμη και μία μικρή αλλαγή του τρόπου κίνησης μπορεί να αλλάξει εντελώς τη σημασία μίας λέξης. Για αυτό το λόγο, κατά τη δημιουργία μέσω υπολογιστή κινήσεων της νοηματικής γλώσσας είναι ιδιαίτερα σημαντική η ακριβής αναπαράσταση τόσο των χειρομορφών όσο και της κίνησης των χεριών.

1.3 Απεικόνισης της ΕΝΓ μέσω υπολογιστή

1.3.1 Λεξικογράφηση της ΕΝΓ

Η ΕΝΓ όπως και όλες σχεδόν οι νοηματικές γλώσσες βασίζεται στην οπτικό-κινησιακή και όχι στην ακουστική ή γραπτή επικοινωνία. Για αυτό το λόγο, παρόλο που πρόκειται για μία πλήρη γλώσσα, έχουν γίνει λίγες έως σήμερα προσπάθειες λεξικογράφησης της.

Αυτές οι προσπάθειες μέχρι πριν από μερικά χρόνια βασίζονταν στην απόδοση των λέξεων με σκίτσα ή φωτογραφίες ενώ παράλληλα έδιναν με γραπτό περιγραφικό τρόπο την υπόλοιπη κίνηση. Ωστόσο με αυτούς τους τρόπους δεν ήταν δυνατή η πλήρης απόδοση της κίνησης με αποτέλεσμα να υπάρχουν περιθώρια παρερμηνεία της σημασίας λέξεων και εκφράσεων.

Στη συνέχεια τα νοήματα-λέξεις παρουσιάζονταν με τη μορφή βίντεο. Αυτή η προσπάθεια επιτυγχάνει να δώσει την ακριβή απεικόνιση των λέξεων. Ωστόσο το βίντεο παρουσιάζει δύο κύρια μειονεκτήματα. Πρώτον, δεν μπορεί να μεταδοθεί μέσω του διαδικτύου κάτι το οποίο αυτόματα το καθιστά ακατάλληλο για εφαρμογές εκπαίδευσης από απόσταση (e-learning). Όμως αυτές οι εφαρμογές είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στα κωφά άτομα, καθώς πολλά από αυτά δεν έχουν τη δυνατότητα πρόσβασης σε μία σωστή διδασκαλία της νοηματικής γλώσσας, για διάφορους λόγους ο κυριότερος από τους οποίους είναι η απόσταση. Το δεύτερο μειονέκτημα το οποίο παρουσιάζει το βίντεο είναι ότι το υλικό το οποίο αποθηκεύεται δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για την παραγωγή άλλων παρεμφερών στην κίνηση λέξεων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να απαιτείται πολλαπλάσια προσπάθεια για τη δημιουργία ενός πλήρους λεξικού της ΕΝΓ, από αυτήν που θα χρειαζόταν αν υπήρχε η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του υλικού.

Η μέθοδος την οποία χρησιμοποιούμε σε αυτή την εργασία, παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα της χρήσης βίντεο (ακριβή αναπαράσταση των λέξεων) χωρίς όμως τα μειονεκτήματά της. Με την απεικόνιση μέσω υπολογιστή των λέξεων της ΕΝΓ, καθίσταται δυνατή τόσο η διάδοση του υλικού μέσω διαδικτύου , όσο και η ταυτόχρονη επαναχρησιμοποίησή του. Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι κύριες εφαρμογές τις οποίες μπορεί να έχει η απεικόνιση των λέξεων-νοημάτων μέσω υπολογιστή.

1.3.2 Εφαρμογές

Οι εφαρμογές τις οποίες έχει η απεικόνιση των λέξεων της ΕΝΓ μέσω υπολογιστή, είναι πάρα πολλές. Δύο ωστόσο από αυτές παρουσιάζουν ξεχωριστό ενδιαφέρον λόγω του εκπαιδευτικού χαρακτήρα τους αλλά και λόγω του γεγονότος ότι είναι οι πιο άμεσα υλοποιήσιμες.

Καταρχήν μία τέτοια απεικόνιση των λέξεων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός λεξικού της ΕΝΓ. Το συγκεκριμένο λεξικό θα μπορεί να εμπλουτίζεται ακόμη και από τους διδάσκοντες της ΕΝΓ μετά από σύντομη εκπαίδευσή τους πάνω στα τεχνικά χαρακτηριστικά της πλατφόρμας. Με αυτόν τον τρόπο, τα ίδια τα μέλη της κοινότητας των κωφών θα μπορούν να συμμετέχουν ενεργά στη διαμόρφωση και τον εμπλουτισμό της λεξικογράφησης της γλώσσας τους.

Μία δεύτερη εφαρμογή επίσης εκπαιδευτικού χαρακτήρα είναι η δημιουργία εφαρμογών εκπαίδευσης μέσω απόστασης (e-learning applications). Μία τέτοια εφαρμογή θα μπορούσε να είναι μία δικτυακή πύλη (portal) η οποία θα λειτουργεί σαν τόπος διδασκαλίας της ΕΝΓ μέσω απόστασης και παράλληλης ανταλλαγής καινούριων λέξεων και εκφράσεων. Η ευρεία πρόσβαση του διαδικτύου ακόμη και σε περιοχές όπου οποιοδήποτε άλλο είδος διδασκαλίας συναντά δυσκολίες, θα δώσει τις ίδιες δυνατότητες διδασκαλίας σε κωφούς σπουδαστές όλων των ηλικιών και βαθμίδων εκπαίδευσης. Αν επιπλέον αυτός ο δικτυακός τόπος συνδυαστεί με την πρώτη εφαρμογή, αυτή του λεξικού, θα μπορούσε να προκύψει ένα διαρκώς εμπλουτιζόμενο, επίσημο λεξικό της ΕΝΓ σε έναν επίσημο δικτυακό τόπο της ελληνικής κοινότητας κωφών.

1.4 Δομή και περιεχόμενο της μελέτης

Στη συνέχεια, αναλύουμε τη δομή και το περιεχόμενο κάθε κεφαλαίου της μελέτης μας.

Στο δεύτερο κεφάλαιο αναλύουμε τις βασικές τεχνικές οι οποίες υπάρχουν για τη σύνθεση των κινήσεων και εκφράσεων μίας ανθρώπινης κατασκευής. Αρχικά αναφερόμαστε στη δομή του ανθρώπινου μοντέλου και στο πρότυπο H-Anim, καθώς ο εικονικός χαρακτήρας με τον οποίο εργαστήκαμε βασίζεται στο πρότυπο αυτό. Κατόπιν επεξηγούμε κάποιους βασικούς για αυτή την ανάλυση όρους. Στη συνέχεια, στο κύριο τμήμα του κεφαλαίου αναλύουμε τις μεθόδους δημιουργίας ανθρώπινων κινήσεων. Οι μέθοδοι τις οποίες τελικά χρησιμοποιήσαμε αναλύονται εκτενέστερα, ενώ για τις υπόλοιπες δίνεται μία σύντομη αναφορά, καθώς και οι λόγοι για τους οποίους δεν τις επιλέξαμε. Επιπλέον, συγκρίνουμε τις τεχνικές σύνθεσης ανθρώπινων κινήσεων και αναφερόμαστε στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα κάθε μίας από αυτές. Στη συνέχεια αναλύουμε την τεχνική σύνθεσης ανθρώπινων εκφράσεων την οποία χρησιμοποιήσαμε. Αρχικά γίνεται μία σύντομη αναφορά στο πρότυπο MPEG – 4 ενώ τέλος επεξηγούμε τους όρους FDP και FAP οι οποίοι είναι απαραίτητοι για την κατανόηση της σύνθεσης ανθρώπινων εκφράσεων μέσω υπολογιστή.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύουμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά της μελέτης μας. Συγκεκριμένα, αρχικά αναφερόμαστε το σύστημα καταγραφής HamNoSys το οποίο χρησιμοποιείται για τη γραπτή απόδοση των λέξεων της νοηματικής γλώσσας. Κατόπιν δίνουμε κάποια παραδείγματα χρήσης του ενώ τέλος αναφερόμαστε στους περιορισμούς τους οποίους αυτό θέτει. Στην επόμενη ενότητα αυτού του κεφαλαίου, αναλύουμε τη γλώσσα σεναρίου STEP η οποία χρησιμοποιήθηκε για την απεικόνιση των κινήσεων του εικονικού χαρακτήρα. Αναφερόμαστε στις αρχές σχεδιασμού της γλώσσας, σε κάποια τεχνικά χαρακτηριστικά της ενώ τέλος δίνουμε κάποιες προτάσεις επέκτασής της. Στις επόμενες δύο ενότητες του κεφαλαίου, αναφερόμαστε στις πλατφόρμες τις οποίες χρησιμοποιήσαμε για τη δημιουργία κινήσεων και εκφράσεων ενός εικονικού χαρακτήρα μέσω υπολογιστή. Αναλύουμε τόσο το γραφικό περιβάλλον όσο και τον εσωτερικό μηχανισμό τους, δίνουμε τους περιορισμούς τους οποίους θέτουν και τέλος αναφερόμαστε στις προοπτικές επεκτασιμότητάς τους.

Το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται στις λέξεις-νοήματα της ENΓ την κίνηση των οποίων σχεδιάσαμε με χρήση της πλατφόρμας STEP. Αρχικά δίνουμε κάποιες

γενικές παρατηρήσεις πάνω στο σχεδιασμό τους ενώ στη συνέχεια αναλύουμε κάθε λέξη ξεχωριστά. Αυτή η ανάλυση περιλαμβάνει την περιγραφή της κίνησης την οποία απαιτεί κάθε νόημα, τη διαδικασία σχεδιασμού της και κάποιες διαφορετικές για κάθε λέξη παρατηρήσεις. Τέλος, δίνουμε για κάθε λέξη την απεικόνισή της χρησιμοποιώντας μία σειρά από καρέ.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναλύουμε τις εκφράσεις προσώπου τις οποίες σχεδιάσαμε με χρήση της πλατφόρμας Greta. Η ανάλυση αυτή έχει δομή ίδια με αυτή του κεφαλαίου τέσσερα, δηλαδή αρχικά η έκφραση περιγράφεται και αναλύεται η διαδικασία σχεδιασμού της, ενώ στη συνέχεια δίνεται η απεικόνιση της με μία σειρά από καρέ. Στο τέλος του πέμπτου κεφαλαίου γίνονται κάποιες γενικές παρατηρήσεις πάνω στο σχεδιασμό των εκφράσεων με χρήση της πλατφόρμας Greta.

Τέλος, το έκτο και τελευταίο κεφάλαιο της μελέτης μας αναφέρεται στα συμπεράσματα τα οποία αντλήσαμε καθ' όλη τη διάρκειά της.

Κεφάλαιο 2 - Σύνθεση Ανθρώπινων Κινήσεων

Σε αυτή την ενότητα της μελέτης μας, παρουσιάζουμε μία επισκόπηση των τεχνικών σύνθεσης ανθρώπινων κινήσεων. Αναλύονται οι τεχνικές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε για τη δημιουργία των χειρομορφών της νοηματικής γλώσσας(τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ, ευθεία και αντίστροφη κινηματική σε συνδυασμό με μία γλώσσα σεναρίου) και παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους. Επιπλέον, γίνεται μία σύντομη αναφορά στις τεχνικές αυτές που δεν επιλέξαμε και αναφέρονται επιγραμματικά οι λόγοι.

2.1 Το ανθρώπινο μοντέλο – Πρότυπο H-Anim

Η εμπύχωση (animation) ανθρώπινων χαρακτήρων μέσω υπολογιστή, προϋποθέτει την ύπαρξη ενός μοντέλου του ανθρώπινου σώματος με βάση το οποίο ο προγραμματιστής δημιουργεί τις κινήσεις του χαρακτήρα. Για την προτυποποίηση του μοντέλου αυτού δημιουργήθηκε το πρότυπο H-Anim το οποίο παρουσιάζεται επιγραμματικά στη συνέχεια.

Τα πρότυπα Web-3D H-Anim

Ταυτόχρονα με την αύξηση του ενδιαφέροντος πάνω στα τρισδιάστατα γραφικά κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, υπήρξε επίσης και μία αύξηση των συστημάτων σχεδίασης και δημιουργίας κίνησης τρισδιάστατων ανθρώπινων δομών. Αυτά τα συστήματα δεν δημιουργήθηκαν με βάση ένα ορισμένο πρότυπο και αυτό είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία προβλημάτων στην ανταλλαγή της πληροφορίας μεταξύ τους.

Η επιτροπή Web-3D H-Anim δημιουργήθηκε ώστε οι σχεδιαστές να συμφωνήσουν πάνω σε μία πρότυπη ονοματολογία για τα μέλη και τους συνδέσμους του ανθρώπινου σώματος. Η ανθρώπινη δομή είχε μελετηθεί για αιώνες και τα περισσότερα από τα μέλη είχαν ιατρικά ή λατινικά ονόματα. Η επιτροπή παρήγαγε τα πρότυπα για τον Ορισμό της Εμπύχωσης Ανθρώπινων Δομών (Humanoid Animation Specification – H-Anim), δίνοντας έτσι έναν πρότυπο τρόπο αναπαράστασης της ανθρώπινης δομής σε VRML. Ο σχεδιασμός της κίνησης ανθρώπινων δομών του προτύπου H-Anim μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας την τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ, της ευθείας και της αντίστροφης κινηματικής καθώς και άλλες τεχνικές. Οι τρεις κύριοι στόχοι του προτύπου H-Anim είναι:

- Συμβατότητα: Ο σχεδιασμός της κίνησης αλλά και η απεικόνιση μίας ανθρώπινης δομής θα πρέπει να είναι δυνατά σε κάθε φυλλομετρητή συμβατό με τη VRML.
- Ευελιξία: Δεν γίνεται καμία υπόθεση σχετικά με τις εφαρμογές οι οποίες θα χρησιμοποιήσουν τις ανθρώπινες δομές του προτύπου.
- Απλότητα: Ο ορισμός θα πρέπει να περιέχει μονάχα ότι είναι απολύτως απαραίτητο.

Έως αυτή τη στιγμή έχουν παραχθεί τρία πρότυπα H-Anim, ακολουθώντας την εξέλιξη των προτύπων της VRML, τα πρότυπα H-Anim 1.0, H-Anim 2.0 και H-Anim 2001.

H-Anim 1.0

Το πρότυπο H-Anim 1.0 ορίζει έναν τρόπο αναπαράστασης ανθρώπινων δομών για το σχήμα VRML 2.0. Το VRML αρχείο της ανθρώπινης δομής, περιέχει μία ομάδα από κόμβους οι οποίοι είναι : ο κόμβος Ανθρώπινης Δομής (Humanoid Node), οι κόμβοι Συνδέσμων (Joint Nodes) και οι κόμβοι Μελών (Segment Nodes).

Ο κόμβος της Ανθρώπινης Δομής (Humanoid node), αποθηκεύει πληροφορία κατανοητή στον τελικό χρήστη σχετικά με τη δομή, όπως πληροφορίες για το συγγραφέα ή τα πνευματικά δικαιώματα. Αυτός ο κόμβος μπορεί επίσης να αποθηκεύει αναφορές προς άλλους κόμβους Συνδέσμων ή Μελών.

Κάθε ένας από τους κόμβους Συνδέσμων (Joint_nodes) καθορίζει το κέντρο περιστροφής ενός συνδέσμου. Οι κόμβοι Συνδέσμων τοποθετούνται σε ιεραρχική δομή η οποία περιγράφει την κληρονομική σχέση μεταξύ των κόμβων «πατέρα» και «παιδιού». Οι κόμβοι «παιδιά» ενός κόμβου Συνδέσμου είναι άλλοι κόμβοι Συνδέσμων, ενώ ο κόμβος «πατέρας» του είναι είτε ένας άλλος κόμβος Συνδέσμου, είτε ο κόμβος Ανθρώπινης Δομής (αν ο συγκεκριμένος κόμβος Συνδέσμου συνδέεται με τη ρίζα του δέντρου ιεραρχίας). Οι κόμβοι Συνδέσμων μπορούν επίσης να περιέχουν υποδείξεις για συστήματα αντίστροφης κινηματικής δίνοντάς τους τη δυνατότητα να ελέγξουν πιο εύκολα την H-Anim κατασκευή. Τέτοιες υποδείξεις μπορούν να αφορούν το βαθμό ακαμψίας του συγκεκριμένου συνδέσμου ,τους άνω

και κάτω περιορισμούς του, καθώς και την προέλευση αυτών των περιορισμών. Κάθε κόμβος συνδέσμου εκτός από άλλους κόμβους Συνδέσμου, μπορεί να περιέχει και έναν κόμβο Μέλους.

Κάθε κόμβος Μέλους δίνει πληροφορία σχετικά με διάφορα χαρακτηριστικά στοιχεία (όπως η τρισδιάστατη γεωμετρία, το χρώμα και η υφή) του μέλους το οποίο περιγράφει.

Μπορούμε, τέλος, να συμπεριλάβουμε πρόσθετους κόμβους στο αρχείο όπως τους κόμβους Οπτικής Γωνίας (Viewpoint nodes), οι οποίοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για αναπαράσταση της ανθρώπινης δομής από διαφορετικές οπτικές γωνίες.

H-Anim 2.0

Το πρότυπο H-Anim 2.0 επέκτεινε την προηγούμενη έκδοση ώστε να ορίσει ανθρώπινες δομές για το πρότυπο VRML97. Τα νέα χαρακτηριστικά τα οποία εισάγει, περιλαμβάνουν τους κόμβους Θέσης (Site Nodes) και Μετατόπισης (Displacer Nodes).

Οι κόμβοι Θέσης, ορίζουν συγκεκριμένες τοποθεσίες πάνω σε ένα μέλος και χρησιμοποιούνται κυρίως για τρεις σκοπούς. Καταρχήν, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να ορίσουν τη θέση ενός τελικού άκρου για χρήση από ένα σύστημα αντίστροφης κινηματικής. Επίσης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν σημεία «συγκράτησης» αντικειμένων (για παράδειγμα ρούχα) πάνω στην Ανθρώπινη Δομή. Τέλος, οι κόμβοι Θέσης χρησιμοποιούνται για να οριστεί η θέση αναφοράς μίας εικονικής κάμερας η οποία θα δίνει διαφορετικές οπτικές γωνίες (όπως είναι για παράδειγμα η οπτική γωνία όπου η κάμερα «βλέπει» μέσα από τα μάτια της ανθρώπινης δομής, για χρήση σε περιβάλλοντα με πολλούς χρήστες).

Οι κόμβοι Μετατόπισης (Displacer Nodes), χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη αλλαγής του σχήματος κάποιου μέλους (συνηθέστερα του προσώπου) της ανθρώπινης δομής. Ορίζουν από ποιες ακμές αποτελούνται τα διάφορα τμήματα της ανθρώπινης δομής τα οποία επιδέχονται παραμόρφωση (για παράδειγμα από ποιες ακμές αποτελείται το αριστερό φρύδι). Επιπλέον οι κόμβοι Μετατόπισης περιέχουν υποδείξεις για την κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να κινηθεί η κάθε ακμή, με μέγιστο επιτρεπτό όριο την αλλαγή της θέσης της ακμής και προς τις τρεις διαστάσεις ταυτόχρονα. Μία εφαρμογή μπορεί να επιβάλλει ομοιόμορφη κλίμακα (scale uniformly) σε αυτές τις αλλαγές θέσης πριν τις εφαρμόσει στους αντίστοιχους κόμβους. Για παράδειγμα, αυτή η ιδιότητα χρησιμοποιείται για την υλοποίηση των

Παραμέτρων Ορισμού και Εμφύχωσης Προσώπου (Facial Definition and Animation Parameters - FDP/FAP), του προτύπου MPEG-4.

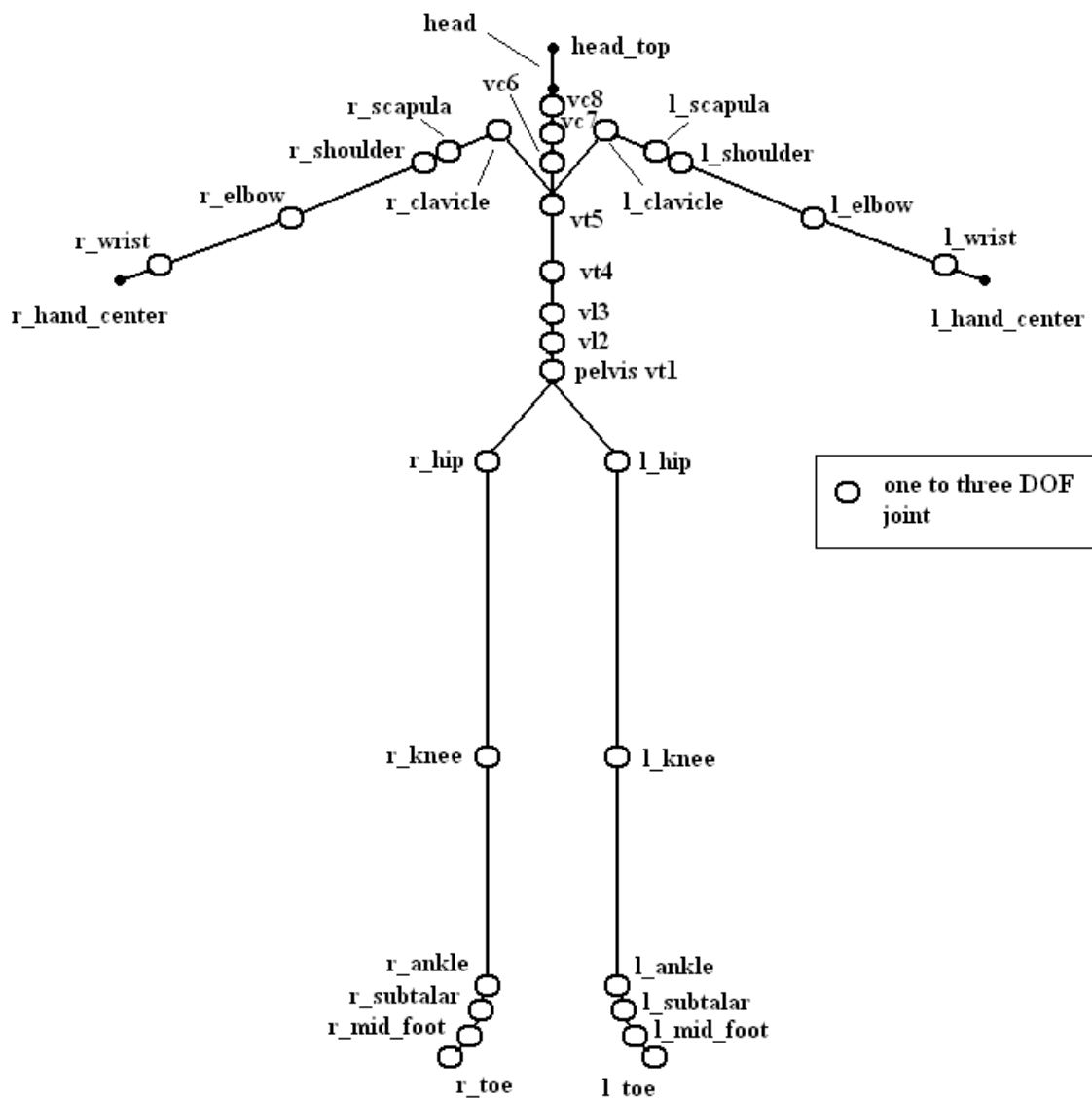
H-Anim 2001

Το πρότυπο, τέλος, H-Anim 2001 δεν εισάγει κάποια σημαντική αλλαγή, όπως για παράδειγμα νέους κόμβους, αλλά παρέχει καλύτερη υποστήριξη σε μηχανές αλλαγής σχήματος και εργαλεία σχεδιασμού κίνησης. Επιπλέον παρέχονται νέες ιδιότητες στους κόμβους Ανθρώπινης Δομής και Συνδέσμων ώστε να υποστηριχθεί η λειτουργία των συνεχών ανθρωποειδών πλέγματος και χρησιμοποιείται μία γενική μη εξαρτώμενη από τα συμφοραζόμενα γραμματική για την περιγραφή του προτύπου (σε αντίθεση με την αυστηρή χρήση του προτύπου VRML97 το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την περιγραφή των δύο προγενέστερων προτύπων). Πιο συγκεκριμένα, μέσω του πεδίου Σκελετού (Skeleton field) του κόμβου Ανθρώπινης Δομής, μπορεί πλέον να οριστεί μία ιεραρχία των οστών. Στη συνέχεια, μία H-Anim ανθρώπινη δομή μπορεί να οριστεί σαν ένα ενιαίο γεωμετρικό τμήμα, μέσα στο πεδίο Επιδερμίδας (Skin field) του κόμβου Ανθρώπινης Δομής, αντί για τα πολλά διαφορετικά τμήματα (σε αντιστοιχία με τα ανθρώπινα μέλη) των προηγούμενων εκδόσεων.

Δομή του Ανθρώπινου Σώματος σύμφωνα με το πρότυπο H-Anim

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από μέλη (όπως ο μηρός, η κνήμη και το πέλμα) τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με αρθρώσεις (όπως είναι το γόνατο και ο αστράγαλος). Το H-Anim ορίζει επακριβώς αυτές τις αρθρώσεις, που στο εξής θα αποκαλούμε συνδέσμους ώστε το ανθρώπινο σώμα να μπορεί να περιγραφεί με δομημένο και προτυποποιημένο τρόπο. Ορίζεται έτσι το Ανθρώπινο Μοντέλο Συνδέσμων του H-Anim στο οποίο όλοι οι σύνδεσμοι ενώνονται σε μία ιεραρχική δένδροειδή δομή. Το σχήμα 3 δείχνει ένα Ανθρώπινο Μοντέλο 30 συνδέσμων το οποίο συνήθως χρησιμοποιείται για τη σύνθεση ανθρώπινων κινήσεων.

Τα ονόματα, τέλος των συνδέσμων τα οποία ορίζει το πρότυπο για τη μοντελοποίηση του σώματος, των χεριών και του προσώπου παρατίθενται σε παράρτημα στο τέλος της μελέτης.



Σχήμα 3: Το ιεραρχικό δένδρο του Ανθρώπινου Μοντέλου Συνδέσμων του προτύπου H - Anim.

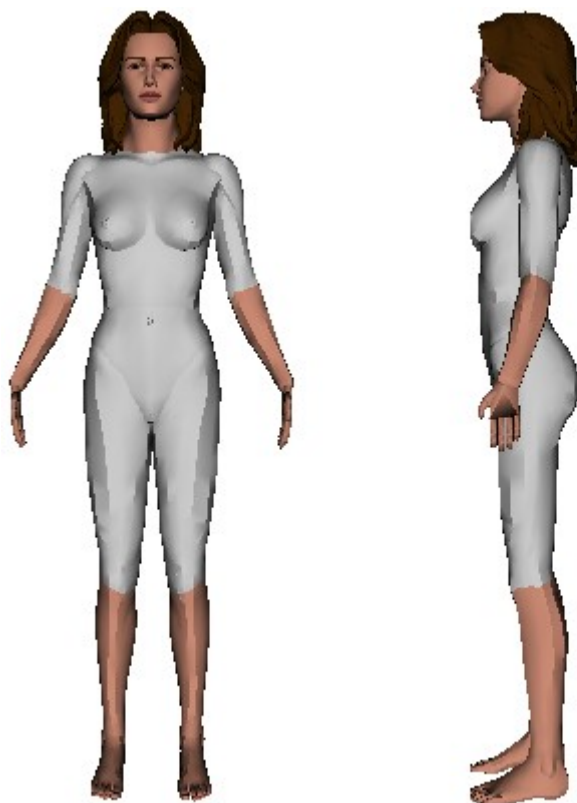
Μοντελοποίηση Ανθρώπινων Δομών κατά το πρότυπο H-Anim

Το πρότυπο H-Anim, ορίζει με σαφήνεια τον τρόπο με τον οποίο μοντελοποιούνται οι ανθρώπινες δομές, ώστε οι κινήσεις οι οποίες σχεδιάζονται για μία φιγούρα να μπορούν να χρησιμοποιηθούν και από μία άλλη, αρκεί και οι δύο να είναι συμβατές με το πρότυπο. Για να εξασφαλίσει την παραπάνω επιθυμητή ομοιογένεια, το πρότυπο θέτει κάποιους περιορισμούς οι οποίοι αφορούν την αρχική κατάσταση του μοντέλου προτού εφαρμοστεί σε αυτό κάποια κίνηση.

Στη συνέχεια περιγράφουμε την αρχική κατάσταση μίας ανθρώπινης δομής η οποία είναι σύμφωνη με το H-Anim. Η δομή πρέπει να βρίσκεται σε όρθια θέση,

κοιτώντας τον άξονα Z. Η κατακόρυφος της είναι ο άξονας Y ενώ ο άξονας X είναι κάθετος στους δύο προηγούμενους. Το σημείο (0,0,0) των αξόνων βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους ανάμεσα στα πέλματα της δομής. Τα πέλματα ακουμπούν στο έδαφος ξεχωριστά το ένα από το άλλο σε τόση απόσταση όση περίπου και το μήκος της λεκάνης. Τα χέρια βρίσκονται σε ευθεία γραμμή και είναι παράλληλα με το πλαϊνό τμήμα του σώματος, με τις παλάμες να έχουν φορά προς το εσωτερικό.

Η ανθρώπινη δομή μοντελοποιείται λαμβάνοντας υπόψη τα πραγματικά ανθρώπινα μεγέθη. Όλες οι διαστάσεις είναι σε μέτρα. Μία τέτοια τυπική δομή, έχει ύψος περίπου ίσο με 1.75. Το σχήμα 4, δείχνει μία ανθρώπινη δομή συμβατή με το πρότυπο H-Anim, στην κατάσταση ηρεμίας. Σε αυτή τη θέση, όλες οι γωνίες μεταξύ των συνδέσμων είναι ίσες με το μηδέν.



Σχήμα 4 : Ανθρώπινη δομή, συμβατή με το πρότυπο H-Anim, στην κατάσταση ηρεμίας.

Σε αυτό το τμήμα της μελέτης μας, είδαμε πως το πρότυπο H-Anim ορίζει με σαφήνεια τόσο τα ονόματα των συνδέσμων του ανθρωπίνου σώματος, όσο και τη μοντελοποίησή τους. Οι ορισμοί αυτοί, παρέχουν ένα ενιαίο πλαίσιο μέσα στο οποίο μπορούν να κινηθούν οι προγραμματιστές της εμψύχωσης των κινούμενων χαρακτήρων ώστε οι κινήσεις τις οποίες δημιουργούν για μία ανθρώπινη δομή να μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν από μία άλλη, αρκεί και οι δύο να ακολουθούν

τις υποδείξεις του προτύπου. Στη συνέχεια της μελέτης μας, θα αναφερθούμε στις βασικές τεχνικές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε για τη δημιουργία κινήσεων ενός ανθρώπινου μοντέλου συμβατού με το H-Anim.

2.2 Βασικοί Όροι

Πριν την ανάλυση των διάφορων τεχνικών σύνθεσης ανθρώπινων κινήσεων, θεωρούμε σκόπιμη την επεξήγηση κάποιων βασικών όρων τους οποίους θα συναντήσουμε. Οι όροι αυτοί είναι εξειδικευμένοι για τον τομέα της κίνησης ανθρωπίνων μορφών. Επιπλέον, εφόσον πολλά αποτελέσματα της ρομποτικής έχουν αποδειχτεί ιδιαίτερα χρήσιμα σε αυτό το πεδίο έρευνας, έχουμε επίσης συμπεριλάβει και κάποιους όρους της ρομποτικής.

Αρθρωτές μορφές (articulate structures)

Μία αρθρωτή μορφή είναι μία κατασκευή η οποία αποτελείται από μία σειρά άκαμπτων μελών τα οποία ενώνονται με συνδέσμους (joints). Παρόλο που υπάρχουν και άλλα είδη συνδέσμων στη ρομποτική, η εμψύχωση μέσω υπολογιστή συνήθως περιορίζεται σε περιστροφικούς συνδέσμους.

Βαθμοί ελευθερίας-BE (Degrees of freedom – DOF)

Ο αριθμός των βαθμών ελευθερίας μίας δομής ανθρωπίνου σώματος είναι ο αριθμός των ανεξάρτητων μεταβλητών θέσης οι οποίες είναι απαραίτητες για να οριστεί η κατάσταση της κατασκευής.

Τελικό άκρο (end effector)

Οι περισσότεροι βιομηχανικοί χειριστές αποτελούνται από τις λεγόμενες ανοιχτές αλυσίδες (open chains) και η ελεύθερη άκρη μία τέτοιας αλυσίδας μελών ονομάζεται τελικό άκρο.

2.3 Βασικές μέθοδοι Σύνθεσης Ανθρωπίνων Κινήσεων

Οι βασικές προσεγγίσεις οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση ανθρωπίνων κινήσεων μέσω υπολογιστή περιλαμβάνουν την τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ, τις διαδικαστικές μεθόδους και την τεχνική καταγραφής κίνησης μέσω βίντεο. Καμία από αυτές τις τεχνικές δεν υπερέχει έναντι των άλλων

απόλυτα, για αυτό και συνήθως χρησιμοποιείται ένας υβριδικός συνδυασμός κάποιων από αυτές.

2.3.1 Τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ (Keyframing)

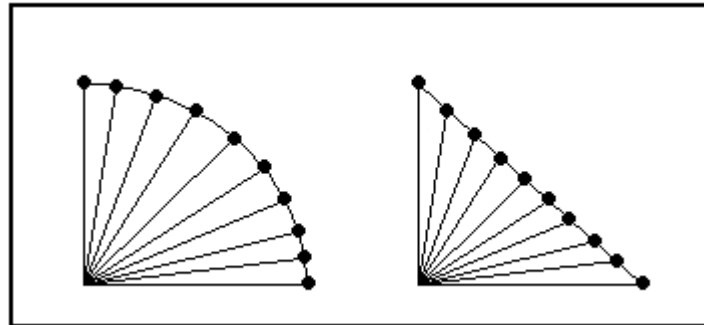
Η τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ είναι ο πιο απλός τρόπος για να αναπαραστήσουμε την κίνηση ενός αντικειμένου. Βασίζεται στην παρατήρηση ότι κάθε κινούμενο αντικείμενο έχει μία αρχική κατάσταση η οποία με το πέρασμα του χρόνου αλλάζει (ως προς τη θέση, τη μορφή και άλλες παραμέτρους) για να φθάσουμε έτσι στην τελική κατάσταση του αντικειμένου. Η τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ, υποθέτει ότι είναι απαραίτητο να δείξουμε μόνο κάποια καρέ τα οποία περιγράφουν τις βασικές μετατροπές που υφίσταται το αντικείμενο με την κίνηση. Όλες οι ενδιάμεσες θέσεις μεταξύ αυτών των χαρακτηριστικών καρέ, μπορούν να εξαχθούν από αυτά.

Τα χαρακτηριστικά καρέ είναι επιλεγμένα καρέ της κίνησης. Η ειδική ικανότητα των χαρακτηριστικών καρέ, είναι ότι μπορούν να αναπαραστήσουν πειστικά τις κινήσεις του αντικειμένου για το οποίο σχεδιάστηκαν. Αποτελούν τα σημεία ελέγχου που ο σχεδιαστής θέτει κατά τη διάρκεια της κίνησης και πρόκειται με άλλα λόγια για τα πιο σημαντικά καρέ της κίνησης.

Μόνο ωστόσο η επιλογή και ο σχεδιασμός των χαρακτηριστικών καρέ δεν αρκούν για τη δημιουργία ομαλής και πειστικής κίνησης. Σημαντικό ρόλο παίζει και η δημιουργία των ενδιάμεσων καρέ, μία τεχνική η οποία ονομάζεται παρεμβολή (interpolation). Στην εμψύχωση, η παρεμβολή είναι η διαδικασία η οποία χρησιμοποιείται για να υπολογίσουμε τις παραμέτρους των καρέ μεταξύ δύο διαδοχικών χαρακτηριστικών καρέ. Στα υπολογιστικά συστήματα, όπου τα ενδιάμεσα καρέ παράγονται αυτόματα, η τεχνική της παρεμβολής αποτέλεσε ένα από τα πρώτα εργαλεία εμψύχωσης μέσω υπολογιστή τα οποία αναπτύχθηκαν. Αυτή η τεχνική γρήγορα γενικοποιήθηκε ώστε να επιτρέψει την παρεμβολή κάθε άλλης παραμέτρου η οποία μπορούσε να αφορά την κίνηση, δίνοντας έτσι τη δυνατότητα ενός υψηλότερου επιπέδου ελέγχου, υψηλότερου από κάθε άλλη παραδοσιακή μέθοδο χαρακτηριστικών καρέ.

Η τεχνική της παρεμβολής εξαρτάται σημαντικά από το είδος των παραμέτρων τις οποίες χρησιμοποιεί για να παράγει τα ενδιάμεσα καρέ. Λάθος επιλογή αυτών των παραμέτρων μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα κίνηση κατώτερης ποιότητας. Στο σχήμα 5 φαίνεται μία τέτοια περίπτωση. Η κίνηση είναι η απλή

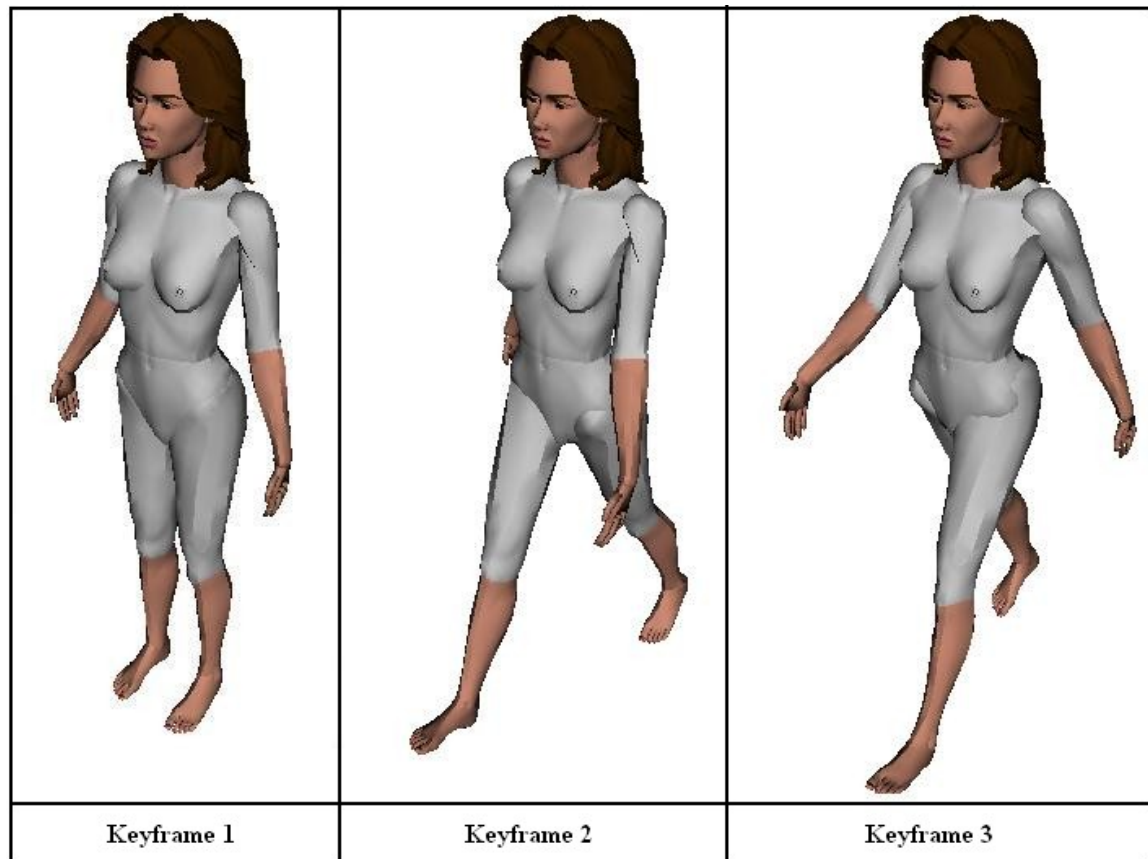
περιστροφή μίας γραμμής σε ένα τεταρτημόριο. Το διάγραμμα στα αριστερά παράγει ενδιάμεσα καρέ με παράμετρο της παρεμβολής τη γωνία περιστροφής, ενώ αυτό στα δεξιά μιμείται την παραδοσιακή δυσδιάστατη αναπαράσταση χαρακτηριστικών καρέ, με παράμετρο αυτή τη φορά τα άκρα της περιστροφής. Προφανώς σε αυτή την περίπτωση η γωνία της περιστροφής είναι αυτή η οποία θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως παράμετρος της παρεμβολής.



Σχήμα 5 : Εφαρμογή της μεθόδου της παρεμβολής

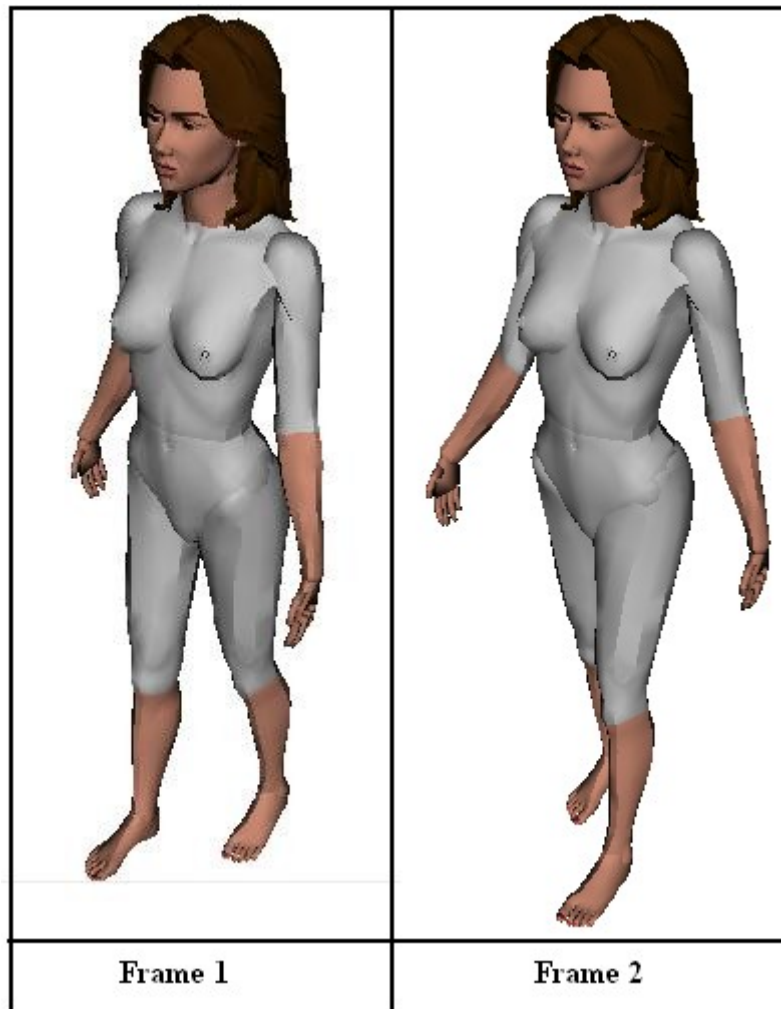
2.3.1.1 Παράδειγμα χρήσης της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ

Στη συνέχεια δίνουμε ένα παράδειγμα δημιουργίας κίνησης με τη μέθοδο των χαρακτηριστικών καρέ. Εδώ, η κίνηση την οποία μελετάμε είναι το βάδισμα. Τα χαρακτηριστικά καρέ τα οποία επιλέγουμε να σχεδιάσουμε είναι τα τρία βασικά καρέ τα οποία αναπαριστούν την κίνηση και τα οποία απεικονίζονται στο σχήμα 6.



Σχήμα 6 : Χρήση της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ – Βασικά καρέ

Όλα τα ενδιάμεσα καρέ δημιουργούνται με χρήση της τεχνικής της παρεμβολής . Δύο από τα ενδιάμεσα καρέ παρουσιάζονται στο σχήμα 7. Το πρώτο καρέ αποτελεί ενδιάμεσο των keyframes 1 και 2, ενώ το δεύτερο, αποτελεί ενδιάμεσο των keyframes 2 και 3.



