



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εικονική Αναπαράσταση Νοηματικής Γλώσσας στο Διαδίκτυο

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Αθανάσιου Γ. Αθανασιάδη

Επιβλέπων : Στέφανος Δ. Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2003



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Εικονική Αναπαράσταση Νοηματικής Γλώσσας στο Διαδίκτυο

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

Αθανάσιου Γ. Αθανασιάδη

Επιβλέπων : Στέφανος Δ. Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 17^η Οκτωβρίου 2003.
Αθήνα, Οκτώβριος 2003

.....
Στέφανος Κόλλιας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ανδρέας Σταφυλοπάτης
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Παναγιώτης Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Αθανάσιος Γ. Αθανασιάδης

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

Copyright © Αθανάσιος Αθανασιάδης, 2003.

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.

Πρόλογος

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Εικονική Αναπαράσταση Νοηματικής Γλώσσας στο Διαδίκτυο» εκπονήθηκε την περίοδο Φεβρουαρίου - Οκτωβρίου του έτους 2003 στο εργαστήριο Ψηφιακής Επεξεργασίας Εικόνων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Ε.Μ.Πολυτεχνείου. Μελετήθηκε η σύνθεση κινήσεων ενός τρισδιάστατου (3Δ) ανθρωποειδούς μοντέλου και η δυνατότητα αναπαράστασης κινήσεων της Ελληνικής Νοηματικής Γλώσσας. Η αναπαράσταση γίνεται μέσω ενός φυλλομετρητή (browser) VRML 97 συμβατού και δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη εκτός από το να παρακολουθήσει ορισμένα παραδείγματα, να δημιουργήσει και αυτός δικά του σετ κινήσεων, να αλλάξει τον προσανατολισμό όλου του μοντέλου ή ορισμένων μόνο μελών του σώματός του. Η πλατφόρμα λειτουργεί με όλα τα ανθρωποειδή μοντέλα που είναι συμβατά με το πρότυπο H-Anim.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή κ. Στέφανο Κόλλια για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, τον Δρα. Κώστα Καρπούζη για την συνεργασία και την επίλυση όποιων αποριών και τέλος όλους με όσους συνεργάστηκα τους τελευταίους μήνες μέσα στο εργαστήριο για την καλή τους διάθεση και συναδελφικότητα.

Αθήνα, Οκτώβριος 2003

Θάνος Αθανασιάδης

Περίληψη

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάπτυξη ενός συστήματος εικονικής αναπαράστασης κινήσεων και χειρονομιών από ένα ανθρωποειδές μοντέλο. Το σύστημα είναι διαδραστικό και διαδικτυακό, δηλαδή χαρακτηρίζεται από την ενεργή συμμετοχή του χρήστη και είναι προσβάσιμο από οπουδήποτε μέσω του διαδικτύου. Δύο είναι οι βασικές δυνατότητες που παρέχονται στον χρήστη: Η πρώτη είναι η επισκόπηση ορισμένων κινήσεων του μοντέλου, όπως περπάτημα, άλμα, χαιρετισμός κ.ά. καθώς επίσης και χαρακτηριστικών κινήσεων της Ελληνικής Νοηματικής Γλώσσας (ΕΝΓ). Η δεύτερη είναι η δυνατότητα για συγγραφή και υλοποίηση με εύκολο τρόπο νέων κινήσεων και χειρονομιών. Έμφαση δόθηκε στην φυσικότητα της κίνησης των χεριών που παράγουν τα νοήματα της ΕΝΓ, καθώς το σύστημα αυτό μπορεί να αποτελέσει την βάση για ένα μελλοντικό ολοκληρωμένο σύστημα διερμηνείας για τους κωφούς.

Abstract

The scope of the dissertation with subject “Virtual representation of the Greek Sign Language in Internet”, is the implementation of an interactive and internet-based system capable of animating normal human movements and gestures through a humanoid model. There are two basic capabilities of the system: The first one is a simple representation of some demo movements, i.e. walking, jumping, greeting, and the most important some gestures which represent meanings in the Greek Sign Language. The second option is a more interactive one, since it gives the user the opportunity to make his own scripts and manipulate the model in various ways. The implemented system can be potentially the base of a more enhanced system which can be used as an interpreter between deaf people and the rest who do not know the sign language.