Σχήμα 7 : Παράδειγμα εφαρμογής της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρτέ – Ενδιάμεσα καρτέ

2.3.1.2 Χρήση της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρτέ σε κινήσεις χεριών

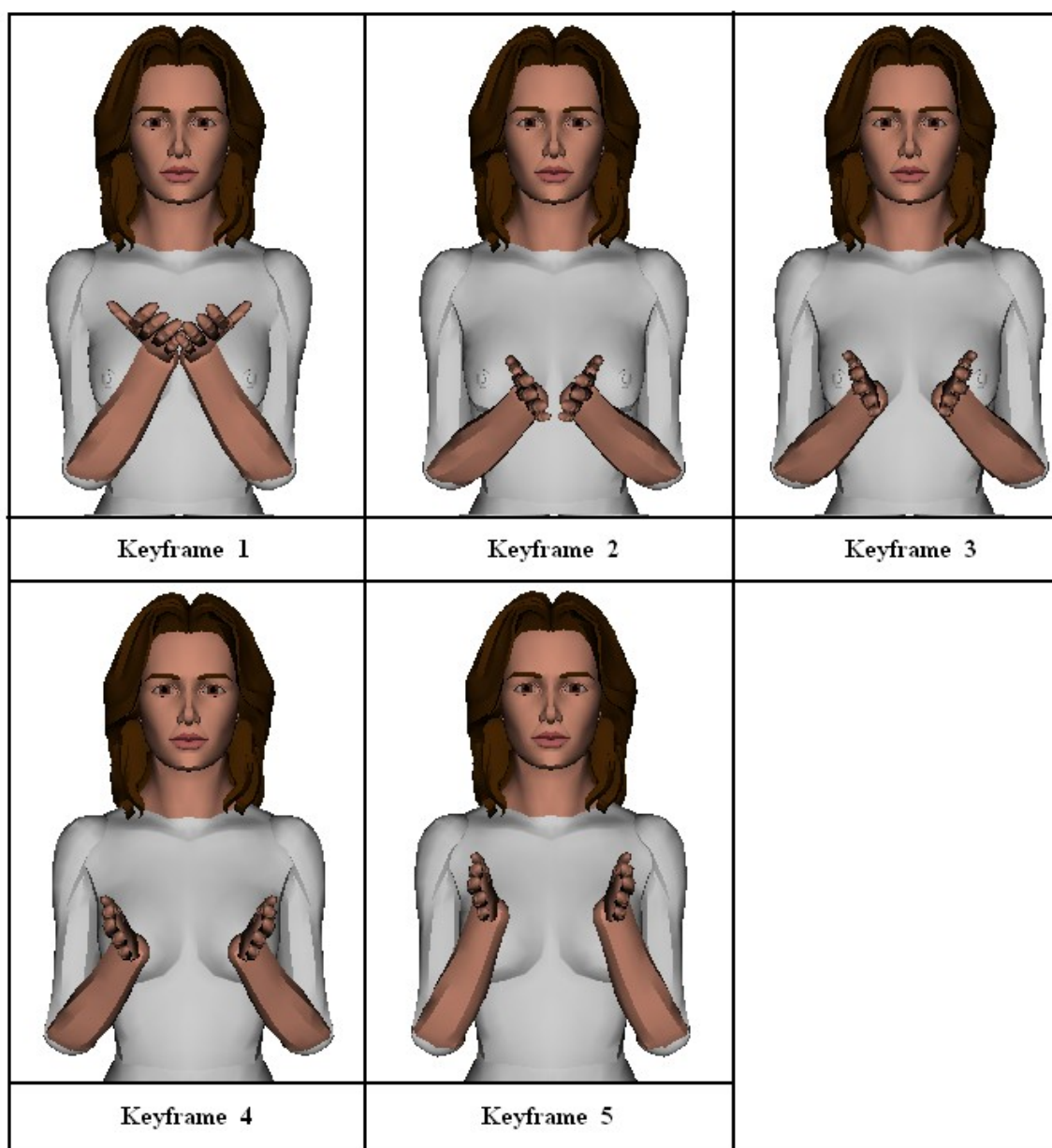
Σε αυτή τη μελέτη εφαρμόσαμε στην πράξη την τεχνική των χαρακτηριστικών καρτέ για να αναπαραστήσουμε τις λέξεις της νοηματικής γλώσσας τις οποίες θέλαμε να υλοποιήσουμε. Τα νοήματα-λέξεις προς μοντελοποίηση αποτελούνται τόσο από στατικές όσο και από δυναμικές κινήσεις των χεριών. Οι κινήσεις αυτές οφείλουν να είναι ομαλές, μεταβαλλόμενης ταχύτητας ανάλογα με τη λέξη και να εκτελούνται σε ορισμένο χρόνο.

Για αυτό το λόγο, ορίζουμε για κάθε νόημα , μία ομάδα από χειρομορφές οι οποίες αποτελούν τα χαρακτηριστικά καρτέ της κίνησης. Η τεχνική την οποία χρησιμοποιούμε για να ορίσουμε τις ενδιάμεσες θέσεις της κίνησης (τα ενδιάμεσα καρτέ) είναι αυτή της παρεμβολής όπως αυτή αναλύθηκε στα προηγούμενα. Ο

χρήστης μπορεί να επιλέξει την ταχύτητα με την οποία θα γίνεται η μετάβαση από το ένα χαρακτηριστικό καρέ στο άλλο, ορίζοντας έτσι την ταχύτητα της κίνησης

Όταν χρησιμοποιούμε επιλεγμένες χειρομορφές σαν χαρακτηριστικά καρέ, πολλές φορές είναι απαραίτητη η χρήση μόνο της αρχικής και της τελικής χειρομορφής. Ωστόσο, για τον ορισμό πιο περίπλοκων νοημάτων, είναι απαραίτητο να συμπεριλάβουμε περισσότερες χειρομορφές ώστε να πετύχουμε μία ελεγχόμενη και ολοκληρωμένη αναπαράσταση του νοήματος.

Στο επόμενο σχήμα βλέπουμε την αναπαράσταση μίας λέξης («φωλιά») με χρήση της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ. Η πολυπλοκότητα του νοήματος δεν επιτρέπει να χρησιμοποιήσουμε μόνο την αρχική και την τελική χειρομορφή για αυτό τα χαρακτηριστικά καρέ τα οποία ορίζουμε είναι περισσότερα. Η αναπαράσταση ολόκληρης της κίνησης, γίνεται με τη χρήση παρεμβολής, οπότε και προκύπτει το τελικό νόημα-λέξη.



Σχήμα 8 : Αναπαράσταση της λέξης «φωλιά» με χρήση των χαρακτηριστικών καρτέ

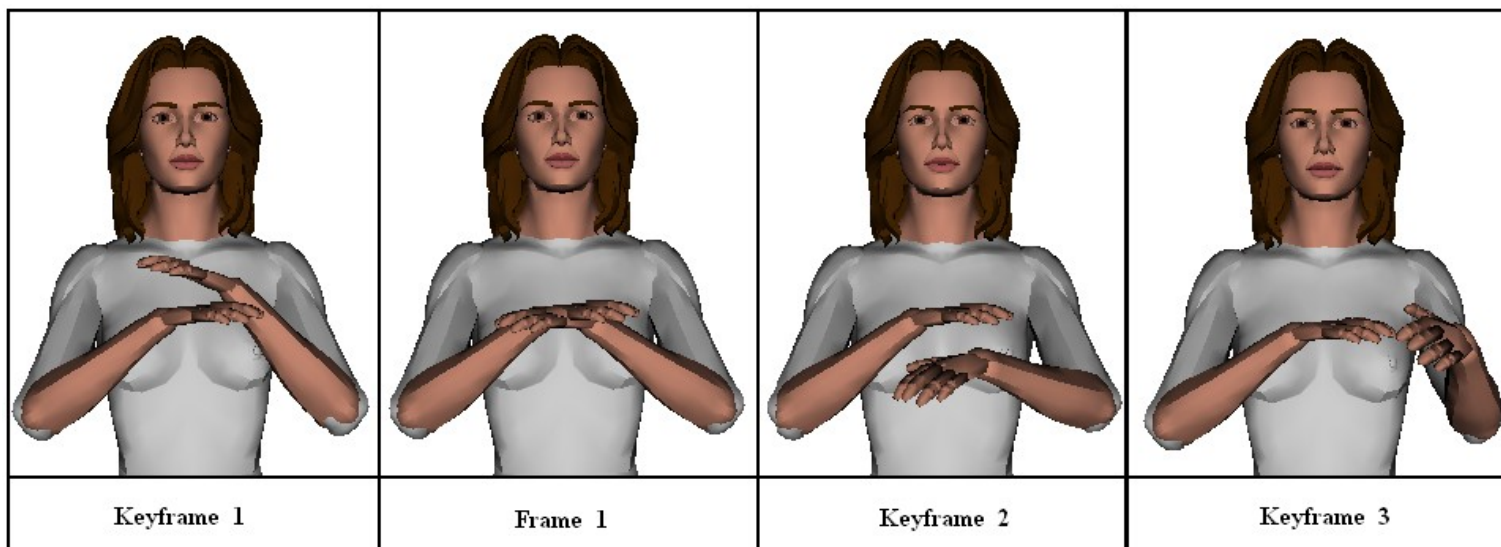
2.3.1.3 Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα χρήσης της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ

Η τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ δίνει στο σχεδιαστή πλήρη έλεγχο της κίνησης αφού είναι αυτός ο οποίος καθορίζει επακριβώς τη διαδρομή που θα ακολουθηθεί, επιλέγοντας ένα σύνολο από χαρακτηριστικά καρέ. Επιπλέον, ο σχεδιαστής χρειάζεται να δημιουργήσει μόνο κάποια καρέ της κίνησης και όχι το σύνολό τους, κάτι το οποίο αυτόματα μειώνει το υπολογιστικό κόστος.

Ωστόσο η προσέγγιση της κίνησης με την τεχνική αυτή έχει συγκεκριμένα μειονεκτήματα. Καταρχήν είναι κατάλληλη για απλές κινήσεις μη παραμορφώσιμων σωμάτων. Επιπλέον η δημιουργία ρεαλιστικής κίνησης χρησιμοποιώντας τη μέθοδο των χαρακτηριστικών καρέ απαιτεί πολλή περισσότερη προσπάθεια από την πλευρά του σχεδιαστή, συγκρινόμενη με άλλες μεθόδους δημιουργίας κίνησης. Επίσης, αν ο αριθμός των χαρακτηριστικών καρέ που θα επιλεγεί είναι μικρός, τότε το αποτέλεσμα δεν είναι το αναμενόμενο και η κίνηση δεν είναι πειστική. Υπάρχει ακόμη η περίπτωση, σε κάποιο σημείο της κίνησης τα ενδιάμεσα καρέ (τα οποία δημιουργούνται με χρήση της μεθόδου παρεμβολής από τον υπολογιστή) να μην είναι τα αναμενόμενα, με αποτέλεσμα η τελική κίνηση να έχει ασυνέχειες και προβλήματα. Αυτό το πρόβλημα επιλύεται αν στο σημείο που δημιουργείται το ενδιάμεσο καρέ το οποίο προκαλεί το πρόβλημα, προσθέσουμε ένα ακόμη χαρακτηριστικό καρέ, ώστε να υποδείξουμε στο μηχανισμό δημιουργίας της παρεμβολής την ακριβή κίνηση που επιθυμούμε. Πρέπει επομένως, να δίνεται συνεχώς από την πλευρά του σχεδιαστή ιδιαίτερη σημασία ώστε να εξασφαλίσουμε ότι δεν θα εισαχθούν ανεπιθύμητες διαδρομές κινήσεων ασυναίσθητα από το μηχανισμό δημιουργίας των παρεμβαλλόμενων κινήσεων.

Κατά τη διάρκεια της αναπαράστασης λέξεων της νοηματικής γλώσσας με τη μέθοδο των χαρακτηριστικών καρέ, αντιμετωπίσαμε όλα τα παραπάνω προβλήματα καθώς και κάποια ακόμη πιο εξειδικευμένα. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι σε περιπτώσεις όπως αυτή της μελέτης μας (όπου ακόμη και μία μικρή παραλλαγή στο νόημα μπορεί να σημαίνει διαφορετική λέξη), η δημιουργία επακριβώς καθορισμένης αλλά παράλληλα ρεαλιστικής κίνησης ήταν το πλέον ζητούμενο. Διαπιστώσαμε ότι η διαδικασία της παρεμβολής δεν εγγυάται την παραγωγή κινήσεων οι οποίες να είναι πάντα δυνατές. Αυτό συμβαίνει γιατί συγκεκριμένες περιοχές του χώρου παραμέτρων (ο οποίος περιέχει όλες τις δυνατές κινήσεις) μπορεί να μην αντιπροσωπεύουν

έγκυρες κινήσεις. Όπου κρινόταν απαραίτητο, αυτές οι περιοχές αναγνωρίζονταν ώστε να αποφευχθούν κατά τη διάρκεια της τελικής κίνησης. Γενικά, η παρεμβολή μεταξύ σημείων τα οποία βρίσκονται κοντά στο χώρο παραμέτρων είναι λιγότερο πιθανό να παράγει ανεπιθύμητα αποτελέσματα. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια δημιουργίας της κίνησης, προσοχή θα πρέπει να δοθεί εκτός από την σωστή επιλογή των χαρακτηριστικών καρέ και στο να μην δημιουργούνται συγκρούσεις μεταξύ των άκρων του εικονικού χαρακτήρα ώστε η τελική κίνηση να είναι πειστική. Στο σχήμα 9 φαίνονται δύο χαρακτηριστικά καρέ μίας κίνησης (Keyframe 1 και 2) και το ενδιάμεσο καρέ αυτών (Frame 1), το οποίο δημιουργήθηκε από το μηχανισμό δημιουργίας παρεμβολής. Σύμφωνα με την επιθυμητή πορεία της κίνησης, το αριστερό χέρι ξεκινά από το χαρακτηριστικό καρέ 1 και καταλήγει στο χαρακτηριστικό καρέ 2 εκτελώντας μία ημικυκλική κίνηση γύρω από το δεξί χέρι το οποίο παραμένει ακίνητο. Όπως βλέπουμε, όμως ο μηχανισμός δημιουργίας των ενδιάμεσων καρέ (μηχανισμός παρεμβολής) δεν εκτελεί αυτόματα την ημικυκλική κίνηση, αλλά δημιουργεί μία άλλη όπου το αριστερό χέρι κινείται προς το χαρακτηριστικό καρέ 2 εκτελώντας μία ευθεία κίνηση. Το ενδιάμεσο καρέ 1 όπως βλέπουμε δεν αναπαριστά εφικτή κίνηση, αφού υπάρχει σύγκρουση μεταξύ δύο άκρων (εδώ των χεριών). Για να λυθεί αυτό το πρόβλημα θα έπρεπε να βάλουμε άλλο ένα χαρακτηριστικό καρέ (Keyframe 3) το οποίο να καθορίζει ακριβώς την επιθυμητή κίνηση.



Σχήμα 9 : Παράδειγμα λειτουργίας του μηχανισμού παρεμβολής

Παρόλα τα μειονεκτήματα τα οποία παρουσιάζει, η τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ χρησιμοποιείται ευρύτατα σε συνδυασμό με τη μέθοδο της παρεμβολής και αυτό γιατί δίνει το μέγιστο έλεγχο πάνω στην κίνηση με μικρό υπολογιστικό κόστος, παραμένοντας έτσι βασικό στοιχείο των περισσότερων συστημάτων εμψύχωσης.

2.3.2 Διαδικαστικές Μέθοδοι(Procedural methods)

Όπως είδαμε, ένα μειονέκτημα της τεχνικής των χαρακτηριστικών καρέ είναι το γεγονός ότι απαιτεί μεγάλο και συχνά μηχανικό όγκο εργασίας από την πλευρά του σχεδιαστή κάτι το οποίο οι τεχνικές διαδικαστικής εμψύχωσης καταφέρνουν να μειώσουν. Οι διαδικαστικές μέθοδοι περιγράφουν με ακρίβεια τον τρόπο με τον οποίο δημιουργούνται οι κινήσεις και στη συνέχεια χρησιμοποιούν υπολογιστικές μεθόδους για να μετατρέψουν τις αλλαγές παραμέτρων υψηλού επιπέδου σε παραμέτρους χαμηλού επιπέδου. Έτσι, οι διαδικαστικές μέθοδοι έχουν ένα μικρό αριθμό παραμέτρων υψηλού επιπέδου οι οποίες μπορούν να μεταβληθούν για να παραχθεί η επιθυμητή κίνηση.

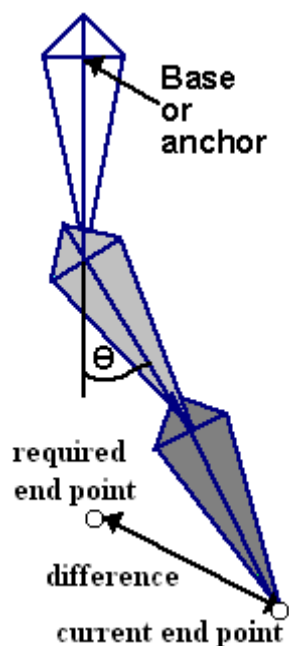
Οι διαδικαστικές μέθοδοι διαιρούνται σε τρία τμήματα: την κινηματική, τη δυναμική εξομοίωση (dynamic simulation) και τη μέθοδο περιορισμού του χωροχρόνου.

2.3.2.1 Κινηματική (Kinematics)

Με τον όρο κινηματική, εννοούμε τη μελέτη της κίνησης ανεξάρτητα από τις δυνάμεις οι οποίες τη δημιούργησαν. Από αυτή την άποψη, η κινηματική περιλαμβάνει τη θέση, την ταχύτητα και την επιτάχυνση, και για την ακρίβεια, όλες τις γεωμετρικές και σχετιζόμενες με το χρόνο ιδιότητες της κίνησης. Η ίδια η τεχνική της κινηματικής υποδιαιρείται σε δύο μεθόδους, αυτή της ευθείας και της αντίστροφης κινηματικής.

Ευθεία Κινηματική (Forward kinematics)

Η ευθεία κινηματική είναι μία μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται στην εμπύχωση μέσω υπολογιστή για το σχεδιασμό της κίνησης ενός αντικειμένου. Η βασική ιδέα πίσω από τη χρήση της μεθόδου της ευθείας κινηματικής, είναι ότι οι θέσεις συγκεκριμένων μελών του αντικειμένου σε κάθε χρονική στιγμή, υπολογίζονται από τη θέση και τον προσανατολισμό του κάθε μέλους καθώς και από τις παραμέτρους θέσης και προσανατολισμού των συνδέσμων μεταξύ των μελών. Για παράδειγμα, στο σχήμα 10 βλέπουμε μία απλή κατασκευή η οποία αποτελείται από τρία μέλη, ένα από τα οποία παραμένει σταθερό (Βάση-Base ή αλλιώς Αγκυρα-Anchor). Αρχίζουμε την κίνηση με τους συνδέσμους σε τυχαία θέση και στη συνέχεια τους μετακινούμε με τη σειρά έτσι ώστε με κάθε διαδοχική κίνηση, το τελικό άκρο έρχεται πιο κοντά στο στόχο. Ξεκινώντας από το σύνδεσμο ο οποίος βρίσκεται πιο κοντά στο τελικό σημείο της κίνησης, τον περιστρέφουμε έτσι ώστε το τωρινό τελικό σημείο να έρθει πιο κοντά στο επιθυμητό τελικό σημείο. Στη συνέχεια και κατευθυνόμενοι προς τη βάση, κάνουμε το ίδιο με όλους τους επόμενους συνδέσμους, έως ότου η ίδια η βάση περιστραφεί. Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε τα πιο πάνω βήματα μέχρι να φτάσουμε στο τελικό σημείο. Η διαδοχή όλων των παραπάνω θέσεων, δίνει την κίνηση της κατασκευής.



Σχήμα 10: Ευθεία Κινηματική

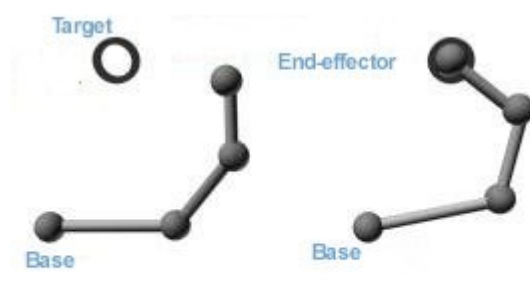
Η κίνηση των τελικών άκρων (για την περίπτωση της φηγούρας τα χέρια και τα πόδια) ορίζεται έμμεσα σαν η συσσώρευση όλων των μετασχηματισμών οι οποίοι οδηγούν στο τελικό άκρο καθώς «κατεβαίνουμε» κατά μήκος του δένδρου της κατασκευής. Το διάγραμμα του δέντρου κατασκευής ενός ανθρώπινου σκελετού απεικονίζεται στο σχήμα 3. Παρατηρούμε ότι η φυσική σύνδεση των ανθρώπινων οστών μοντελοποιείται εδώ με συνδέσμους κάνοντας έτσι ευκολότερη την εμψύχωση του σκελετού. Βλέπουμε επίσης, ότι οι σύνδεσμοι στο σώμα του σκελετού απεικονίζονται σαν κόμβοι ενός δέντρου. Υπάρχει ιεραρχική σύνδεση μεταξύ των κόμβων (σύνδεση πατέρα-παιδιού), δηλαδή, με άλλα λόγια ο μετασχηματισμός της θέσης κάθε κόμβου επηρεάζει και τη θέση των παιδιών του. Ο μετασχηματισμός της θέσης του κόμβου-ρίζα, επηρεάζει τη θέση όλων των υπόλοιπων κόμβων. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα μπορούμε επίσης να παρατηρήσουμε τις θέσεις όλων των συνδέσμων τις οποίες μπορεί να μεταβάλλει ο σχεδιαστής για να επιτύχει την επιθυμητή θέση των μελών του σκελετού.

Η μέθοδος επομένως, της ευθείας κινηματικής, συνίσταται στον καθορισμό από την πλευρά του σχεδιαστή των γωνιών των συνδέσμων και στην απόδοση συγκεκριμένων τιμών στους βαθμούς ελευθερίας της κατασκευής.

Για παράδειγμα, αν το αντικείμενο του οποίου την κίνηση θέλουμε να σχεδιάσουμε είναι το χέρι με τον ώμο να παραμένει σταθερός σε μία ορισμένη θέση, τότε η θέση της άκρης του αντίχειρα μπορεί να υπολογιστεί αν ορίσουμε τις γωνίες των συνδέσμων του ώμου, του αγκώνα, του καρπού, του αντίχειρα και των συνδέσμων του αντίχειρα. Τρεις από αυτούς τους συνδέσμους (του ώμου, του καρπού και της βάσης του αντίχειρα) έχουν περισσότερους από έναν βαθμούς ελευθερίας και πρέπει να τους λάβουμε όλους υπόψη στον καθορισμό της γωνίας. Αν το μοντέλο του οποίου την κίνηση θέλαμε να σχεδιάσουμε ήταν ολόκληρο το ανθρώπινο σώμα, τότε στις παραμέτρους προς υπολογισμό θα έπρεπε να συμπεριλάβουμε και τη θέση του ώμου, κάτι που στο πιο πάνω παράδειγμα θεωρήσαμε δεδομένο.

Αντίστροφη κινηματική (Inverse Kinematics)

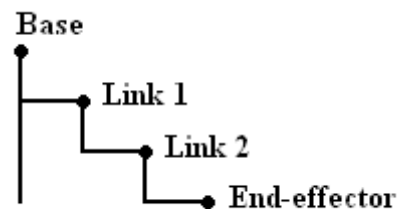
Με τον όρο αντίστροφη κινηματική ονομάζουμε μία διαδικασία προσδιορισμού της κίνησης των συνδεδεμένων μελών μίας κατασκευής. Η μέθοδος της αντίστροφης κινηματικής, δοθέντος ενός τελικού σημείου, υπολογίζει τις γωνίες μεταξύ των μελών της κατασκευής ώστε το τελικό άκρο αυτής να φθάσει στο τελικό σημείο. Η αντίστροφη κινηματική, επομένως, βασίζεται σε μία προσέγγιση αντίστροφη από αυτή της ευθείας κινηματικής. Ενώ στη μέθοδο της ευθείας κινηματικής ο σχεδιαστής ορίζει τις γωνίες των συνδέσμων και η μέθοδος υπολογίζει τη θέση της κατασκευής, στη μέθοδο της αντίστροφης κινηματικής, ο σχεδιαστής ορίζει τη θέση της κατασκευής (ορίζοντας τη θέση του τελικού της άκρου) και η μέθοδος υπολογίζει τις γωνίες μεταξύ των συνδέσμων. Ένα παράδειγμα χρήσης της μεθόδου φαίνεται στο σχήμα 11. Σε αυτό το σχήμα, παρατηρούμε μία κινηματική αλυσίδα, η οποία αποτελείται από τρία μέλη και τέσσερις συνδέσμους (σύνδεσμος-βάση, σύνδεσμος-τελικό άκρο και δύο σύνδεσμοι μεταξύ των μελών). Η βάση παραμένει σταθερή και μετακινούμε το τελικό άκρο (end-effector). Επίσης, βλέπουμε το αρχικό σημείο στο οποίο βρίσκεται το τελικό άκρο καθώς και το σημείο-στόχο(target spot) στο οποίο επιθυμούμε να μετακινηθεί. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της αντίστροφης κινηματικής, μετακινούμε το τελικό άκρο ώστε αυτό να φθάσει στο σημείο-στόχο. Οι γωνίες των υπόλοιπων συνδέσμων υπολογίζονται αυτόματα.



Σχήμα 11 Αντίστροφη Κινηματική

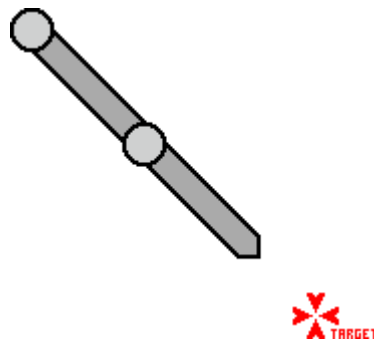
Η ιεραρχία των συνδέσμων της κατασκευής του πιο πάνω σχήματος φαίνεται στο σχήμα 12 (δέντρο συνδέσμων της κατασκευής). Παρατηρούμε, ότι με χρήση της

μεθόδου αντίστροφης κινηματικής, αρκεί να υποδείξουμε στον κατώτερο κόμβο του δένδρου (δηλαδή στον κατώτερο σύνδεσμο της ιεραρχίας συνδέσμων) την τελική του θέση και αυτόματα όλοι οι σύνδεσμοι (κόμβοι) πάνω από αυτόν περιστρέφονται μεταβάλλοντας τη θέση τους όσο χρειαστεί.



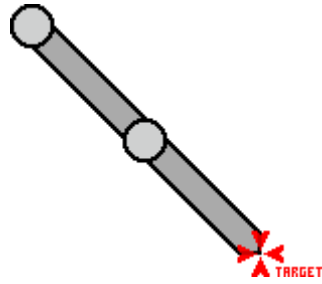
Σχήμα 12: Ιεραρχία Συνδέσμων κατασκευής αντίστροφης κινηματικής

Σε πολλές περιπτώσεις είναι αδύνατο για την κατασκευή να φθάσει στο επιθυμητό σημείο που έχουμε ορίσει. Για παράδειγμα, μία φιγούρα η οποία μοντελοποιεί το ανθρώπινο σώμα, δεν μπορεί να ακουμπήσει το σύνδεσμο του αγκώνα με το χέρι της. Η περίπτωση μη ύπαρξης λύσης για μία απλή κατασκευή δύο μελών φαίνεται στο σχήμα 13.

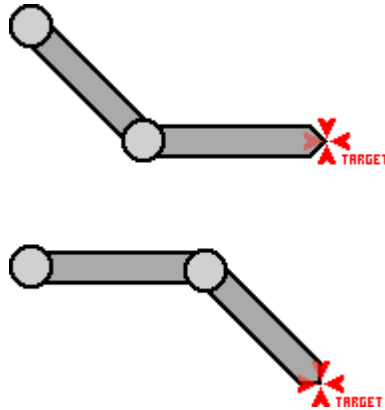


Σχήμα 13: Δεν υπάρχει λύση

Οι περιπτώσεις ύπαρξης μίας ή δύο λύσεων φαίνονται στα σχήματα 14 και 15 αντίστοιχα. Στην περίπτωση όπου οι λύσεις είναι δύο η αντίστροφη κινηματική επιλέγει αυτή η οποία βρίσκεται πλησιέστερα στην υπάρχουσα θέση της κατασκευής.

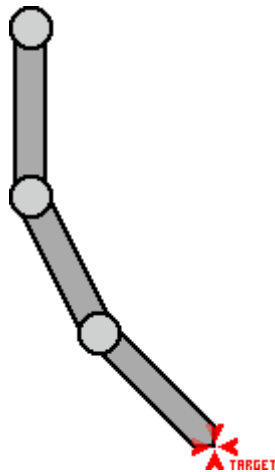


Σχήμα 14 : Ύπαρξη μοναδικής λύσης



Σχήμα 15: Ύπαρξη δύο λύσεων. Επιλέγεται αυτή η πλησιέστερη στην υπάρχουσα θέση.

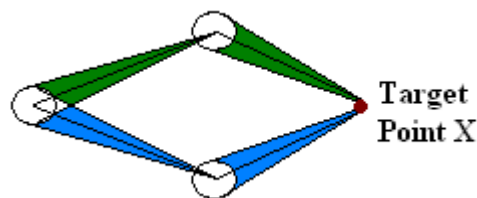
Υπάρχει τέλος, η περίπτωση της ύπαρξης πολλαπλών (περισσότερων από δύο) λύσεων. Η περίπτωση αυτή υφίσταται όταν η κατασκευή περιέχει περισσότερους από δύο συνδέσμους και απεικονίζεται στο σχήμα 16. Η κατασκευή εδώ αποτελείται από τρεις συνδέσμους.



Σχήμα 16: Ύπαρξη πολλαπλών λύσεων σε κατασκευές με περισσότερους από δύο συνδέσμους.

Το πρόβλημα της ύπαρξης πολλαπλών λύσεων, επιλύεται αν προσπαθήσουμε να μειώσουμε τις πιθανές λύσεις εισάγοντας περιορισμούς στο σύστημα. Τυπικά κριτήρια περιορισμών μπορεί να περιλαμβάνουν την ελαχιστοποίηση της ενέργειας

(για παράδειγμα στην πλατφόρμα HamNoSys η οποία χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη η συνάρτηση touch που χρησιμοποιεί τη μέθοδο αντίστροφης κινηματικής, επιλέγει τις κινήσεις της σύμφωνα με τον πιο σύντομο δρόμο), τη διατήρηση της ορμής και άλλα. Πολλές φορές, ιδιαίτερα όταν αναπαριστούμε την κίνηση ανθρώπινης μορφής, η τελική λύση είναι αυτή η οποία μοιάζει περισσότερο φυσική. Το σχήμα 17 , απεικονίζει μία κατασκευή δύο ενώσεων σε δύο πιθανές λύσεις , όπου και οι δύο ικανοποιούν τον περιορισμό ότι το άκρο πρέπει να βρεθεί στο σημείο X. Αν θεωρήσουμε ότι ο σύνδεσμος μεταξύ των δύο ενώσεων είναι ο αγκώνας μίας ανθρώπινης μορφής, τότε η μία λύση θα είναι αδύνατη (γιατί δίνει αφύσικη κίνηση) και επομένως η τελική λύση είναι αυτή η οποία απομένει.



Σχήμα 17: Η μία από τις δύο λύσεις απορρίπτεται γιατί δίνει αφύσικη κίνηση.

Η αντίστροφη κινηματική προσφέρει τρεις μεθόδους για τον υπολογισμό των ενδιάμεσων γωνιών, την αλγεβρική, την γεωμετρική και την υπολογιστική. Οι αλγεβρικές και οι γεωμετρικές μέθοδοι παρέχουν μία ακριβή ,αν υπάρχει κάποια, λύση (και αν οι λύσεις είναι περισσότερες, τότε οι μέθοδοι αυτές δίνουν όλες τις πιθανές λύσεις). Ωστόσο κάποια προβλήματα κινηματικής δεν έχουν ακριβή λύση, αν το τελικό άκρο δεν μπορεί να φθάσει στο επιθυμητό σημείο. Οι υπολογιστικές μέθοδοι τότε προσφέρουν μία γενική λύση, την πλησιέστερη στο σημείο-στόχο. Το μειονέκτημα αυτών των μεθόδων είναι ότι καταλήγουν μόνο σε μία λύση ακόμη και αν υπάρχουν περισσότερες.

Παρόλα αυτά η τεχνική της αντίστροφης κινηματικής έχει μεγάλη χρησιμότητα για τους σχεδιαστές κινήσεων σε υπολογιστικά περιβάλλοντα καθώς μειώνει τον όγκο εργασίας τους, δίνοντας τις περισσότερες φορές ικανοποιητικά και αληθοφανή αποτελέσματα.

Σύγκριση μεθόδων ευθείας και αντίστροφης κινηματικής

Στη συνέχεια της μελέτης μας θα συγκρίνουμε τις δύο μεθόδους ευθείας και αντίστροφης κινηματικής και θα βρούμε σε ποια σημεία υπερτερεί η καθεμία.

Αρχίζουμε τη σύγκριση των δύο μεθόδων βλέποντας τις περιπτώσεις στις οποίες ενδείκνυται η χρήση κάθε μίας από αυτές. Γνωρίζουμε ότι, η πολυπλοκότητα εύρεσης της λύσης στα προβλήματα κίνησης είναι ανάλογη με τον αριθμό των συνδέσμων της κατασκευής. Στην περίπτωση που η κατασκευή ή το τμήμα της κατασκευής προς κίνηση έχει σχετικά λίγους συνδέσμους ενδείκνυται η χρήση της τεχνικής της ευθείας κινηματικής καθώς θα δώσει με ακρίβεια και με σχετικά λίγη εργασία από την πλευρά του σχεδιαστή, το επιθυμητό αποτέλεσμα

Σε πολλές περιπτώσεις ωστόσο, το ζητούμενο είναι η αναπαράσταση της κίνησης πολύπλοκων αρθρωτών δομών. Θα πρέπει εδώ να τονίσουμε ότι και οι δύο τεχνικές γίνονται όλο και πιο δύσχρηστες όσο αυξάνει η πολυπλοκότητα της δομής. Κάθε προσθήκη συνδέσμου στην ιεραρχία των συνδέσμων οδηγεί σε τουλάχιστον έναν ακόμη βαθμό ελευθερίας της κατασκευής και επομένως σε ακόμα μία ή περισσότερες πιθανές κινήσεις. Παρόλα αυτά, η μέθοδος η οποία χρησιμοποιείται ευρύτατα για τη μοντελοποίηση της κίνησης τέτοιων δομών, είναι αυτή της αντίστροφης κινηματικής. Οι πολύπλοκες κατασκευές περιέχουν πολλούς συνδέσμους και εκατοντάδες βαθμούς ελευθερίας κάνοντάς το αδύνατο (ή στην καλύτερη περίπτωση πολύ βαρετό) για τον σχεδιαστή να χειριστεί κάθε σύνδεσμο ξεχωριστά, όπως προστάζει η μέθοδος της ευθείας κινηματικής. Με τη βοήθεια ωστόσο ενός αλγορίθμου αντίστροφης κινηματικής ο σχεδιαστής απλώς ορίζει την επιθυμητή θέση για συγκεκριμένα σημεία-άκρα του σώματος της δομής. Στη συνέχεια, ο αλγόριθμος αυτόματα υπολογίζει τις γωνίες των συνδέσμων οι οποίες ικανοποιούν τους περιορισμούς τους οποίους θέτει το τελικό άκρο.

Στη συνέχεια, συγκρίνουμε τις δύο μεθόδους ως προς το υπολογιστικό κόστος υλοποίησης της καθεμίας. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της ευθείας κινηματικής, ο σχεδιαστής ορίζει επακριβώς τις επιθυμητές γωνίες μεταξύ των συνδέσμων και η λύση η οποία προκύπτει είναι μοναδική. Αυτό κάνει την υλοποίηση αυτής της μεθόδου πολύ απλή σε αντίθεση με τη μέθοδο της αντίστροφης κινηματικής. Εδώ, η ύπαρξη μοναδικής λύσης δεν είναι δεδομένη, καθώς μπορεί να υπάρχουν περισσότερες από μία (ή πολλές φορές και καμία) λύσεις. Οι αλγόριθμοι αντίστροφης κινηματικής έχουν αυξημένο κόστος και δεν εγγυώνται πάντα το επιθυμητό αποτέλεσμα.

Το γεγονός ότι η αντίστροφη κινηματική καθίσταται όλο και πιο ακριβή σε υπολογιστική ισχύ όσο η πολυπλοκότητα δομής της κατασκευής αυξάνει, καθώς επίσης και το ότι είναι πολύ δύσκολη στη χρήση όταν απαιτείται εξειδικευμένη κίνηση σημαίνει ότι, έως τώρα, είναι χρήσιμη σε ένα μικρό ποσοστό του σχεδιασμού κινήσεων μέσω υπολογιστή. Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές όπου η κίνηση του τελικού άκρου επηρεάζει την κίνηση των υπόλοιπων μελών στην ιεραρχία των συνδέσμων. Τέτοιες κινήσεις περιλαμβάνουν το βάδισμα και τη διευθέτηση της θέσης των άκρων (χεριών και ποδιών) μίας ανθρώπινης μορφής. Η προσπάθεια σχεδιασμού τέτοιων κινήσεων κάνοντας χρήση της τεχνικής ευθείας κινηματικής περιέχει μεγάλο όγκο μηχανικής εργασίας, σταθεροποιώντας έτσι τη θέση της τεχνικής αντίστροφης κινηματικής στο μέλλον της εμφύχωσης μέσω υπολογιστή.

Συγκρίνοντας τις δύο μεθόδους ως προς τη σχετική ελευθερία και ευελιξία τις οποίες προσφέρουν, βλέπουμε ότι η τεχνική της ευθείας κινηματικής υπερτερεί αφού επιτρέπει στο σχεδιαστή να ορίσει ακριβώς την επιθυμητή κίνηση. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο από τις δύο τεχνικές, αυτή η οποία κυριαρχεί στην εμφύχωση μέσω υπολογιστή προς το παρόν, ειδικά στη βιομηχανία διασκέδασης και διαφήμισης είναι η μέθοδος της ευθείας κινηματικής. Επιπλέον, ένα μεγάλο τμήμα από αρχές της παραδοσιακής κλασσικής εμφύχωσης μεταφέρεται εύκολα στην τεχνική ευθείας κινηματικής. Αντίθετα με χρήση της μεθόδου της αντίστροφης κινηματικής δίνεται λιγότερη ελευθερία στο σχεδιαστή, ο οποίος πλέον δεν έχει κανένα έλεγχο πάνω στα στοιχεία τα οποία υπολογίζει αυτόματα ο αλγόριθμος. Η τελική λύση την οποία παρέχει η μέθοδος, δεν επιδέχεται αλλαγές χωρίς να αλλάξουν και τα χαρακτηριστικά καρέ της κίνησης. Η ύπαρξη ωστόσο, της δυνατότητας ελέγχου είναι σημαντική ειδικά σε εργασίες όπου ενδιαφέρει η ακρίβεια της κίνησης, όπως η εργασία αναπαράστασης λέξεων της νοηματικής γλώσσας που είναι και το αντικείμενο αυτής της μελέτης.

Ωστόσο, αν και περιορίζει το σχεδιαστή, η μέθοδος της αντίστροφης κινηματικής υπερτερεί της μεθόδου ευθείας κινηματικής, ως προς το φόρτο εργασίας τον οποίο απαιτεί. Πράγματι, με τη μέθοδο της ευθείας κινηματικής, απαιτείται μεγάλος όγκος αναλυτικής εργασίας από πλευράς του σχεδιαστή, η οποία πολλές φορές μάλιστα είναι μηχανική και δεν δίνει κίνητρα για περαιτέρω δημιουργία. Αντίθετα, με τη μέθοδο της αντίστροφης κινηματικής, τα παραπάνω προβλήματα παύουν να υφίστανται. Η μέθοδος δεν απαιτεί από το σχεδιαστή πολύωρη μηχανική εργασία καθώς ο αλγόριθμος αναλαμβάνει να ορίσει τις γωνίες μεταξύ των

συνδέσμων ενώ ο σχεδιαστής απλά υποδεικνύει το επιθυμητό τελικό σημείο της κίνησης. Έτσι η ίδια πολλές φορές εργασία γίνεται στον ελάχιστο δυνατό χρόνο με σωστά αποτελέσματα.

Φυσικά, η διαμάχη αντίστροφης και ευθείας κινηματικής δεν είναι ο μοναδικός παράγοντας τον οποίο πρέπει να λαμβάνουμε υπόψη κατά το σχεδιασμό της κίνησης αρθρωτών κατασκευών. Εκτός από τις διάφορες δυνάμεις και περιορισμούς τους οποίους πρέπει επίσης να συμπεριλάβουμε, είναι απαραίτητο εδώ να υπενθυμίσουμε ότι η κίνηση άκαμπτων μελών τα οποία ενώνονται με συνδέσμους δεν είναι εντελώς κατάλληλη για τη φυσικές αρθρωτές δομές. Σε αυτή τη μελέτη, βλέπουμε μονάχα δομές με άκαμπτα μέλη, χρησιμοποιώντας απλά παραδείγματα κατασκευών και μέλη του ανθρωπίνου σώματος. Κάθε προέκταση αυτών των ιδεών στο σχεδιασμό της κίνησης, για παράδειγμα αιλουροειδών θηλαστικών, πρέπει να έρθει αντιμέτωπη με το γεγονός ότι υπάρχει σημαντική αλλαγή του σχήματος της κατασκευής, λόγω της ευλυγισίας της σπονδυλικής στήλης, η οποία δεν αποτελεί, όπως θεωρούμε δεδομένο σε αυτή τη μελέτη, άκαμπτο μέλος.

2.3.2.2 Δυναμική εξομοίωση (Dynamic Simulation)

Η μέθοδος της δυναμικής εξομοίωσης είναι η δεύτερη διαδικαστική μέθοδος την οποία θα αναλύσουμε. Αυτή η μέθοδος παράγει κίνηση επιβάλλοντας έλεγχο σε αρθρωτές κατασκευές και χρησιμοποιώντας ευθεία ολοκλήρωση. Η εξομοίωση παράγει επιτρεπτές κινήσεις χρησιμοποιώντας και εφαρμόζοντας νόμους της φυσικής. Ωστόσο με βάση αυτή τη μέθοδο είναι δύσκολο να επιτευχθούν ακριβείς κινήσεις, καθώς ο σχεδιαστής δεν έχει κανένα έλεγχο πάνω στην κίνηση, από τη στιγμή που θα οριστούν οι αρχικές συνθήκες. Επιπλέον, είναι σχεδόν αδύνατο για το σχεδιαστή να εισάγει σαν παραμέτρους όλες τις δυνάμεις οι οποίες επηρεάζουν την κίνηση ώστε να επιτύχει τον ακριβή έλεγχο της. Μία προσέγγιση η οποία μπορεί να βοηθήσει στον έλεγχο της κίνησης ενός τέτοιου δυναμικού συστήματος, είναι η χρήση ελεγκτών. Ένας ελεγκτής είναι ένας ορισμός των δυνάμεων ή των ροπών σαν συναρτήσεις της κατάστασης (θέση και ταχύτητα) του μοντέλου κίνησης. Δοθέντος ενός ελεγκτή και της αρχικής κατάστασης, η κίνηση μπορεί να υπολογιστεί με χρήση χρονικών ολοκληρωμάτων. Η μέθοδος της δυναμικής εξομοίωσης, μπορεί να παράγει επιτρεπτές από τους νόμους της φύσης κινήσεις με αρχικοποίηση μικρού αριθμού παραμέτρων υψηλού επιπέδου. Ωστόσο, οι επιτρεπτές κινήσεις δεν είναι πάντα και αληθοφανείς. Η δυναμική εξομοίωση συχνά παράγει κίνηση η οποία δεν περιέχει

σημαντικά χαρακτηριστικά της φυσικής ανθρώπινης κίνησης. Επιπλέον το πρόβλημα της υλοποίησης πολύπλοκων ελεγκτών οι οποίοι θα μπορούν να παράγουν το πλήρες φάσμα των ανθρώπινων κινήσεων, παραμένει άλυτο. Η μέθοδος της δυναμικής εξομοίωσης, τελικά πλεονεκτεί στο γεγονός ότι προσφέρει αποδοτικότητα και δημιουργία κίνησης με έλεγχο λίγων σχετικά παραμέτρων κάτι που την καθιστά φιλική στο χρήστη. Υστερεί ωστόσο στη δημιουργία αληθοφανούς και πειστικής κίνησης κάτι που την καθιστά ακατάλληλη για χρήση σε ένα σύστημα σύνθεσης ανθρώπινων κινήσεων.

2.3.2.3 Μέθοδος Περιορισμού του Χωροχρόνου (Spacetime)

Η μέθοδος περιορισμού του χωροχρόνου παρέχει ρεαλιστική κίνηση αλλά και δυνατότητα ελέγχου αυτής. Στο πλαίσιο της μεθόδου, ο χρήστης αρχικά ορίζει τους περιορισμούς θέσης και τους δυναμικούς περιορισμούς. Επιπλέον, ορίζει μία συνάρτηση-στόχο (objective function). Ο αλγόριθμος της μεθόδου στη συνέχεια βρίσκει τα μονοπάτια εκείνα της κίνησης τα οποία ελαχιστοποιούν τη συνάρτηση-στόχο ενώ παράλληλα ικανοποιούν τους περιορισμούς. Οι περισσότερες μέθοδοι περιορισμού χρησιμοποιούν σαν συνάρτηση-στόχο τους την ελαχιστοποίηση της συνολικής κατανάλωσης ενέργειας από τους μύες του ανθρώπινου μοντέλου. Παρόλα αυτά, οι σημερινοί αλγόριθμοι δεν μπορούν να δημιουργήσουν κίνηση για πολύπλοκους ανθρώπινους χαρακτήρες όπως κάνουν κάποιες άλλες μέθοδοι τις οποίες αναλύσαμε. Η πολυπλοκότητα αυτή των αλγορίθμων παραμένει ένα μεγάλο εμπόδιο στην εφαρμογή της μεθόδου σε πολύπλοκα ανθρώπινα μοντέλα. Επιπλέον, η μέθοδος περιορισμού του χωροχρόνου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αρχική θέση της διαδικασίας βελτιστοποίησης: αν η βελτιστοποίηση ξεκινήσει από κάποιο απομακρυσμένο από τη λύση σημείο τότε δε δίνει σωστά αποτελέσματα. Σαν συνέπεια των παραπάνω, η μέθοδος δεν ικανοποιεί την απαίτησή μας για αποδοτικότητα και αληθοφάνεια της κίνησης.

2.3.3 Τεχνική καταγραφής κινήσεων μέσω βίντεο (Video Motion Capture)

Όλες οι προηγούμενες μέθοδοι, χρησιμοποιούν τη μηχανική ή εμπειρική γνώση της ανθρώπινης κίνησης. Αντίθετα, η τεχνική καταγραφής κινήσεων μέσω βίντεο, επεξεργάζεται απευθείας δεδομένα τα οποία μαγνητοσκοπούνται από ένα σύστημα καταγραφής της κίνησης. Η τεχνική περιλαμβάνει την καταγραφή της θέσης και του προσανατολισμού του αντικειμένου στο χώρο. Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση αισθητήρων οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε στρατηγικά σημεία του σώματος. Αυτά τα σημεία είναι συνήθως οι σύνδεσμοι ή άλλα ειδικά σημεία. Γενικά ο όρος καταγραφή της κίνησης, αναφέρεται σε κάθε μέθοδο ανάκτησης πληροφορίας η οποία περιγράφει την κίνηση ενός ανθρώπου ή ζώου.

Αν και η μέθοδος καταγραφής της κίνησης μπορεί να προσφέρει όλες τις λεπτομέρειες της κίνησης ενός χαρακτήρα, η διαδικασία απόκτησης των δεδομένων είναι χρονοβόρα και υψηλού κόστους. Επιπλέον, τα δεδομένα που λαμβάνονται με αυτή τη μέθοδο είναι στενά συνδεδεμένα με το περιβάλλον στο οποίο έγινε η κίνηση και δε μπορούν να χρησιμοποιηθούν απευθείας σε νέα περιβάλλοντα. Για να γίνει η μέθοδος καταγραφής κινήσεων μέσω βίντεο ευρείας χρήσης είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν εργαλεία τα οποία θα καθιστούν τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα επαναχρησιμοποιήσιμα και εύκολα προσαρμόζόμενα.

Η τεχνική καταγραφής της κίνησης, είναι μία πολλά υποσχόμενη τεχνική για τη σύνθεση της ανθρώπινης κίνησης. Μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των χρηστών για αληθοφανή κίνηση και ελάχιστη εργασία από πλευράς του σχεδιαστή. Παρόλα αυτά δε χρησιμοποιείται σε ευρεία κλίμακα σήμερα και αυτό γιατί ακόμη παρουσιάζει κάποιους περιορισμούς. Αν τα δεδομένα της κίνησης τροποποιηθούν πέρα από μία επιτρεπτή περιοχή, η τελική κίνηση είναι μη αποδεκτή. Επιπλέον, δεν ικανοποιεί την απαίτηση του σχεδιαστή για χρήση μόνο λίγων παραμέτρων δυσχεραίνοντας έτσι την επικοινωνία με το χρήστη.

2.3.4 Τεχνικές βασισμένες σε Γλώσσες Σεναρίου (Script Based Techniques)

Οι γλώσσες σεναρίου, στοχεύουν στο να παρέχουν έλεγχο υψηλού επιπέδου και χρησιμοποιούνται συχνά στα συστήματα σύνθεσης κινήσεων. Για παράδειγμα, πολλά εμπορικά συστήματα ενσωματώνουν τον ορισμό εντολών χαμηλού επιπέδου για τον έλεγχο της κίνησης ανθρωπίνων μοντέλων. Κάποια άλλα συστήματα τέλος, συνδυάζουν διαδικαστικές μεθόδους με γλώσσες σεναρίου, παρέχοντας έτσι μία πλατφόρμα δημιουργία κίνησης η οποία αλληλεπιδρά με τον τελικό χρήστη σε πραγματικό χρόνο.

Η εμψύχωση η οποία βασίζεται στις γλώσσες σεναρίου είναι μία εναλλακτική προσέγγιση της εμψύχωσης η οποία βασίζεται σε τεχνικές καταγραφής της κίνησης. Η σχέση μεταξύ των δύο αυτών προσεγγίσεων είναι αντίστοιχη με τη σχέση μεταξύ συνθετικής εμψύχωσης (synthetic animation) και των εντολών οι οποίες βασίζονται σε βίντεο: η τεχνική καταγραφής των κινήσεων μπορεί να δώσει κίνηση εξαιρετικής ακρίβειας (ανάλογα με την πληροφορία η οποία της παρέχεται), αλλά παρουσιάζει δυσκολία στην προσαρμογή και επαναχρησιμοποίησή της. Επιπλέον η τεχνική καταγραφής των κινήσεων μέσω βίντεο απαιτεί μεγάλο όγκο αποθηκευτικού χώρου και εύρους ζώνης κατά τη μετάδοσή της πράγμα που την καθιστά ακατάλληλη για χρήση μέσω του διαδικτύου. Από την άλλη πλευρά, η εμψύχωση η οποία βασίζεται σε μία γλώσσα σεναρίου χρειάζεται μόνο μερικές εκατοντάδες χαρακτήρες για να περιγράψει την ίδια κίνηση για την οποία η τεχνική καταγραφής των κινήσεων θα χρειαζόταν πολλαπλάσιο αποθηκευτικό χώρο. Επιπλέον, παρέχει τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του κώδικα ώστε ο προγραμματιστής να είναι σε θέση να παράγει μία πληθώρα διαφορετικών κινήσεων με σχετικά μικρές μετατροπές στα ήδη υπάρχοντα προγράμματα.

2.3.5 Υβριδικές Μέθοδοι

Οι πιο πάνω τεχνικές (μέθοδος των χαρακτηριστικών καρέ, διαδικαστικές προσεγγίσεις και καταγραφή της κίνησης) συχνά συνδυάζονται μεταξύ τους για να παράγουν συστήματα τα οποία θα έχουν περισσότερα πλεονεκτήματα από ότι θα είχε η χρήση μόνο μίας από αυτές. Στη συνέχεια δίνουμε κάποια παραδείγματα υβριδικών τεχνικών.

Πολλές φορές η τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ συνδυάζεται με αυτή της καταγραφής κινήσεων. Πολλά εργαλεία επεξεργασίας της κίνησης (motion editing tools) όπως η τεχνική παραμόρφωσης της κίνησης (motion warping) και η ανάλυση σημάτων κίνησης (motion signal process) μπορούν επίσης να αντιμετωπιστούν σαν συστήματα χαρακτηριστικών καρέ. Η μόνη διαφορά μεταξύ τους είναι οι είσοδοί τους: στο σχεδιασμό της κίνησης, τα εργαλεία επεξεργασίας της κίνησης χρησιμοποιούν την πληροφορία την οποία έλαβαν από αισθητήρες, ενώ τα συστήματα χαρακτηριστικών καρέ σχεδιάζουν την κίνηση από το μηδέν. Τα υβριδικά συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν διαδικαστικές μεθόδους και τεχνικές καταγραφής κινήσεων χρησιμοποιούνται πολύ συχνά για τη σύνθεση ανθρώπινων κινήσεων. Για παράδειγμα, οι μέθοδοι περιορισμού του χωροχρόνου πολλές φορές χρησιμοποιούν δεδομένα τα οποία έλαβαν με τη μέθοδο καταγραφής κινήσεων για να ορίσουν την αρχική κατάσταση του μοντέλου τους. Με αυτόν τον τρόπο επιβεβαιώνουν ότι θα η κίνηση η οποία θα προκύψει θα είναι επιτρεπτή και αληθοφανής. Η μέθοδος της δυναμικής εξομοίωσης επίσης χρησιμοποιεί δεδομένα τα οποία έλαβε με τη μέθοδο καταγραφής κινήσεων για να βελτιώσει την αληθοφάνεια της τελικής κίνησης.

Η πλατφόρμα με την οποία συνθέσαμε τις χειρομορφές της νοηματικής γλώσσας χρησιμοποιεί μία υβριδική μέθοδο. Η μέθοδος αυτή δανείζεται στοιχεία τόσο από την τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ όσο και από τις μεθόδους ευθείας και αντίστροφης κινηματικής σε συνδυασμό με τη χρήση μίας γλώσσας σεναρίου η οποία δίνει ακριβή έλεγχο όλων των παραμέτρων χαμηλού επιπέδου του μοντέλου. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε να έχουμε την επιλογή του τρόπου με τον οποίο θα συνθέσουμε την επιθυμητή κίνηση. Όταν η κίνηση είναι σχετικά απλή χρησιμοποιούμε τη μέθοδο της αντίστροφης κινηματικής μειώνοντας έτσι το φόρτο εργασίας. Στις περιπτώσεις όμως που η αντίστροφη κινηματική δεν μπορεί να δώσει σωστά αποτελέσματα, χρησιμοποιούμε τη μέθοδο της ευθείας κινηματικής επιτυγχάνοντας έτσι πλήρη έλεγχο πάνω στην κίνηση. Σε κάθε περίπτωση πάντως χρησιμοποιούμε τη μέθοδο των χαρακτηριστικών καρέ για να ορίσουμε τα σημαντικά καρέ της κίνησης. Τέλος, όπου κρίνεται απαραίτητο παρεμβαίνουμε στο πρόγραμμα της γλώσσας σεναρίου (το οποίο ανταποκρίνεται στην κίνηση σε πραγματικό χρόνο) αλλάζοντας όποια παράμετρο χαμηλού επιπέδου χρειάζεται.

Βλέπουμε επομένως ότι οι υβριδικές μέθοδοι ενσωματώνουν τα πλεονεκτήματα διαφορετικών τεχνικών ώστε να προκύπτουν συστήματα τα οποία

συνθέτουν αληθοφανή αποτελέσματα, παρέχουν πλήρη έλεγχο της κίνησης ενώ παράλληλα μειώνουν το φόρτο εργασίας για το σχεδιαστή.

2.4 Βασικές τεχνικές εμφύχωσης εκφράσεων προσώπου

2.4.1. MPEG-4

Ο στόχος του προτύπου MPEG-4 είναι να παρέχει ένα νέο είδος προτυποποίησης το οποίο θα ανταποκρίνεται στις τρέχουσες εξελίξεις της τεχνολογίας, σύμφωνα με τις οποίες ένα πρότυπο δεν πρέπει να απευθύνεται αποκλειστικά και μόνο σε ένα είδος εφαρμογής. Το πρότυπο MPEG-4 επιτρέπει στο χρήστη να διαμορφώσει και να κατασκευάσει συστήματα που απευθύνονται σε πολλές εφαρμογές επιτρέποντας την ευέλικτη διαμόρφωση αυτών των συστημάτων και παρέχοντας πολλαπλά επίπεδα αλληλεπίδρασης με το οπτικοακουστικό περιεχόμενο ενός καρέ. Επιπλέον, ενσωματώνει όσο το δυνατόν περισσότερους τύπους στοιχείων όπως είναι ο αναλογικός και ψηφιακός ήχος, το βίντεο και τα γραφικά.

Όσον αφορά το ψηφιακό οπτικό περιεχόμενο, το MPEG-4 επιτρέπει την κατασκευή δυσδιάστατων και τρισδιάστατων αντικειμένων τα οποία αποτελούνται από στοιχεία όπως ορθογώνια, σφαίρες και συντεταγμένα σύνολα προσώπου (indexed face sets) καθώς και αυθαίρετα διαμορφωμένα δυσδιάστατα σχήματα. Η περιγραφή των τρισδιάστατων αντικειμένων, βασίζεται επιπλέον σε ένα υποσύνολο κόμβων VRML και έχει επεκταθεί ώστε να επιτρέψει τη συνεχή ολοκλήρωση δυσδιάστατων και τρισδιάστατων αντικειμένων. Στη συνέχεια, μπορούμε να συνθέσουμε τα αντικείμενα ώστε να προκύψει μία δυσδιάστατη ή τρισδιάστατη σκηνή με χρήση του δυαδικού προτύπου για σκηνές (Binary Format for Scenes –BIFS).

Μία ειδική κατηγορία τρισδιάστατων αντικειμένων είναι το ανθρώπινο σώμα και πρόσωπο. Το πρότυπο MPEG-4 επιτρέπει τόσο τη χρήση από τον κωδικοποιητή ιδιόκτητων μοντέλων προσώπου, όσο και τη μετάδοση τρισδιάστατων μοντέλων με τρόπο τέτοιο ώστε ο κωδικοποιητής να μπορεί να προβλέψει την ποιότητα απεικόνισης του προσώπου από τον αποκωδικοποιητή.

Στη συνέχεια αυτής της ενότητας, θα αναφερθούμε στα εργαλεία τα οποία παρέχει το MPEG-4 για την περιγραφή και εμφύχωση των τρισδιάστατων μοντέλων

προσώπου. Κατόπιν, εξηγούμε πως το MPEG-4 καθορίζει την προδιαγραφή και την εμφύχωση ενός μοντέλου προσώπου με χρήση των παραμέτρων εμφύχωσης προσώπου (Facial Animation Parameters –FAPs).

2.4.2. Προδιαγραφή και Εμφύχωση Προσώπων

Το πρότυπο MPEG-4 καθορίζει ένα σύνολο παραμέτρων εμφύχωσης προσώπου (FAPs) κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε μία καθορισμένη κίνηση η οποία παραμορφώνει ένα μοντέλο προσώπου από την ουδέτερη θέση του. Η τιμή της κάθε μεταβλητής FAP απεικονίζει την ένταση της αντίστοιχης κίνησης, για παράδειγμα ένα μικρό ή μεγάλο χαμόγελο. Μία ακολουθία κινήσεων του προσώπου παράγεται με την ταυτόχρονη παραμόρφωση του μοντέλου προσώπου από την ουδέτερη θέση του σύμφωνα με τις τιμές των καθορισμένων (στη συγκεκριμένη χρονική στιγμή) παραμέτρων FAP. Στη συνέχεια, το μοντέλο προσώπου απεικονίζεται στην οθόνη.

Το κεφάλι, στην ουδέτερη θέση του καθορίζεται ως εξής (σχήμα 18): Το βλέμμα είναι στην κατεύθυνση του άξονα z, όλοι οι μύες του προσώπου είναι χαλαρωμένοι, τα βλέφαρα εφάπτονται στη ίριδα και η κόρη του ματιού είναι το ένα τρίτο της ίριδας. Επιπλέον, τα χείλη εφάπτονται και η γραμμή τους είναι οριζόντια, το στόμα είναι κλειστό και η άνω οδοντοστοιχία αγγίζει την κάτω.

Για να μπορέσει ο μηχανισμός απεικόνισης να ερμηνεύσει τις τιμές FAP που επιβάλλονται στο μοντέλο προσώπου του, θα πρέπει να υπάρχουν προκαθορισμένοι κανόνες εμφύχωσης με βάση τους οποίους να παράγει την κίνηση του προσώπου η οποία αντιστοιχεί σε κάθε FAP. Δεδομένου ότι οι παράμετροι FAP πρέπει να εμφύχουν πρόσωπα διαφορετικών μεγεθών και αναλογιών, οι τιμές τους ορίζονται σε μονάδες παραμέτρων εμφύχωσης προσώπου (Face Animation Parameter units - FAPUs). Μία μονάδα FAPU ορίζεται ως ένα τμήμα της απόστασης μεταξύ βασικών χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του προσώπου (σχήμα 18). Αυτά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως είναι η απόσταση μεταξύ των ματιών, η απόσταση ματιών-μύτης, η απόσταση στόματος-μύτης και το πλάτος του στόματος, καθορίζονται για το πρόσωπο στην ουδέτερη θέση του. Επιτρέπουν την ερμηνεία των παραμέτρων FAP σε οποιοδήποτε μοντέλο προσώπου με τρόπο συνεπή, παράγοντας αληθοφανή αποτελέσματα όσον αφορά την έκφραση και τη λεκτική προφορά του μοντέλου.

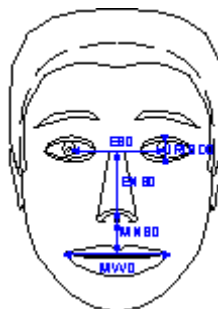
Το MPEG-4 καθορίζει τον κανόνα εμφύχωσης για κάθε FAP διευκρινίζοντας τα σημεία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του (feature points) καθώς και την

κατεύθυνση κίνησής τους. Ο μηχανισμός απεικόνισης μπορεί στη συνέχεια είτε να χρησιμοποιήσει τους δικούς του κανόνες εμφύχωσης, για κάποιο ιδιόκτητο μοντέλο προσώπου είτε να μεταφορτώσει (download) ένα πρότυπο προσώπου και τα FaceDefTables τα οποία καθορίζουν τους κανόνες εμφύχωσης του συγκεκριμένου προσώπου.

Στη συνέχεια, περιγράφουμε πρώτα πως το MPEG-4 καθορίζει τη μορφή ενός γενικού μοντέλου προσώπου στη φυσική του θέση χρησιμοποιώντας τα σημεία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων. Κατόπιν εξηγούμε τις παραμέτρους εμφύχωσης προσώπου για αυτό το γενικό μοντέλο. Τέλος, επεξηγούμε πως καθορίζεται ένα μοντέλο προσώπου συμβατό με το MPEG-4 το οποίο να μπορεί να διαβιβαστεί από τον κωδικοποιητή στον αποκωδικοποιητή προς εμφύχωση.

2.4.3 Σημεία Χαρακτηριστικών Γνωρισμάτων Προσώπου (Face Feature Points)

Προκειμένου να καθοριστούν οι παράμετροι εμφύχωσης προσώπου (face animation parameters –FAP’s) για ένα αυθαίρετο μοντέλο προσώπου, το MPEG-4 ορίζει 84 σημεία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων προσώπου. Τα σημεία αυτά, τοποθετούνται στο πρόσωπο σύμφωνα με το σχήμα 19 προκειμένου να παρασχεθεί μία αναφορά για τον καθορισμό των παραμέτρων εμφύχωσης προσώπου. Κάποια σημεία όπως αυτά κατά μήκος της γραμμής των μαλλιών δεν επηρεάζονται από τις παραμέτρους FAP. Είναι ωστόσο απαραίτητα για τον καθορισμό της μορφής του μοντέλου προσώπου. Τα σημεία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων, τακτοποιούνται σε ομάδες όπως τα μάγουλα, τα μάτια και το στόμα (πίνακας 1 – παράρτημα). Η θέση αυτών των σημείων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων πρέπει να είναι γνωστή για κάθε μοντέλο προσώπου συμβατό με το πρότυπο MPEG-4.



Σχήμα 18: Οι μονάδες FAPU

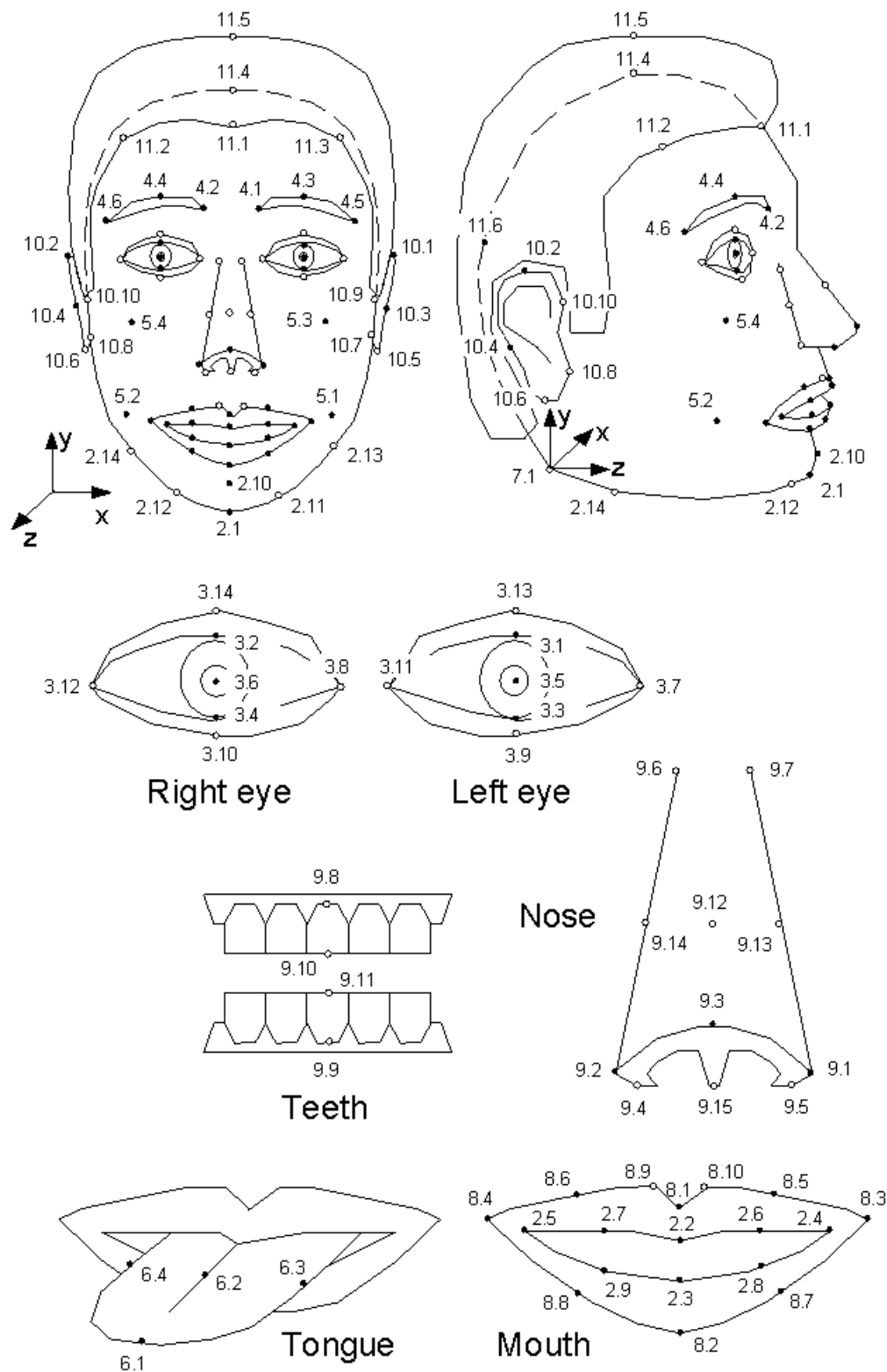
2.4.4 Ομάδα Παραμέτρων Καθορισμού Προσώπου (Facial Definition Parameter Set- FDP)

Είναι δυνατό να προσαρμόσουμε το πρόσωπο βασιζόμενοι αποκλειστικά στα σημεία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων του, χωρίς τη χρήση ενός τρισδιάστατου πλέγματος ή μίας υφής. Ωστόσο η χρήση των σημείων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων σε συνδυασμό με τις παραμέτρους FDP τις οποίες περιγράφουμε σε αυτή την ενότητα, μπορεί να βελτιώσει την οπτική ποιότητα του προσώπου το οποίο προκύπτει. Οι παράμετροι FDP χρησιμοποιούνται για να προσαρμόσουν ένα δοθέν μοντέλο προσώπου σε ένα συγκεκριμένο πρόσωπο. Τα FDPs συνήθως μεταδίδονται μία φορά ανά κύκλο εργασιών (session), ακολουθούμενα από μία ακολουθία συμπιεσμένων FAPs. Ωστόσο, αν ο αποκωδικοποιητής δεν λάβει τα FDPs, η χρήση των FAPUs εξασφαλίζει ότι θα μπορεί ακόμη να ερμηνεύσει την ακολουθία των FAPs. Έτσι έχουμε τη μικρότερη δυνατή χρήση του δικτύου κάτι που είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε εφαρμογές μετάδοσης μέσω δικτύου ή τηλεδιάσκεψης.

Η ομάδα των FDPs περιλαμβάνει τα πιο κάτω στοιχεία:

- Τρισδιάστατα σημεία χαρακτηριστικών του προσώπου πάνω στο πλέγμα.
- Τρισδιάστατο πλέγμα (με συντεταγμένες υφής αν χρησιμοποιείται μία υφή) (προαιρετικό)
- Εικόνα προσδιορισμού της υφής (προαιρετικό)
- Προσωπικά χαρακτηριστικά (μαλλιά, ηλικία, φύλο, γυαλιά κ.τ.λ) (προαιρετικό)

Το τρισδιάστατο πλέγμα δεν είναι αυτό καθεαυτό το μοντέλο του προσώπου, αλλά χρησιμοποιείται για να ορίσει το σχήμα του μοντέλου προσώπου. Μπορεί να περιλαμβάνει πληροφορίες για την υφή του προσώπου, αν χρησιμοποιούμε κάποια υφή. Η ομάδα των τρισδιάστατων χαρακτηριστικών χρησιμοποιείται για να εντοπίσει τα χαρακτηριστικά του προσώπου όπως φαίνεται στο σχήμα 19. Επιπλέον σημεία μπορούν να οριστούν για να εξασφαλίσουμε το σωστό σχηματισμό του σχήματος και της υφής του προσώπου.

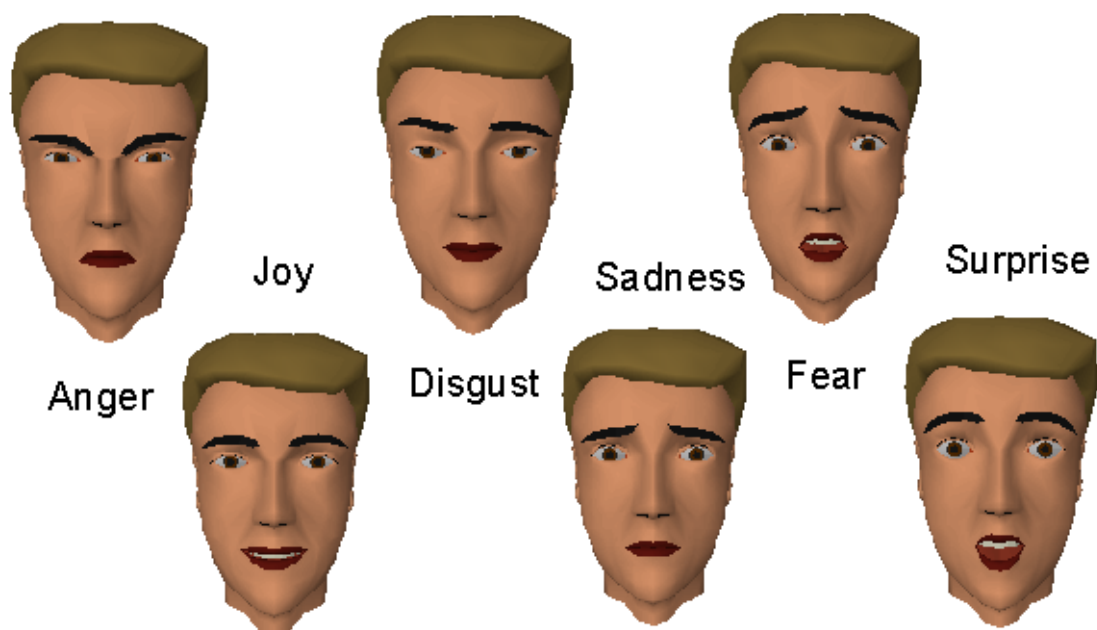


Σχήμα 19: Τα σημεία χαρακτηριστικών γνωρισμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον καθορισμό της μορφής ενός μοντέλου προσώπου. Τα FAPs καθορίζονται από την κίνηση των σημείων χαρακτηριστικών γνωρισμάτων.

2.4.5 Παράμετροι εμφύχωσης προσώπου (Face Animation Parameters – FAPs)

Οι παράμετροι εμφύχωσης προσώπου είναι βασισμένες στις ελάχιστα αντιληπτές κινήσεις οι οποίες συσχετίζονται άμεσα με την κίνηση των μυών του προσώπου. Οι 68 παράμετροι είναι ταξινομημένες σε 10 ομάδες οι οποίες σχετίζονται με τα μέρη του προσώπου (πίνακας 1 - παράρτημα). Τα FAPs αντιπροσωπεύουν ένα πλήρες σύνολο βασικών κινήσεων του προσώπου συμπεριλαμβανομένου και του ελέγχου της κίνησης του κεφαλιού, της γλώσσας, των ματιών και του στόματος. Επιτρέπουν την απεικόνιση των φυσικών εκφράσεων του προσώπου. Όταν λαμβάνουν υπερβολικές τιμές, προκύπτουν κινήσεις οι οποίες είναι αδύνατες για τους ανθρώπους αλλά είναι επιθυμητές για παράδειγμα στο σχεδιασμό κινουμένων σχεδίων.

Το σύνολο των μεταβλητών FAP περιέχουν τις δύο υψηλού επιπέδου παραμέτρους «έκφραση» και «μόρφημα». Μία παράμετρος μόρφημα απεικονίζει οπτικά ένα φώνημα και χρησιμοποιείται για την οπτική απεικόνιση της ομιλίας του μοντέλου προσώπου. Υπάρχουν συνολικά 14 στατικά μορφήματα τα οποία διακρίνονται σαφώς και περιλαμβάνονται στο πρότυπο (πίνακας 2 – παράρτημα). Προκειμένου να επιτρέψουν το συγχρονισμό ομιλίας και στοματικής μετακίνησης, οι μεταβάσεις από ένα μόρφημα στο επόμενο καθορίζονται μέσω του συνδυασμού των δύο μορφημάτων με έναν παράγοντα στάθμισης. Ομοίως, η παράμετρος «έκφραση» καθορίζει 6 εκφράσεις υψηλού επιπέδου για το πρόσωπο όπως είναι για παράδειγμα η χαρά και η θλίψη (σχήμα 20). Σε αντίθεση με τα μορφήματα, οι εκφράσεις του προσώπου εμφυχώνονται με χρήση μίας τιμής η οποία καθορίζει την ένταση της έκφρασης. Δύο εκφράσεις του προσώπου μπορούν να συνδυαστούν με έναν παράγοντα στάθμισης. Δεδομένου ότι οι εκφράσεις είναι υψηλού επιπέδου παράμετροι εμφύχωσης, επιτρέπουν την εμφύχωση άγνωστων μοντέλων προσώπου με υψηλή ποιότητα.



Σχήμα 20: Βασικές εκφράσεις προσώπου

2.4.6 Προδιαγραφή Μοντέλου προσώπου

Το πρότυπο MPEG-4 δίνει τη δυνατότητα στον κωδικοποιητή να διευκρινίσει εντελώς το μοντέλο προσώπου το οποίο πρέπει να εμψυχώσει ο αποκωδικοποιητής. Αυτό περιλαμβάνει τον καθορισμό της στατικής γεωμετρίας του μοντέλου προσώπου στην ουδέτερη θέση του χρησιμοποιώντας ένα γράφο σκηνής (scene graph) και καθορίζοντας τους κανόνες εμψύχωσης με χρήση των FaceDefTables οι οποίοι διευκρινίζουν πώς αυτό το μοντέλο παραμορφώνεται από τις παραμέτρους εμψύχωσης του προσώπου.

2.4.7 Στατική γεωμετρία με χρήση ενός Γράφου Σκηνής (Scene Graph)

Η στατική γεωμετρία του μοντέλου προσώπου καθορίζεται με χρήση ενός γράφου σκηνής. Ο γράφος αυτός ορίζεται από τα δυαδικά πρότυπα σκηνής BIFs του προτύπου MPEG-4. Με σκοπό τον καθορισμό του μοντέλου προσώπου, τα BIFs παρέχουν τους ίδιους κόμβους τους οποίους παρέχει και η VRML. Και τα BIFs και η VRML περιγράφουν γεωμετρικές σκηνές όπου τα αντικείμενα παρουσιάζονται σαν συλλογή κόμβων τακτοποιημένα σε ένα γράφο σκηνής.

Τρεις τύποι κόμβων είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος για τον καθορισμό ενός στατικού μοντέλου προσώπου. Ο κόμβος «Ομάδας» (Group Node) είναι μία συλλογή αντικειμένων παιδιών και επιτρέπει την κατασκευή ιεραρχικών μοντέλων. Ο κόμβος «Μετατροπής» (Transform Node) χρησιμοποιείται για τη συλλογή αντικειμένων τα οποία πρέπει να κινούνται σαν ομάδα. Ο κόμβος «Μετατροπής» καθορίζει γεωμετρικά τρισδιάστατους μετασχηματισμούς όπως είναι η ρύθμιση κλίμακας (scaling) και η περιστροφή καθώς και μετασχηματισμούς οι οποίοι εκτελούνται στους κόμβους-παιδιά του. Όταν ο κόμβος Μετατροπής περιέχει άλλους κόμβους Μετατροπής, οι μετασχηματισμοί τους έχουν αθροιστικό αποτέλεσμα. Οι εμφωλευμένοι κόμβοι μετατροπής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία μίας ιεραρχίας μετασχηματισμού. Τέλος, ο κόμβος IndexedFaceSet καθορίζει τη γεωμετρία (τρειςδιάστατο πλέγμα) και τις ιδιότητες της επιφάνειας (χρώμα, υφή) ενός πολυγωνικού αντικειμένου. Δεδομένου ότι το μοντέλο προσώπου καθορίζεται με βάση ένα γράφο σκηνής, αυτό το μοντέλο προσώπου μπορεί εύκολα να επεκταθεί σε ένα μοντέλο κεφαλιού και ώμων.

Κατόπιν οι κανόνες εμφύχωσης του μοντέλου προσώπου καθορίζονται με χρήση των FaceDefTables οι οποίοι διευκρινίζουν πώς αυτό το μοντέλο παραμορφώνεται από τις παραμέτρους εμφύχωσης του προσώπου.

Κεφάλαιο 3 – Τεχνικά Χαρακτηριστικά

3.1 HamNoSys

Το HamNoSys το οποίο αναπτύχθηκε στο πανεπιστήμιο του Αμβούργου, είναι ένα σύστημα καταγραφής της νοηματικής γλώσσας σε γραπτό κείμενο. Πρόκειται για το σύστημα το οποίο χρησιμοποιήσαμε για να αναπαράγουμε μέσω υπολογιστή λέξεις και προτάσεις της ελληνικής νοηματικής γλώσσας.

Στη συνέχεια θα δώσουμε μία σύντομη περιγραφή των αρχών οι οποίες διέπουν τη σχεδίαση του HamNoSys, του τρόπου τον οποίο χρησιμοποιεί για την γραπτή απεικόνιση των νοημάτων καθώς και των περιορισμών τους οποίους θέτει η χρήση του.

3.1.1 Σύντομη Περιγραφή του HamNoSys

Το σύστημα HamNoSys σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις πιο κάτω βασικές αρχές:

- Ανεξαρτησία από τη γλώσσα

Το HamNoSys δεν ειδικεύεται σε κάποια συγκεκριμένη νοηματική γλώσσα και μπορεί να αναπαράγει κάθε πιθανή χειρομορφή η οποία περιέχεται στην εκάστοτε γλώσσα. Με αυτόν τον τρόπο, προσφέρει στους ερευνητές ένα μέσο για τη γραπτή καταγραφή των νοημάτων. Σε γλωσσολογικούς όρους, η πλατφόρμα HamNoSys είναι φωνητική και όχι φθογγική.

- Καταγραφή κινήσεων και θέσεων του σώματος και όχι της σημασίας των λέξεων

Το σύστημα HamNoSys έχει σχεδιαστεί για να καταγράφει τις διάφορες χειρομορφές της νοηματικής γλώσσας με ακρίβεια αλλά όχι και να τις διαχωρίζει ανάλογα με τη σημασία τους. Ένα νόημα μπορεί να έχει διαφορετικές σημασίες, αν αποδοθεί μόνο του ή σε συνδυασμό με άλλα, ωστόσο στο HamNoSys δεν αλλάζει ο τρόπος αναπαράστασής του. Επομένως πολλές λέξεις αποκτούν το νόημά τους με βάση τα συμφραζόμενα και όχι τα ξεχωριστά νοήματα από τα οποία αποτελούνται. Για παράδειγμα, στην ελληνική νοηματική γλώσσα το νόημα «γούνα ζώου» αποτελείται από δύο επιμέρους νοήματα, το ένα από τα οποία έχει

διαφορετική σημασία αν αποδοθεί μόνο του και σημαίνει τη λέξη «μοσχάρι». Ωστόσο το νόημα παραμένει το ίδιο στην αναπαράστασή του στο HamNoSys. Άρα, αν ένα νόημα έχει διαφορετική σημασία ανάλογα με το περιεχόμενο της πρότασης στην οποία βρίσκεται, αλλά δεν αλλάζει η αναπαράστασή του, τότε η καταγραφή του από το HamNoSys θα είναι ίδια σε όλες τις περιπτώσεις.

- Παραλείπεται η πληροφορία η οποία δεν είναι σχετική με το νόημα

Μόνο αυτά τα τμήματα της κίνησης και της στάσης του σώματος τα οποία είναι σημαντικά στη δημιουργία του μηνύματος καταγράφονται. Τα περισσότερα νοήματα, γίνονται με τις παλάμες, τα δάχτυλα και το πρόσωπο. Οι αγκώνες και οι ώμοι δεν προσφέρουν κάτι στη δημιουργία του νοήματος, θα πρέπει απλά να ακολουθήσουν τη φυσική τους κίνηση ώστε να φέρουν τις παλάμες και τα δάχτυλα στην καθορισμένη από το νόημα θέση την οποία πρέπει αυτά να λάβουν. Η θέση του αγκώνα ή του ώμου δεν καταγράφεται επομένως, στα περισσότερα νοήματα. Μονάχα όταν η θέση ή η κίνησή τους αποτελεί σημαντικό στοιχείο του νοήματος έχουμε καταγραφή αυτών των σημείων του σώματος. Ένα παράδειγμα της προηγούμενης παρατήρησης το οποίο αντιμετωπίσαμε είναι στην καταγραφή της λέξης «ουρά». Σε αυτή τη λέξη ο ομιλητής χρειάζεται να φέρει το δεξί του χέρι στο πλαϊνό μέρος του σώματός του όπως φαίνεται στο σχήμα 21.



Σχήμα 21: Το νόημα «ουρά» της ελληνικής νοηματικής γλώσσας.

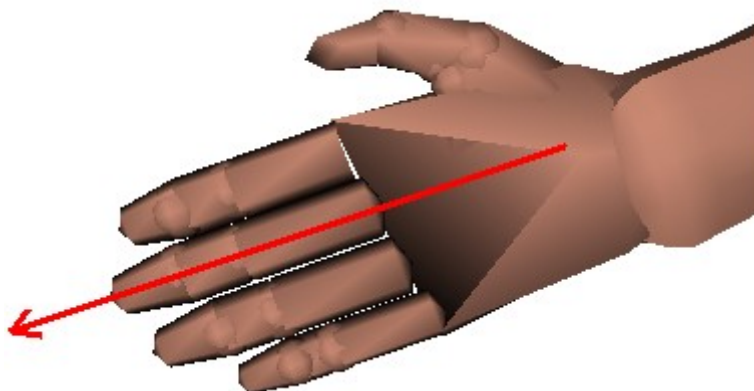
Αν παρατηρήσουμε βιντεοσκοπημένους ομιλητές της ελληνικής νοηματικής, θα δούμε ότι για να δείξουν αυτό το νόημα χρειάζεται να περιστρέψουν ελαφρά τον κορμό τους προς τα δεξιά, γιατί κάτι τέτοιο διευκολύνει την κίνηση. Αυτή η περιστροφή όμως δεν περιλαμβάνεται στην επίσημη γραπτή αναπαράσταση του νοήματος με το σύστημα HamNoSys, γιατί πρόκειται για πληροφορία η οποία δεν είναι σχετική με το νόημα. Όπως και τα περισσότερα συστήματα καταγραφής νοημάτων, το HamNoSys χρησιμοποιεί κυρίως τη χειρομορφή, τη θέση και την προέλευση των χεριών καθώς και την κίνησή τους (παραλείποντας όσα νοήματα κάνουν σημαντική χρήση των άλλων μελών του ανθρωπίνου σώματος).

Υπάρχουν 12 πρότυπες χειρομορφές στο HamNoSys (επίπεδη χειρομορφή, σε σχήμα γροθιάς, με προτεταμένο το δείκτη, κ.τ.λ) καθώς και μία ομάδα μετασχηματισμών οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν σε αυτές, αλλάζοντας την κλίση των δακτύλων και του αντίχειρα. Για τον καθορισμό της θέσης χρησιμοποιείται μία ομάδα ονομασμένων τοποθεσιών πάνω στο σώμα ή σε κάποια ορισμένη απόσταση από αυτό.

Υπάρχει ένα ρεπερτόριο πολλών εκατοντάδων τέτοιων θέσεων.

Ο προσανατολισμός του νοήματος καθορίζεται από την «κατεύθυνση των δακτύλων» (extended finger direction, την οποία από εδώ και στο εξής θα αναφέρουμε ως e.f.d) και από την «κατεύθυνση της παλάμης» (palm orientation-p.o).

Η e.f.d, είναι η διεύθυνση στην οποία θα έδειχναν τα δάχτυλα αν ήταν τεντωμένα (σε ευθεία δηλαδή θέση). Εναλλακτικά μπορούμε να πούμε ότι η e.f.d είναι η διεύθυνση του μετακαρπίου του μεσαίου δακτύλου, δηλαδή του αμετακίνητου δακτυλικού οστού μέσα στην παλάμη. Η e.f.d μπορεί να λάβει 26 δυνατές τιμές, οι οποίες είναι όλες οι κατευθύνσεις από το κέντρο ενός κύβου στα κέντρα των επιφανειών (face centers) του, στο μέσο των πλευρών του (edge midpoints) και στις ακμές του (vertexes). Επιπλέον, μπορεί να οριστεί ως η διεύθυνση μεταξύ οποιονδήποτε δύο από αυτά τα 26 σημεία. Η κατεύθυνση e.f.d απεικονίζεται στο σχήμα 22.



Σχήμα 22: Κατεύθυνση e.f.d.

Η διεύθυνση p.o της παλάμης, έχει οχτώ δυνατές τιμές, οι οποίες αντιστοιχούν στις διευθύνσεις από το κέντρο ενός τετραγώνου στα μέσα των πλευρών (edge midpoints) και στις ακμές του (vertexes). Η ονομασία των οχτώ αυτών κατευθύνσεων είναι: άνω, αριστερά, κάτω και δεξιά καθώς και οι τέσσερις ενδιάμεσοι συνδυασμοί τους. Αυτές οι ονομασίες αποκτούν το φυσικό τους νόημα όταν η κατεύθυνση e.f.d είναι προς τα εμπρός ενώ όταν τα δάχτυλα έχουν διαφορετική κατεύθυνση τότε αυτή η ονομασία των διευθύνσεων της παλάμης (p.o) είναι περισσότερο συμβατική και όχι πραγματική.

Η περιγραφή των κινήσεων μπορεί να γίνει αρκετά περίπλοκη. Μία κίνηση του χεριού στο χώρο μπορεί να είναι ευθεία (σε οποιαδήποτε από τις 26 κατευθύνσεις), καμπυλόγραμμη (όπου η επιφάνεια της καμπύλης μπορεί να έχει οχτώ

διαφορετικές κατευθύνσεις ανάλογα με την κατεύθυνση που έχει η παλάμη), κυκλική ή να δείχνει προς μία συγκεκριμένη τοποθεσία. Η περιστροφή των καρπών γύρω από τρεις διαφορετικούς άξονες μπορεί επίσης να περιγραφεί, καθώς και μία κίνηση η οποία ονομάζεται “fingerplay”, στην οποία τα δάκτυλα κινούνται σα να χτυπούν ρυθμικά πάνω σε μία επιφάνεια (“drumming”) ή σα να θρυμματίζουν κάτι. Οι κινήσεις μπορούν να συνδυαστούν σειριακά ή παράλληλα και τα χέρια μπορούν να εκτελέσουν την ίδια κίνηση (καθρεφτίζοντας το ένα την κίνηση του άλλου), παράλληλες ή και ανεξάρτητες κινήσεις. Επιπλέον, μπορούμε να ορίσουμε τη «συμπεριφορά» της κίνησης, για παράδειγμα αργή ή γρήγορη κίνηση, κίνηση με μία ξαφνική διακοπή και άλλες.

Η έκδοση 4.0 του HamNoSys έχει επεκταθεί ώστε να καλύπτει σημαντικά και τις εκφράσεις του προσώπου. Ο κώδικας SAMPA χρησιμοποιείται για να ορίσει κινήσεις του στόματος οι οποίες χρησιμοποιούνται για την ομιλία (και πολλές φορές χρησιμοποιούνται και στη νοηματική γλώσσα). Υπάρχει επίσης μία ομάδα άλλων κινήσεων του προσώπου η οποία περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τις κινήσεις των φρυδιών και την κατεύθυνση του βλέμματος. Επιπλέον, σε αυτή την έκδοση καταγράφονται οι κινήσεις των ώμων και το λύγισμα του σώματος και του κεφαλιού καθώς αυτά συγχρονίζονται με τα νοήματα.