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΝΟΗΜΑΤΙΚΗΣ ΓΛΩΣΣΑΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	1
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	5
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	7
ABSTRACT	9
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΝΟΗΜΑΤΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ	13
1.1 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΝΟΗΜΑΤΙΚΗ ΓΛΩΣΣΑ, ΈΝΑ ΆΛΛΟ ΜΕΣΟ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ	13
1.1.1 Τι είναι η Ελληνική Νοηματική Γλώσσα;.....	13
1.1.2 Μελέτη και λεξικογράφηση της ΕΝΓ	14
1.2 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΣΤΗΝ ΝΟΗΜΑΤΙΚΗ.....	15
1.2.1 Αυτόματη μετάφραση τηλεοπτικών ειδήσεων σε πραγματικό χρόνο	15
1.2.2 Διαδραστικές υπηρεσίες σε ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους.....	16
1.3 ΥΠΕΡΟΧΗ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: STEP, ΜΙΑ ΓΛΩΣΣΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ ΓΙΑ ΕΝΣΑΡΚΩΜΕΝΟΥΣ ΠΡΑΚΤΟΡΕΣ (SCRIPTING LANGUAGE FOR EMBODIED AGENTS).....	18
2.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	18
2.2 ΑΡΧΕΣ.....	19
2.2.1 Ευκολία.....	19
2.2.2 Σύνθετη Σημασιολογία (Compositional Semantics).....	19
2.2.3 Επαναπροσδιορισμός (Re-definability).....	20
2.2.4 Παραμετροποίηση.....	20
2.2.5 Αλληλεπίδραση.....	21
2.3 Η ΓΛΩΣΣΑ ΣΕΝΑΡΙΟΥ STEP	21
2.3.1 Σύστημα Αναφοράς.....	21
2.3.2 Πρωτογενείς κινήσεις και σύνθετοι τελεστές.....	25
2.3.3 Τελεστές Αλληλεπίδρασης Υψηλού Επιπέδου.....	26
2.4 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ	27
2.4.1 'Walk' και παράμετροι.....	27
2.4.2 Run και η παραμόρφωσή του (Deformation).....	29
2.4.3 Αλληλεπίδραση με Εικονικούς Κόσμους	31
2.4.4 Επαφή (Touch): Ένα πρόβλημα Ανάστροφης Κινηματικής.....	33
2.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ HUMANOID V. 1.1	39
3.1 ΣΚΟΠΟΣ	39
3.2 ΠΕΡΙΛΗΨΗ	40
3.3 ΟΙ ΚΟΜΒΟΙ	41
3.3.1 Κόμβος Αρθρωση (joint node).....	41
3.3.2 Κόμβος Μέλος (segment node).....	44
3.3.3 Κόμβος Θέση (site node).....	46
3.3.4 Κόμβος Παραμόρφωση (displacer node).....	48
3.3.5 Κόμβος Ανθρωποειδής (humanoid node).....	50
3.4 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΕΙΔΟΥΣ.....	52
3.5 ΙΕΡΑΡΧΙΑ ΤΩΝ ΑΡΘΡΩΣΕΩΝ	54
3.5.1 Το σώμα.....	55
3.5.2 Τα χέρια.....	56
3.5.3 Το πρόσωπο.....	56
3.5.4 Ιεραρχία.....	57
3.5.5 Μη-προτυποποιημένες Αρθρώσεις και Μέλη.....	62
3.6 ΟΠΤΙΚΕΣ ΓΩΝΙΕΣ ΚΑΙ ΠΛΟΗΓΗΣΗ (VIEWPOINTS AND NAVIGATION)	62
3.6.1 Οπτικές γωνίες.....	62
3.6.2 Πλοήγηση.....	63

3.7 ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ	63
3.7.1 Πολλά ανθρωποειδή σε ένα αρχείο	64
3.7.2 Ελάχιστα απαιτούμενα	64
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΕΜΨΥΧΩΣΗ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΡΟΤΥΠΟ MPEG-4	66
4.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	66
4.2 ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ FBA	66
4.3 ΜΟΝΤΕΛΑ ΕΜΨΥΧΩΣΗΣ 3Δ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ	67
4.4 ΕΜΨΥΧΩΣΗ ΕΙΚΟΝΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΩΝ	67
4.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ (MOTION CAPTURE SYSTEMS)	69
4.4.1 Συστήματα καταγραφής με χρήση ενεργών αισθητήρων	70
4.4.2 Συστήματα καταγραφής με χρήση παθητικών αισθητήρων	70
4.5 ΕΙΚΟΝΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑΚΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΑ	71
4.6 MPEG-4 ΚΑΙ ΕΜΨΥΧΩΣΗ ΠΡΟΣΩΠΟΥ ΚΑΙ ΣΩΜΑΤΟΣ	72
4.4 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΕΩΝ FBA ΚΑΙ BBA	73
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΔΟΚΙΜΩΝ.....	74
5.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	74
5.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΔΙΕΠΑΦΗΣ ΧΡΗΣΤΗ (GUI).....	74
5.3 ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	78
5.4 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	79
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81