3.1.2 Τρόποι καταγραφής κινήσεων από το σύστημα HamNoSys

Για την ολοκληρωμένη καταγραφή των νοημάτων, το σύστημα HamNoSys ορίζει μία πλειάδα συμβόλων. Τα σύμβολα αυτά χωρίζονται σε τρεις βασικές κατηγορίες, οι οποίες είναι οι εξής:

- Προσανατολισμός Χεριών (Hand Orientation)
- Τοποθεσία (Location)
- Είδος Κίνησης

Έτσι κάθε νόημα περιγράφεται επακριβώς αν καθορίσουμε τις τρεις πιο πάνω κατηγορίες. Επιπλέον, η κάθε κατηγορία διαιρείται σε υποκατηγορίες σύμφωνα με την πιο κάτω διάταξη:

- Προσανατολισμός Χεριών (Hand Orientation)
 - Κατεύθυνση καρπού
 - Κατεύθυνση δακτύλων
 - Κατεύθυνση Παλάμης
- Τοποθεσία (Location)
 - Σημεία του χώρου
 - Σημεία του προσώπου
 - Σημεία του σώματος
 - Σημεία του βραχίονα
 - Σημεία της παλάμης
 - Σημεία των δακτύλων
- Είδος κίνησης (movement)
 - Ευθεία
 - Κυκλική
 - Σπειροειδής
 - Συμπεριφορά κίνησης (Manner)
 - Ένταση κίνησης (Intensity)
 - Μέγεθος κίνησης (Size)
 - Επαναλαμβανόμενη κίνηση
 - Τοποθέτηση των χεριών κατά τη διάρκεια της κίνησης

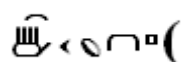
Επιπλέον, για την ορθή καταγραφή των νοημάτων, ορίζονται τόσο η αρχική θέση μίας κίνησης όσο και η κατεύθυνση την οποία ακολουθεί. Για παράδειγμα, μία κίνηση μπορεί να είναι ευθεία και να κατευθύνεται προς το σώμα από την κάτω δεξιά κατεύθυνση.

3.1.3 Παραδείγματα καταγραφής νοημάτων με το σύστημα HamNoSys

Στη συνέχεια δίνουμε κάποια παραδείγματα του τρόπου με τον οποίο το HamNoSys κωδικοποιεί συγκεκριμένες λέξεις της νοηματικής γλώσσας και επεξηγούμε τις κατηγορίες των συμβόλων που η κάθε καταγραφή χρησιμοποιεί.

Παράδειγμα 1

Το πρώτο παράδειγμα το οποίο θα εξετάσουμε είναι η καταγραφή με το σύστημα HamNoSys της λέξης «ήλιος». Για την αναπαράσταση της συγκεκριμένης λέξης, ο ομιλητής χρησιμοποιεί το δεξί του χέρι με αρχική θέση άνω και δεξιά του κεφαλιού. Τα δάχτυλα σχηματίζουν ένα ημισφαίριο με κατεύθυνση προς τα κάτω. Η κίνηση είναι ευθεία με κατεύθυνση διαγώνια και σταματά μπροστά από το θώρακα του ομιλητή. Η καταγραφή του νοήματος είναι η εξής:



Σχήμα 23: Καταγραφή της λέξης «ήλιος»

Τα σύμβολα από τα οποία αποτελείται η λέξη ερμηνεύονται ως εξής:



: Τα δάχτυλα και ο αντίχειρας κοιτούν προς την ίδια κατεύθυνση και είναι λυγισμένα σχηματίζοντας ημισφαίριο (κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών).



: Τα δάχτυλα έχουν κατεύθυνση προς τα αριστερά (κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών).



: Η παλάμη έχει κατεύθυνση προς τα αριστερά και κάτω (κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών).



: Η αρχική θέση του νοήματος είναι στο ύψος του μετώπου (κατηγορία: τοποθεσία).



: Η κίνηση είναι ευθεία και γίνεται από τα πλάγια του σώματος κατά τη φορά που έχει υποδειχθεί (κάτω και αριστερά). (κατηγορία : είδος κίνησης)

Βλέπουμε ότι για την περιγραφή αυτού του νοήματος χρησιμοποιήθηκαν τρία σύμβολα της κατηγορίας «Προσανατολισμός χεριών», ένα της κατηγορίας «τοποθεσία» και ένα της κατηγορίας «είδος κίνησης». Αυτό εξηγείται από το γεγονός ότι το δύσκολο σε αυτό το νόημα είναι να καθοριστεί με ακρίβεια η χειρομορφή ,

Παράδειγμα 2

$$\vdash \Box \perp \vee \Box [\Box 0 \rightarrow \Box 0] [\Box \rightarrow \Box]_* \#$$

Τα σύμβολα από τα οποία αποτελείται η λέξη ερμηνεύονται ως εξής:

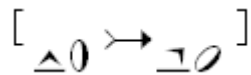
●●

 $1 \mid \chi$

66

Τα σύμβολα [και] συμβολίζουν, όπου συναντώνται, την έναρξη και τη λήξη αντίστοιχα μίας ταυτόχρονης κίνησης και των δύο χεριών. Στο νόημα αυτό συναντάμε δύο τέτοιες ταυτόχρονες κινήσεις. Θα τις αναλύσουμε χωριστά.

Η πρώτη ταυτόχρονη κίνηση που εκτελούν τα χέρια από τη θέση στην οποία βρίσκονται, είναι η εξής:



Ταυτόχρονη κίνηση 1

Αναλυτικά, η κίνηση αυτή ερμηνεύεται ως εξής:

\triangleup : τα δάχτυλα έχουν κατεύθυνση η οποία απομακρύνεται από το σώμα.(κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών)

O : Η παλάμη βρίσκεται σε ευθεία θέση και απομακρύνεται από το σώμα (κατηγορία: Προσανατολισμός χεριών)

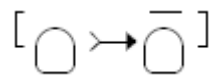


: Αλλαγή κατεύθυνσης και προσανατολισμού (κατηγορία :σύμβολο)

$\overline{\triangle}$: Τα δάχτυλα αλλάζουν προσανατολισμό και απομακρύνονται προς τα δεξιά. (κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών)

\circ : Η παλάμη αλλάζει προσανατολισμό και απομακρύνεται προς τα δεξιά και κάτω.(κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών).

Η δεύτερη ταυτόχρονη κίνηση που εκτελούν τα χέρια είναι η εξής:



Ταυτόχρονη κίνηση 2

Αναλυτικά, η κίνηση αυτή ερμηνεύεται ως εξής:



: Τα δάχτυλα είναι λυγισμένα κατά 45 περίπου μοίρες όπως φαίνεται και στο σχήμα 25.(κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών).



: Αλλαγή κατεύθυνσης και προσανατολισμού (κατηγορία :σύμβολο)



: Τα δάχτυλα είναι τεντωμένα, σε ευθεία θέση και ενωμένα το ένα με το άλλο.(κατηγορία : Προσανατολισμός χεριών). Αυτή η τοποθέτηση των χεριών φαίνεται στο σχήμα 25.

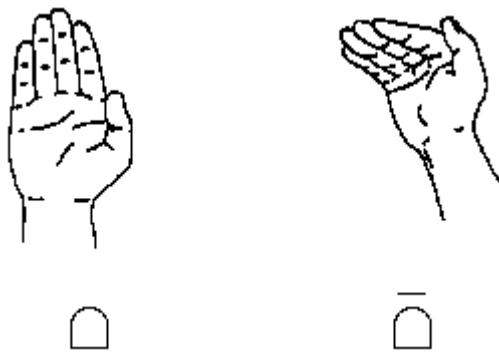


◦ : Η προηγούμενη κίνηση έχει μικρό εύρος (κατηγορία : είδος κίνησης)



: Επανάληψη της προηγούμενης κίνησης από το σημείο έναρξής της (κατηγορία : είδος κίνησης)

Στο πιο κάτω σχήμα παραθέτουμε την αλλαγή του σχήματος των χεριών, για πληρέστερη κατανόηση της λέξης-νοήματος.



Σχήμα 25 : Προσανατολισμός Χεριών

Βλέπουμε ότι για την καταγραφή αυτού του νοήματος χρησιμοποιήσαμε 6 διαφορετικά σύμβολα της κατηγορίας «Προσανατολισμός χεριών», 1 της κατηγορίας «τοποθεσία» , 3 της κατηγορίας «είδος κίνησης» καθώς και 3 της κατηγορίας «σύμβολο». Και πάλι παρατηρούμε ότι τα περισσότερα από τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται είναι για τον προσδιορισμό της χειρομορφής.

3.1.4 Περιορισμοί του οποίους θέτει το HamNoSys

Στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στους περιορισμούς τους οποίους θέτει μία καταγραφή των λέξεων-νοημάτων σαν αυτή που προτείνει το σύστημα HamNoSys.

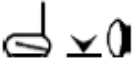
Πληροφορία η οποία χάνεται

Πολλές καταγραφές νοημάτων με τη μέθοδο HamNoSys παραλείπουν πληροφορίες οι οποίες μπορεί να είναι προφανείς στον αναγνώστη αλλά όχι και στο υπολογιστικό πρόγραμμα το οποίο αναλαμβάνει την απεικόνισή τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η πληροφορία η οποία χάνεται μπορεί να γραφεί σε σαφήνεια σε μία πιο λεπτομερή καταγραφή του νοήματος. Ωστόσο κάποια τμήματα αυτής της πληροφορίας δεν είναι δυνατό να εκφραστούν με το HamNoSys και πρέπει σε κάθε περίπτωση να συμπληρώνονται από τον αναγνώστη της καταγραφής.

Υπάρχουν νοήματα κατά τα οποία τα χέρια έχουν συγκεκριμένη τοποθέτηση το ένα ως προς το άλλο, κάτι που στο HamNoSys ονομάζεται «ομαδοποίηση χεριών» (“hand constellation”). Σε αυτού του είδους τα νοήματα, δεν υπάρχει τρόπος για να εκφράσουμε τη σχετική διάταξη και κατεύθυνση του ενός χεριού ως προς το άλλο, αφού σχεδόν κάθε τέτοια περίπτωση είναι μοναδική και είναι δύσκολο να βρεθεί μία ομάδα κανόνων οι οποίοι θα εφαρμόζονται σε όλες τις περιπτώσεις. Στην πράξη είναι συνήθως εύκολο να δείξουμε ότι κάποιος κανόνας ο οποίος προτάθηκε δεν ευσταθεί, με μία απλή αναζήτηση σε μερικές δεκάδες καταγραφές λέξεων της νοηματικής γλώσσας. Ωστόσο θα πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι οποιοσδήποτε έχει μία σχετική εξοικείωση με το HamNoSys μπορεί να εκτελέσει με σωστό τρόπο κάθε ξεχωριστό νόημα το οποίο καταγράφεται. Το πρόβλημα βρίσκεται στο να κατανοήσει ο υπολογιστής τον τρόπο με τον οποίο δρα ο άνθρωπος-αναγνώστης όταν διαβάζει ένα νόημα καταγεγραμμένο σύμφωνα με το HamNoSys και να τον εφαρμόσει.

Δυσκολία ορισμού της κατεύθυνσης e.f.d

Η κατεύθυνση e.f.d ενός χεριού είναι φυσικά παρούσα σε κάθε νόημα αλλά έχει βρεθεί ότι δεν αποτελεί φωνητικό στοιχείο. Αυτό δεν είναι πρόβλημα για το HamNoSys το οποίο καταγράφει μόνο σε φωνητικό επίπεδο, αλλά έχει αποδειχτεί ιδιαίτερα δύσκολο ακόμη και για όσους είναι εκπαιδευμένοι στη χρήση του να μπορέσουν να καταγράψουν τη σωστή e.f.d κατεύθυνση. Υπάρχουν πολλές περιπτώσεις νοημάτων στις οποίες η καταγεγραμμένη κατεύθυνση δεν είναι η e.f.d

αλλά η κατεύθυνση στην οποία δείχνει το δάχτυλο , κάτι που δεν είναι πάντα το ίδιο πράγμα. Ένα παράδειγμα, είναι η λέξη «εγώ» στην οποία ο δείκτης του δεξιού χεριού δείχνει στο στήρνο του ομιλητή. Αυτό μερικές φορές καταγράφεται ως . Αν μεταφράσουμε αυτή την καταγραφή κυριολεκτικά (όπως κάνουν οι υπολογιστικές εφαρμογές) προκύπτει η άκαμπτη στάση η οποία φαίνεται στο σχήμα 26(a). Μία σωστή καταγραφή και αναπαράσταση της λέξης δίνεται στο σχήμα 26(b). Παρατηρούμε ότι στο σχήμα 26(b) ο σύνδεσμος του δείκτη περιστρέφεται και επομένως η κατεύθυνση e.f.d δεν είναι ίδια με την κατεύθυνση στην οποία δείχνει το δάχτυλο . Αντίθετα, στη λέξη «εσύ» οι δύο κατευθύνσεις συμπίπτουν όπως φαίνεται στο σχήμα 26(c).



Σχήμα 26: (a) Λάθος καταγραφή της λέξης «εγώ», (b) Σωστή καταγραφή της λέξης, (c) Σωστή καταγραφή της λέξης «εσύ»

Οι χειρομορφές μπορεί να έχουν διαφορούμενο νόημα

Υπάρχει μία σημαντική δυσαναλογία μεταξύ της ομιλούμενης και της νοηματικής γλώσσας όσον αφορά τα φωνητικά στοιχεία.

Τα διαφορετικά φωνητικά στοιχεία είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο: δεν υπάρχει τρόπος να κατασκευάσουμε για παράδειγμα, έναν τερματικό ήχο (plosive) με κάποιον άλλο συνδυασμό στοιχείων του φωνητικού αλφαβήτου. Η απόδοση κάποιου συγκεκριμένου τερματικού ήχου πρέπει να καταγραφεί με ένα από τα υπάρχοντα σύμβολα για τέτοιους ήχους.

Αυτό όμως δε συμβαίνει με τη νοηματική γλώσσα και τις χειρονομίες. Υπάρχουν πολλά γεωμετρικά στοιχεία τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να

αναπαραστήσουν μία χειρονομία και κάθε ένα από αυτά τα στοιχεία μπορεί να κατασκευαστεί χρησιμοποιώντας ένα μικρό αριθμό από τα άλλα. Για παράδειγμα, κάποια από τα γεωμετρικά στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση μία χειρονομίας είναι:

- Η κατεύθυνση του βραχίονα.
- Η κατεύθυνση e.f.d.
- Οι κατευθύνσεις κάθε οστού των δακτύλων ή του αντίχειρα.
- Η περιστροφή του καρπού.
- Το λύγισμα και η περιστροφή των συνδέσμων των δακτύλων και του αντίχειρα.
- Το λύγισμα του δεύτερου και τρίτου συνδέσμου κάθε δακτύλου και του αντίχειρα.

Κάθε ένα από αυτά τα γεωμετρικά στοιχεία μπορεί να καθοριστεί με βάση άλλα δύο. Για παράδειγμα η διεύθυνση e.f.d καθορίζεται από την περιστροφή του καρπού και του βραχίονα, ενώ διεύθυνση του πρώτου οστού ενός δακτύλου καθορίζεται από τη διεύθυνση e.f.d και την περιστροφή του συνδέσμου βάσης του.

Μπορούμε να επιλέξουμε τυχαία μία βάση του χώρου νοημάτων, να επιλέξουμε με άλλα λόγια κάποια γεωμετρικά στοιχεία τα οποία είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο έτσι ώστε με χρήση αυτών των στοιχείων να μπορεί καταγραφεί η κάθε λέξη της νοηματικής γλώσσας. Το HamNoSys αποτελεί μία τέτοια βάση του χώρου νοημάτων.

Αν ο στόχος ήταν απλά να δοθεί η περιγραφή κάθε χειρονομίας την οποία εκτελεί ένα συγκεκριμένο πρόσωπο, τότε κάθε περιγραφή η οποία θα περιέγραφε επακριβώς τη γεωμετρία αυτού του προσώπου θα ήταν αρκετή. Ωστόσο, ο στόχος του HamNoSys είναι μία περιγραφή ανεξάρτητη από το μοντέλο το οποίο χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των νοημάτων. Για να γίνει αυτό δυνατό, η καταγραφή πρέπει να απεικονίζει αυτές τις πλευρές των χειρονομιών οι οποίες παραμένουν οι ίδιες ακόμη και αν η γεωμετρία του εικονικού χαρακτήρα αλλάξει. Έτσι όμως βλέπουμε ότι τίθεται ένας περιορισμός στην ακρίβεια των νοημάτων τα οποία το σύστημα HamNoSys μπορεί να καταγράψει. Θεωρούμε πάντως ότι τα στοιχεία τα οποία δεν μπορούν να καταγραφούν δεν έχουν τόσο σημαντικό ρόλο όσο έχει η συστηματοποίηση της καταγραφής των νοημάτων ανεξάρτητα από το μοντέλο.

3.1.5 Εμβέλεια

Το HamNoSys περιορίζεται λόγω του σχεδιασμού του, στην καταγραφή νοημάτων τα οποία χρησιμοποιούν κινήσεις του άνω τμήματος του σώματος. Σε αυτό τον τομέα έχει αποδειχτεί ότι είναι ιδιαίτερα επιτυχημένο. Ωστόσο, οι διάφορες εφαρμογές σχεδιασμού της κίνησης χαρακτήρων σε περιβάλλοντα εικονικής πραγματικότητας, απαιτούν μεγαλύτερη εμβέλεια στην καταγραφή ώστε αυτή να περιλαμβάνει κινήσεις όπως το βάδισμα, ο χειρισμός αντικειμένων και η ομιλία. Για αυτό το λόγο η έρευνα έχει αυτή τη στιγμή στραφεί στη δημιουργία ενός συστήματος καταγραφής το οποίο να μπορεί να περιγράψει ενοποιημένα όλες αυτές τις διαφορετικές κινήσεις.

3.2 Η γλώσσα σεναρίου STEP (Scripting Language for Embodied Agents)

3.2.1 Εισαγωγή

Η γλώσσα STEP είναι μία γλώσσα σεναρίου (scripting language) η οποία προτάθηκε για να διευκολύνει την επικοινωνία μεταξύ του εικονικού χαρακτήρα και του τελικού χρήστη.

Η πλατφόρμα την οποία χρησιμοποιήσαμε για τη σύνθεση των λέξεων της ελληνικής νοηματικής γλώσσας ενσωματώνει αυτή τη γλώσσα, καθώς η STEP είναι υψηλού επιπέδου και αρκετά απλή στη χρήση της, γεγονός το οποίο διευκολύνει τον σχεδιαστή αφού του επιτρέπει να ασχοληθεί με την ουσία του προβλήματος που είναι ο σχεδιασμός της κίνησης του εικονικού χαρακτήρα. Ένα ακόμη βασικό πλεονέκτημα της γλώσσας είναι το ότι επιτρέπει το διαχωρισμό των ενεργειών του μοντέλου (κινήσεις, χειρονομίες) από την αρχιτεκτονική και τη γεωμετρία του. Οποιαδήποτε αλλαγή των κινήσεων του εικονικού χαρακτήρα επομένως δεν απαιτεί και τον επαναπρογραμματισμό του. Επιπλέον, αν τα μοντέλα ακολουθούν το πρότυπο H-Anim (όπως και συμβαίνει με την πλατφόρμα την οποία χρησιμοποιήσαμε) τότε υπάρχει η δυνατότητα χρήσης μίας πλειάδας εργαλείων και βιβλιοθηκών. Η γλώσσα STEP χρησιμοποιεί επίσης την γλώσσα DLP (Distributed Logic Programming), η οποία αποτελεί ένα εργαλείο για ανάπτυξη τρισδιάστατων ευφυών πρακτόρων. Η DLP είναι μία μορφή της Prolog, της κατεξοχήν γλώσσας κατηγορηματικού λογισμού. Έτσι η STEP βασίζει τη λειτουργία της πάνω σε συμπαγή σημασιολογικά

θεμέλια και όχι στην χρήση ενός τεράστιου αριθμού μεταβλητών και αριθμητικών τελεστών.

Στη συνέχεια αυτής της ενότητας θα εξετάσουμε τις αρχές με βάση τις οποίες σχεδιάστηκε η γλώσσα STEP και θα αναφερθούμε επιγραμματικά στη διαδικασία υλοποίησής της.

3.2.2 Αρχές σχεδιασμού της γλώσσας STEP

Η STEP σχεδιάστηκε εξ αρχής με στόχο τον έλεγχο και το χειρισμό εικονικών χαρακτήρων. Δεν έχει ως σκοπό να αντικαταστήσει γλώσσες με πλήρη λειτουργική υπολογιστική υποδομή, όπως η Java ή η Prolog αλλά να αποτελέσει μία γλώσσα φιλική προς τον τελικό χρήστη προσφέροντας παράλληλα τη δυνατότητα εύκολου χειρισμού και υλοποίησής προγραμμάτων. Όπου απαιτείται μία αλληλεπίδραση με τον εσωτερικό μηχανισμό ο οποίος επεξεργάζεται τις κινήσεις του εικονικού χαρακτήρα, αυτό γίνεται με χρήση της DLP.

Στη συνέχεια συνοψίζουμε τις πέντε βασικές αρχές οι οποίες διέπουν τη γλώσσα STEP.

1. Ευκολία

Η γλώσσα STEP σχεδιάστηκε με τέτοιον τρόπο ώστε να μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί από προγραμματιστές με λίγες ή καθόλου γνώσεις στον τομέα των γραφικών σε υπολογιστικά περιβάλλοντα. Γενικά, ο έλεγχος των κινήσεων (χειρονομίες, εκφράσεις προσώπου και άλλες) ενός εικονικού χαρακτήρα απαιτεί τη γνώση πολλών γεωμετρικών παραμέτρων και εξισώσεων κίνησης. Η γλώσσα STEP ωστόσο, αποκρύπτει από το σχεδιαστή όλες αυτές τις γεωμετρικές δυσκολίες και ενσωματώνει ένα συντακτικό πολύ υψηλού επιπέδου. Για παράδειγμα, η εντολή για γρήγορη (fast) περιστροφή του δεξιού καρπού (right wrist) του εικονικού χαρακτήρα (humanoid) προς την αριστερή κατεύθυνση(left) είναι η εξής:
`turn(humanoid, r_wrist, left, fast).`

Επομένως, δεν είναι απαραίτητο να έχει ο προγραμματιστής ειδικές γνώσεις πάνω σε συστήματα συντεταγμένων ή άξονες περιστροφής. Απαραίτητη προϋπόθεση σωστής λειτουργίας της γλώσσας είναι ο εικονικός χαρακτήρας να έχει ο ίδιος πλήρη γνώση της ονομασίας των μελών και των συνδέσμων του. Επιπλέον, πρέπει να έχει σαφή γνώση όλων των κατευθύνσεων σε σχέση με το τοπικό σύστημα

συντεταγμένων κάθε μέλους του. Αυτές οι απαιτήσεις ικανοποιούνται από την πλατφόρμα μέσω της οποίας χρησιμοποιήσαμε τη γλώσσα STEP.

2. Σύνθετη Σημασιολογία (Compositional Semantics)

Η αρχή της σύνθετης σημασιολογίας, με βάση την οποία έχει δημιουργηθεί η γλώσσα STEP, συνίσταται στον καθορισμό σύνθετων ενεργειών του μοντέλου με βάση κάποιες απλούστερες, ήδη καθορισμένες ενέργειες. Για παράδειγμα, η κίνηση ταυτόχρονης περιστροφής των βραχιόνων του εικονικού χαρακτήρα μπορεί να οριστεί ως η σύνθεση των δύο κινήσεων περιστροφής κάθε βραχίονα χωριστά.

```
par([turn(humanoid, left_arm, front, slow),  
turn(humanoid, right_arm, front, slow)])
```

Η γλώσσα περιλαμβάνει εντολές για δημιουργία σύνθετων παράλληλων (με χρήση της εντολής “par”), ακολουθιακών (με χρήση της εντολής “seq”) και επαναλαμβανόμενων (με χρήση της εντολής “repeat”) κινήσεων.

3. Επαναπροσδιορισμός (Re-definability)

Η γλώσσα STEP εκτός από τη δυνατότητα ορισμού σύνθετων κινήσεων με βάση απλούστερες, δίνει επίσης τη δυνατότητα ορισμού κάποιων ενεργειών σεναρίου (scripting actions), σε σχέση με άλλες σύνθετες κινήσεις. Για αυτό το σκοπό, έχει ενσωματωμένο έναν μηχανισμό καθορισμού κινήσεων βασισμένο σε κανόνες. Η γλώσσα δίνει τη δυνατότητα προσδιορισμού νέων κινήσεων η κάθε μία με τη δική της ομάδα κανόνων και αυτές με τη σειρά τους μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε άλλους σεναριακούς σκοπούς (scripting purposes). Για παράδειγμα, έστω ότι είναι ήδη καθορισμένες οι εξής σύνθετες κινήσεις ‘run’ και ‘kick’. Μπορεί με βάση τα παραπάνω, να οριστεί μία νέα κίνηση η ‘run_then_kick’ ως εξής:

```
run_then_kick(humanoid) = seq([run(humanoid), kick(humanoid)]).
```

Σε συντακτικό της Prolog είναι:

```
script(run_then_kick(humanoid), Action):-
```

```
Action = seq([run(humanoid), kick(humanoid)]).
```

4. Παραμετροποίηση

Οι ενέργειες σεναρίου μπορούν προσαρμοστούν ώστε να προκύψουν άλλες κινήσεις. Γενικά, οι ενέργειες ενός εικονικού χαρακτήρα μπορούν να οριστούν με βάση τις αλλαγές τις οποίες επιφέρουν στους βαθμούς ελευθερίας των συνδέσμων

του. Για παράδειγμα, έστω ότι ορίζουμε την ενέργεια «τρέξιμο». Αυτή η ενέργεια γνωρίζουμε ότι μπορεί να γίνει με διαφορετικούς ρυθμούς, από «αργό τρέξιμο» μέχρι «γρήγορο τρέξιμο». Με τη γλώσσα STEP δε χρειάζεται να ορίσουμε μία διαφορετική ενέργεια για κάθε ρυθμό. Αντίθετα, μπορούμε να ορίσουμε την ενέργεια «τρέξιμο» με μία παράμετρο «ρυθμός» η οποία αποτελεί και το βαθμό ελευθερίας της ενέργειας. Στη συνέχεια, με απλή αλλαγή του βαθμού ελευθερίας «ρυθμός» μπορούμε να επιτύχουμε διαφορετικές ταχύτητες για την ενέργεια. Μία άλλη μέθοδος παραμετροποίησης, είναι η εισαγωγή μεταβλητών και παραμέτρων στα ονόματα των ενεργειών σεναρίου. Ειδικότερα τα ονόματα των ανθρωποειδών και οι σχετικές παράμετροι ορίζονται ως μεταβλητές σε βιβλιοθήκες σεναρίου, μέσω των οποίων τα ίδια σενάρια μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για διαφορετικά ανθρωποειδή κάτω από διαφορετικές συνθήκες και από άλλους προγραμματιστές.

5. Αλληλεπίδραση

Οι ενέργειες σεναρίου θα πρέπει να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται και να αλληλεπιδρούν με τον κόσμο (στον οποίο συμπεριλαμβάνονται αντικείμενα αλλά και εικονικοί χαρακτήρες), ούτως ώστε να αποφασίζουν αν μία κίνηση πρέπει να συνεχιστεί, να διακοπεί ή να αντικατασταθεί από μία άλλη. Αυτού του είδους η αλληλεπίδραση μπορεί να επιτευχθεί με χρήση τελεστών υψηλού επιπέδου (high-level operators), όπως είναι οι τελεστές “test” και “conditional”.

Συνοψίζοντας, τις παραπάνω πέντε αρχές οι οποίες χαρακτηρίζουν τη γλώσσα STEP, μπορούμε να πούμε ότι: το αίτημα της απλότητας καλύπτεται από την σχεδόν φυσική γλώσσα η οποία χρησιμοποιείται για τη σύνταξη των εντολών της. Το αίτημα της σύνθετης σημασιολογίας πραγματοποιείται με την ύπαρξη μίας ομάδας ενσωματωμένων τελεστών. Το αίτημα του επαναπροσδιορισμού επίσης πληρείται, μιας και η γλώσσα ενσωματώνει ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες. Το αίτημα της παραμετροποίησης καλύπτεται καθώς η σύνταξη της STEP είναι όμοια με της Prolog. Τέλος, η STEP βασίζεται σε μία μεταγλώσσα με τελεστές, γεγονός που καλύπτει το αίτημα για αλληλεπίδραση.

3.2.3 Η γλώσσα σεναρίου STEP

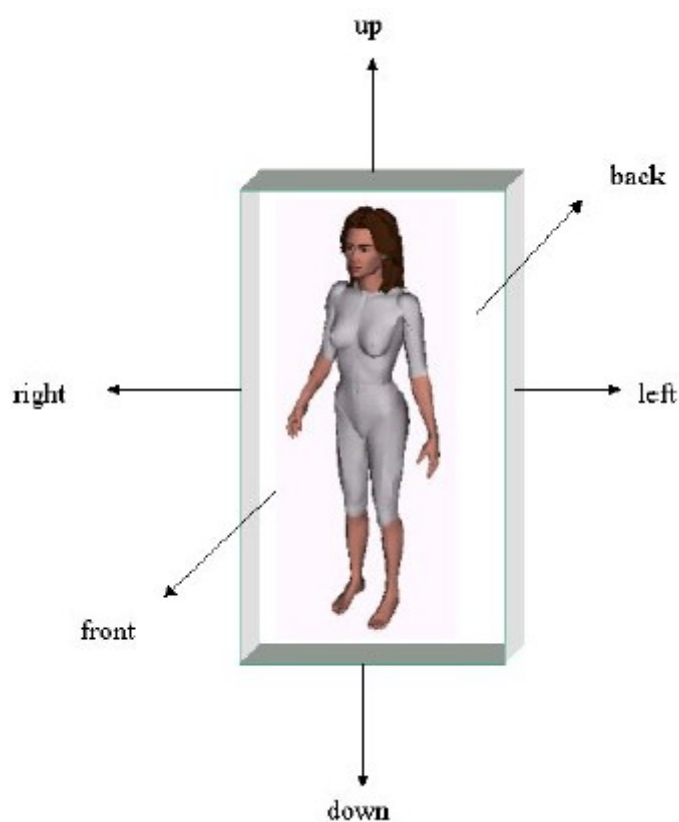
Σε αυτή την ενότητα εξετάζουμε τα γενικά χαρακτηριστικά της γλώσσας STEP.

3.2.3.1 Σύστημα αναφοράς

Το σύστημα αναφοράς της STEP αποτελείται από τρεις συνιστώσες: κατεύθυνσης, σώματος και χρόνου.

Σύστημα Αναφοράς Κατεύθυνσης

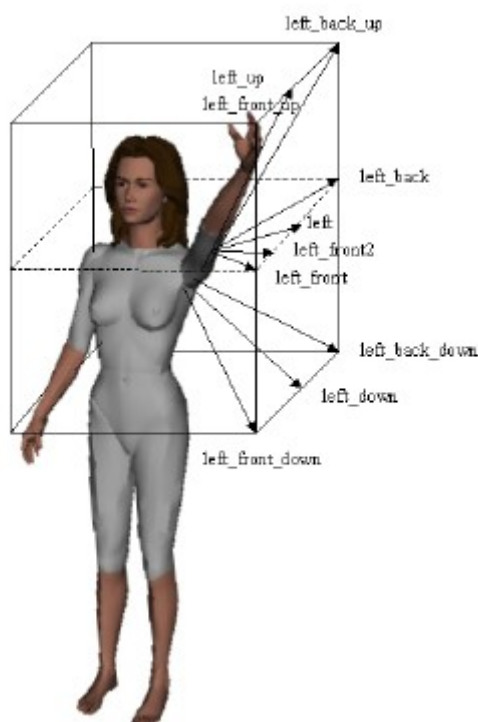
Το σύστημα αναφοράς κατεύθυνσης στη γλώσσα STEP βασίζεται στις προδιαγραφές του H-Anim, όπως αυτές αναλύθηκαν στο κεφάλαιο 2. Με βάση την αρχική θέση του εικονικού χαρακτήρα, ορίζεται το σύστημα αναφοράς το οποίο απεικονίζεται σχήμα 27.



Σχήμα 27: Σύστημα Αναφοράς Κατεύθυνσης του εικονικού χαρακτήρα.

Το σύστημα αναφοράς κατευθύνσεων βασίζεται στους εξής τρεις άξονες: Στον άξονα Z που αντιστοιχεί από πίσω προς τα μπροστά, στον άξονα Y που αντιστοιχεί από πάνω προς τα κάτω και στον X από τα αριστερά προς τα δεξιά. Επιπλέον, για το χαρακτηρισμό των κατευθύνσεων, η γλώσσα STEP χρησιμοποιεί ονομασίες πολύ κοντά στη φυσική γλώσσα όπως για παράδειγμα η κατεύθυνση “front-up”. Οι κατευθύνσεις είναι πάντα σε σχέση με το τοπικό σύστημα

συντεταγμένων του προς κίνηση μέλους. Έτσι για παράδειγμα, στο σχήμα 28 φαίνονται διάφοροι συνδυασμοί κατευθύνσεων για τον αριστερό βραχίονα.



Σχήμα 28: Οι κατευθύνσεις του τοπικού συστήματος συντεταγμένων του αριστερού βραχίονα.

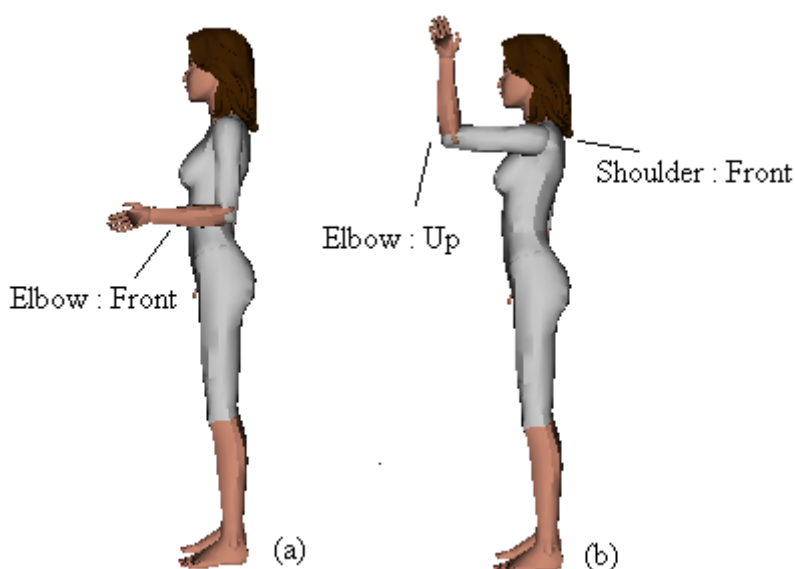
Οι πιο σύνθετες εφαρμογές απαιτούν επιπλέον αριθμό κατευθύνσεων για τον προσδιορισμό των οποίων έχει χρησιμοποιηθεί γραμμική παρεμβολή. Παραδείγματα τέτοιων κατευθύνσεων είναι η “left_front2” η οποία αναπαριστά την κατεύθυνση μεταξύ των “left” και “left_front”, όπως φαίνεται επίσης στο σχήμα 28. Ο ορισμός των κατευθύνσεων με ονομασίες κοντά στη φυσική γλώσσα διευκολύνει το σχεδιασμό ενεργειών σεναρίου, καθώς απαλείφεται η δυσκολία της VRML η οποία απαιτεί λεπτομερείς γνώσεις πάνω στα συστήματα αναφοράς. Επιπλέον όμως, παρέχεται στους πιο έμπειρους προγραμματιστές η δυνατότητα της άμεσης πρόσβασης στο σύστημα αναφοράς της VRML προσφέροντάς τους έτσι έναν καλύτερο και πιο ακριβή έλεγχο του εικονικού μοντέλου.

Σύστημα Αναφοράς Σώματος

Το σύστημα αναφοράς σώματος της γλώσσας STEP, συμβαδίζει με την ιεραρχία συνδέσμων του προτύπου H-Anim , όπως αυτή αναλύθηκε στο δεύτερο

κεφάλαιο. Έτσι, η μετακίνηση οποιουδήποτε μέλους του σώματος υποδηλώνει περιστροφή της αντίστοιχης άρθρωσης. Επιπλέον η θέση ενός συνδέσμου επηρεάζεται από τους συνδέσμους οι οποίοι προηγούνται αυτού στην ιεραρχία.

Ένα παράδειγμα χρήσης του συστήματος αναφοράς σώματος δίνεται στο σχήμα 29. Αρχικά (σχήμα 29α) η κατεύθυνση του αριστερού αγκώνα είναι προς τα εμπρός. Στη συνέχεια (σχήμα 29β) αυτή η κατεύθυνση αλλάζει και ο αγκώνας στρέφεται προς τα επάνω. Επιπλέον επιβάλλει και στον ώμο (ο οποίος προηγείται του αγκώνα στην ιεραρχία συνδέσμων) να αλλάξει κατεύθυνση και να στραφεί προς τα εμπρός. Στην πράξη το σύστημα αναφοράς του σώματος της γλώσσας STEP διευκολύνει το σχεδιασμό της κίνησης ειδικότερα με χρήση της τεχνικής ευθείας κινηματικής αφού επιτρέπει τον ακριβή προσδιορισμό της κατεύθυνσης κάθε μέλους.



Σχήμα 29: Αλλαγή της κατεύθυνσης του αγκώνα και του ώμου

3.2.3.2 Σύστημα Αναφοράς Χρόνου

Η γλώσσα STEP χρησιμοποιεί το ίδιο σύστημα αναφοράς χρόνου που χρησιμοποιεί και η VRML. Για παράδειγμα ο κώδικας για μία ενέργεια η οποία εκτελείται σε 2 δευτερόλεπτα είναι: `turn(humanoid, l_shoulder, front, time(2,second))`. Εναλλακτικά υπάρχει ένας άλλος τρόπος καθορισμού της χρονικής διάρκειας μίας ενέργειας με χρήση των παραμέτρων «ρυθμού» (tempo) και «παλμού» (beat). Ο παλμός εκφράζει το χρονικό διάστημα μεταξύ δύο κινήσεων του σώματος, ενώ ο ρυθμός είναι ο αριθμός των παλμών ανά λεπτό. Αρχικά ο ρυθμός τίθεται στην τιμή

60, το οποίο σημαίνει ότι ένας παλμός αντιστοιχεί σε ένα δευτερόλεπτο. Στη συνέχεια, ο ρυθμός μπορεί να επιταχυνθεί ή να επιβραδυνθεί με αντίστροφες αλλαγές στην τιμή του παλμού έτσι ώστε να γίνει δυνατός ο ορισμός διαφορετικών ταχυτήτων κίνησης όπως «γρήγορα» (για έναν παλμό), «αργά» (για τρεις παλμούς) κ.α.

3.2.3.3 Τελεστές βασικών και σύνθετων κινήσεων

Οι βασικοί τρόποι κίνησης των μελών του εικονικού χαρακτήρα είναι η περιστροφή και η μετακίνηση.

Η περιστροφή ορίζεται με χρήση του τελεστή “turn” ο οποίος δέχεται σαν ορίσματα την κατεύθυνση (“Direction”) και την ταχύτητα (“Duration”) της περιστροφής:

turn(humanoid, BodyPart, Direction, Duration).

Η μετακίνηση καθορίζει την αλλαγή θέσης των μελών του σώματος. Ορίζεται με χρήση του τελεστή “move” ο οποίος δέχεται τα ίδια ορίσματα με τον τελεστή “turn”:

move(humanoid, BodyPart, Direction, Duration).

Για την περιστροφή και την μετακίνηση ολόκληρου του σώματος του εικονικού χαρακτήρα (και όχι μόνο ενός μέλους) υπάρχουν οι παρακάτω δύο εντολές:

turn_body(humanoid, Direction, Duration)

move_body(humanoid, Direction, Duration).

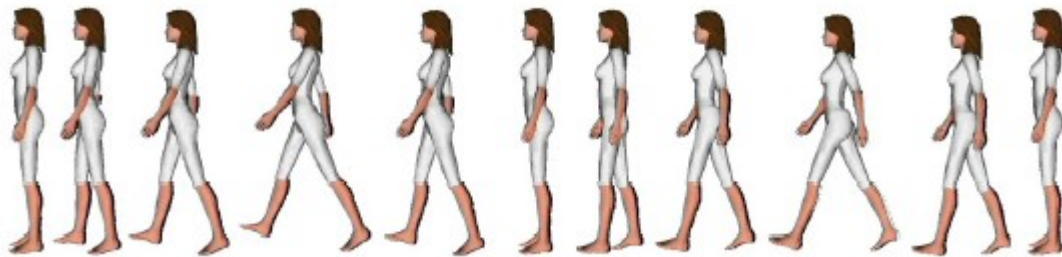
Οι τελεστές οι οποίοι χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό σύνθετων κινήσεων είναι ο τελεστής “seq” ο οποίος προκαλεί την ακολουθιακή εκτέλεση των κινήσεων τις οποίες εσωκλείει και ο τελεστής “par” ο οποίος προκαλεί την παράλληλη εκτέλεσή τους. Επιπλέον υπάρχει ο τελεστής “choice” ο οποίος προκαλεί την τυχαία εκτέλεση μίας από τις κινήσεις που εσωκλείει και τέλος ο τελεστής “repeat” ο οποίος επαναλαμβάνει την εκτέλεση των κινήσεων τις οποίες εσωκλείει για καθορισμένο (από το χρήστη) αριθμό επαναλήψεων.

Παραδείγματα

Σε αυτή την παράγραφο θα αναλυθούν δύο παραδείγματα χρήσης της γλώσσας STEP. Το πρώτο παράδειγμα “walk” αναφέρεται σε μία ακολουθία κινήσεων του εικονικού χαρακτήρα ενώ στο δεύτερο παράδειγμα “touch” αναλύεται η δυνατότητα επίλυσης προβλημάτων με τη μέθοδο της αντίστροφης κινηματικής την οποία έχει η γλώσσα STEP .

Παράδειγμα 1: “Walk”

Η κίνηση του βαδίσματος είναι μία σύνθετη κίνηση η οποία αποτελείται από τις παρακάτω δύο απλές κινήσεις: Κατά τη διάρκεια της πρώτης κίνησης ο αριστερός βραχίονας και το δεξί πόδι κινούνται προς τα εμπρός ενώ παράλληλα ο δεξιός βραχίονας και το αριστερό πόδι κινούνται προς τα πίσω. Κατά τη διάρκεια της δεύτερης κίνησης κινείται ο δεξιός βραχίονας και το αριστερό πόδι προς τα εμπρός και παράλληλα ο αριστερός βραχίονας και το δεξί πόδι προς τα πίσω. Οι κύριες θέσεις του σώματος του εικονικού χαρακτήρα καθώς και ορισμένες γραμμικές παρεμβολές τους (για φυσικότερη κίνηση) φαίνονται στο παρακάτω σχήμα 30:



Σχήμα 30: Η κίνηση του Βαδίσματος

Στην γλώσσα STEP όλα τα παραπάνω περιγράφονται ως εξής:

script(walk_pose(humanoid), Action):-

```
Action = seq([
    par([
        turn(humanoid,r_shoulder,back_down2,fast),
        turn(humanoid,r_hip,front_down2,fast),
        turn(humanoid,l_shoulder,front_down2,fast),
        turn(humanoid,l_hip,back_down2,fast)]),
    par([
        turn(humanoid,l_shoulder,back_down2,fast),
        turn(humanoid,l_hip,front_down2,fast),
        turn(humanoid,r_shoulder,front_down2,fast),
        turn(humanoid,r_hip,back_down2,fast)])
]).
```

Όπως φαίνεται, η όλη κίνηση του περπατήματος περιγράφεται από μία ακολουθία παράλληλων ενεργειών οι οποίες τελικά δίνουν τις τις θέσεις της εικόνας

9. Παρατηρούμε ότι η ταχύτητα του βαδίσματος έχει οριστεί να είναι γρήγορη. Φυσικά, θα μπορούσαμε να ορίσουμε οποιαδήποτε ταχύτητα, είτε από τις ήδη καθορισμένες (για παράδειγμα “slow” ή “very fast”), είτε με καθορισμό των δευτερολέπτων διάρκειας της κίνησης.

Επαφή (Touch): Ένα πρόβλημα Αντίστροφης Κινηματικής

Ένα τυπικό πρόβλημα αντίστροφης κινηματικής είναι ο υπολογισμός των γωνιών περιστροφής των βραχιόνων και των καρπών ενός εικονικού χαρακτήρα έτσι ώστε τα χέρια του να αγγίζουν ένα αντικείμενο. Ο συνήθης τρόπος επίλυσης απαιτεί σύνθετους υπολογισμούς όπως είναι η επίλυση διαφορικών εξισώσεων ή η χρήση ειδικών μη γραμμικών βελτιστοποιήσεων.

Η γλώσσα STEP ωστόσο, μπορεί να παρακάμψει όλους αυτούς τους υπολογισμούς και με απλή χρήση ενός τελεστή να επιλύσει προβλήματα ανάστροφης κινηματικής σε πραγματικό χρόνο δίνοντας παράλληλα ικανοποιητικά αποτελέσματα. Για να απλοποιηθεί το πρόβλημα έγινε η παραδοχή ότι οι εικονικοί χαρακτήρες είναι σχεδιασμένοι έτσι ώστε να αγγίζουν ένα αντικείμενο αν αυτό είναι εντός της ακτίνας των χεριών τους, ειδάλλως να στρέφουν τα χέρια τους προς την κατεύθυνση του αντικειμένου. Επιπλέον, υποθέτουμε ότι η άρθρωση του αγκώνα έχει αρκετούς βαθμούς ελευθερίας για μία κατάλληλη λύση.

Η χρήση του τελεστή “touch” παρουσιάζεται στο ακόλουθο παράδειγμα:

`touch_absolutePosition(humanoid,position(0.026,1.29,0.25),'r').`

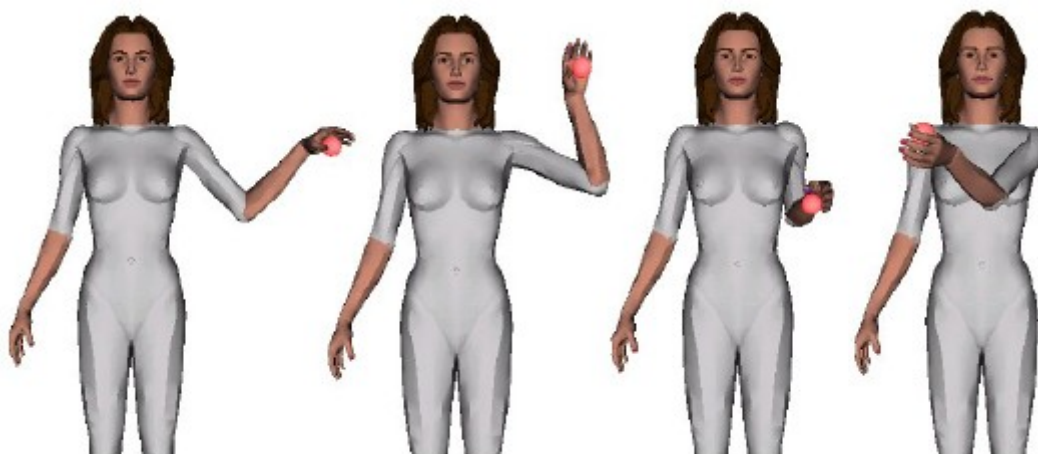
Με την πιο πάνω εντολή, το αριστερό τελικό άκρο του εικονικού χαρακτήρα (“humanoid”), λαμβάνει τη θέση η οποία αντιστοιχεί στους άξονες $X=0.026$, $Y=0.25$ και $Z=1.29$. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι ως τελικό άκρο λαμβάνεται ο σύνδεσμος του καρπού και όχι κάποιο από τα δάχτυλα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να πρέπει να επαναπροσδιορίζουμε τη θέση της παλάμης και των δακτύλων μετά από κάθε χρήση του τελεστή “touch”. Αυτό, ίσως αποτελεί και το μοναδικό μειονέκτημα του τελεστή. Η θέση την οποία λαμβάνει το αριστερό χέρι του εικονικού χαρακτήρα φαίνεται στο σχήμα 31:



Σχήμα 31 : Παράδειγμα Χρήσης τελεστή “touch”

Παρατηρούμε ότι η χρήση του τελεστή “touch” είναι μία απλή διαδικασία κατά την οποία δε χρειάζεται να κινήσουμε τον κάθε σύνδεσμο ξεχωριστά αλλά αρκεί να ορίσουμε το επιθυμητό τελικό σημείο στο οποίο θέλουμε να φτάσει το τελικό άκρο. Η κίνηση την οποία λαμβάνουμε σαν αποτέλεσμα είναι φυσική και ακολουθεί την αρχή της «ελάχιστης ενέργειας» (όπως αυτή αναλύθηκε στο δεύτερο κεφάλαιο στην ενότητα «Μέθοδος περιορισμού του χωροχρόνου»), δηλαδή το άκρο του εικονικού χαρακτήρα προσεγγίζει την τελική του θέση ακολουθώντας το πιο σύντομο μονοπάτι.

Στο επόμενο σχήμα φαίνονται μερικές καταστάσεις του εικονικού χαρακτήρα οι οποίες δημιουργήθηκαν με χρήση του τελεστή “touch” και κατάλληλη προσαρμογή της παλάμης και των δακτύλων ώστε να στραφούν προς την επιθυμητή κατεύθυνση.



Σχήμα 32: Καταστάσεις βασισμένες στη χρήση του τελεστή “touch”

3.2.4 Προτάσεις Επέκτασης πλατφόρμας STEP

Σε αυτή την ενότητα, αναλύουμε κάποια χαρακτηριστικά τα οποία θα ήταν χρήσιμο να ενσωματωθούν στην υπάρχουσα πλατφόρμα STEP ώστε αυτή να γίνει ακόμη πιο εύχρηστη.

1.Καθορισμός συντεταγμένων

Ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό το οποίο θα διευκόλυνε το σχεδιασμό των κινήσεων είναι η ύπαρξη ενός συστήματος καθορισμού των ακριβών συντεταγμένων για κάθε θέση του χώρου κινήσεων του εικονικού χαρακτήρα. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί για παράδειγμα είτε με την εμφάνιση ενός πλέγματος συντεταγμένων είτε με κάποιο άλλο μηχανισμό, ώστε να είναι δυνατός ο ακριβής καθορισμός κάθε σημείου του χώρου. Ένας τέτοιος μηχανισμός αυτόματης απόδοσης των συντεταγμένων σε συνδυασμό με τον τελεστή touch θα μπορούσε να αφαιρέσει μεγάλο τμήμα του φόρτου εργασίας. Στην υπάρχουσα πλατφόρμα η χρήση του τελεστή touch γίνεται με τη μέθοδο των διαδοχικών δοκιμών (συνεχείς αλλαγές των συντεταγμένων) έως ότου ο καρπός-τελικό άκρο βρεθεί στην επιθυμητή θέση. Παρόλες τις δοκιμές ωστόσο, αυτός παραμένει ένας προσεγγιστικός τρόπος και δεν δίνει την ακρίβεια που απαιτείται για τον καθορισμό ορισμένων κινήσεων. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα πολλές φορές όταν το ζητούμενο είναι η απόλυτη ακρίβεια της κίνησης, να αποφεύγεται η χρήση του τελεστή touch και να καθορίζουμε τις περιστροφές των συνδέσμων μία προς μία. Με χρήση ενός πλέγματος ή μηχανισμού απόδοσης των συντεταγμένων η χρήση του τελεστή touch θα μπορούσε να γενικευτεί απλουστεύοντας πολύ το σχεδιασμό της κίνησης στην πλατφόρμα STEP.

2.Υπαρξη Περιορισμών

Ένα ακόμη χαρακτηριστικό το οποίο θα ήταν χρήσιμο να ενταχθεί στην πλατφόρμα STEP είναι η ύπαρξη φυσικών περιορισμών στα μέλη του εικονικού χαρακτήρα. Αυτός ο μηχανισμός περιορισμών, θα πρέπει να μην επιτρέπει την περιστροφή των συνδέσμων προς κάθε κατεύθυνση αλλά μόνο προς αυτές τις κατευθύνσεις οι οποίες είναι δυνατές να γίνουν από το ανθρώπινο σώμα. Για παράδειγμα η περιστροφή του συνδέσμου του αγκώνα (elbow) από τη φυσική του

θέση θα πρέπει σύμφωνα με το μηχανισμό περιορισμών να επιτρέπεται μόνο ώστε ο αντιβραχίονας να πλησιάζει την μπροστινή πλευρά του βραχίονα και όχι ανάποδα. Επιπλέον, αυτός ο μηχανισμός περιορισμών, θα πρέπει να θεωρεί τα μέλη του σώματος του εικονικού χαρακτήρα άκαμπτα και να μην επιτρέπει το ένα να μπορεί να διαπεράσει το άλλο όπως συμβαίνει στην υπάρχουσα πλατφόρμα. Αυτή η ιδιότητα είναι πολύ χρήσιμη σε κινήσεις όπου τα χέρια πρέπει να ακουμπήσουν μεταξύ τους.

3.2.5 Συμπεράσματα

Σε αυτή την ενότητα παρουσιάστηκε εκτενώς η δομή και η χρήση της γλώσσας STEP μίας γλώσσας σεναρίου κατασκευασμένης ειδικά για τον έλεγχο εικονικών χαρακτήρων με έμφαση σε μορφές επικοινωνίες όπως χειρονομίες και στάσεις. Αναλύθηκαν οι αρχές με βάση τις οποίες δημιουργήθηκε η γλώσσα ενώ τέλος έγινε μία σύντομη παρουσίαση δύο παραδειγμάτων δημιουργίας κίνησης με βάση τη γλώσσα STEP. Οι δυνατότητες τις οποίες προσφέρει η STEP ήταν ο λόγος που επιλέχθηκε ως βασικός μηχανισμός για την υλοποίηση αυτής της διπλωματικής.

3.3 Το ψηφιακό περιβάλλον αναπαράστασης των λέξεων της νοηματικής γλώσσας

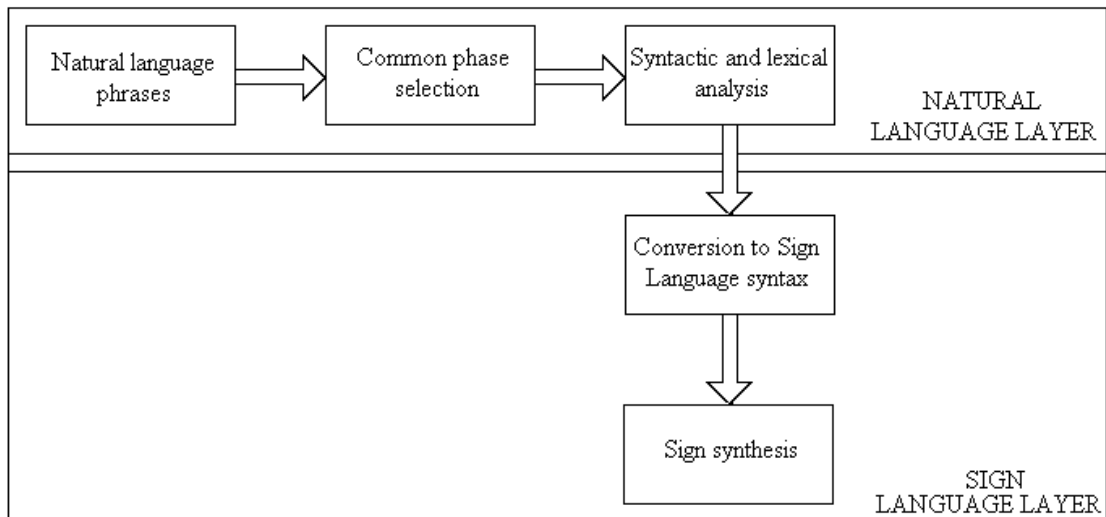
Ωστόσο, μόνο το σύστημα καταγραφής HamNoSys και η ύπαρξη της γλώσσας STEP δεν θα αρκούσαν αν δεν υπήρχαν οι υπολογιστικές εφαρμογές εμφύχωσης οι οποίες αναλαμβάνουν να αναπαραστήσουν σε πραγματικό χρόνο τη σύνθεση των λέξεων-νοημάτων. Στην πιο κάτω ενότητα αναλύουμε τις γενικές αρχές που ακολουθούνται από τις πιο πάνω εφαρμογές και εξετάζουμε αναλυτικά τη συγκεκριμένη εφαρμογή η οποία χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη. Τέλος κάνουμε μία σύντομη αναφορά στις δυνατότητες επέκτασής της.

3.3.1 Υπολογιστικές εφαρμογές Εμφύχωσης, για την αναπαράσταση της νοηματικής γλώσσας

Γενικά, η αρχιτεκτονική σύνθεσης νοημάτων αποτελείται από τους εξής μετασχηματισμούς:

1. Από το κείμενο της φυσικής γλώσσας στη σημασιολογική της αναπαράσταση (semantic representation).
2. Από τη σημασιολογική αναπαράσταση στη μορφολογική αναπαράσταση της νοηματικής γλώσσας.
3. Από τη μορφολογική αναπαράσταση της νοηματικής γλώσσας σε μία γραπτή γλώσσα καταγραφής των νοημάτων.
4. Από αυτή τη γραπτή γλώσσα καταγραφής στην αναπαράσταση των λέξεων-νοημάτων μέσω ενός ψηφιακού ανθρώπινου χαρακτήρα (avatar).

Η πιο πάνω διαδικασία φαίνεται στο σχήμα 33.



Σχήμα 33: Διαδικασία σύνθεσης νοημάτων

Η διαδικασία εμφύχωσης ενός ψηφιακού χαρακτήρα δεν αντιμετωπίζεται με τον ίδιο τρόπο από όλες τις εφαρμογές. Πιο συγκεκριμένα, η έρευνα και η ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα συνήθως αφορούν νοήματα στα οποία συμμετέχει ολόκληρο το σώμα και τα οποία στερούνται ακρίβειας, όπως τα νοήματα που χρησιμοποιούνται από παιχνίδια για υπολογιστή. Ωστόσο κατά την αναπαράσταση των λέξεων της νοηματικής γλώσσας, μας ενδιαφέρει μία πιο λεπτομερής καταγραφή των κινήσεων των χεριών και του πάνω μέρους του σώματος. Μία ενδιαφέρουσα παράμετρος του εικονικού χαρακτήρα αναπαράστασης των νοημάτων είναι η ικανότητα την οποία έχει για αναπαράσταση κάθε γράμματος του αλφαβήτου σαν ένα ξεχωριστό νόημα (finger spelling). Αυτή η τεχνική βρίσκει εφαρμογή στην αναπαράσταση συγκεκριμένων ουσιαστικών, αρκτικόλεξων (acronyms), ορολογίας ή λέξεων για τις οποίες δεν υπάρχει καθορισμένο νόημα. Ένα σύστημα σύνθεσης νοημάτων θα πρέπει σα γενικό κανόνα, να υποστηρίζει την έννοια της διαμορφωσιμότητας όσο το δυνατόν περισσότερο έτσι ώστε να δίνει τη δυνατότητα στον σχεδιαστή να χρησιμοποιεί ήδη υπάρχοντα νοήματα για το σχεδιασμό νέων.

3.3.2 Περιγραφή της μηχανικής πλατφόρμας

Στην ενότητα που ακολουθεί θα περιγράψουμε την υπολογιστική πλατφόρμα την οποία χρησιμοποιήσαμε για τη σύνθεση των λέξεων-νοημάτων. Η συγκεκριμένη πλατφόρμα ουσιαστικά οπτικοποιεί τις εντολές της γλώσσας STEP. Αποτελείται καταρχήν από μία HTML σελίδα η οποία περιέχει ένα VRML εικονικό χαρακτήρα

καθώς και αναφορές στη μηχανή STEP και σε μία διεπαφή JavaScript (η οποία διευκολύνει την επικοινωνία χρήστη και προγράμματος). Η χρήση της HTML σελίδας, μεγιστοποιεί την διαλειτουργικότητα και την καθιστά προσβάσιμη σε ένα πλήθος χρηστών.

3.3.2.1 Η Γραφική Διεπαφή Χρήστη της πλατφόρμας

Το περιβάλλον της μηχανικής πλατφόρμας το οποίο χρησιμοποιήσαμε για τη σύνθεση των νοημάτων, απεικονίζει στη μισή σχεδόν επιφάνεια της ιστοσελίδας έναν ενσωματωμένο VRML χαρακτήρα. Ο εικονικός αυτός χαρακτήρας (σχήμα 34) είναι αρθρωτός και συμβατός με το πρότυπο H-Anim. Με αυτόν τον τρόπο εξασφαλίζουμε τη μέγιστη δυνατή ακρίβεια στην αναπαράσταση των νοημάτων.



Σχήμα 34: Ο εικονικός αρθρωτός χαρακτήρας τον οποίο χρησιμοποιούμε για την οπτική αναπαράσταση των λέξεων-νοημάτων.

Η εφαρμογή προσφέρει 11 οπτικές γωνίες (προεπιλεγμένη, μπροστινή, πλαϊνή, απομακρυσμένη και άλλες) για την αναπαράσταση του εικονικού χαρακτήρα και ο χρήστης μπορεί να επιλέξει οποιαδήποτε από αυτές. Αυτή η δυνατότητα επιλογής έχει ιδιαίτερη σημασία ειδικά σε μία εφαρμογή αναπαράστασης λέξεων της

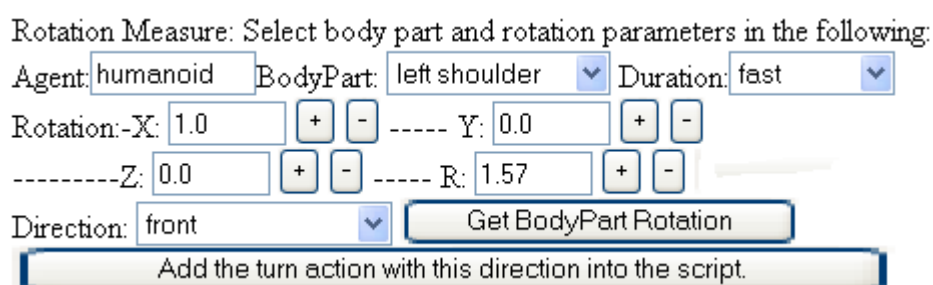
νοηματικής γλώσσας, καθώς με αυτόν τον τρόπο ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να κατανοήσει καλύτερα τον τρόπο δημιουργίας του νοήματος. Εκτός από την πλειάδα οπτικών γωνιών τις οποίες προσφέρει η εφαρμογή, υπάρχει επίσης η δυνατότητα εστίασης και περιστροφής του εικονικού χαρακτήρα χωρίς να αλλάξει η οπτική γωνία. Κατά τη διάρκεια σύνθεσης των νοημάτων, χρησιμοποιήσαμε ιδιαίτερα αυτό το τελευταίο χαρακτηριστικό.

Η πλατφόρμα, όμως, πέρα από τον εικονικό χαρακτήρα περιέχει και μία διεπαφή ιδιαίτερα φιλική προς το χρήστη. Η διεπαφή αυτή επιτρέπει καταρχήν την επιλογή κάποιων ενσωματωμένων λέξεων οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν παραδείγματα της χρήσης της. Η λίστα της επιλογής των ενσωματωμένων λέξεων φαίνεται στο σχήμα 35:



Σχήμα 35: Επιλογή μίας ενσωματωμένης στην πλατφόρμα λέξης.

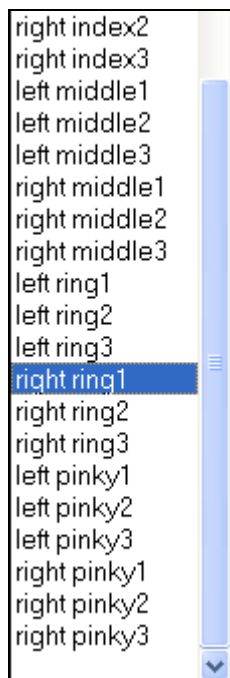
Το τμήμα της διεπαφής το οποίο χρησιμοποιήσαμε για τη σύνθεση των νοημάτων, φαίνεται στο σχήμα 36:



Σχήμα 36: Τμήμα της διεπαφής της πλατφόρμας σύνθεσης νοημάτων

Ο χρήστης εκτελεί μία σειρά από ενέργειες για τη σύνθεση ενός νοήματος, χρησιμοποιώντας τις επιλογές της πλατφόρμας. Τα βήματα τα οποία ακολουθεί είναι:

Βήμα1: Ο χρήστης αρχικά επιλέγει το μέλος του σώματος του εικονικού χαρακτήρα το οποίο θέλει να μετακινήσει. Η λίστα (λίστα Body Part) περιλαμβάνει 46 μέλη και ένα τμήμα της φαίνεται στο σχήμα 37:



Σχήμα 37:Λίστα μελών του εικονικού χαρακτήρα

Βήμα 2: Στη συνέχεια, ο χρήστης επιλέγει την ταχύτητα με την οποία επιθυμεί να γίνει η κίνηση. Υπάρχουν 5 επιλογές (πολύ αργή κίνηση, αργή, γρήγορη, πολύ γρήγορη και καθορισμός ταχύτητας σε δευτερόλεπτα). Αν επιλέξει να καθορίσει την ταχύτητα της κίνησης σε δευτερόλεπτα, θα πρέπει να εισάγει έναν αριθμό δευτερολέπτων στο τμήμα του κώδικα της γλώσσας σεναρίου (το οποίο θα αναλύσουμε πιο κάτω).

Βήμα 3: Κατόπιν ο χρήστης επιλέγει την κατεύθυνση την οποία θέλει να έχει το μέλος (αναφερόμαστε στις κατευθύνσεις e.f.d και p.o όπως αυτές εξηγούνται στην ενότητα 3.1.1). Η λίστα αυτή των κατευθύνσεων περιλαμβάνει 29 κατευθύνσεις. Μετά από τα παραπάνω, το επιλεγμένο μέλος έχει τοποθετηθεί σε μία θέση στο χώρο.

Βήμα 4: Επιπλέον ο χρήστης μπορεί να αλλάξει τον προσανατολισμό του μέλους αλλάζοντας τη γωνία περιστροφής ή τοποθέτηση του στο χώρο. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας τις επιλογές περιστροφής (rotation-R, με μονάδα μέτρησης τα

ακτίνα) και χώρου (άξονες X, Y, Z) τις οποίες διαθέτει η πλατφόρμα. Εάν ένας άξονας έχει τιμή μηδέν, τότε θα υπάρξει μηδενική περιστροφή ως προς αυτόν. Αν πάλι παραπάνω από δύο άξονες έχουν μη μηδενική τιμή, τότε γίνεται κανονικοποίηση και ο βαθμός περιστροφής (τιμή R) μοιράζεται ανάλογα σε περιστροφή ως προς τους άξονες αυτούς.

Θα πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι η επιλογή της κατεύθυνσης (βήμα 3) δίνει στο μέλος έναν πρότυπο προσανατολισμό. Ο χρήστης δεν μπορεί κατόπιν να αλλάξει τελείως αυτόν τον προσανατολισμό και αν το προσπαθήσει τότε το μέλος αυτόματα αποκτά ξανά τον τελευταίο αποδεκτό προσανατολισμό του. Για παράδειγμα, έστω ο εικονικός χαρακτήρας έχει τοποθετηθεί όπως στο σχήμα 38(a) και ότι ο χρήστης θέλει να περιστρέψει τον καρπό ώστε η παλάμη να στραφεί προς το έδαφος. Χρησιμοποιεί για το σκοπό αυτό το μέλος «αριστερός καρπός» (“left wrist”) και του δίνει τη διεύθυνση “front down”. Για να στραφεί η παλάμη προς τα κάτω πρέπει να αλλάξει τις τιμές του άξονα Y και της περιστροφής R. Η επιθυμητή περιστροφή R ισούται με -0,767. Παρατηρούμε ωστόσο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 38(b), ότι στον άξονα Y για τιμές μεγαλύτερες από 1.5 το μέλος επανέρχεται αυτόματα στην θέση που είχε για την τιμή 1.5 και επομένως αν θέλουμε άλλη τοποθέτησή του θα πρέπει να γυρίσουμε ξανά στο βήμα 2 και να επιλέξουμε διαφορετική κατεύθυνση.

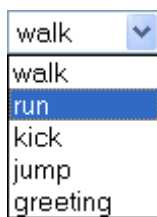


Σχήμα 38: (a) αρχική θέση εικονικού χαρακτήρα, (b) η παλάμη δεν μπορεί να περιστραφεί περισσότερο.

Βήμα 5: Τέλος, ο χρήστης αν το επιθυμεί μπορεί να κάνει χρήση είτε της επιλογής «Εισαγωγή της κίνησης με αυτή την περιστροφή στον κώδικα» (“Add the turn action with this rotation into the script”) είτε της «Εισαγωγή της κίνησης με αυτή την κατεύθυνση στον κώδικα» (“Add the turn action with this direction into the script”). Αυτές οι επιλογές του επιτρέπουν να εισάγει τις αλλαγές τις οποίες έκανε στον κώδικα της γλώσσας σεναρίου, ώστε να αποθηκεύσει την κίνηση ή την αλληλουχία κινήσεων τις οποίες δημιουργεί.

Τα βήματα 1 έως 4 μπορούν να επαναληφθούν όσες φορές χρειαστεί, ώστε να οδηγήσουν στη σύνθεση της επιθυμητής λέξης-νοήματος.

Στη διεπαφή υπάρχει επιπλέον μία λίστα η οποία περιέχει κάποιες βασικές κινήσεις τις οποίες μπορεί να εκτελέσει ο εικονικός χαρακτήρας. Αυτή η λίστα με τις κινήσεις, η οποία φαίνεται στο πιο κάτω σχήμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί από κάποιο χρήστη ο οποίος έρχεται για πρώτη φορά σε επαφή με την πλατφόρμα και να βοηθήσουν στην εξοικείωσή του με αυτήν.



Σχήμα 39: Λίστα με κινήσεις τις οποίες μπορεί να εκτελέσει ο εικονικός χαρακτήρας

Τέλος υπάρχει στη διεπαφή ένας χώρος ο οποίος απεικονίζει τον κώδικα της γλώσσας σεναρίου STEP η οποία χρησιμοποιείται για τον έλεγχο των κινήσεων του μοντέλου. Η περιοχή εισαγωγής εντολών της γλώσσας απεικονίζεται στο σχήμα 40. Έτσι, δίνονται δύο δυνατότητες στο χρήστη: είτε να επιλέξει να συνθέσει την επιθυμητή κίνηση χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα της διεπιφάνειας τα οποία περιγράψαμε προηγουμένως, είτε να εισάγει απευθείας εντολές της γλώσσας STEP. Αυτό βέβαια προϋποθέτει την πλήρη εξοικείωση κάποιου με το συντακτικό της γλώσσας, καθώς ακόμη και ένα μικρό σφάλμα έχει ως αποτέλεσμα τη μη λειτουργία του κώδικα. Στις περισσότερες περιπτώσεις πάντως, αυτό που συμβαίνει είναι μία υβριδική χρήση των πιο πάνω επιλογών. Ο προγραμματιστής δηλαδή χρησιμοποιεί τα πλήκτρα της διεπαφής για έναν κατά προσέγγιση ορισμό της κίνησης και στη συνέχεια την τελειοποιεί διορθώνοντας τον κώδικα όπου χρειάζονται αλλαγές.

Script Text Area

```
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1.0,0.0,0.0,1.57),fast),  
turn(humanoid,r_shoulder,rotation(0,0,1,0),fast),  
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.379,-0.159,0.9100,2.4000),fast),  
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1,0,0,-0.400),fast),  
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0,0,1,-0.769),fast),  
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0,0,1,-2.339),fast)
```

Test Script

Clear Script

Pose Reset

Stop Applet

Finger Reset

Σχήμα 40: Περιοχή εισαγωγής εντολών της γλώσσας STEP

Τα πλήκτρα τα οποία βρίσκονται στο κάτω μέρος της περιοχής εισαγωγής εντολών χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση του κώδικα τον οποίο περιέχει η περιοχή (“Test script”), για τον καθαρισμό της περιοχής (“Clear Script”), την επαναφορά της στάσης του σώματος του μοντέλου στην αρχική του κατάσταση (“Pose Reset”), τη διακοπή της κίνησης (“Stop Applet”) και τέλος, για την επαναφορά των δάκτυλων στην αρχική τους θέση (“Finger Reset”).

3.3.2.2 Εσωτερική λειτουργία της πλατφόρμας

Εκτός από το γραφικό περιβάλλον το οποίο υπάρχει για τη διευκόλυνση του χρήστη και την αναπαράσταση των νοημάτων, η πλατφόρμα λειτουργεί με βάση κάποιες αρχές τις οποίες θα αναλύσουμε σε αυτή την ενότητα.

Επιγραμματικά, το σύστημα λειτουργεί ακολουθώντας την εξής σειρά ενεργειών:

Οι ενέργειες του χρήστη μέσω των εργαλείων JavaScript (πλήκτρα, φόρμες κ.τ.λ) τα οποία περιέχει η πλατφόρμα, προκαλούν την κλήση ενός Java Applet. Στη συνέχεια οι εντολές αυτές μετατρέπονται στη γλώσσα STEP. Κατόπιν, διαβάζονται οι εντολές STEP (αυτές που μετατράπηκαν από το πρόγραμμα αλλά και όσες μπορεί να εισήγαγε ο χρήστης). Στη συνέχεια υπάρχει μία εσωτερική επικοινωνία STEP με DLP και ακολουθεί η αντίστροφη πορεία μέχρι να φτάσουν τα δεδομένα για τον προσανατολισμό των αρθρώσεων του εικονικού χαρακτήρα στον φυλλομετρητή. Τέλος, στο σημείο εκείνο το πρόσθετο πρόγραμμα (plug-in) της VRML 97 αναλαμβάνει να αποδώσει σωστά την κίνηση του χαρακτήρα.

3.3.2.3 Προβλήματα και Περιορισμοί

Στη συνέχεια περιγράφουμε τους κύριους περιορισμούς που θέτει η χρήση της πλατφόρμας. Οι περισσότεροι από αυτούς τους περιορισμούς είναι τυπικοί σε όλες τις εφαρμογές αναπαράστασης της νοηματικής γλώσσας.

Όσον αφορά στις γλωσσολογικές και εκπαιδευτικές πλευρές της εφαρμογής ένα από τα πιο κύρια ζητήματα που πρέπει να αναφερθούν είναι το γεγονός ότι για κάποιες περιοχές της γλώσσας δεν υπάρχουν αυστηρά προτυποποιημένες λέξεις-νοήματα, έτσι μπορεί να υπάρξουν κάποιες θεωρητικές ενστάσεις όσον αφορά τη χρήση συγκεκριμένων κινήσεων.

Ένα ακόμη σημαντικό ζήτημα είναι ο μικρός αριθμός των λέξεων της ελληνικής νοηματικής γλώσσας οι οποίες έχουν καταγραφεί με το σύστημα HamNoSys. Θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι απαραίτητη προϋπόθεση για την εισαγωγή μίας λέξης στην εφαρμογή είναι η καταγραφή της πρώτα με το HamNoSys, ώστε η αναπαράσταση της να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβής. Οι λέξεις όμως της ελληνικής νοηματικής οι οποίες έχουν μέχρι στιγμής καταγραφεί είναι πολύ λίγες σε σύγκριση με τις συνολικά διαθέσιμες λέξεις της ελληνικής γλώσσας.

Τα πιο σημαντικά τεχνικά τώρα προβλήματα προς επίλυση, περιλαμβάνουν την εύρεση ενός τρόπου ομαλής μετάβασης μεταξύ των νοημάτων καθώς και την μίξη μεταξύ των χειρομορφών έτσι ώστε οι λέξεις-νοήματα σε μία πρόταση να διαδέχονται η μία την άλλη με όσο το δυνατόν πιο φυσικό τρόπο.

Ένα άλλο ζήτημα σχετικό με την αναπαράσταση των κινήσεων έχει να κάνει με την κυκλική και την κυματοειδή κίνηση. Εφόσον χρησιμοποιείται η τεχνική των χαρακτηριστικών καρέ, η κυκλική ή γενικά η καμπυλόγραμμη κίνηση θα πρέπει να υπολογίζεται με βάση τις θέσεις διαδοχικών χαρακτηριστικών καρέ. Αυτό συχνά έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια της ορθής κίνησης της παλάμης. Επιπλέον, ένας σημαντικός παράγοντας της σύνθεσης νοημάτων είναι η χρήση μη-λεκτικών στοιχείων, όπως οι εκφράσεις του προσώπου ή οι κινήσεις των ώμων σαν συνθετικό στοιχείο της γραμματικής. Προς το παρόν, οι μόνες μη λεκτικές εκφράσεις οι οποίες είναι δυνατό να κωδικοποιηθούν χρησιμοποιώντας την συγκεκριμένη πλατφόρμα είναι η αλλαγή της κατεύθυνσης του βλέμματος ώστε να κοιτά τα κινούμενα χέρια του εικονικού ομιλητή καθώς και το λύγισμα του κορμού προς τα εμπρός στην περίπτωση που ο χαρακτήρας αναπαριστά μία ερώτηση. Γενικά, η πλατφόρμα δεν ενσωματώνει προς το παρόν εκφράσεις προσώπου και για αυτό το λόγο σε αυτή τη

μελέτη χρησιμοποιήσαμε μία άλλη πλατφόρμα (η οποία αναλύεται σε επόμενη ενότητα) για τη σύνθεση τέτοιων εκφράσεων.

Ο τελικός σκοπός αυτής όπως και κάθε παρόμοιας εφαρμογής παραμένει η αυτόματη μετάφραση της γλώσσας. Ωστόσο η παραγωγή αποδεκτών προτάσεων για τη μετάφραση οποιασδήποτε γλώσσας παραμένει προς το παρόν ένα δύσκολο ζήτημα και ακόμη δυσκολότερο στην περίπτωση μίας νοηματικής γλώσσας.

3.3.2.4 Προοπτικές επεκτασιμότητας

Ο μετατροπέας από την ελληνική ομιλούμενη στην ελληνική νοηματική γλώσσα είναι ένα πλήρως επεκτάσιμο εργαλείο τόσο από την πλευρά της ποιότητας απόδοσης όσο και από την άποψη του δυναμικού του περιεχομένου. Στη συνέχεια δίνουμε κάποιες προτάσεις επέκτασης και βελτίωσης της εφαρμογής:

- Η βιβλιοθήκη της εφαρμογής η οποία τροφοδοτεί το σύστημα θα εμπλουτιστεί έτσι ώστε να περιλάβει και μη λεκτικά στοιχεία της γλώσσας τα οποία θα υποστηρίζουν τη νοηματική απόδοση των λέξεων και θα κάνουν τις κινήσεις του εικονικού χαρακτήρα πιο φυσικές.
- Μπορούν να εισαχθούν νέες λέξεις, εκφράσεις και γλωσσολογικό υλικό, ώστε η πλατφόρμα να μπορεί να παρέχει υπηρεσίες σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης και όχι μόνο στη βαθμίδα του δημοτικού όπως είναι η μέχρι τώρα δυνατότητά της.
- Η εφαρμογή μπορεί να εμπλουτιστεί ώστε να απευθύνεται σε διαφορετικές ομάδες ατόμων (κωφούς μαθητές υψηλότερων τάξεων, ακούοντες μαθητές και ενήλικες καθώς και για ειδικές περιπτώσεις διδασκαλίας της ελληνικής νοηματικής γλώσσας).
- Ο μετατροπέας αυτός της ελληνικής ομιλούμενης στην ελληνική νοηματική γλώσσα, θα μπορεί να εφαρμοστεί σε πολλά άλλα συστήματα (πέραν της πλατφόρμας εκμάθησης μέσω διαδικτύου η οποία είναι αυτή τη στιγμή υπό κατασκευή). Σαν ανεξάρτητη εφαρμογή, ο μετατροπέας θα μπορεί να υποστηρίξει τη δυνατότητα πρόσβασης σε περιβάλλοντα παραγωγής κειμένων, ανάκτησης πληροφοριών, περιληπτικής παρουσίασης της πληροφορίας και άλλα.
- Από κοινωνικό-οικονομικής πλευράς, η ύπαρξη της εφαρμογής μετατροπής ελληνικών στην ΕΝΓ θα συνεισφέρει στη διαμόρφωση ίσων ευκαιριών για τον πληθυσμό των κωφών στην Ελλάδα.

3.4 Ο εικονικός χαρακτήρας GRETA

Στον τομέα των αυτόνομων πρακτόρων (Autonomous Agents) ένα μεγάλο τμήμα της έρευνας στρέφεται στους Ενσώματους Ομιλούντες Πράκτορες (Embodied Conversational Agents - ECAs). Ένας ECA είναι ένας εικονικός χαρακτήρας με σώμα (το οποίο είναι είτε δύο είτε τριών διαστάσεων) ο οποίος αλληλεπιδρά με το χρήστη ή με κάποιον άλλο εικονικό χαρακτήρα μέσω μίας πολυδιάστατης συμπεριφοράς, κάνοντας χρήση λέξεων, εκφράσεων προσώπου και βλέμματος, χειρονομιών καθώς και με τη γενικότερη στάση και κίνηση του σώματός του. Οι εικονικοί χαρακτήρες ECA χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές ηλεκτρονικού εμπορίου, σε τουριστικές αλλά και σε παιδαγωγικές εφαρμογές.

3.4.1 Ο εικονικός χαρακτήρας Greta

Στα πλαίσια αυτής της μελέτης, όπου ο στόχος ήταν η δημιουργία εκφράσεων του προσώπου οι οποίες να συνδέονται με λέξεις της νοηματικής γλώσσας, χρησιμοποιήσαμε το χαρακτήρα Greta. Ο εικονικός χαρακτήρας Greta είναι ένας τρισδιάστατος ECA χαρακτήρας ο οποίος απεικονίζει το πρόσωπο μίας νεαρής γυναίκας. Ο χαρακτήρας μπορεί καταρχήν να παράγει εκφράσεις προσώπου και με αυτόν τον τρόπο επικοινωνεί πολλαπλά συναισθήματα (όπως «θυμός», «λύπη», «χαρά») απαραίτητα για τη ολοκληρωμένη δημιουργία μίας λέξης-νοήματος. Επιπλέον, η Greta μπορεί να αλλάζει την κατεύθυνση του βλέμματός της ώστε να κοιτά προς το συνομιλητή της ή προς το αντικείμενο στο οποίο αναφέρεται. Μία άλλη ιδιότητα των εκφράσεών της Greta είναι ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το διαχωρισμό αντίθετων εννοιών όπως «μικρός»-«μεγάλος», «σημαντικός»-«ασήμαντος», έννοιες οι οποίες είναι η βάση πολλών λέξεων στη νοηματική γλώσσα. Επίσης ο εικονικός χαρακτήρας Greta μπορεί χρησιμοποιώντας τις κινήσεις των φρυδιών να υπογραμμίζει ένα θέμα ή ένα σχόλιο του διαλόγου της, να κάνει μία ερώτηση ή ακόμη και να εκφράσει τη μη κατανόηση από πλευράς της κάποιας έννοιας. Στη συνέχεια αυτής της ενότητας, θα δούμε επιγραμματικά τα βασικότερα στοιχεία κατασκευής του εικονικού χαρακτήρα Greta καθώς και κάποιες βασικές εκφράσεις της.

3.4.2 Στοιχεία κατασκευής της Greta

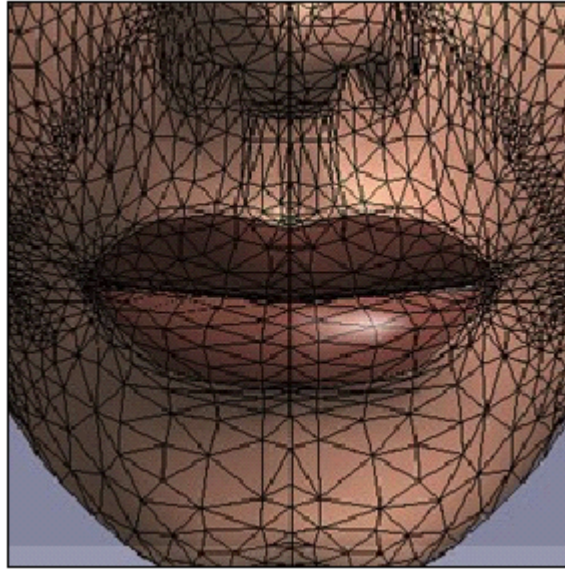
Ο εικονικός χαρακτήρας Greta, είναι ένα τρισδιάστατο μοντέλο συμβατό με το πρότυπο MPEG-4. Ο χαρακτήρας Greta προσφέρεται και για σύνθεση κινήσεων χεριών παρόλα αυτά στη συνέχεια της ενότητας θα αναφερθούμε μόνο στην κατασκευή και τα χαρακτηριστικά του προσώπου της. Ο λόγος είναι ότι στα πλαίσια αυτής της μελέτης χρησιμοποιήσαμε το χαρακτήρα Greta μονάχα για τη σύνθεση εκφράσεων προσώπου, ενώ για τη σύνθεση κινήσεων χεριών έχουμε χρησιμοποιήσει την πλατφόρμα STEP (όπως αυτή αναλύθηκε στην ενότητα 3.3.2)

Η Greta είναι ο πυρήνας ενός MPEG-4 αποκωδικοποιητή και είναι συμβατή με το «Απλό Προφίλ Εμπύχωσης Αντικειμένων Προσώπου» (“Simple Facial Animation Object Profile”) του προτύπου. Με άλλα λόγια, το μοντέλο του αποκωδικοποιητή εμψυχώνεται με απευθείας χρήση των εντολών FAP, όπως αυτές αναλύθηκαν στο δεύτερο κεφάλαιο. Η Greta μπορεί να παράγει τη δομή ενός τρισδιάστατου μοντέλου, να το εμψυχώσει και τέλος να το αποδώσει σε πραγματικό χρόνο.

3.4.2.1 Η πολυγωνική δομή του τρισδιάστατου μοντέλου

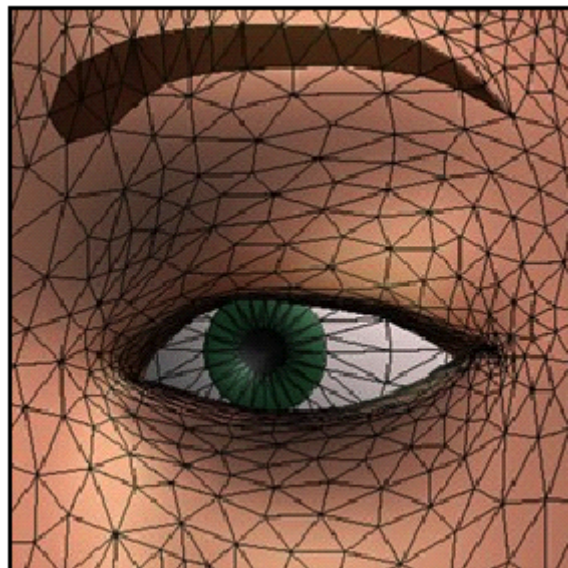
Το τρισδιάστατο μοντέλο προσώπου της Greta χρησιμοποιεί για την αναπαράστασή του πολυγωνικές επιφάνειες, διότι οι σύγχρονοι σταθμοί εργασίας γραφικών (graphic workstations) μπορούν εύκολα να απεικονίσουν αλλά και να αναβαθμίσουν τέτοια πολύπλοκα πολυγωνικά μοντέλα προσώπου σε σχεδόν πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, στο μοντέλο προσώπου της Greta, σε αντιστοιχία με το ανθρώπινο πρόσωπο, υπάρχουν συγκεκριμένες περιοχές οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία και την έκφραση συναισθημάτων. Σε αυτές τις περιοχές, όπως είναι το στόμα, τα μάτια και το μέτωπο έχει δοθεί ιδιαίτερα λεπτομερής σχεδίαση.

Η περιοχή του στόματος αποτελεί μία από τις πιο εκφραστικές περιοχές του ανθρωπίνου προσώπου. Λαμβάνει μέρος στη σύνθεση όλων των εκφράσεων του προσώπου καθώς επίσης και στη διάρθρωση της ομιλίας. Η πολυγωνική δομή αυτής της περιοχής θα πρέπει επομένως να συμβαδίζει με τη δομή των πραγματικών μυών οι οποίοι υπάρχουν γύρω από το στόμα. Ο σχεδιασμός του στόματος και της γύρω από αυτό περιοχής στο πρόσωπο του εικονικού χαρακτήρα Greta ακολουθεί αυτή τη λογική και φαίνεται στο σχήμα 41.



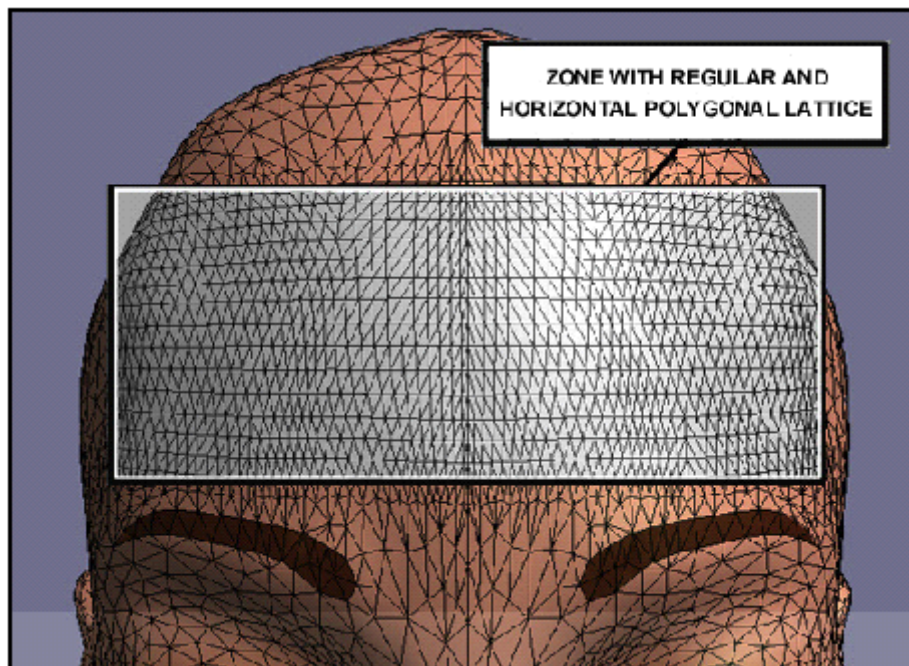
Σχήμα 41: Η περιοχή του στόματος του εικονικού χαρακτήρα Greta.