Κεφάλαιο 1^ο: Πληροφορική και Νοηματική Γλώσσα

1.1 Η Ελληνική Νοηματική Γλώσσα, ένα άλλο μέσο επικοινωνίας

1.1.1 Τι είναι η Ελληνική Νοηματική Γλώσσα;

Οι περισσότεροι άνθρωποι, που δεν έχουν προσωπικές ή κοινωνικές επαφές με κωφούς, έχουν την τάση να πιστεύουν ότι οι νοηματικές γλώσσες είναι ένα είδος παντομίμας ή αναπαράστασης κάποιας από τις φωνούμενες γλώσσες που μιλάνε οι ίδιοι. Η αλήθεια όμως είναι πολύ διαφορετική από την ευρέως διαδεδομένη αυτή αντίληψη. Οι νοηματικές γλώσσες (που, σημειωτέον, είναι πολλές και εντελώς διαφορετικές μεταξύ τους), διαφέρουν από τις υπόλοιπες φυσικές γλώσσες ως προς το ότι μας είναι λιγότερο γνωστές, όχι όμως και ως προς τις γλωσσολογικές αρχές που διέπουν την επικοινωνιακή τους λειτουργία.

Η Ελληνική Νοηματική Γλώσσα (ΕΝΓ) είναι η φυσική γλώσσα της κοινότητας των κωφών στην Ελλάδα. Όπως συμβαίνει και με τις υπόλοιπες νοηματικές, η ιδιαιτερότητά της σε σχέση με αυτό που ο περισσότερος κόσμος έχει συνηθίσει να ονομάζει "γλώσσα" είναι ότι η γραμματική της, δηλαδή το σύστημα των κανόνων βάσει των οποίων διαρθρώνεται ο λόγος και επιτυγχάνεται η επικοινωνία, δεν είναι προφορικό αλλά οπτικό-κινησιακό. Η ΕΝΓ λέγεται "ελληνική" γιατί χρησιμοποιείται στην Ελλάδα από Έλληνες νοηματιστές, αυτό όμως δεν σημαίνει σε καμία περίπτωση ότι απεικονίζει την ελληνική γλώσσα ή ότι προέρχεται από αυτήν. Αντίθετα, πρόκειται για ένα αυτόνομο γλωσσικό σύστημα που μπορεί να μελετηθεί και να αναλυθεί όπως και κάθε άλλη φυσική γλώσσα.

Τα γλωσσικά μέσα που χρησιμοποιεί η ΕΝΓ (όπως και οι άλλες νοηματικές γλώσσες) για να διατυπώσει τις έννοιες και για να δημιουργήσει μορφολογία και σύνταξη, βασίζονται στην κίνηση των χεριών, στην στάση ή στην κίνηση του σώματος, και στην έκφραση του προσώπου. Οι βασικές μονάδες του λόγου (τις οποίες η επιστήμη της γλωσσολογίας ονομάζει γλωσσικά σημεία) της ΕΝΓ ονομάζονται νοήματα. Τα νοήματα μπορούν να έχουν λεξική ή γραμματική σημασία, ακριβώς όπως τα μορφήματα και οι λέξεις στις φυσικές γλώσσες.

Τα νοήματα δεν πρέπει να συγχέονται με το δακτυλικό αλφάβητο, το οποίο είναι απλώς ένας τρόπος μεταγραφής του ελληνικού αλφαβήτου. Οι νοηματιστές, ως φυσικοί ομιλητές της ΕΝΓ, χρησιμοποιούν το δακτυλικό αλφάβητο με δύο τρόπους: είτε για να αποδώσουν τα ακρωνύμια και τα κύρια ονόματα, είτε για να σχηματίσουν νοήματα στα οποία τα στοιχεία του δακτυλικού αλφαβήτου χρησιμοποιούνται ως χειρομορφές. Για

παράδειγμα, το νόημα που σημαίνει "κοινωνία" σχηματίζεται από το "κ" του δακτυλικού αλφαβήτου σε συνδυασμό με κίνηση.