Η περιοχή των ματιών είναι η πιο ευδιάκριτη και εκφραστική περιοχή του ανθρωπίνου προσώπου. Ο εικονικός χαρακτήρα Greta μπορεί λόγω της πολυγωνικής δομής του να κινεί τα βλέφαρα (άνω και κάτω) και τα φρύδια του προσώπου του, να ανοιγοκλείνει τα μάτια καθώς επίσης και να συγχρονίζει το βλέμμα με τις κινήσεις των χεριών του. Η πολυγωνική δομή της περιοχής των ματιών του εικονικού χαρακτήρα Greta φαίνεται στο σχήμα 42.



Σχήμα 42: Η πολυγωνική δομή της περιοχής των ματιών του εικονικού χαρακτήρα Greta.

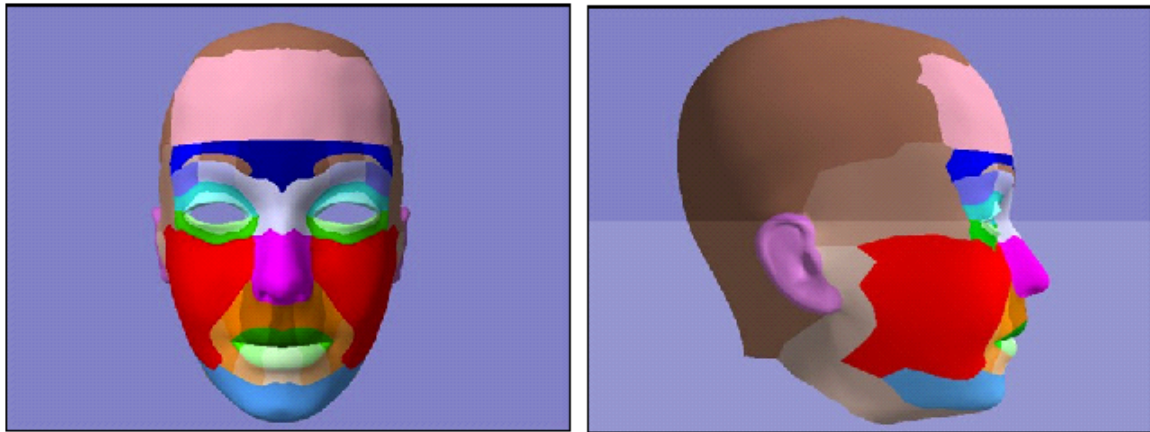
Το μέτωπο διαδραματίζει επίσης σημαντικό ρόλο στη δημιουργία εκφράσεων του προσώπου. Όταν το μοντέλο βρίσκεται στην ουδέτερη θέση του πρόκειται για μία απλή επίπεδη περιοχή. Όταν όμως αλλάζει η έκφραση, αλλάζει και η μορφή του μετώπου. Για παράδειγμα, κατά τη διάρκεια της έκφρασης «έκπληξη» τα φρύδια του μοντέλου ανασηκώνονται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία οριζόντιων πτυχώσεων στο μέτωπο, ενώ σε άλλες περιπτώσεις εκφράσεων δημιουργούνται κάθετες πτυχώσεις. Η πολυγωνική δομή του μετώπου επιτρέπει την πειστική δημιουργία όλων αυτών των πτυχώσεων και απεικονίζεται στο σχήμα 43:



Σχήμα 43: Η πολυγωνική δομή του μετώπου του εικονικού χαρακτήρα.

3.4.2.2 Διαχωρισμός του προσώπου τις Greta σε περιοχές

Το μοντέλο προσώπου του χαρακτήρα Greta χωρίζεται σε περιοχές ώστε να είναι δυνατός ο χειρισμός του για τη δημιουργία αληθοφανών εκφράσεων. Οι περιοχές αυτές αντιστοιχούν στις περιοχές σημείων οι οποίες ελέγχονται από τις εντολές FAP. Οι περιοχές διαχωρισμού του προσώπου απεικονίζονται στο σχήμα 44:



Σχήμα 44: Οι περιοχές διαχωρισμού του προσώπου οι οποίες αντιστοιχούν στις περιοχές ελέγχου των FAPs.

3.4.3 Μηχανισμός δημιουργίας εκφράσεων- Εντολές FAP

Στη συνέχεια της ενότητας θα αναφερθούμε στο μηχανισμό ο οποίος δημιουργεί τις εκφράσεις στο πρόσωπο της Greta και θα δώσουμε κάποια παραδείγματα δημιουργίας εκφράσεων με χρήση αυτού του μηχανισμού. Όπως αναφέρθηκε, το πρόσωπο του εικονικού χαρακτήρα χωρίζεται σε συγκεκριμένες περιοχές οι οποίες ελέγχονται από τις εντολές FAP του προτύπου MPEG-4. Κάθε αλλαγή μίας FAP εντολής έχει ως αποτέλεσμα την αλλαγή θέσης σε μία περιοχή του προσώπου, ενώ για τη δημιουργία της έκφρασης ο σχεδιαστής αλλάζει καταρχήν τις τιμές όσων εντολών FAP κριθούν απαραίτητες. Κατόπιν, απεικονίζεται το πρόσωπο της Greta με βάση τις αλλαγές θέσης τις οποίες οι εντολές FAP έχουν επιφέρει στα χαρακτηριστικά της.

3.4.3.1 Εφαρμογή των εντολών FAP στο τρισδιάστατο μοντέλο

Γενικά, η αλλαγή της θέσης μίας ακμής κάποιας περιοχής του προσώπου εξαιτίας μίας εντολής FAP, υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τρία είδη πληροφορίας:

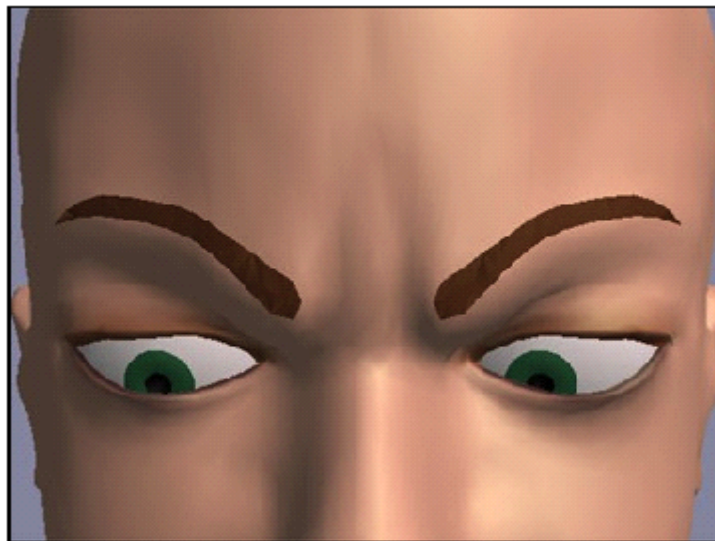
- Την ένταση του FAP στο συγκεκριμένο σημείο χαρακτηριστικού γνωρίσματος.
- Τη θέση της ακμής στην «περιοχή επιρροής» του σημείου.
- Τη θέση της ακμής μέσα στην «καθορισμένη περιοχή».

Αυτή η προσέγγιση δίνει μεγάλο έλεγχο πάνω στις αλλαγές θέσης των ακμών και επιτρέπει τη φυσική αναπαράσταση των εκφράσεων του τρισδιάστατου προσώπου

χωρίς να υπάρχει η ανάγκη χρήσης οπτικών τεχνασμάτων κατά τη διάρκεια της απεικόνισης.

Εκτός όμως από τις εντολές FAP, χρησιμοποιούνται επιπλέον μετασχηματισμοί του σχήματος του προσώπου της Greta έτσι ώστε να αυξηθεί η πειστικότητα των κινήσεων σε συγκεκριμένες περιοχές του προσώπου της. Αυτοί οι βοηθητικοί μετασχηματισμοί εκτελούν τις αλλαγές θέσης των ακμών με τον ίδιο τρόπο όπως τα FAPs με τη διαφορά ωστόσο ότι η ένταση των εκφράσεων δεν ελέγχεται πλέον από τη ροή δεδομένων FAP αλλά από διάφορες συναρτήσεις βάρους. Η χρήση αυτών των μετασχηματισμών επικεντρώνεται σε δύο περιοχές του προσώπου οι οποίες είναι:

- Η περιοχή ανάμεσα στα φρύδια κατά τη διάρκεια της έκφρασης “συνοφρύωμα” (σχήμα 45).
- Η περιοχή στα μάγουλα του προσώπου η οποία τεντώνεται κατά τη διάρκεια της έκφρασης «χαμόγελο».



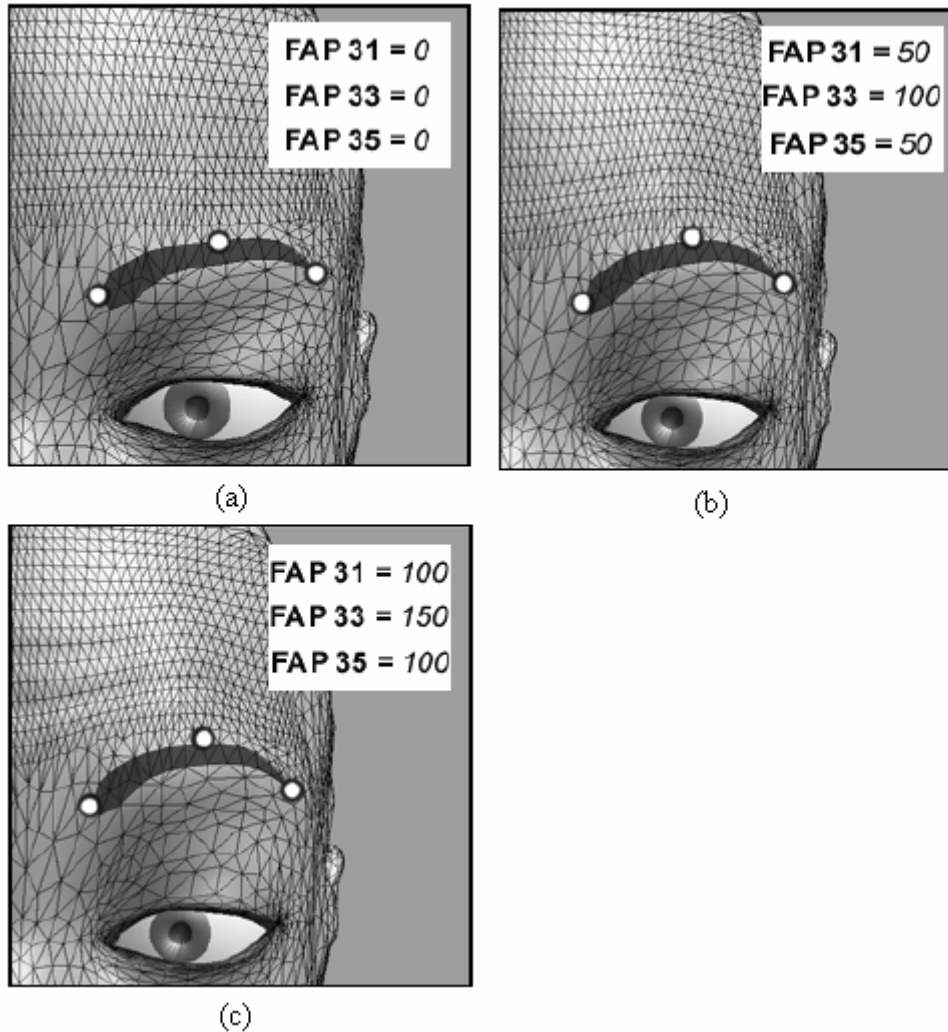
Σχήμα 45: Η έκφραση “συνοφρύωμα” του εικονικού χαρακτήρα Greta.

3.4.3.2 Παράδειγμα αλλαγής θέσης στο μοντέλο προσώπου της Greta

Στη συνέχεια δίνουμε ένα παράδειγμα αλλαγής του σχήματος του προσώπου της Greta στην περιοχή των φρυδιών. Η αλλαγή της θέσης θα γίνει με χρήση εντολών FAP αλλά και βοηθητικών εντολών.

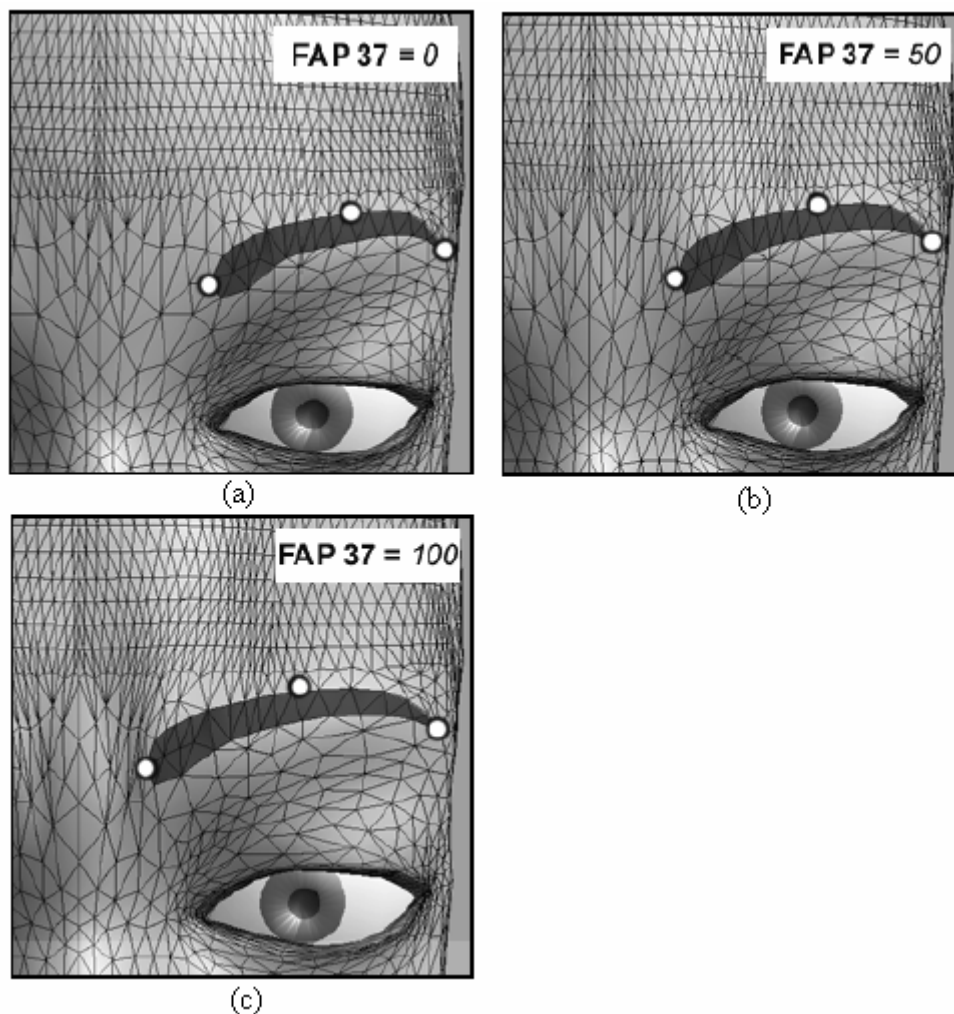
Θέτουμε αυξανόμενες τιμές στις εντολές FAP 31 (κάθετη αλλαγή θέσης του εσωτερικού τμήματος του αριστερού φρυδιού - `raise_l_i_eyebrow`), FAP 33 (κάθετη

αλλαγή θέσης του μεσαίου τμήματος του αριστερού φρυδιού - raise_l_m_eyebrow), FAP 35 (κάθετη αλλαγή θέσης του εξωτερικού τμήματος του αριστερού φρυδιού) όπως φαίνεται στα σχήματα 46(a)-(c). Παρατηρούμε τότε τη δημιουργία πτυχώσεων στο μέτωπο της Greta λόγω της αλλαγής του σχήματος στην περιοχή. Αυτή είναι μία προσομοίωση της κίνησης “ανασήκωμα του αριστερού φρυδιού».



Σχήμα 46: Ανασήκωμα του αριστερού φρυδιού

Ένα άλλο παράδειγμα είναι η δημιουργία της έκφρασης «συνοφρύωμα». Αυτή η έκφραση επιτυγχάνεται θέτοντας αυξανόμενες τιμές στην εντολή FAP 37 (οριζόντια αλλαγή θέσης του αριστερού φρυδιού - squeeze_l_eyebrow). Η δημιουργία αυτής της έκφρασης φαίνεται στο σχήμα 47 (a)-(c).



Σχήμα 47: Η έκφραση “συνοφρύωμα”

3.4.4 Συμπεράσματα

Το μοντέλο προσώπου της Greta, αποτελείται από 15.000 τρίγωνα. Ο υψηλός αριθμός των πολυγώνων μας επιτρέπει το σχεδιασμό λεπτομερών εκφράσεων ειδικά στις πιο εκφραστικές περιοχές του προσώπου όπως είναι τα μάτια, το στόμα και το μέτωπο. Ο χειρισμός των εκφράσεων αυτών γίνεται με βάση κάποιες εντολές FAP, αφού το μοντέλο προσώπου του εικονικού χαρακτήρα Greta είναι συμβατό με το πρότυπο MPEG-4. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τη Greta ιδανική πλατφόρμα για το σχεδιασμό και την απεικόνιση εκφράσεων οι οποίες θα συγχρονίζονται με λέξεις της ελληνικής νοηματικής γλώσσας.

Κεφάλαιο 4 - Σχεδιασμός κινήσεων χεριών για λέξεις της ΕΝΓ

Στο 4^ο κεφάλαιο, θα αναφερθούμε στις λέξεις της ΕΝΓ που απεικονίσαμε με τη βοήθεια της πλατφόρμας STEP, την οποία έχουμε περιγράψει σε προηγούμενο κεφάλαιο. Ξεκινάμε αυτή την ενότητα με κάποιες γενικές παρατηρήσεις πάνω στο σχεδιασμό των κινήσεων αλλά και στη χρήση της γλώσσας STEP. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε κάθε λέξη ξεχωριστά, περιγράφοντας την κίνηση την οποία απαιτεί και επεξηγώντας τη διαδικασία σχεδιασμού η οποία ακολουθήθηκε.

4.1 Γενικές Παρατηρήσεις

Σε αυτή την ενότητα αναλύουμε κάποιες παρατηρήσεις οι οποίες ισχύουν για το σχεδιασμό της κίνησης όλων των λέξεων στην πλατφόρμα STEP που χρησιμοποιούμε.

1. Είδος κίνησης

Οι κινήσεις τις οποίες σχεδιάζουμε μπορεί να εκτελούνται με το ένα ή με τα δύο χέρια. Όταν έχουμε κίνηση η οποία χρησιμοποιεί και τα δύο χέρια, αυτή μπορεί να είναι είτε συμμετρική (όπου το ένα χέρι καθρεφτίζει τις κινήσεις του άλλου) είτε μη συμμετρική (όπου τα δύο χέρια εκτελούν ανεξάρτητες κινήσεις).

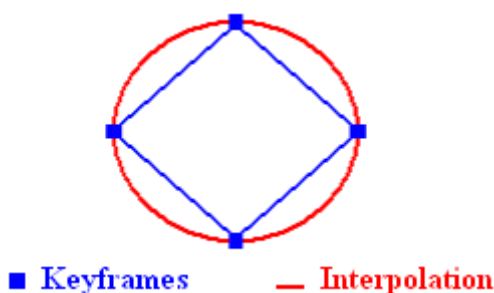
2. Μη λεκτικές εκφράσεις

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει το σύστημα καταγραφής HamNoSys δεν υποστηρίζει μη λεκτικές εκφράσεις (όπως είναι οι φυσικές κινήσεις οι οποίες γίνονται από έναν ομιλητή της ΕΝΓ κατά τη διάρκεια της ομιλίας του) ενώ η καταγραφή των λέξεων την οποία χρησιμοποιήσαμε έχει γίνει σύμφωνα με αυτό το σύστημα. Σαν συνέπεια αυτού του γεγονότος, κατά το σχεδιασμό των κινήσεων δεν απεικονίσαμε τα μη λεκτικά χαρακτηριστικά της γλώσσας αλλά ακολουθήσαμε αυστηρά την καταγραφή του συστήματος HamNoSys.

3.Κυκλική-Ημικυκλική κίνηση:

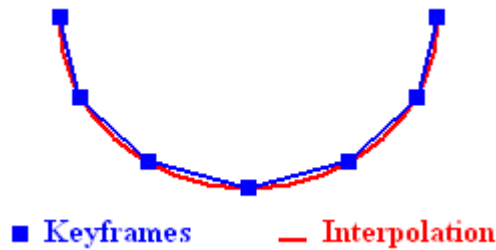
Πολλές λέξεις της ΕΝΓ χρησιμοποιούν κυκλικές και ημικυκλικές κινήσεις για την αναπαράστασή τους. Ο σχεδιασμός μίας αληθοφανούς τέτοιας κίνησης έχει

άμεση σχέση με την εμβέλειά της. Συγκεκριμένα καθ'όλη τη διάρκεια της δημιουργίας νοημάτων-λέξεων, παρατηρήσαμε ότι όσο μεγαλύτερης εμβέλειας είναι μία κυκλική ή ημικυκλική κίνηση, τόσο περισσότερα καρέ χρειαζόμαστε για μία σωστή απεικόνισή της. Για παράδειγμα, εάν έχουμε μία κυκλική κίνηση μικρής εμβέλειας χρειαζόμαστε τέσσερα χαρακτηριστικά καρέ και στη συνέχεια ο μηχανισμός παρεμβολής απεικονίζει με πειστικότητα τις ενδιάμεσες θέσεις όπως φαίνεται και στο σχήμα 48. Εάν η κίνηση είναι ημικυκλική, ο αριθμός των χαρακτηριστικών καρέ μειώνεται σε τρία. Σε πολλές περιπτώσεις δε όταν πρέπει να αναπαραστήσουμε ημικυκλική κίνηση πολύ μικρής εμβέλειας, ο μηχανισμός παρεμβολής κατορθώνει να δώσει ικανοποιητικά αποτελέσματα μόνο με χρήση της αρχικής και της τελικής θέσης δηλαδή δύο χαρακτηριστικών καρέ.



Σχήμα 48: Κυκλική κίνηση μικρής εμβέλειας

Ωστόσο, όταν πρέπει να αντιμετωπίσουμε μία κυκλική ή ημικυκλική κίνηση μεγάλης εμβέλειας, χρειαζόμαστε περισσότερα από τρία καρέ για τη σωστή απεικόνισή της. Αυτό συμβαίνει γιατί εάν χρησιμοποιηθεί μικρός αριθμός καρέ, ο μηχανισμός παρεμβολής δημιουργεί αφύσικη πολυγωνική και όχι κυκλική κίνηση. Προσοχή παρόλα αυτά θα πρέπει να δοθεί ώστε ο αριθμός των καρέ τα οποία θα χρησιμοποιήσουμε να μην είναι πολύ μεγάλος. Αν χρησιμοποιήσουμε πολλά καρέ τότε προκύπτει και πάλι αφύσικη κίνηση. Παρατηρήσαμε ότι στα πλαίσια αυτής της μελέτης οι κυκλικές κινήσεις μεγάλης εμβέλειας απαιτούν έξι έως οχτώ ενδιάμεσα καρέ, ενώ οι αντίστοιχες ημικυκλικές κινήσεις τέσσερα ή πέντε καρέ. Μία τέτοια ημικυκλική κίνηση φαίνεται στο σχήμα 49.



Σχήμα 49: Ημικυκλική κίνηση μεγάλης εμβέλειας

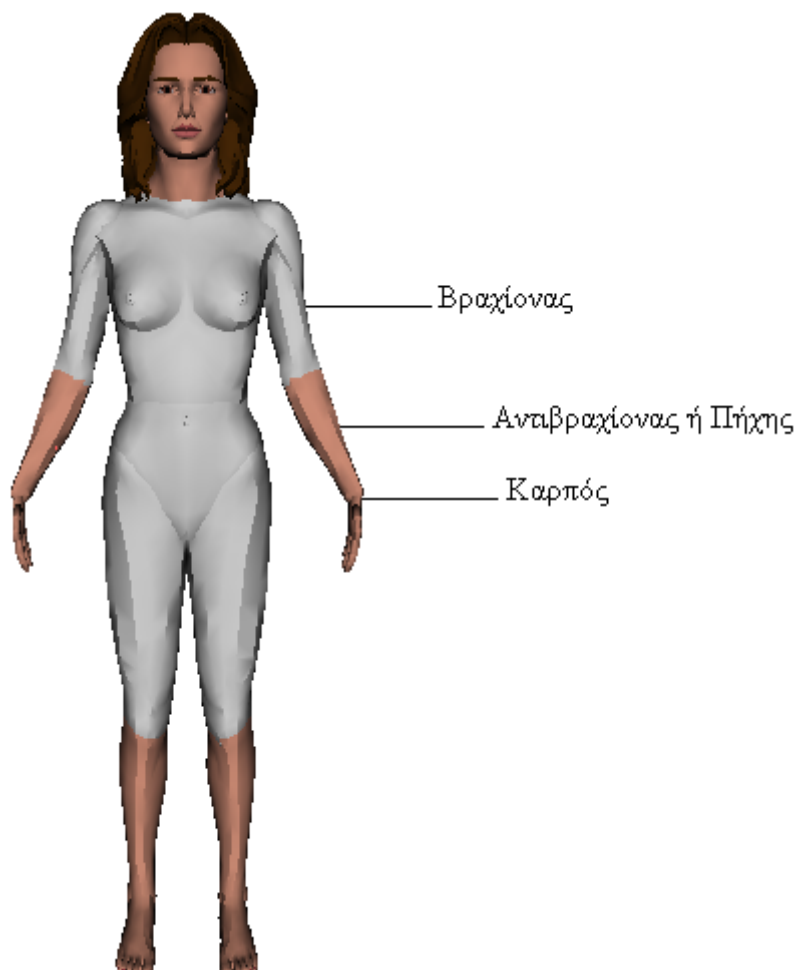
4.Χρήση τελεστών touch και par

Κατά τη διάρκεια σχεδιασμού των κινήσεων μέσω της πλατφόρμας STEP μπορούμε να μειώσουμε ένα σημαντικό τμήμα του όγκου εργασίας κάνοντας χρήση του τελεστή touch. Η χρησιμότητα του συγκεκριμένου τελεστή έγκειται στο γεγονός ότι μπορούμε να φέρουμε τον καρπό ενός χεριού σε όποιο σημείο του χώρου επιλέξουμε χωρίς να χρειαστεί να καθορίσουμε τις περιστροφές των συνδέσμων αγκώνα (elbow) και ώμου (shoulder). Αντίθετα, απλά καθορίζουμε τις συντεταγμένες και τις θέτουμε ως ορίσματα του τελεστή. Στη συνέχεια ολόκληρη η αλυσίδα βραχίονα-αντιβραχίονα-καρπού έρχεται στην καθορισμένη θέση. Το πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι απαιτεί πολύ λιγότερο χρόνο από ότι θα χρειαζόταν για να καθορίσουμε μία προς μία τις αντίστοιχες περιστροφές. Το μειονέκτημα ωστόσο είναι ότι υπολογίζουμε τις συντεταγμένες της επιθυμητής θέσης εμπειρικά, αφού στη συγκεκριμένη πλατφόρμα δεν υπάρχει κάποιο πλέγμα συντεταγμένων που να περιβάλλει τον εικονικό χαρακτήρα, ούτε κάποιος άλλος τρόπος προσδιορισμού των συντεταγμένων πάνω στην οθόνη με ακρίβεια. Βασιζόμαστε στο γεγονός ότι το σημείο $(x,y,z) = (0,0,0)$ βρίσκεται ανάμεσα στα πέλματα του εικονικού χαρακτήρα και στη συνέχεια υπολογίζουμε εμπειρικά και με διαδοχικές δοκιμές την επιθυμητή θέση. Αφού η αλυσίδα των άνω άκρων έρθει στο τελικό σημείο-στόχο αντικαθιστούμε τη συνάρτηση touch με τις αντίστοιχες περιστροφές των συνδέσμων τις οποίες αυτή δημιούργησε. Στη συνέχεια διορθώνουμε τη θέση της παλάμης και τη χειρομορφή καθώς ο τελεστής touch φέρνει στην επιθυμητή θέση το σύνδεσμο καρπού και όχι τα δάχτυλα του εικονικού χαρακτήρα. Εδώ πρέπει να σημειώσουμε ότι δε χρησιμοποιούμε ποτέ απευθείας τη συνάρτηση touch στο πρόγραμμα της γλώσσας STEP αλλά πάντα την αντικαθιστούμε με τις αντίστοιχες περιστροφές και αυτό γιατί με απευθείας χρήση του τελεστή touch η κίνηση δε λειτουργεί σε κάποια υπολογιστικά συστήματα.

Ο τελεστής par είναι χρήσιμος όταν έχουμε μία σειρά από περιστροφές συνδέσμων οι οποίες δε θέλουμε να εκτελεστούν συμμετρικά αλλά παράλληλα. Η χρησιμότητα του τελεστή είναι μεγάλη καθώς επιτρέπει τη δημιουργία αληθοφανών κινήσεων οι οποίες να προσομοιάζουν στις κινήσεις ενός φυσικού προσώπου. Τέλος, πρέπει να αναφέρουμε ότι ο τελεστής par μπορεί να χρησιμοποιήσει σαν ορίσματά του είτε κάποιες μεμονωμένες περιστροφές, είτε άλλους τελεστές par δηλαδή ολόκληρη ακολουθία κινήσεων, για παράδειγμα όταν απαιτείται ταυτόχρονη κίνηση και των δύο χεριών καθώς αυτά εκτελούν κάποια χειρομορφή.

5. Ονοματολογία

Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης που ακολουθεί πολλές φορές θα αναφερθούμε σε μέλη του σώματος του εικονικού χαρακτήρα. Η ονοματολογία την οποία υιοθετήσαμε για τα μέλη αυτά (όροι όπως αντιβραχίονας ή πήχης) είναι δανεισμένη από την ανατομία του ανθρώπινου σώματος και απεικονίζεται στο σχήμα 50 που ακολουθεί:



Σχήμα 50: Ονοματολογία μελών εικονικού χαρακτήρα

4.2 Ανάλυση Σχεδιασμού των Λέξεων

Σε αυτή την ενότητα, θα αναλύσουμε τη διαδικασία η οποία ακολουθήθηκε κατά το σχεδιασμό των κινήσεων οι οποίες αντιστοιχούν στις λέξεις της ΕΝΓ. Για κάθε λέξη αρχικά δίνουμε μία σύντομη περιγραφή της κίνησης που απαιτείται. Στη συνέχεια επεξηγούμε τα σημεία-κλειδιά του σχεδιασμού και αναφέρουμε τυχόν παρατηρήσεις. Στο τέλος της ανάλυσης κάθε λέξης υπάρχει το αντίστοιχο σχήμα με τα χαρακτηριστικά καρέ τα οποία δημιουργήθηκαν. Οι λέξεις έχουν ταξινομηθεί με αύξουσα σειρά δυσκολίας από τις πιο απλές στο σχεδιασμό έως τις πιο σύνθετες. Ο κώδικας κάθε λέξης βρίσκεται σε παράρτημα στο τέλος της μελέτης.

4.2.1 Νόημα 1 - «Ουρά»

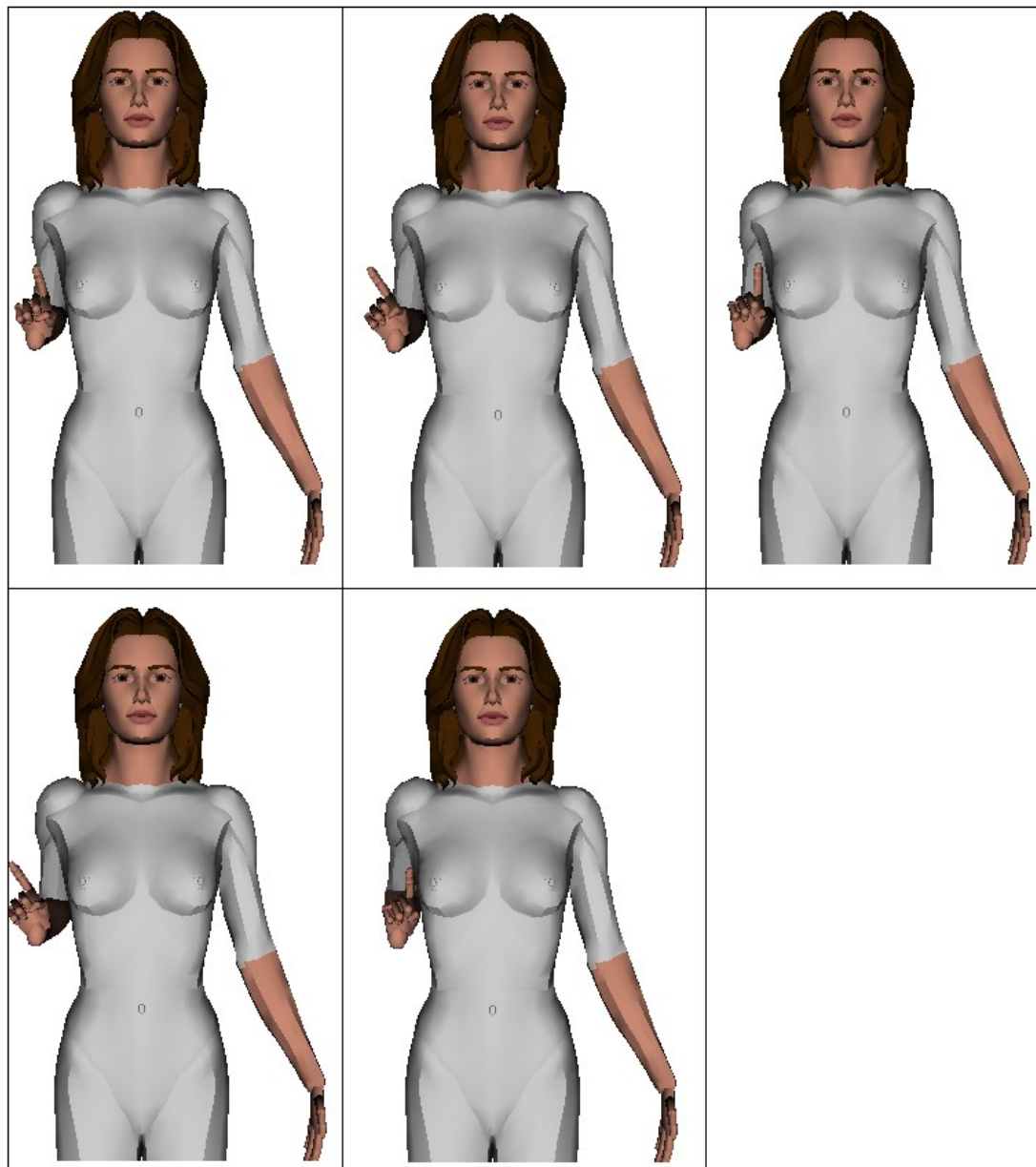
Περιγραφή νοήματος

Η λέξη «ουρά» χρησιμοποιεί μόνο το ένα χέρι για την απεικόνισή της. Αρχικά, το δεξί χέρι έρχεται στο ύψος της μέσης και στο πλαϊνό μέρος του σώματος. Τα δάχτυλα είναι κλειστά, εκτός από το δείκτη ο οποίος είναι τεντωμένος με κατεύθυνση προς τα επάνω, όπως φαίνεται στο πρώτο καρέ του σχήματος 51. Στη συνέχεια, χωρίς να αλλάξει η χειρομορφή και η θέση του υπόλοιπου χεριού, ο καρπός περιστρέφεται κατά 30 περίπου μοίρες προς τα δεξιά και στη συνέχεια επανέρχεται στην αρχική του θέση. Αυτή η κίνηση επαναλαμβάνεται άλλη μία φορά. Η αλληλουχία των κινήσεων οι οποίες συνθέτουν το νόημα απεικονίζεται στο σχήμα 51.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Κατά τη δημιουργία αυτού του νοήματος δεν αντιμετωπίσαμε ιδιαίτερα εμπόδια, κυρίως λόγω του γεγονότος ότι δεν απαιτεί αλληλεπίδραση και των δύο χεριών αλλά απαιτεί χρήση μόνο του ενός. Αρχικά χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση touch φέραμε το δεξί χέρι στο πλαϊνό μέρος του σώματος όπως φαίνεται στο πρώτο καρέ του σχήματος 51, ενώ παράλληλα (με χρήση της συνάρτησης par) καθορίσαμε τη χειρομορφή την οποία αυτό θα υιοθετούσε. Στη συνέχεια περιστρέψαμε τον καρπό αλλάζοντας μόνο την τιμή της διεύθυνσης z του, χωρίς να αλλάξουμε το επίπεδο στο οποίο βρισκόταν. Τέλος, επαναλάβαμε την κίνηση αυτή του καρπού άλλη μία φορά. Το σημείο το οποίο πρέπει να επισημάνουμε εδώ, έχει να κάνει με το μη λεκτικό τμήμα της νοηματικής γλώσσας. Πιο συγκεκριμένα, αν παρακολουθήσουμε τη δημιουργία της λέξης «ουρά» από κάποιον ομιλητή της ΕΝΓ θα παρατηρήσουμε ότι αυτός στρέφει ελαφρά τον κορμό του προς τα δεξιά καθώς εκτελεί την κίνηση του

καρπού. Αυτή η κίνηση είναι φυσική και παρατηρείται σε όλους τους ομιλητές της γλώσσας, ωστόσο κατά το σχεδιασμό της λέξης σε υπολογιστικό περιβάλλον την παραλείπουμε, καθώς δε σχετίζεται με το νόημα αυτό καθαυτό. Παρατηρούμε επομένως ότι η εφαρμογή μας δεν έχει σκοπό τόσο την πλήρη αληθοφάνεια της κίνησης όσο τη σωστή και ακριβή αναπαράστασή της. Για την αναπαράσταση της λέξης «ουρά» χρησιμοποιήθηκαν τρία χαρακτηριστικά καρέ τα οποία είναι τα τρία πρώτα καρέ του σχήματος 51 που ακολουθεί:



Σχήμα 51: Η λέξη «ουρά» της ENT.

4.2.2 Νόημα 2 - «Μοσχάρι»

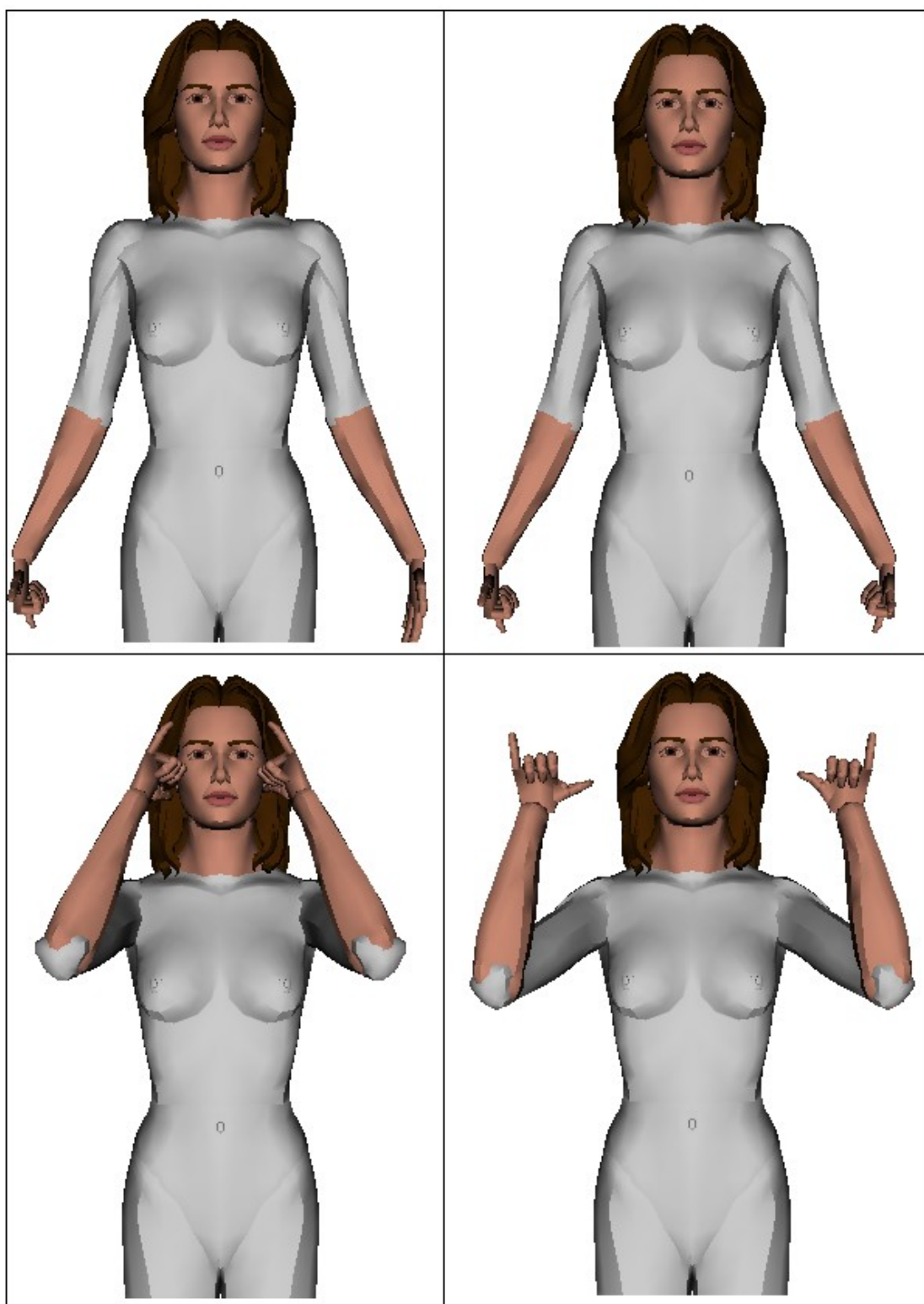
Περιγραφή Νοήματος

Η λέξη «μοσχάρι» ανήκει στην κατηγορία νοημάτων τα οποία χρησιμοποιούν και τα δύο χέρια για την αναπαράστασή τους. Επιπλέον, στο συγκεκριμένο νόημα, τα χέρια πραγματοποιούν συμμετρική κίνηση. Αρχικά σχηματίζεται η χειρομορφή ταυτόχρονα και στα δύο χέρια. Κατά τη χειρομορφή αυτή, τα δάκτυλα παραμένουν κλειστά, εκτός από τον αντίχειρα και το τελευταίο δάχτυλο τα οποία είναι τεντωμένα όπως φαίνεται στο σχήμα 52. Η χειρομορφή δεν αλλάζει καθ'όλη τη διάρκεια του νοήματος. Στη συνέχεια, τα χέρια έρχονται στο ύψος του κεφαλιού με τους αντίχειρες να ακουμπούν στους κροτάφους και τα μικρά δάχτυλα να έχουν κατεύθυνση προς τα εμπρός. Κατόπιν και τα δύο χέρια εκτελούν μία ημικυκλική κίνηση και απομακρύνονται από τους κροτάφους, παραμένοντας όμως στο ίδιο επίπεδο με αυτούς. Παράλληλα ο σύνδεσμος του καρπού περιστρέφεται έτσι ώστε στην τελική τους θέση οι παλάμες να έχουν κατεύθυνση προς τα εμπρός και τα τεντωμένα δάχτυλα της χειρομορφής να έχουν τη διεύθυνση η οποία ενώνει τους κροτάφους του εικονικού χαρακτήρα.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Για τη δημιουργία αυτού του νοήματος, αρχικά δημιουργήσαμε τη χειρομορφή και των δύο χεριών με κατάλληλες περιστροφές στους συνδέσμους των δακτύλων (καρέ 1 στο σχήμα 52). Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση touch φέραμε τα χέρια δίπλα στο κεφάλι. Κατόπιν αντικαταστήσαμε τη συνάρτηση touch με τις αντίστοιχες περιστροφές συνδέσμων όπως έχουμε περιγράψει στις γενικές παρατηρήσεις. Η απεικόνιση της λέξης ολοκληρώνεται με τη δημιουργία ενός τελικού καρέ (καρέ 4 στο σχήμα 52) το οποίο δίνει και την τελική θέση του νοήματος. Εδώ πρέπει να παρατηρήσουμε ότι για τη δημιουργία της συγκεκριμένης περιστροφικής κίνησης δεν είναι απαραίτητο κάποιο ενδιάμεσο χαρακτηριστικό καρέ το οποίο θα κατευθύνει το μηχανισμό παρεμβολής. Αρκεί να δώσουμε την αρχική και την τελική θέση της κίνησης. Αυτό συμβαίνει γιατί τα δύο καρέ διαφέρουν όχι μόνο ως προς την απόσταση την οποία δημιουργούν αλλά και ως προς την περιστροφή του καρπού. Έτσι, περιστρέφοντας ο μηχανισμός παρεμβολής τον καρπό από τη μία θέση στην άλλη επιτυγχάνει και τη δημιουργία της ακριβούς ημικυκλικής-περιστροφικής κίνησης την οποία απαιτεί η λέξη. Το συγκεκριμένο νόημα αν και είναι σχετικά απλό συγκρινόμενο με τα υπόλοιπα νοήματα τα οποία κληθήκαμε να σχεδιάσουμε, ωστόσο

είναι πολύ χρήσιμο καθώς θα αποτελέσει συστατικό στοιχείο μίας άλλης λέξης αποδεικνύοντας έτσι τη δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης κώδικα STEP για τη δημιουργία νέων λέξεων. Συνολικά χρειάστηκαν τέσσερα χαρακτηριστικά καρέ για την απεικόνιση της λέξης, η αλληλουχία των οποίων φαίνεται στο σχήμα 52 που ακολουθεί:



Σχήμα 52: Η λέξη «μοσχάρι» της ΕΝΓ.

4.2.3 Νόημα 3 - «Πάπια»

Περιγραφή Νοήματος

Για την αναπαράσταση της λέξης «πάπια» χρησιμοποιούνται και τα δύο χέρια. Επιπλέον, σε αυτή τη λέξη τα χέρια εκτελούν συμμετρική κίνηση. Αρχικά τα χέρια έρχονται ταυτόχρονα στο ύψος του στέρνου σε μικρή απόσταση από τον κορμό του σώματος. Οι παλάμες περιστρέφονται με τέτοιο τρόπο ώστε οι εξωτερικές τους πλευρές να εφάπτονται στις κλειδώσεις των δακτύλων, ενώ τα δάχτυλά δεν είναι τεντωμένα αλλά σε φυσική θέση. Στη συνέχεια και χωρίς να μετακινηθούν οι καρποί, οι πρώτοι σύνδεσμοι των δακτύλων περιστρέφονται κατά 30 μοίρες περίπου. Οι υπόλοιποι σύνδεσμοι των δακτύλων παραμένουν ακίνητοι. Η κίνηση αυτή, που γίνεται παράλληλα και για τα δύο χέρια, επαναλαμβάνεται ακόμη μία φορά.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Για την κατασκευή αυτού του νοήματος, δε χρησιμοποιήσαμε τη συνάρτηση touch καθώς η αλληλουχία των κινήσεων την οποία έδινε έφερνε μεν τους καρπούς στο επιθυμητό σημείο αλλά ήταν αφύσικη. Έτσι επιλέξαμε να καθορίσουμε βήμα προς βήμα τους συνδέσμους ώμου (r_shoulder και l_shoulder) και αγκώνα (r_elbow και l_elbow) ώστε να πετύχουμε μία πειστική κίνηση. Οι κινήσεις αυτές στη συνέχεια καθορίστηκαν ώστε να γίνονται ταυτόχρονα με χρήση της συνάρτησης par. Κατόπιν περιστρέψαμε τους συνδέσμους των καρπών με τρόπο τέτοιο όπως περιγράψαμε πιο πάνω. Τέλος, μετακινήσαμε τους πρώτους συνδέσμους όλων των δακτύλων (index1, middle1, ring1 και pinky1) πλην του αντίχειρα. Στη συνέχεια επαναλάβαμε την πιο πάνω κίνηση ακόμη μία φορά. Για τη δημιουργία αυτής της λέξης χρειάστηκαν μονάχα δύο καρέ, καθώς δεν έχει περιπλοκές κινήσεις (όπως είναι οι κυκλικές ή οι zigzag). Η αλληλουχία αυτή των καρέ εμφανίζεται στο σχήμα 53.



Σχήμα 53: Η λέξη «πάπια» της ΕΝΓ.

4.2.4 Νόημα 4 - «Περιστέρι»

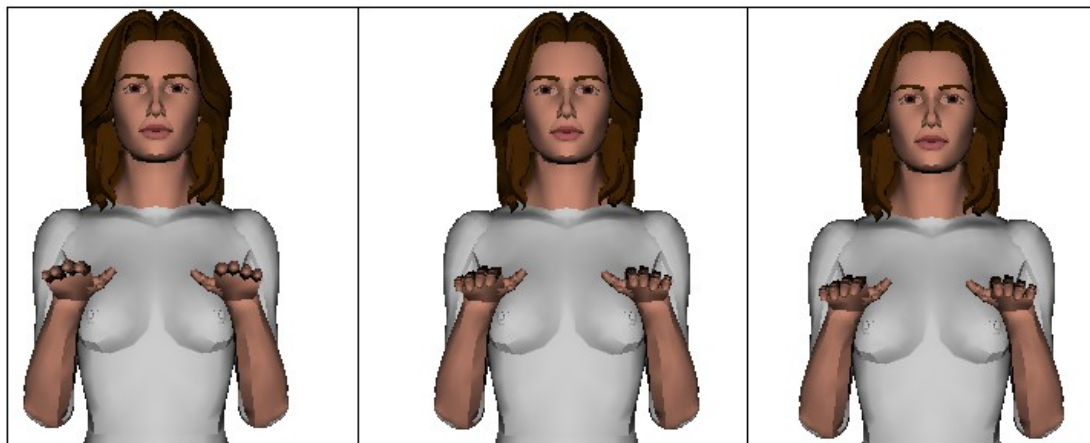
Περιγραφή νοήματος

Η λέξη «περιστέρι» είναι ένα συμμετρικό νόημα το οποίο χρησιμοποιεί και τα δύο χέρια για την αναπαράστασή της. Αρχικά τα χέρια έρχονται ταυτόχρονα στο ύψος του στέρνου με τις παλάμες να έχουν κατεύθυνση προς τα κάτω και τα δάχτυλα σε φυσική θέση. Στη συνέχεια οι πρώτοι σύνδεσμοι όλων των δακτύλων κινούνται γρήγορα περίπου κατά 25 μοίρες προς τα κάτω και αμέσως επανέρχονται στην αρχική τους θέση. Αυτή η κίνηση επαναλαμβάνεται άλλες δύο φορές. Τα καρέ τα οποία συνθέτουν τη λέξη απεικονίζονται στο σχήμα 54.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Για τη δημιουργία του νοήματος αρχικά φέραμε τους συνδέσμους των καρπών (και κατά συνέπεια όλο το χέρι) στην επιθυμητή θέση με τη βοήθεια του τελεστή touch. Στη συνέχεια απαλείψαμε τον τελεστή και τον αντικαταστήσαμε με τις αντίστοιχες γωνίες των συνδέσμων. Κατόπιν διορθώσαμε τη θέση των συνδέσμων καρπών ώστε οι παλάμες να έχουν κατεύθυνση προς τα κάτω όπως απαιτεί το νόημα (πρώτο καρέ σχήματος 54). Αυτό έγινε περιστρέφοντας τους καρπούς κατά την κατεύθυνση back_up (του τοπικού τους συστήματος συντεταγμένων). Στη συνέχεια περιστρέψαμε τους πρώτους συνδέσμους (index1, middle1, ring1, pinky1) των δακτύλων εκτός του αντίχειρα και τους επαναφέραμε πάλι στην αρχική τους θέση.

Στη συνέχεια επαναλάβαμε αυτή την κίνηση άλλες δύο φορές. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι επειδή η αναπαράσταση της συγκεκριμένης λέξης απαιτεί γρήγορη, μικρής εμβέλειας κίνηση, στο χρονικό προσδιορισμό της περιστροφής των συνδέσμων των δακτύλων χρησιμοποιήσαμε την εντολή `very_fast` αντί για την εντολή `fast` την οποία χρησιμοποιούμε στα περισσότερα νοήματα. Συνολικά για την αναπαράσταση της λέξης «περιστέρι» απαιτούνται τρία χαρακτηριστικά καρέ τα οποία απεικονίζονται στο σχήμα 54 :



Σχήμα 54: Η λέξη «περιστέρι» της ENΓ.

4.2.5 Νόημα 5 - «Μέλι»

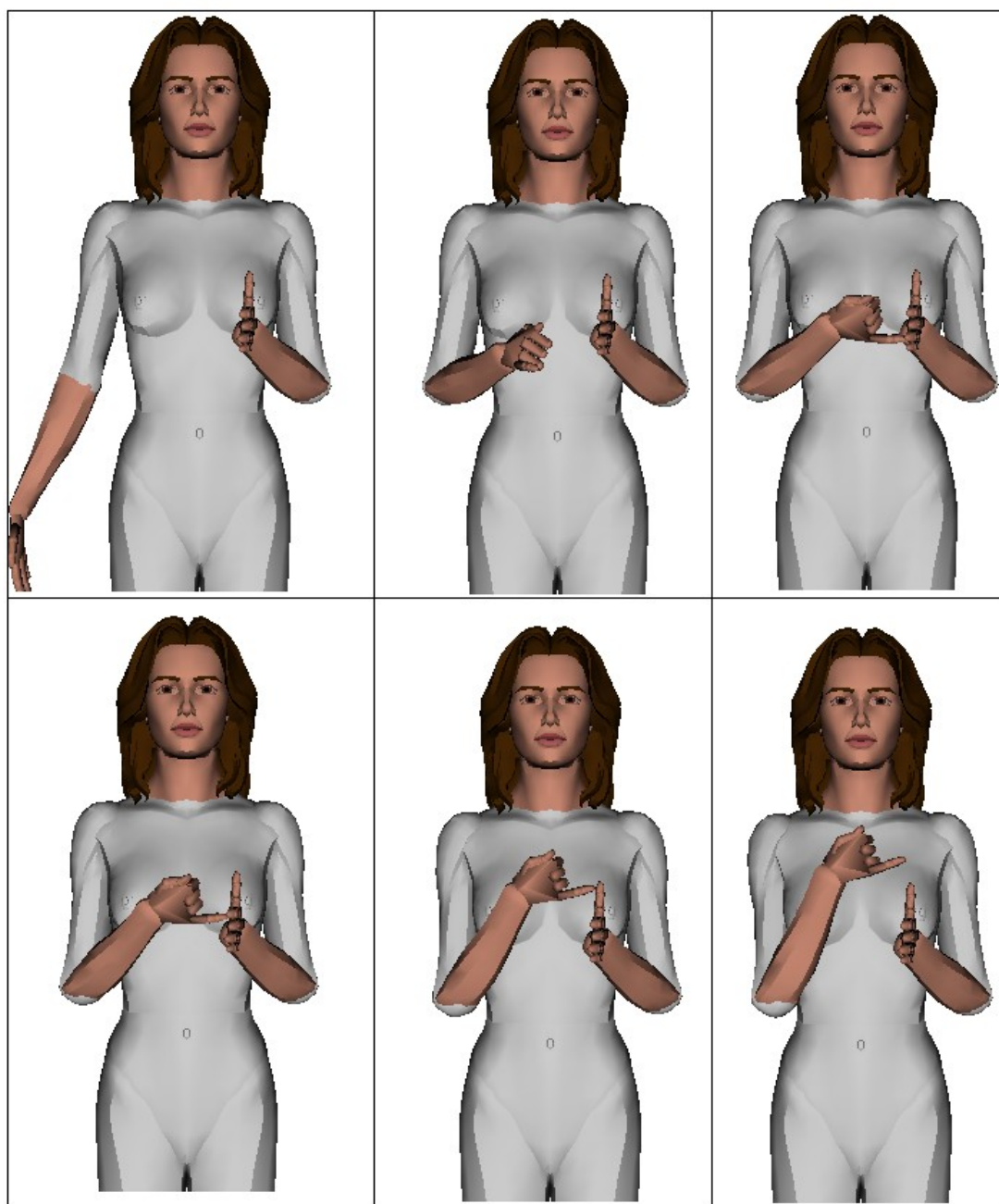
Περιγραφή Νοήματος

Η λέξη «μέλι» χρησιμοποιεί για την απεικόνισή της και τα δύο χέρια τα οποία ωστόσο δεν εκτελούν συμμετρική κίνηση. Αντίθετα, σε αυτό το νόημα, το αριστερό χέρι μένει ακίνητο και το δεξί κινείται κατά μήκος του. Συγκεκριμένα, αρχικά το αριστερό χέρι έρχεται στο ύψος του στέρνου και όλα τα δάχτυλα είναι τεντωμένα με κατεύθυνση προς τα εμπρός εκτός από τον αντίχειρα ο οποίος έχει κατεύθυνση προς τα επάνω. Στη συνέχεια το δεξί χέρι εκτελεί τη χειρομορφή του σχήματος 55 κατά την οποία τα δάχτυλα παραμένουν κλειστά εκτός από το τελευταίο το οποίο είναι τεντωμένο. Τέλος, το τελευταίο δάχτυλο του δεξιού χεριού κινείται κατά μήκος της παλάμης και του αντίχειρα του αριστερού χεριού εκτελώντας μία κυρτή κίνηση όπως φαίνεται στα καρέ τρία, τέσσερα και πέντε του σχήματος 55.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Για τη δημιουργία της λέξης «μέλι» αρχικά ορίζουμε τη θέση του αριστερού χεριού (με χρήση της συνάρτησης `touch` και αντικατάστασή της με τις αντίστοιχες γωνίες συνδέσμων) και στη συνέχεια δημιουργούμε τη χειρομορφή του. Το αριστερό

χέρι θα παραμείνει σε αυτή τη θέση καθ'όλη τη διάρκεια του νοήματος (πρώτο καρέ σχήματος 55). Ο χειρισμός της κίνησης του δεξιού χεριού είναι πιο πολύπλοκος και θα χρειαστεί περισσότερα καρέ. Αρχικά δημιουργούμε τη χειρομορφή του δεξιού χεριού. Η κίνησή του όμως δεν είναι μία συνηθισμένη ημικυκλική κίνηση αλλά πολύ πιο σύνθετη. Αρχικά, πριν το δεξί χέρι ακουμπήσει στην παλάμη του αριστερού πρέπει να διαγράψει μία ημικυκλική κίνηση μεγάλου εύρους και στη συνέχεια όταν πλέον ακουμπήσει στο αριστερό χέρι, μία άλλη ημικυκλική κίνηση μικρού εύρους. Επιπλέον, οι δύο ημικυκλικές κινήσεις δεν γίνονται πάνω στο ίδιο επίπεδο αλλά σε διαφορετικά. Σύμφωνα και με όσα έχουμε αναφέρει στις γενικές παρατηρήσεις, η πρώτη κίνηση (ημικυκλική μεγάλου εύρους) θα χρειαστεί περισσότερα καρέ από ότι η δεύτερη (ημικυκλική μικρού εύρους). Ωστόσο, εδώ αντιμετωπίζουμε μία εξαίρεση. Η πρώτη κίνηση θα χρειαστεί για τη σωστή απεικόνισή της λιγότερα καρέ από ότι η δεύτερη. Αυτό συμβαίνει γιατί η δεύτερη κίνηση είναι αυτή η οποία δίνει και το ακριβές νόημα της λέξης και για αυτό το λόγο είναι αυστηρά καθορισμένη. Έτσι, τελικά η πρώτη κίνηση χρειάζεται μόνο ένα ενδιάμεσο καρέ (δεύτερο καρέ σχήματος 55) ενώ η δεύτερη κίνηση χρειάζεται τρία (τρίτο, τέταρτο και πέμπτο καρέ στο σχήμα 55). Τη δημιουργία των δύο κινήσεων πάνω σε δύο διαφορετικά επίπεδα στο χώρο την αντιμετωπίσαμε με απλή περιστροφή της παλάμης του δεξιού χεριού η οποία προκαλεί και άμεση αλλαγή του επιπέδου κίνησης της χειρομορφής. Συνολικά χρειάστηκαν έξι χαρακτηριστικά καρέ για τη σωστή απεικόνιση της λέξης «μέλι». Η αλληλουχία αυτή των καρέ φαίνεται στο σχήμα 55 που ακολουθεί:



Σχήμα 55: Η λέξη «μέλι» της ENT

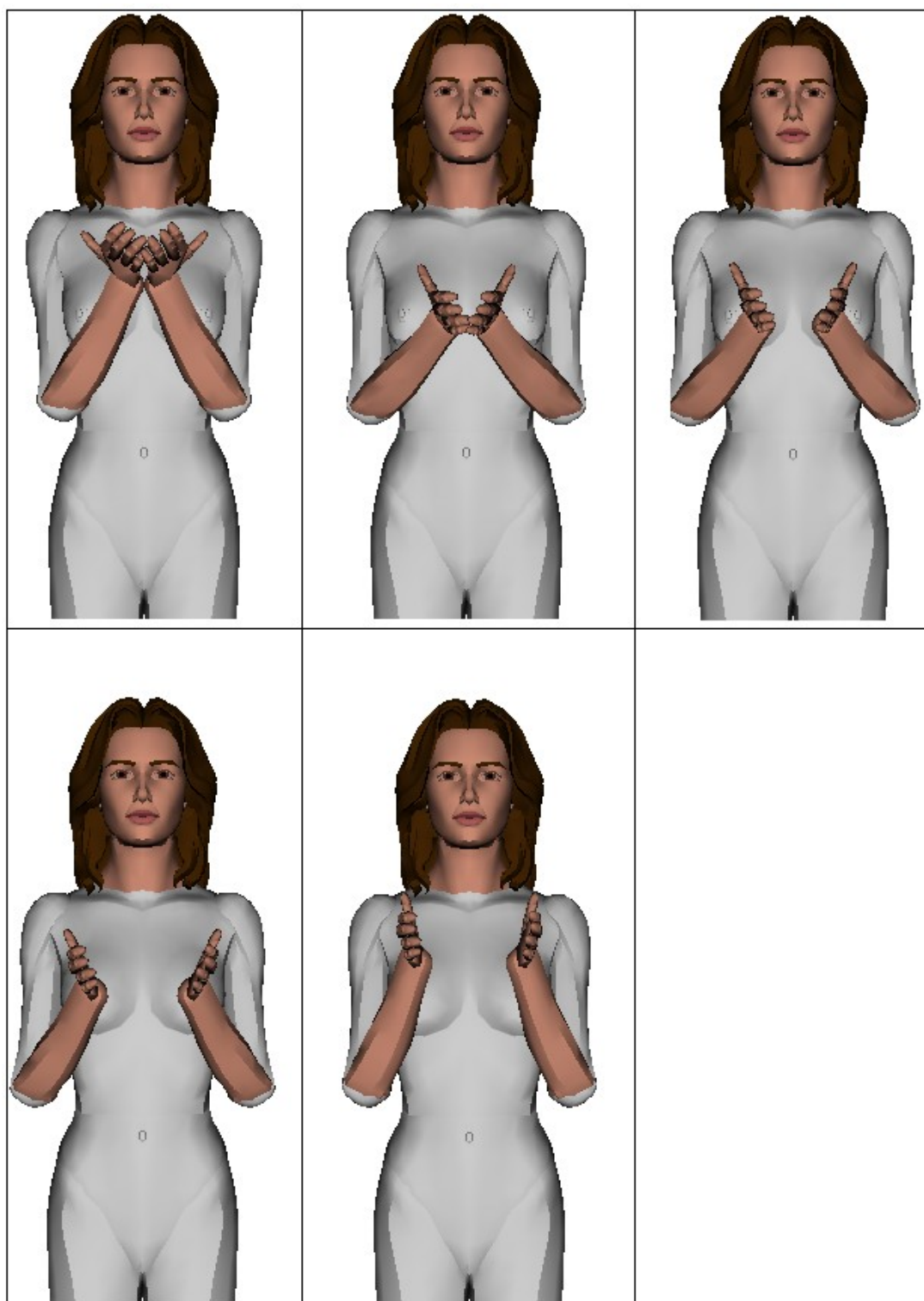
4.2.6 Νόημα 6 - «Φωλιά»

Περιγραφή νοήματος

Η λέξη «φωλιά» είναι ένα νόημα το οποίο εκτελείται και με τα δύο χέρια. Επιπλέον οι κινήσεις και οι χειρομορφές αυτού του νοήματος είναι συμμετρικές. Αρχικά τα χέρια έρχονται στο ύψος του στέρνου με τις παλάμες να ακουμπούν και έχοντας κατεύθυνση προς τα επάνω. Τα δάχτυλα είναι ελαφρώς κυρτωμένα. Στη συνέχεια, χωρίς να αλλάξει η χειρομορφή οι παλάμες χωρίζονται και εκτελούν μία ημικυκλική κίνηση. Η αλληλουχία των κινήσεων οι οποίες συνθέτουν τη λέξη φαίνεται στο σχήμα 56.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Για τη δημιουργία αυτής της λέξης, αρχικά χρησιμοποιήσαμε τη συνάρτηση touch ώστε να φέρουμε τους καρπούς του εικονικού χαρακτήρα στην επιθυμητή τους θέση. Στη συνέχεια, διορθώσαμε τη θέση των καρπών και αντικαταστήσαμε τη συνάρτηση touch με τις αντίστοιχες γωνίες των συνδέσμων ώμου και αγκώνα τις οποίες αυτή είχε υπολογίσει. Τέλος προγραμματίσαμε τον κώδικα έτσι ώστε η κίνηση των συνδέσμων του κάθε χεριού να γίνεται παράλληλα ώστε να προκύπτει ένα αληθοφανές αποτέλεσμα. Αυτό έγινε με χρήση της συνάρτησης par η χρήση της οποίας έχει ήδη εξηγηθεί σε προηγούμενη ενότητα. Εδώ πρέπει να παρατηρήσουμε ότι σε αυτό το νόημα τα δύο χέρια πρέπει να εκτελούν την ίδια κίνηση στο ίδιο χρονικό διάστημα, δηλαδή οι κινήσεις του ενός να καθρεφτίζουν τις κινήσεις του άλλου. Για να επιτύχουμε αυτό το αποτέλεσμα, χρησιμοποιούμε τη συνάρτηση par δύο συνεχόμενες φορές. Συγκεκριμένα, αφού προγραμματίσουμε την κίνηση κάθε χεριού (βάζοντας μία συνάρτηση par να περικλείει όλες τις κινήσεις κάθε χεριού) χρησιμοποιούμε μία επιπλέον συνάρτηση par η οποία περικλείει τις δύο επιμέρους κινήσεις αριστερού και δεξιού χεριού, ώστε οι κινήσεις τους να γίνονται παράλληλα. Αφού φέραμε τα δύο χέρια στην αρχική θέση του νοήματος (καρέ 1) έπρεπε να σχεδιάσουμε την ημικυκλική κίνηση. Η κίνηση αυτή δεν είναι μικρής εμβέλειας οπότε χρειαζόμαστε περισσότερα από δύο καρέ για τη σωστή απεικόνισή της. Τελικά σχεδιάστηκαν άλλα τέσσερα ενδιάμεσα χαρακτηριστικά καρέ τα οποία καθοδηγούν το μηχανισμό παρεμβολής ώστε να επιτύχει την ημικυκλική κίνηση. Οι διαδοχικές θέσεις τις οποίες δημιουργήσαμε αλλά και όλη η αλληλουχία των χαρακτηριστικών καρέ, απεικονίζεται στο σχήμα 56:



Σχήμα 56: Η λέξη «φωλιά» της ENT

4.2.7 Νόημα 7 - «Γούνα Ζώου»

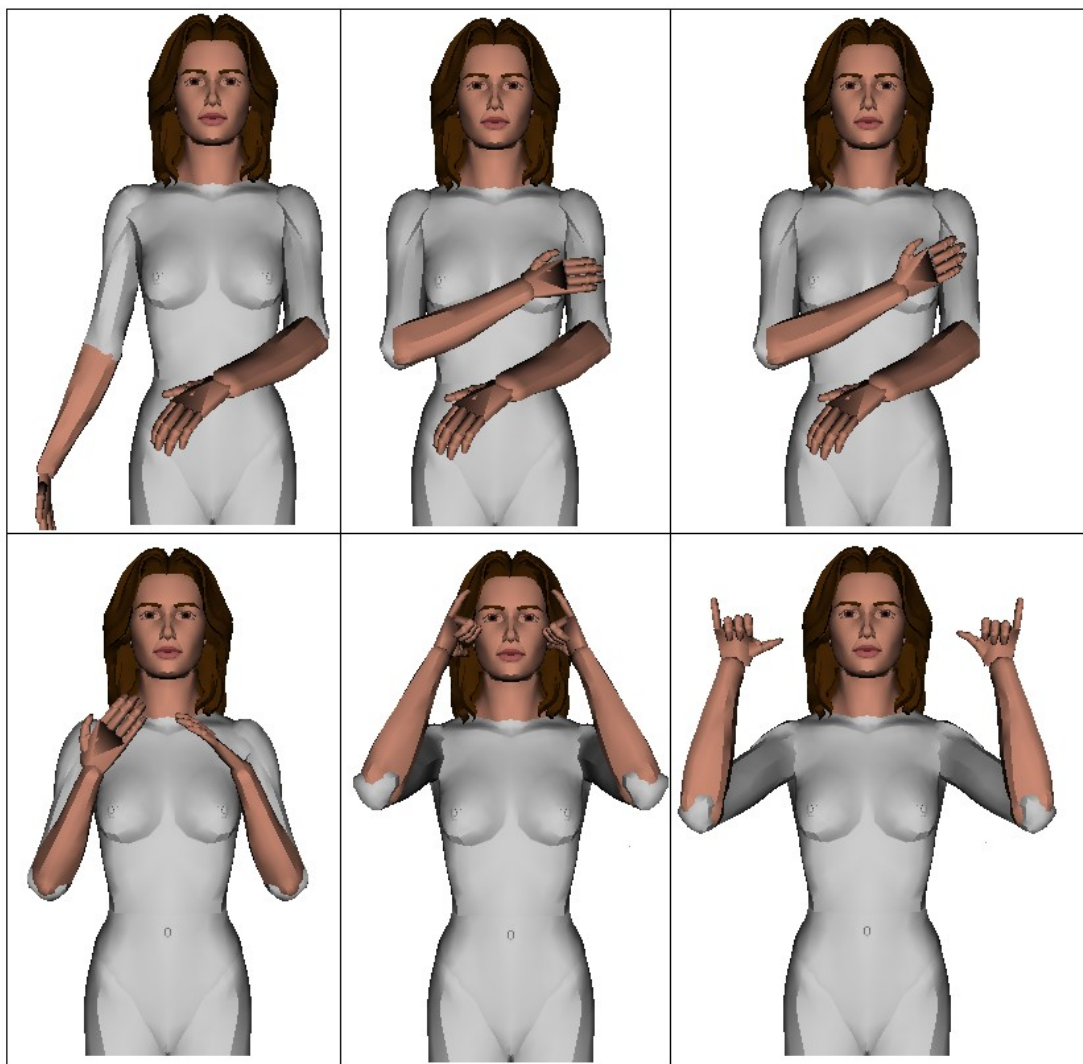
Περιγραφή νοήματος

Αυτό το νόημα είναι από τα πιο περίπλοκα καθώς ανήκει στην κατηγορία των νοημάτων τα οποία πραγματοποιούνται με χρήση και των δύο χεριών και επιπλέον αποτελείται από δύο φάσεις, μία συμμετρική και μία μη συμμετρική. Η μη συμμετρική φάση είναι η πρώτη και κατά τη διάρκεια της το δεξί χέρι ακουμπά στον αριστερό αντιβραχίονα ενώ ο καρπός εκτελεί μία μικρή κίνηση κατά μήκος του δύο φορές, όπως φαίνεται στα τρία πρώτα καρέ του σχήματος 57. Κατά τη δεύτερη φάση του νοήματος, η οποία είναι και συμμετρική, τα δύο χέρια σχηματίζουν την ίδια χειρομορφή με προτεταμένο τον αντίχειρα και το τελευταίο δάχτυλο, ενώ τα υπόλοιπα δάχτυλα παραμένουν κλειστά. Στη συνέχεια έρχονται στο ύψος του κεφαλιού με τον καρπό να περιστρέφεται προς τα έξω κρατώντας πάντα τη θέση της χειρομορφής σταθερή. Κατόπιν, και τα δύο χέρια εκτελούν μία ημικυκλική κίνηση προς τα έξω και απομακρύνονται από το κεφάλι παραμένοντας όμως στο ίδιο ύψος με αυτό. Η δεύτερη φάση του νοήματος απεικονίζεται στα τρία τελευταία καρέ του σχήματος 57.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Ο κώδικας της λέξης-νοήματος ο οποίος παρατίθεται σε παράρτημα στο τέλος της μελέτης, επεξηγείται ως εξής: Αρχικά φέραμε τον αριστερό καρπό στην επιθυμητή θέση και στη συνέχεια διορθώσαμε τον κώδικα αφαιρώντας την συνάρτηση touch και αντικαθιστώντας την με τις αντίστοιχες γωνίες των συνδέσμων τις οποίες αυτή έχει υπολογίσει. Στη συνέχεια δημιουργήσαμε τη χειρομορφή του δεξιού χεριού και την αντίστοιχη κίνησή της χρησιμοποιώντας κατάλληλες περιστροφές των αντίστοιχων συνδέσμων. Σε αυτό το σημείο τελειώνει η πρώτη φάση (μη συμμετρική) του νοήματος. Κατόπιν, για να προχωρήσει το νόημα χωρίς διακοπές στη δεύτερή του φάση (συμμετρική) αρχικοποιήσαμε τις θέσεις των δακτύλων και στα δύο χέρια. Στη συνέχεια φέραμε και τα δύο χέρια συμμετρικά του κεφαλιού με χρήση της συνάρτησης touch και τέλος δημιουργήσαμε την ημικυκλική κίνηση χρησιμοποιώντας μόνο δύο καρέ για την αναπαράστασή της καθώς διαπιστώσαμε ότι η παρεμβολή την οποία δημιουργεί ο κώδικας ανάμεσα στα δύο καρέ προσομοιάζει σε ικανοποιητικό βαθμό την επιθυμητή κίνηση του νοήματος. Η κίνηση του τελικού νοήματος χρειάστηκε συνολικά έξι χαρακτηριστικά καρέ τα οποία απεικονίζονται στο σχήμα 57. Πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι σε αυτό το νόημα γίνεται εμφανές ένα σημαντικό πλεονέκτημα το οποίο έχει η δημιουργία

κινήσεων με τη βοήθεια μίας γλώσσας σεναρίου όπως η STEP. Συγκεκριμένα, η δεύτερη φάση της λέξης “γούνα ζώου” είναι μία αυτοτελής λέξη, η λέξη “μοσχάρι”. Έτσι χρησιμοποιήσαμε μία λέξη την οποία είχαμε ήδη δημιουργήσει και ενσωματώνοντάς την στο νέο κώδικα (αυτό της πρώτης φάσης της λέξης “γούνα ζώου”) δημιουργήσαμε την καινούρια λέξη χωρίς να χρειαστεί δημιουργήσουμε τη δεύτερη φάση της από το μηδέν. Αυτή η ιδιότητα, της επαναχρησιμοποίησης του κώδικα, είναι ένα ιδιαίτερα σημαντικό χαρακτηριστικό, ειδικά αν λάβουμε υπόψη μας το γεγονός ότι πολλές λέξεις της νοηματικής γλώσσας χρησιμοποιούν τις ίδιες χειρομορφές και κινήσεις, σε διαφορετικούς συνδυασμούς, για να παράγουν νέες εκφράσεις. Έτσι, καθώς θα μεγαλώνει το ρεπερτόριο των έτοιμων κινήσεων και χειρομορφών οι οποίες δημιουργούνται με τη γλώσσα STEP θα είναι όλο και πιο εύκολη η δημιουργία νέων λέξεων και ακόμη πιο πολύπλοκων νοημάτων.



Σχήμα 57: Η λέξη «γούνα ζώου» της ENΓ

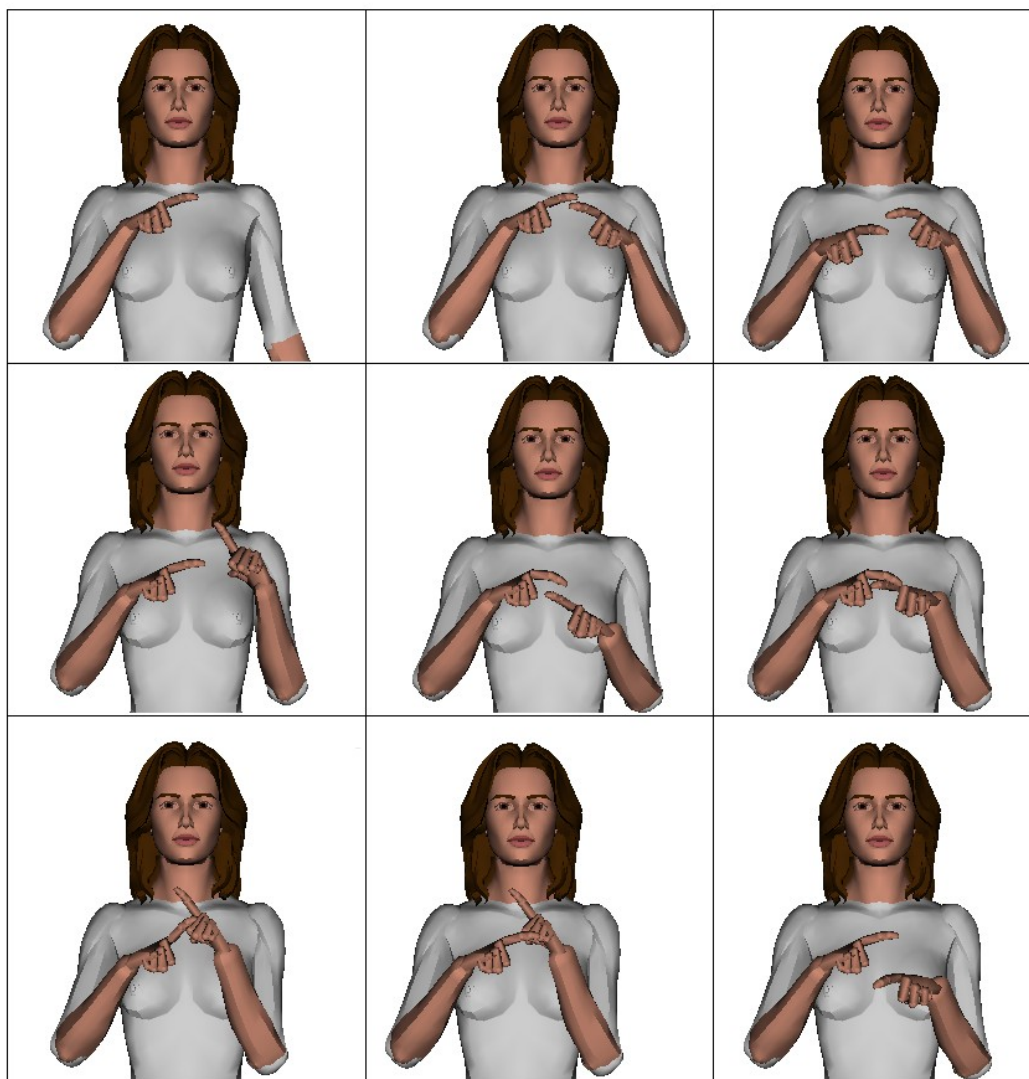
4.2.8 Νόημα 8- «Μυρμήγκι»

Περιγραφή νοήματος

Το νόημα λέξη-μυρμήγκι χρησιμοποιεί και τα δύο χέρια τα οποία εκτελούν μη συμμετρική κίνηση. Αρχικά η παλάμη του δεξιού χεριού έρχεται στο ύψος του στέρνου μπροστά από το σώμα χωρίς να ακουμπά σε αυτό. Ο δείκτης έχει κατεύθυνση προς τα αριστερά όπως φαίνεται στο πρώτο καρέ του σχήματος 58. Στη συνέχεια το αριστερό χέρι εκτελεί την ίδια ακριβώς χειρομορφή με κατεύθυνση του δείκτη προς τα δεξιά (τα δύο νοήματα επομένως εκτελούν την ίδια χειρομορφή, αλλά η κίνηση δεν είναι συμμετρική). Στη συνέχεια ο δείκτης του αριστερού χεριού ακουμπά τον δείκτη του δεξιού και αντίστροφα. Η κίνηση επαναλαμβάνεται άλλες δύο φορές και έχει μικρό εύρος. Η αλληλουχία των καρέ της λέξης φαίνεται στο σχήμα 58.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Αρχικά με χρήση της συνάρτησης touch φέραμε τον καρπό του αριστερού χεριού στην επιθυμητή θέση. Στη συνέχεια διορθώσαμε τη θέση της παλάμης και δημιουργήσαμε τη χειρομορφή του δεξιού χεριού. Εδώ πρέπει να τονίσουμε το γεγονός ότι στον κώδικα χρησιμοποιήσαμε σαν κατεύθυνση για το σύνδεσμο του δεξιού αγκώνα την κατεύθυνση “front_up”. Ωστόσο αυτή δεν είναι και η κυριολεκτική συντεταγμένη του χεριού για κάποιον εξωτερικό παρατηρητή καθώς όπως φαίνεται και στο πρώτο καρέ του σχήματος 58 η κατεύθυνση μοιάζει να είναι περισσότερο “right_up”. Ωστόσο αυτό έχει μία απλή εξήγηση: το σύστημα συντεταγμένων της πλατφόρμας την οποία χρησιμοποιούμε χρησιμοποιεί τοπικό και όχι καθολικό σύστημα συντεταγμένων. Έτσι η κατεύθυνση “front_up” είναι καθορισμένη σε σχέση με το χέρι και όχι με όλο το σώμα του εικονικού χαρακτήρα.



Σχήμα 58: Η λέξη «μυρμήγκι» της ENF

4.2.9 Νόημα 9 - «Ράμφος»

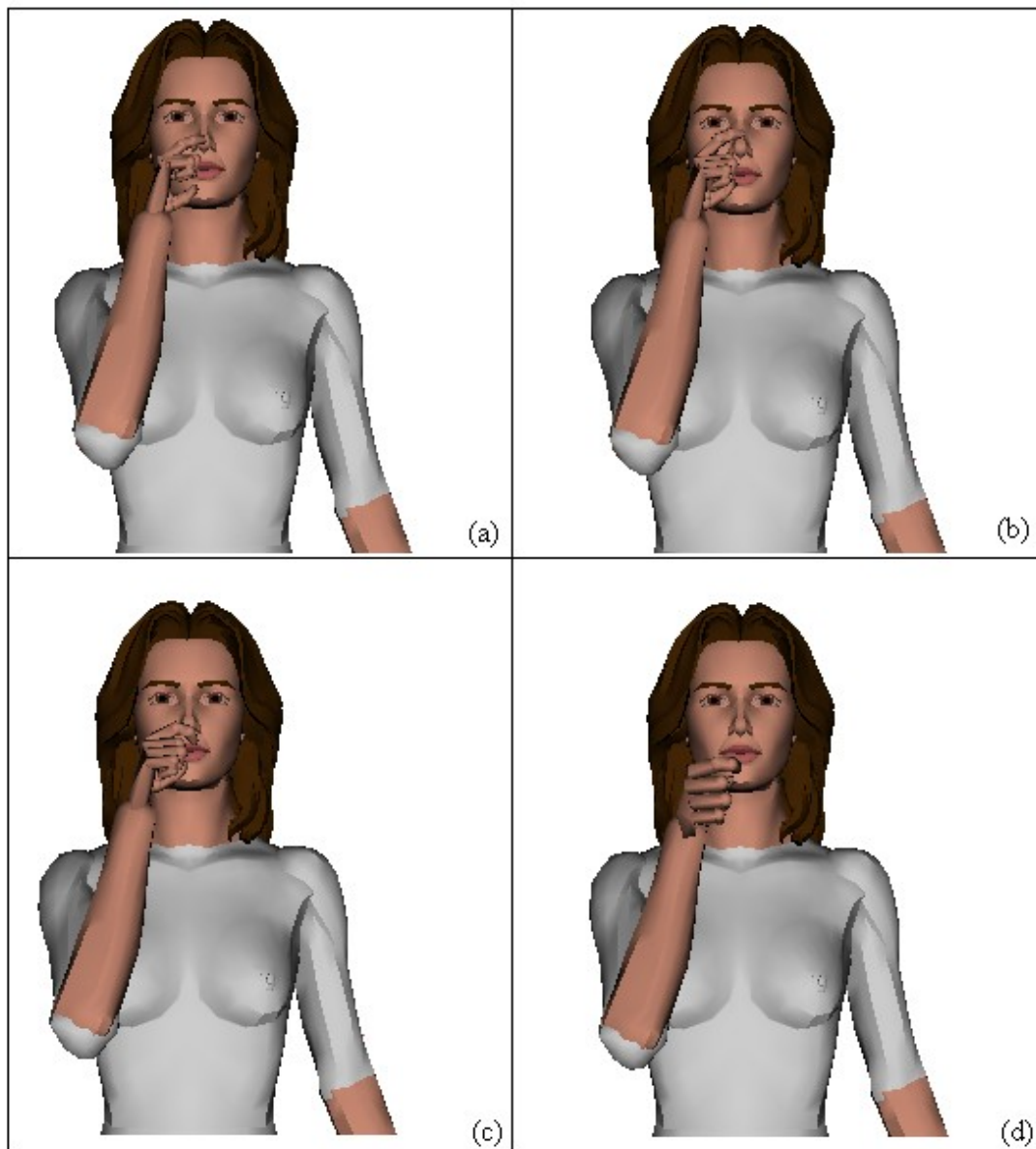
Περιγραφή νοήματος

Η λέξη «ράμφος» απαιτεί τη χρήση του ενός μόνο χεριού για την αναπαράστασή της. Αρχικά το δεξί χέρι έρχεται στο ύψος του σαγονιού. Τα δάχτυλα είναι κλειστά, εκτός από τον αντίχειρα και το δείκτη. Ο αντίχειρας είναι ελαφρά κυρτωμένος και βρίσκεται σε ευθεία γραμμή με το σαγόνι. Ο δείκτης είναι επίσης κυρτωμένος και βρίσκεται σε ευθεία γραμμή με τη μύτη. Η χειρομορφή απεικονίζεται στο πρώτο καρέ του σχήματος 59. Στη συνέχεια και ενώ ο βραχίονας παραμένει ακίνητος, ο πήχης εκτελεί τμήμα ημικυκλικής κίνησης ενώ παράλληλα περιστρέφεται ο καρπός. Ταυτόχρονα τα δάχτυλα αντίχειρα και δείκτη ενώνονται. Η αλληλουχία της κίνησης απεικονίζεται στα σχήματα 59 (front view) και 60 (custom view).

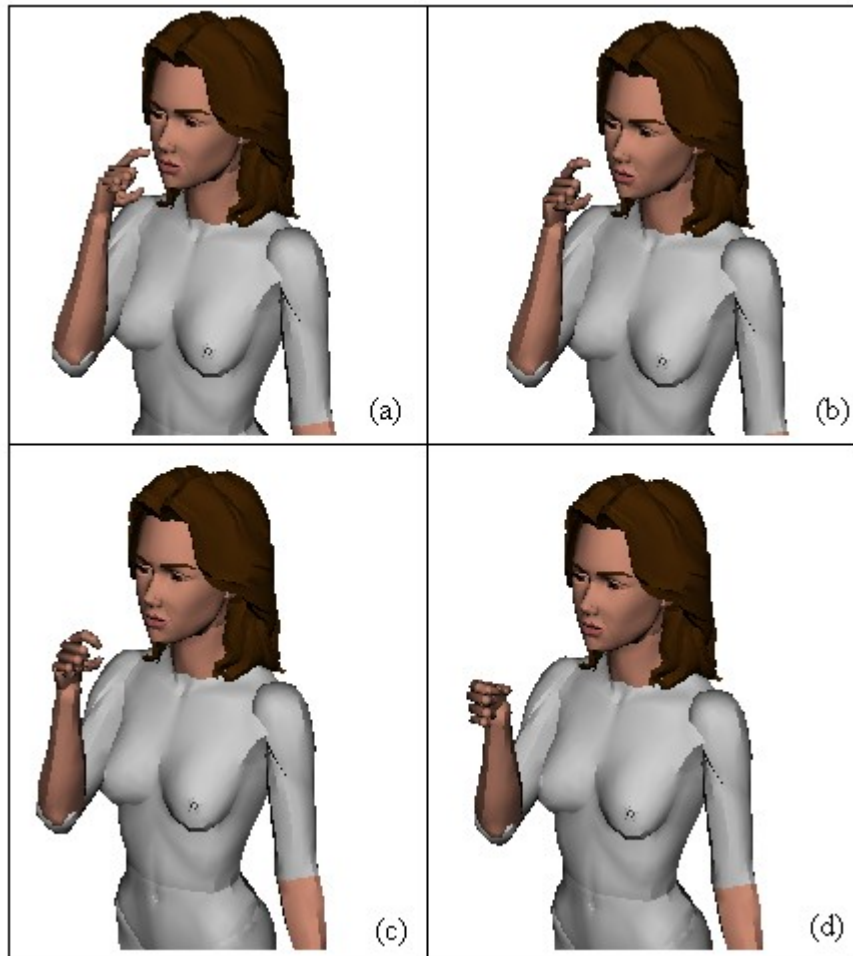
Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Η διαδικασία σχεδιασμού αυτού του νοήματος είναι πιο περίπλοκη από ότι άλλων νοημάτων τα οποία αναλύσαμε έως τώρα. Αυτό συμβαίνει γιατί όπως περιγράψαμε και πιο πάνω έχουμε ταυτόχρονη ημικυκλική κίνηση του αντιβραχίονα, περιστροφή του καρπού και κλείσιμο των δακτύλων. Για αυτό το λόγο δεν είναι δυνατή η χρήση μονάχα δύο χαρακτηριστικών καρέ με την αρχική και την τελική κίνηση. Αντίθετα χρησιμοποιούμε άλλα δύο ενδιάμεσα χαρακτηριστικά καρέ τόσο για τη σωστή αναπαράσταση της ημικυκλικής κίνησης όσο και για τη φυσική απεικόνιση περιστροφής καρπού. Αρχικά φέρνουμε το δεξί χέρι στο επιθυμητό ύψος, διορθώνουμε τη θέση του καρπού και σχεδιάζουμε τη χειρομορφή (πρώτο καρέ σχήματος 59 και 60). Στη συνέχεια, στο επόμενο χαρακτηριστικό καρέ περιστρέφουμε κατά περίπου 20 μοίρες το σύνδεσμο του αγκώνα. Παράλληλα περιστρέφουμε το σύνδεσμο του καρπού (περιστροφή κατά τη διεύθυνση right_front_up) καθώς και τους συνδέσμους thumb1, index1, index2 και index3 των δακτύλων. Όλες αυτές οι περιστροφές πραγματοποιούνται στο ίδιο χαρακτηριστικό καρέ γιατί θέλουμε να γίνουν ταυτόχρονα (χρησιμοποιούμε για αυτό το σκοπό τον τελεστή par) ώστε η κίνηση να είναι αληθοφανής και πειστική. Στη συνέχεια στα χαρακτηριστικά καρέ 3 και 4 περιστρέφουμε ακόμη περισσότερο όλους τους συνδέσμους που αλλάξαμε στο χαρακτηριστικό καρέ 2. Η τελική θέση της κίνησης απεικονίζεται στο χαρακτηριστικό καρέ 4 όπου η διεύθυνση e.f.d της παλάμης είναι πλέον προς τα εμπρός και τα δάχτυλα αντίχειρας και δείκτης ενώνονται στις άκρες τους. Η πολυπλοκότητα της απεικόνισης αυτής της λέξης έγκειται στην ταυτόχρονη

και μη συμμετρική περιστροφή πολλών συνδέσμων του χεριού, κάτι το οποίο δεν έχουμε συναντήσει στα προηγούμενα νοήματα. Για αυτό το λόγο ο σχεδιασμός της κίνησης βασίστηκε όπως εξηγήσαμε στα επιπλέον χαρακτηριστικά καρέ τα οποία καθοδηγούν το μηχανισμό παρεμβολής ώστε απεικονίσει με ακριβή τρόπο τη λέξη. Συνολικά χρειάστηκαν τέσσερα χαρακτηριστικά καρέ για το σχεδιασμό της κίνησης, τα οποία και απεικονίζονται στα σχήματα 59 και 60.



Σχήμα 59: Η λέξη «ράμφος» της ΕΝΓ (front view)



Σχήμα 60: Η λέξη «ράμφος» της ENΓ (custom view)

4.2.10 Νόημα 10 - «Πεταλούδα»

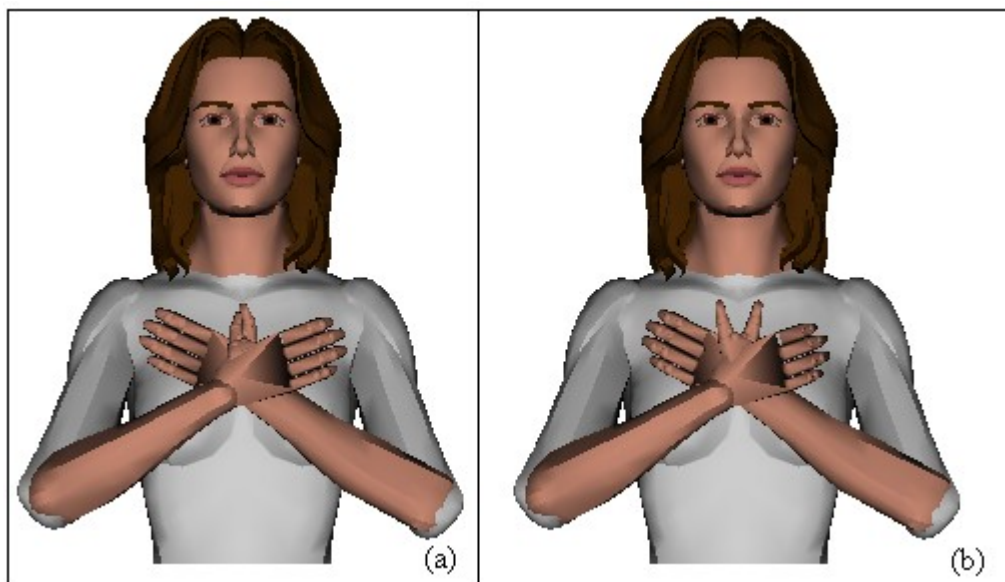
Περιγραφή νοήματος

Για την αναπαράσταση της λέξης «πεταλούδα» χρησιμοποιούνται και τα δύο χέρια. Πρόκειται επίσης για ένα συμμετρικό νόημα. Αρχικά τα χέρια έρχονται στο ύψος του στήρνου με τις παλάμες να έχουν διεύθυνση προς αυτό. Τα δάχτυλα είναι τεντωμένα ενώ οι αντίχειρες ακουμπούν στη βάση τους. Αυτή η θέση απεικονίζεται στο σχήμα 61. Στη συνέχεια περιστρέφεται ο πρώτος σύνδεσμος κάθε δακτύλου, εκτός του αντίχειρα, προς τα μέσα για περίπου 30 μοίρες. Αυτή η κίνηση επαναλαμβάνεται. Η αλληλουχία των κινήσεων απεικονίζεται στα σχήματα 61 και 62.

Παρατηρήσεις πάνω στον κώδικα

Αρχικά φέρνουμε τα χέρια στο επιθυμητό ύψος, διορθώνουμε τη θέση των καρπών και σχεδιάζουμε τη χειρομορφή. Εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι η τοποθέτηση των χεριών δεν έγινε με χρήση του τελεστή touch αλλά με περιστροφή κάθε

συνδέσμου χωριστά. Αυτό συμβαίνει γιατί στην επιθυμητή τους θέση (η οποία απεικονίζεται στο πρώτο καρέ) τα χέρια του μοντέλου πρέπει να φαίνονται ότι ακουμπούν δηλαδή να έχουν απολύτως καθορισμένη θέση στο χώρο. Όμως, γύρω από το σώμα του εικονικού χαρακτήρα δεν υπάρχει κάποιο πλέγμα με βάση το οποίο να μπορούμε να καθορίσουμε τις ακριβείς συντεταγμένες. Έτσι, αν χρησιμοποιήσουμε τον τελεστή touch υπάρχει η περίπτωση τα χέρια του εικονικού χαρακτήρα είτε να απέχουν, είτε να διαπερνά το ένα το άλλο, καταστάσεις οι οποίες πρέπει να αποφευχθούν. Επιπλέον, δεν υπάρχει κάποιος μηχανισμός περιορισμών ο οποίος θα αποτρέπει τα χέρια από το να διαπεράσουν το ένα το άλλο. Για αυτό το λόγο και έπειτα από πολλές δοκιμές καταλήγουμε στις κατάλληλες περιστροφές συνδέσμων οι οποίες δίνουν τέτοια θέση στα χέρια ώστε αυτά να δίνουν την εντύπωση ότι ακουμπούν (καρέ1 σχήματα 61 και 62). Στη συνέχεια περιστρέφουμε τους πρώτους συνδέσμους όλων των δακτύλων εκτός του αντίχειρα (σύνδεσμοι index1, middle1, ring1, pinky1). Κατόπιν οι σύνδεσμοι επανέρχονται στην αρχική τους θέση και η κίνηση επαναλαμβάνεται. Για την αναπαράσταση της λέξης «πεταλούδα» χρειάστηκαν δύο χαρακτηριστικά καρέ τα οποία απεικονίζονται στα σχήματα 61 (front view) και 62 (custom view).



Σχήμα 61: Η λέξη «πεταλούδα» της ΕΝΓ (front view)



Σχήμα 62: Η λέξη «πεταλούδα» της ENΓ (custom view)

Κεφάλαιο 5 – Σχεδιασμός εκφράσεων προσώπου για λέξεις της ΕΝΓ.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει οι εκφράσεις του προσώπου αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο της σωστής αναπαράστασης των λέξεων της ΕΝΓ. Ωστόσο μέχρι τώρα έχουμε αναφερθεί μόνο στις κινήσεις των χεριών οι οποίες αποτελούν μία λέξη-νόημα. Στο πέμπτο κεφάλαιο της μελέτης μας, θα αναφερθούμε στις εκφράσεις προσώπου τις οποίες δημιουργήσαμε με χρήση της πλατφόρμας Greta, όπως αυτή έχει περιγράψει στο κεφάλαιο 3. Οι εκφράσεις αυτές δεν αντιστοιχούν στα νοήματα τα οποία σχεδιάσαμε με χρήση της πλατφόρμας STEP αλλά είναι πιο γενικές ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν από πολλές, διαφορετικές στο μεταξύ τους νόημα, λέξεις. Θα αναλύσουμε κάθε έκφραση την οποία σχεδιάσαμε, δίνοντας διαδοχικά την περιγραφή, την επεξήγηση του κώδικα και την απεικόνισή της. Τέλος, θα κλείσουμε αυτό το κεφάλαιο αναφέροντας κάποιες γενικές παρατηρήσεις τις οποίες αποκομίσαμε κατά το σχεδιασμό των εκφράσεων με χρήση της πλατφόρμας Greta.

5.1 Σχεδιασμός των εκφράσεων προσώπου

Έκφραση 1

Στην πρώτη έκφραση την οποία σχεδιάζουμε, η περιοχή των ματιών παραμένει σε φυσική θέση και τα μάγουλα φουσκώνουν. Τα χείλη είναι κλειστά με μία ελαφριά κλίση προς τα κάτω. Αυτή η έκφραση του προσώπου μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε λέξεις-νοήματα όπως είναι η «αγανάκτηση» ή ο «αντίπαλος». Ο κώδικας αποτελείται από δύο καρέ τα οποία αναλύονται ως εξής:

Καρέ 1

```

001111111111110011000001111000000000000000111111
111111111111111111100000
000000000000000000000000000000000000000000000000

```

Το πρώτο καρέ το οποίο αποτελεί αφετηρία για κάθε έκφραση την οποία δημιουργούμε, αποτελεί και τη φυσική θέση του προσώπου του εικονικού χαρακτήρα. Σε αυτή τη θέση όλες οι μεταβλητές FAP έχουν μηδενική τιμή. Η φυσική αυτή έκφραση του προσώπου φαίνεται στο σχήμα 63 (α).

Καρέ 2


```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

```
1      -550  -550  140   140
```

Το δεύτερο καρέ, αποτελεί την έκφραση την οποία περιγράψαμε. Για το σχεδιασμό της αρχικά δίνουμε μία μικρή κλίση προς τα κάτω στις άκρες των χειλιών ενεργοποιώντας τις μεταβλητές FAP με αριθμό 12 (raise_l_cornerlip) και 13 (raise_r_cornerlip). Συγκεκριμένα, οι μεταβλητές 12 και 13 λαμβάνουν την ίδια τιμή: -550, ώστε να υπάρχει συμμετρία στην έκφραση. Στη συνέχεια ενεργοποιούμε τις μεταβλητές 39 (puff_l_cheek) και 40 (puff_r_cheek), με αποτέλεσμα τα μάγουλα να φουσκώνουν όπως απαιτεί η έκφραση. Η τιμή των μεταβλητών 39, 40 ορίζεται να είναι 140. Το τελικό αποτέλεσμα της έκφρασης 1 απεικονίζεται στο σχήμα 63.



Σχήμα 63: Έκφραση 1 της Greta

Έκφραση 2

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης έκφρασης την οποία σχεδιάσαμε, τα άνω και κάτω βλέφαρα πλησιάζουν ούτως ώστε τα μάτια να είναι μισόκλειστα. Τα φρύδια πλησιάζουν επίσης την περιοχή των ματιών και μάλιστα με τρόπο ομοιόμορφο, ενώ τέλος τα ζυγωματικά του προσώπου είναι ανασηκωμένα. Η έκφραση αυτή χρησιμοποιείται για την απεικόνιση λέξεων της ΕΝΓ οι οποίες σχετίζονται με το μέγεθος και την ποσότητα για παράδειγμα οι λέξεις «μικρός» ή «λίγο». Ο κώδικας τον οποίο κατασκευάσαμε αποτελείται από δύο καρέ. Το πρώτο καρέ (το οποίο είναι ίδιο για όλες τις εκφράσεις) αποτελεί τη φυσική θέση του προσώπου και έχει περιγραφεί στα προηγούμενα. Στη συνέχεια περιγράφουμε το δεύτερο καρέ της έκφρασης:

Καρέ 2

```
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
```

1 250 250 250 250 -200 -200 -200 -200 -200 -200 200
200

Στο δεύτερο αυτό καρέ, αρχικά κλείνουμε τα άνω βλέφαρα του εικονικού χαρακτήρα ενεργοποιώντας τις μεταβλητές FAP με αριθμό 19 (close_t_l_eyelid) και 20 (close_t_r_eyelid). Η τιμή την οποία λαμβάνουν οι συγκεκριμένες μεταβλητές ορίζεται να είναι: 250. Στη συνέχεια επαναλαμβάνουμε αυτή τη διαδικασία και για τα κάτω βλέφαρα ενεργοποιώντας τις μεταβλητές 21 (close_b_l_eyelid) και 22 (close_b_r_eyelid) και δίνοντας τους επίσης την τιμή 250. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνουμε μία αληθοφανή απεικόνιση της έκφρασης των ματιών όπως αυτή απαιτείται. Στη συνέχεια του σχεδιασμού, ενεργοποιούμε τις μεταβλητές FAP με αριθμό 31 (raise_l_i_eyebrow) και 32 (raise_r_i_eyebrow) οι οποίες ελέγχουν το εσωτερικό τμήμα των φρυδιών. Κατόπιν δίνοντάς τους την τιμή -200 το εσωτερικό τμήμα των φρυδιών πλησιάζει στα μάτια όπως απαιτείται. Κατά παρόμοιο τρόπο ενεργοποιούμε τις μεταβλητές 33 (raise_l_m_eyebrow) και 34 (raise_r_m_eyebrow) καθώς και τις 35 (raise_l_o_eyebrow) και 36 (raise_r_o_eyebrow) οι οποίες ελέγχουν το μεσαίο και εξωτερικό τμήμα των φρυδιών αντίστοιχα. Σε όλες τις παραπάνω μεταβλητές δίνεται η τιμή -200 ώστε τα φρύδια να πλησιάζουν με ομοιόμορφο και συμμετρικό τρόπο προς τα μάτια. Τέλος, μένει να ανασηκώσουμε τα ζυγωματικά ώστε να τελειοποιηθεί η έκφραση. Αυτό επιτυγχάνεται με ενεργοποίηση των μεταβλητών FAP 41 (lift_l_cheek) και 42 (lift_r_cheek) και απόδοσης σε αυτές της τιμής 200. Η τελική απεικόνιση της έκφρασης 2 φαίνεται στο σχήμα 64(b).



Σχήμα 64: Έκφραση 2 της Greta

Έκφραση 3

Κατά τη διάρκεια της τρίτης αυτής έκφρασης του προσώπου, τα φρύδια μετακινούνται κατακόρυφα και πλησιάζουν τα μάτια με τέτοιο τρόπο ώστε το εσωτερικό τμήμα των φρυδιών να πλησιάσει λιγότερο από τα άλλα δύο. Παράλληλα, το άνω χείλος πλησιάζει στο κάτω, το στόμα τεντώνει προς τα έξω και οι άκρες του στόματος αποκτούν μία ελαφριά κλίση προς τα κάτω. Η έκφραση αυτή χρησιμοποιείται σε λέξεις της ΕΝΓ οι οποίες δηλώνουν συναισθήματα φόβου ή πικρίας όπως είναι οι λέξεις «παρεξήγηση» και «θύμα». Για την κατασκευή αυτής της έκφρασης χρησιμοποιήσαμε δύο καρτέ, το πρώτο εκ των οποίων είναι η φυσική έκφραση του προσώπου. Στη συνέχεια περιγράφουμε το δεύτερο καρτέ το οποίο ουσιαστικά δίνει την έκφραση:

Καρέ 2

0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0
1 -40 -40 -200 -200 -150 -150 50 100 50 50 -50
 -50

Στο δεύτερο καρέ αρχικά ενεργοποιούμε τις μεταβλητές 31 (raise_l_i_eyebrow) και 32 (raise_r_i_eyebrow), οι οποίες ελέγχουν το εσωτερικό τμήμα των φρυδιών, 33 (raise_l_m_eyebrow) και 34 (raise_r_m_eyebrow) που ελέγχουν το μεσαίο τμήμα καθώς και τις 35 (raise_l_o_eyebrow) και 36 (raise_r_o_eyebrow) οι οποίες ελέγχουν το εξωτερικό τμήμα. Με αυτόν τον τρόπο, η περιοχή των φρυδιών θα μετακινηθεί κατακόρυφα και θα πλησιάσει στα μάτια. Ωστόσο δεν αποδίδουμε σε όλες τις παραπάνω μεταβλητές την ίδια τιμή και αυτό γιατί η έκφραση απαιτεί το εσωτερικό τμήμα των φρυδιών να πλησιάσει λιγότερο στα μάτια από τα άλλα δύο. Η τιμή την οποία αποδίδουμε σε αυτές τις μεταβλητές είναι -40, -200 και -150 για το εσωτερικό, το μεσαίο και το εξωτερικό τμήμα των φρυδιών αντίστοιχα. Στη συνέχεια ενεργοποιούμε τις μεταβλητές 51 (lower_t_midlip_o), 52 (raise_b_midlip_o), 53 (stretch_l_cornerlip_o) και 54 (stretch_r_cornerlip_o) οι οποίες ελέγχουν την περιοχή των χειλιών του εικονικού χαρακτήρα. Οι τιμές που αποδίδονται σε αυτές τις μεταβλητές είναι: 50, 100, 50, 50. Με αυτόν τον τρόπο το άνω χείλος πλησιάζει στο κάτω και το στόμα τεντώνει. Τέλος πρέπει να δώσουμε στις άκρες του στόματος μία ελαφριά κλίση προς τα κάτω. Αυτό επιτυγχάνεται ενεργοποιώντας τις μεταβλητές 59 (raise_l_cornerlip_o) και 60 (raise_r_cornerlip_o) και αποδίδοντάς τους την τιμή -50. Η τελική έκφραση απεικονίζεται στο σχήμα 65 (b).



Σχήμα 65: Έκφραση 3 της Greta

5.2 Παρατηρήσεις

Στη συνέχεια δίνουμε κάποιες παρατηρήσεις οι οποίες ισχύουν για όλες τις παραπάνω εκφράσεις και γενικεύονται για κάθε έκφραση η οποία σχεδιάζεται με χρήση της πλατφόρμας Greta.

1. Δομή του κώδικα

Οι γραμμές του κώδικα τον οποίο δημιουργούμε αντιστοιχούν ανά δύο σε ένα καρέ. Η πρώτη γραμμή κάθε καρέ καθορίζει ποια FAPs είναι ενεργοποιημένα (1→ενεργό FAP, 2→αδρανές FAP). Η δεύτερη γραμμή ξεκινά με τον αύξοντα αριθμό του καρέ (η αρίθμηση των καρέ αρχίζει από το μηδέν) και στη συνέχεια δίνονται διαδοχικά οι τιμές του κάθε ενεργοποιημένου FAP.

2. Μεταβλητές FAP

Οι πιο συνηθισμένες μεταβλητές FAP τις οποίες χρησιμοποιούμε είναι αυτές οι οποίες ελέγχουν τα κάτωθι σημεία του προσώπου:

- φρύδια 31, 32, 33, 34, 35, 36
- μάτια 19, 20, 21, 22
- μάγουλα 39, 40
- πηγούνι 14, 18

3. Συμμετρία της έκφρασης

Η έκφραση του προσώπου τις περισσότερες φορές οφείλει να είναι συμμετρική. Για αυτό το λόγο δίνουμε την ίδια τιμή στις μεταβλητές FAP οι οποίες επηρεάζουν τα ίδια σημεία του προσώπου. Για παράδειγμα, αν δώσουμε την τιμή +40 στην μεταβλητή η οποία ελέγχει την οριζόντια κίνηση του αριστερού άκρου του στόματος (FAP 6) πρέπει να δώσουμε την ίδια τιμή και στην αντίστοιχη μεταβλητή FAP του δεξιού άκρου (FAP 7). Αυτή η παρατήρηση είναι χρήσιμη όταν έχουμε ενεργοποιήσει πολλά FAPs και ελέγχουμε τον κώδικα για λάθη.

4. Οριζόντιες και κάθετες κινήσεις

Οι μεταβλητές FAP ελέγχουν την κίνηση κάποιων σημείων του προσώπου. Άλλες από αυτές τις μεταβλητές ελέγχουν την οριζόντια και άλλες την κάθετη κίνηση. Όταν χειριζόμαστε FAPs τα οποία ελέγχουν την οριζόντια κίνηση, χρησιμοποιούμε θετικές τιμές για κινήσεις οι οποίες θέλουμε να απομακρύνουν τα σημεία από τον κατακόρυφο άξονα του προσώπου. Αντίστοιχα δίνουμε αρνητικές τιμές στις μεταβλητές FAP όταν σχεδιάζουμε κινήσεις οι οποίες πρέπει να πλησιάζουν τον κατακόρυφο άξονα. Όταν πρόκειται για FAPs οι οποίες ελέγχουν την κατακόρυφη κίνηση κάποιων σημείων του προσώπου, συνήθως χρησιμοποιούμε θετικές τιμές όταν τα σημεία πρέπει να κινηθούν προς το επάνω και αρνητικές όταν πρέπει να κινηθούν προς το κάτω τμήμα του προσώπου.

5. Μέθοδος απόδοσης τιμών στις μεταβλητές FAP

Τέλος, πρέπει να πούμε ότι οι μεταβλητές FAP μπορούν να λάβουν ποικίλλες τιμές, από πολύ μικρές έως πολύ μεγάλες. Με αυτόν τον τρόπο μπορούμε να αλλάξουμε την ένταση μίας έκφρασης απλά αλλάζοντας αναλογικά τις τιμές των μεταβλητών FAP τις οποίες περιέχει. Αν δώσουμε ωστόσο πολύ μεγάλη τιμή στις μεταβλητές θα προκύψει ένα μη αληθοφανές αποτέλεσμα ενώ αν δώσουμε πολύ μικρή μπορεί να μην αποδίδεται σωστά η έκφραση. Για αυτό το λόγο (και καθ'όλη τη διάρκεια σχεδιασμού των εκφράσεων) επιλέγουμε τη μέθοδο των διαδοχικών πειραματισμών πάνω στις τιμές των μεταβλητών FAP ώστε να προκύψει η ακριβής έκφραση η οποία απαιτείται.

Κεφάλαιο 6 – Επίλογος

Σε αυτή την εργασία μελετήσαμε την απεικόνιση μέσω υπολογιστή των κινήσεων και των εκφράσεων οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μία ομάδα από λέξεις της ελληνικής νοηματικής γλώσσας. Αρχικά, αναφερθήκαμε στις βασικές τεχνικές δημιουργίας κίνησης και έκφρασης καθώς και στα πρότυπα τα οποία αυτές ακολουθούν. Στη συνέχεια αναλύσαμε τα τεχνικά χαρακτηριστικά της εργασίας καθώς και τις πλατφόρμες πάνω στις οποίες βασιστήκαμε για να σχεδιάσουμε τα νοήματα-λέξεις. Κατόπιν περιγράψαμε αυτές τις λέξεις και εκφράσεις επεξηγώντας τον κώδικα, δίνοντας ειδικές παρατηρήσεις για κάθε μία από αυτές και τέλος απεικονίζοντάς τις.

Κεφάλαιο 7 – Παραρτήματα

7.1. Παραρτήματα Κεφαλαίου 2

Ανθρώπινο Σώμα

Οι κόμβοι Συνδέσμων οι οποίοι αφορούν το ανθρώπινο σώμα δίνονται στον πίνακα 1:

L_hip	l_knee	L_ankle	l_subtalar	l_midtarsal	l_metatarsal	
r_hip	r_knee	r_ankle	r_subtalar	r_midtarsal	r_metatarsal	
vl5	vl4	vl3	vl2	vl1		
vt12	vt11	vt10	vt9	vt8	vt7	
vt6	vt5	vt4	vt3	vt2	vt1	
vc7	vc6	vc5	Vc4	vc3	vc2	vc1
L_sternoclavicular	l_acromioclavicular	L_shoulder	l_elbow	l_wrist		
r_sternoclavicular	r_acromioclavicular	R_shoulder	r_elbow	r_wrist		
HumanoidRoot	Sacroiliac (pelvis)	skullbase				

Πίνακας 1 : Κόμβοι Συνδέσμων σώματος του προτύπου H-Anim

Χέρια

Τα ονόματα των κόμβων Συνδέσμων για τα χέρια της ανθρώπινης δομής σύμφωνα με το πρότυπο H-Anim φαίνονται στον πίνακα 2:

l_pinky0	l_pinky1	l_pinky2	l_pinky3	l_ring0	l_ring1	l_ring2	l_ring3
l_middle 0	l_middle 1	l_middle 2	l_middle 3	l_index 0	l_index 1	l_index 2	l_index 3
l_thumb 1	l_thumb 2	l_thumb 3					
r_pinky0	r_pinky1	r_pinky2	r_pinky3	r_ring0	r_ring1	r_ring2	r_ring3
r_middle 0	r_middle 1	r_middle 2	r_middle 3	r_index 0	r_index 1	r_index 2	r_index 3
r_thumb 1	r_thumb 2	r_thumb 3					

Πίνακας 2: Κόμβοι Συνδέσμων των χεριών του προτύπου H-Anim

Πρόσωπο

Τα ονόματα των κόμβων Συνδέσμων του προσώπου της ανθρώπινης δομής σύμφωνα με το πρότυπο H-Anim φαίνονται στον πίνακα 3:

l_eyeball_joint	r_eyeball_joint
l_eyebrow_joint	r_eyebrow_joint
l_eyelid_joint	r_eyelid_joint
Temporomandibular	

Πίνακας 3: Κόμβοι Συνδέσμων προσώπου σύμφωνα με το πρότυπο H-Anim.

7.2 Παραρτήματα Κεφαλαίου 4

Κώδικας STEP των λέξεων

1. Γούνα

```
par([turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.370,-1.459,0.3499,1.4299),very_fast),  
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,1,0,-0.8),very_fast)/*right_front_down*/,  
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-1.269,-  
0.21,0.2300,0.49),very_fast)/*left_front_down*/,
```

```
turn(humanoid,l_thumb1,rotation(1,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_thumb2,rotation(-1,0,1,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(1,0,0,-0.600),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-0.2),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,-0.100),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.2),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,1,-0.1),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,1,-0.2),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-0.2),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,1,-0.1),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,1,-0.2),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-0.2),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,1,-0.1),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,1,-0.2),time(0.2,second))]),
```

```
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-1,1,0,1,0.6999),very_fast),  
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1,-1,0,-1.940),very_fast),  
turn(humanoid,r_wrist,rotation(1,1.1999,-0.3,-0.838),very_fast)/*front_up*/],  
turn(humanoid,r_wrist,rotation(1,1.4997,-0.3,-1.436),very_fast),  
turn(humanoid,r_wrist,rotation(1,1.1997,-0.3,-0.534),very_fast),  
turn(humanoid,r_wrist,rotation(1,1.4997,-0.3,-1.436),very_fast),
```

```
par([turn(humanoid,l_thumb1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_thumb2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),  
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
```

```

turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second))]),

par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,0,0,-0.438),very_fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(1.2999,0.6999,0,-2.039),very_fast),
turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,0,0,-0.438),very_fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1.2999,-0.699,0,-2.039),very_fast)]),

%deksi xeri xeiromorfh
par([turn(humanoid,r_thumb1,rotation(1,0,0,-0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb2,rotation(1,0,0,-0.400),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb3,rotation(1,0,0,-0.400),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,1.3999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1.3999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1.3999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,1,1.7999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,1,0.2),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,1,0.3995),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,1,0.2000),time(0.2,second))]),

%aristero xeri xeiromorfh
par([turn(humanoid,l_thumb2,rotation(1,0,0,-0.600),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(1,0.2,0.2,-0.8),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_thumb1,rotation(-0.599,0.0010,1,-0.199),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second))]),

%deksi xeri prwth kinisi dipla sto kefali
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,0,0,-1.338),very_fast)/up*/,
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1.3,-0.7,0,-2.039),very_fast)/front_up*/,
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0,0.3,1,-0.3),very_fast)/front_up*/,

%aristero xeri prwth kinisi dipla sto kefali
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,0,0,-1.338),very_fast)/up*/,
turn(humanoid,l_elbow,rotation(1.3,0.7,0,-2.039),very_fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0,0.3,1,0.3),very_fast)/front_up*]),

```

```

%deksi xeri teliki kinisi
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,0.4,0,-1.338),very_fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0.3,0.6,-0.899,0.8),very_fast),

%aristero xeri teliki kinisi
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,-0.4,0,-1.338),very_fast)/up*/,
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0.3,-0.599,0.8999,0.8),very_fast)/front_up*/
])

```

2. Μυρμήγκι

```

par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-1,0.0,0,0.5998),fast)/right_front*/,
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1,-0.7,0,-2.039),fast)/front_up*/,
turn(humanoid,r_thumb1,rotation(1.9998,1,1.3999,0.5998),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb2,rotation(1.2000,0.3998,2.1997,0.8000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb3,rotation(1.3999,0,0.2000,0.3998),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1.7999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,1,0.6000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,1.9998),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,1,0.7998),time(0.2,second))]),

par([
turn(humanoid,l_thumb1,rotation(-1.200,1.0009,1.2007,-0.600),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_thumb2,rotation(-1.200,0.4000,2.1998,-0.800),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(1.3999,0,0.2000,0.4009),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-1.799),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-1.998),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,1,-0.800),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,0,0,-0.4),fast)/right_front*/,
turn(humanoid,l_elbow,rotation(1.1,0.6,0,-2.0),fast)/up*/]),

```

```

par([
turn(humanoid,r_elbow,rotation(0.85,-0.698,0,-1.8),very_fast)/*front_up*/,
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-0.2),very_fast)]),

par([
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,0.0699),very_fast),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,0.0699),very_fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(1,0,0,-0.438),very_fast)/*up*/,
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.928,-0.325,-0.115,0.4097),very_fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.928,-0.325,-0.115,1.9021),very_fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-0.370,-
0.860,0.3499,1.1299),very_fast)]/*right_front_down*/,

par([
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-0.29,-2.06,0.3499,1.1298),very_fast),
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.835,-0.312,-0.300,0.2695),very_fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.835,-0.312,-0.300,1.7863),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.3699),very_fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0.2),very_fast)]),

par([turn(humanoid,l_wrist,rotation(0.5299,-
1.159,0.0499,1.1298),very_fast)/*right_front_down*/,
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.885,-0.329,-0.300,0.4508),very_fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.885,-0.329,-0.300,1.8414),very_fast)]),

par([turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0),very_fast),

turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.885,-0.332,-0.325,0.5647),very_fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.885,-0.332,-0.325,1.8260),very_fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-0.370,-1.16,0.3499,1.1299),very_fast)]),

par([turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0),very_fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0),very_fast)]),

par([
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0.5308,-
1.16,0.0498,1.1298),very_fast)/*right_front_down*/,
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.860,-0.321,-0.305,0.3429),very_fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.860,-0.321,-0.305,1.8172),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.3699),fast)/*left*/
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0.3),fast)/*left*/
]),

par([turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,0),fast)])

```

3. Φωλιά

```
par([par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.797,0.3209,0.5112,0.5378),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.797,0.3209,0.5112,1.9325),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0.2,0.2,1,-1.2),fast),
turn(humanoid,r_thumb1,rotation(1,0,0,-0.55),fast),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,0.3),fast),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0.5999,0,1,0.3),fast),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0.6,0,1,0.3),fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0.6,0,1,0.3),fast),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(1,0,0,0.2),fast),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(1,0,0,0.2),fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(1,0,0,0.2),fast)]),
```

```
par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.797,-0.320,-0.511,0.5378),fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.797,-0.320,-0.511,1.9325),fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-0.2,0.2,1,1.2),fast),
turn(humanoid,l_thumb1,rotation(1,0,0,-0.55),fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(1,0,0,0.2),fast),/*back*/
turn(humanoid,l_middle1,rotation(1,0,0,0.2),fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(1,0,0,0.2),fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(1,0,0,0.2),fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(1,0,0,0.2),fast)])),
```

```
par([par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.749,0.3086,0.5509,0.3569),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.749,0.3086,0.5509,1.8819),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0,0,1,-1.18),fast)/*right*/)],
```

```
par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.749,-0.308,-0.550,0.3569),fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.749,-0.308,-0.550,1.8819),fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0,0,1,1.18),fast)/*left*/)]),
```

```
par([par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.772,0.3117,0.5046,0.3037),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.772,0.3117,0.5046,1.9253),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0,0,1,-1.18),fast)/*right*/)],
```

```
par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.772,-0.311,-0.504,0.3037),fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.772,-0.311,-0.504,1.9253),fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0,0,1,1.18),fast)/*left*/)]),
```

```
par([par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.818,0.3202,0.4305,0.2886),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.818,0.3202,0.4305,1.9944),fast)]),
```

```
par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.818,-0.320,-0.430,0.2886),fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.818,-0.320,-0.430,1.9944),fast)])),
```

```
par([par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.870,0.3309,0.3638,0.4457),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.870,0.3309,0.3638,2.0426),fast),
```

```

turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.35,-0.09,1,-1.2),fast)],

par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.870,-0.330,-0.363,0.4457),fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.870,-0.330,-0.363,2.0426),fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0.35,-0.09,1,1.2),fast)]))

```

4. ΜΈΛΗ

```

par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.733,-0.295,-0.471,0.1592),fast),
turn(humanoid,l_elbow,rotation(-0.733,-0.295,-0.471,1.8807),fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0.1499,-0.2,0.9098,1.0999),fast)]/*left_front_up*/

```

```

turn(humanoid,l_thumb1,rotation(1,0,0,-0.400),fast),
turn(humanoid,l_thumb2,rotation(1,0,0,-0.400),fast),
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(1,0,0,-0.400),fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,1,0),fast),

```

```

par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.684,0.2783,0.4652,0.0972),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.684,0.2783,0.4652,1.7996),fast)]),

```

```

par([turn(humanoid,r_thumb1,rotation(0.6000,0.4000,1,0.2000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb2,rotation(1,0,0,0.4000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb3,rotation(-0.970,-0.090,-0.230,0.7900),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,1.5997),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,1,0.2000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,1,1.5997),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,1,0.2000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,1,1.5997),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,1,0.2000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second))]),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0.2029,1,-0.8,1),fast)/*left_front_down*/

```

```
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.676,0.2867,0.5770,0.1256),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.676,0.2867,0.5770,-0.5),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.676,0.2867,0.5770,2.0013),fast)]),
```

```
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.716,0.2993,0.5686,0.1825),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.716,0.2993,0.5686,-0.5),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.716,0.2993,0.5686,2.0550),fast)]),
```

```
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.768,0.3147,0.5473,0.3174),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.768,0.3147,0.5473,-0.5),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.768,0.3147,0.5473,2.1101),fast)]),
```

```
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.797,0.3208,0.5099,0.4442),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.797,0.3208,0.5099,-0.5),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.797,0.3208,0.5099,2.1321),fast)])
```

5. Μοσχάρι

%deksi xeri xeiromorph

```
par([turn(humanoid,r_thumb1,rotation(1,0,0,-0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb2,rotation(1,0,0,-0.400),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb3,rotation(1,0,0,-0.400),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,1.3999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1.3999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1.3999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,1,1.7999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,1,0.2),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,1,0.3995),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,1,0.2000),time(0.2,second)))]),
```

%aristero xeri xeiromorph

```
par([turn(humanoid,l_thumb2,rotation(1,0,0,-0.600),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(1,0.2,0.2,-0.8),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_thumb1,rotation(-0.599,0.0010,1,-0.199),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,1,-1.598),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,1,-0.200),time(0.2,second)),
```

```

turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second))]),

%deksi xeri prwth kinisi dipla sto kefali
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,0,0,-1.338),fast)/*up*/,
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1.3,-0.7,0,-2.039),fast)/*front_up*/,
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0,0.3,1,-0.3),fast)/*front_up*/,

%aristero xeri prwth kinisi dipla sto kefali
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,0,0,-1.338),fast)/*up*/,
turn(humanoid,l_elbow,rotation(1.3,0.7,0,-2.039),fast),
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0,0.3,1,0.3),fast)/*front_up*/]),

%deksi xeri teliki kinisi
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,0.4,0,-1.338),fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0.3,0.6,-0.899,0.8),fast),

%aristero xeri teliki kinisi
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,-0.4,0,-1.338),fast)/*up*/,
turn(humanoid,l_wrist,rotation(0.3,-0.599,0.8999,0.8),fast)/*front_up*/
])

```

6. Ουρά

```

par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,-0.397,0,0.7),fast)/*left_back*/,
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-1,0.45,0,2.0),fast)/*left_front*/,
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.379,0.4598,-0.910,2),fast)/*right_front_up*/,
turn(humanoid,r_thumb1,rotation(1.9998,1,1.3999,0.5998),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb2,rotation(1.2000,0.3998,2.1997,0.8000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_thumb3,rotation(1.3999,0,0.2000,0.3998),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1.7999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,1,0.6000),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,1.9998),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,1.5999),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,1,0.7998),time(0.2,second))]),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.379,0.1598,-
0.910,2.0),very_fast)/*right_front_up*/,
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.679,0.4599,-0.910,2.0),very_fast),
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,-0.45,0,0.75),very_fast),

```



```

turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.379,0.1598,-0.910,2.0),very_fast)
)]/*right_front_up*/,
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,-0.25,0,0.85),very_fast),
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.679,0.4599,-0.910,2.0),very_fast)])

```

7. Πάπια

```

par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,0.3,0,-0.738),fast)/*front*/,
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1,-1.499,0,-2.24),fast)/*up*/,
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,-0.3,0,-0.738),fast)/*front*/,
turn(humanoid,l_elbow,rotation(1,1.5,0,-2.240),fast)/*up*/,
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-0.37,-2.36,-0.55,1.4299),fast)/*right_front_down*/,
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.37,2.36,0.55,1.4299),fast)/*right_fron_down*/,

```

```

turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast)/*left*/
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast)/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast)]),

```

```

par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,1),very_fast)/*left*/
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-1),very_fast)/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-1),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-1),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,1),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-1),very_fast)]),

```

```

par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast)/*left*/
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast)/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast) ]),

```

```

par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,1),very_fast)/*left*/
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-1),very_fast)/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-1),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-1),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,1),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-1),very_fast)]),

```

```

par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),/*left*/
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast),/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.7),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-0.7),very_fast)])

```

8. Περιστέρι

```

par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-
0.777,0.3100,0.4573,0.3000),very_fast),/*up*/
turn(humanoid,r_elbow,rotation(0.6998,-0.698,0.8998,-2.25),very_fast),/*up*/
turn(humanoid,r_wrist,rotation(0.3999,-0.899,-0.7,0.1699),very_fast),/*back_up*/,
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_thumb1,rotation(1,0,0,-0.098),very_fast),/*front*/,
turn(humanoid,r_thumb3,rotation(1,0,0,-0.4),very_fast),/*front*/,
turn(humanoid,l_shoulder,rotation(-0.777,-0.31,-0.4573,0.3),very_fast),/*up*/,
turn(humanoid,l_elbow,rotation(0.6998,0.698,-0.8998,-2.25),very_fast),/*up*/,
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-0.399,0.899,0.7,0.1699),very_fast),/*back_up*/,
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_thumb1,rotation(1,0,0,-0.098),very_fast),/*front*/,
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(1,0,0,-0.4),very_fast),/*front*/)],

```

%prwth kinisi pros ta katw

```

par([
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,-0.3,1,0.5),very_fast),/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,-0.3,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0.3,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,-0.3,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,-0.3,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0.3,1,-0.5),very_fast)])

```

%prwti kinisi pros ta panw

```

par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0.3,1,0.2),very_fast),

```

```

turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0.3,1,-0.2),very_fast)]),

%prwth kinisi pros ta katw
par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,-0.3,1,0.5),very_fast)/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,-0.3,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0.3,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,-0.3,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,-0.3,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0.3,1,-0.5),very_fast)]),

%prwti kinisi pros ta panw
par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0.3,1,-0.2),very_fast)]),

%prwth kinisi pros ta katw
par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,-0.3,1,0.5),very_fast)/*left*/,
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,-0.3,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0.3,1,0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,-0.3,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,-0.3,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.5),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0.3,1,-0.5),very_fast)]),

%prwti kinisi pros ta panw
par([turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,-0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0.3,1,0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,-0.3,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.2),very_fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0.3,1,-0.2),very_fast)]

```

9. Πάμφος

```

par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.777,0.2826,0.1948,1.0676),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.777,0.2826,0.1948,1.9618),fast)]),

```

```

par([turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1.1000),fast),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,1,1.7999),fast),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,1,0.8998),fast),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1.1000),fast),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,1,1.7999),fast),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,1,0.6999),fast),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,1.1000),fast),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,1.5999),fast),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,1,0.8998),fast)]),
par([turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.379,0.7599,-
0.910,0.5997),fast)/*right_front_up*/,
turn(humanoid,r_thumb1,rotation(-1,5,1.4000,1.3998),fast)/*right_front_down*/,
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.3698),fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0.3000),fast),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,1,0.1),fast)]),
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.777,0.2826,0.1948,1.0676),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.777,0.2826,0.1948,1.9618),fast)]),
par([turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.379,0.7599,-
0.910,0.5997),fast)/*right_front_up*/,
turn(humanoid,r_thumb1,rotation(-1,5,1.4000,1.3998),fast)/*right_front_down*/,
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.3698),fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0.3000),fast),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,1,0.1),fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,1.1000),fast),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,1,1.7999),fast),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,1,0.8998),fast),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,1.1000),fast),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,1,1.7999),fast),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,1,0.6999),fast),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,1.1000),fast),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,1,1.5999),fast),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,1,0.8998),fast)]),

turn(humanoid,r_wrist,rotation(0.2209,0.4599,-0.910,0.5999),fast),
par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.838,0.3034,0.1955,1.0145),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.838,0.3034,0.1955,1.8186),fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.6698),fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,1,0.6),fast),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,1,0.7),fast)]),

par([turn(humanoid,r_wrist,rotation(-0.669,0.1,0.6698,-1.007),fast),
turn(humanoid,r_shoulder,rotation(-0.863,0.3131,0.2082,0.9639),fast),
turn(humanoid,r_elbow,rotation(-0.863,0.3131,0.2082,1.7716),fast)])

```

10. Πεταλούδα

```

par([par([turn(humanoid,r_shoulder,rotation(1,0,0,-0.737),fast)/*up*/,
turn(humanoid,r_elbow,rotation(1,-1.198,0,-2.169),fast)/*front*/,
turn(humanoid,r_wrist,rotation(-1.3,-2.397,0.5999,1.7999),fast)/*right_front*/,

```

```

turn(humanoid,r_thumb1,rotation(1,-2.096,0,-0.897),fast),
turn(humanoid,r_thumb2,rotation(1,0,1,-0.400),fast),
turn(humanoid,r_thumb3,rotation(1,0,0,-0.097),fast),
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,0,0),fast),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,0,0),fast)]),
par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(1,0,0,-0.649),fast),/*up*/
turn(humanoid,l_elbow,rotation(1,0.8997,0.5,-2.1),fast)/*front_kalo*/,
turn(humanoid,l_wrist,rotation(-0.300,1.1998,0.2000,1.2),fast)/*right_front*/,
turn(humanoid,l_thumb1,rotation(1,-1.499,0,-0.2),fast),
turn(humanoid,l_thumb2,rotation(1,0,0,-0.400),fast),
turn(humanoid,l_thumb3,rotation(1,0,0,-0.100),fast),
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,1,0),fast),
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,1,0),fast) ] ) ),

```

```

par([par([
turn(humanoid,r_index1,rotation(0,0,1,0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_index3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky1,rotation(0,0,1,0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_pinky3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring1,rotation(0,0,1,0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_ring3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle1,rotation(0,0,1,0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle2,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,r_middle3,rotation(0,0,0,0),time(0.2,second))]),
par([
turn(humanoid,l_index1,rotation(0,0,1,-0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_index2,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),

```

```

turn(humanoid,l_index3,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle1,rotation(0,0,1,-0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle2,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_middle3,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring1,rotation(0,0,1,-0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring2,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_ring3,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky1,rotation(0,0,1,-0.4),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky2,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second)),
turn(humanoid,l_pinky3,rotation(0,0,1,0),time(0.2,second))] ] )

```

Κεφάλαιο 8 – Βιβλιογραφία

- [1]. Onno Crasborn. Phonetic implementation of phonological categories in Sign Language of the Netherlands. PhD thesis, University of Leiden, 2001.

- [2]. Ingeborg van Gijn, Sotaro Kita, Harry van der Hulst . The non-linguistic status of the Symmetry Condition in signed languages: Evidence from a comparison of signs and spontaneous co-speech gestures.

- [3]. Humanoid Animation Working Group: www.h-anim.org

- [4]. E.Efthimiou, G.Sapountzaki, K.Karpouzis, S-E.Fotinea, Developing an e-Learning platform for the Greek Sign Language.

- [5]. G. Caridakis, K. Karpouzis. Design and Implementation of a Greek Sign Language Synthesis System.

- [6]. Isabella Poggi1, Catherine Pelachaud. Greta: Gaze and facial expression in an embodied conversational agent.

- [7]. Stefano Pasquariello , Catherine Pelachaud. Greta: A Simple Facial Animation Engine.

- [8]. Richard Kennaway. Synthetic Animation of Deaf Signing Gestures.

- [9]. Richard Kennaway. Experience With and Requirements For a Gesture Description Language For Synthetic Animation.

- [10]. Shuyi Scott,A Search Facility for a New Zealand Sign Language Dictionary,October 2003.