Το χαρακτηριστικότερο συστατικό ενός νοήματος λέγεται χειρομορφή. Η χειρομορφή είναι το σχήμα που παίρνει η παλάμη και η θέση στην οποία τοποθετούνται τα δάκτυλα τη στιγμή που αρχίζει να σχηματίζεται ένα νόημα. Η ίδια η χειρομορφή όμως από μόνη της δεν είναι φορέας σημασίας. Για να αποκτήσει σημασία, για να δημιουργηθεί δηλαδή ένα νόημα, η χειρομορφή πρέπει να συνοδεύεται και από τα παρακάτω στοιχεία:

- Τον "προσανατολισμό" της παλάμης, δηλαδή την κατεύθυνση προς την οποία στρέφεται η χειρομορφή κατά το σχηματισμό του νοήματος: ο δείκτης που δείχνει προς τα πάνω ή στρέφεται προς τα δεξιά αποτελεί τμήμα διαφορετικών νοημάτων.
- Τη θέση της χειρομορφής στο χώρο ή επάνω στο σώμα: τα νοήματα παράγονται σε καθορισμένο χώρο που λέγεται χώρος νοηματισμού. Ο χώρος αυτός αντιστοιχεί περίπου σε ένα τετράγωνο που ορίζεται από την κορυφή της κεφαλής ως τον άνω κορμό και εκτείνεται σε 20-30 εκατοστά δεξιά και αριστερά από τα μπράτσα. Αν χρησιμοποιήσουμε μία χειρομορφή έξω από το χώρο αυτό, π.χ. με τα μπράτσα κρεμασμένα δίπλα στο σώμα, το αποτέλεσμα δεν είναι αναγνωρίσιμο ως νόημα.
- Την κίνηση του χεριού, χωρίς την οποία δεν μπορεί να ολοκληρωθεί ένα νόημα: ο δείκτης που δείχνει προς τα πάνω ή στρέφεται προς τα δεξιά χωρίς να κινείται δεν είναι ολοκληρωμένο νόημα, δεν αντιστοιχεί δηλαδή σε ορισμένη σημασία. Εκτός από τη συμμετοχή της στο σχηματισμό του νοήματος, η κίνηση μπορεί να είναι και φορέας άλλων σημασιών, για παράδειγμα να δηλώνει τον αριθμό (ενικό ή πληθυντικό), το μέγεθος ενός αντικειμένου (μικρότερο ή μεγαλύτερο), ακόμα και τη συχνότητα μίας ενέργειας.
- Την στάση (ή κίνηση) του σώματος ή / και την έκφραση του προσώπου, που αποτελούν επίσης συστατικά του νοήματος με την έννοια ότι λειτουργούν για να μεταφέρουν πληροφορία όπως αυτή που δηλώνεται από τον τόνο της φωνής στις ομιλούμενες γλώσσες. Για παράδειγμα, η έννοια του μέλλοντος διατυπώνεται στην ΕΝΓ συνδυάζοντας το νόημα με μία ελαφρά κλίση του σώματος προς τα εμπρός.

1.1.2 Μελέτη και λεξικογράφηση της ΕΝΓ

Η μεγαλύτερη δυσκολία που εμφανίζεται όταν κάποιος θέλει να μελετήσει μία νοηματική γλώσσα, είναι "τεχνικού" χαρακτήρα, με την έννοια ότι δεν υπάρχει γραφή ή μεταγραφή κάποιου είδους. Το αποτέλεσμα αυτής της κατάστασης μπορεί να συγκριθεί με

αυτό που συμβαίνει σε πολλές προφορικές γλώσσες: η καταγραφή της γλώσσας είναι εξαιρετικά ελλιπής και η μελέτη της ιδιαίτερα περιορισμένη. Είναι προφανές ότι το πρόβλημα είναι εντονότερο στην περίπτωση της ΕΝΓ, για την οποία η καταγραφή οποιασδήποτε πληροφορίας γινόταν μέχρι τώρα μόνο με φωτογραφίες ή σκίτσα, από τα οποία έλειπε ένα βασικό συστατικό των νοημάτων: η κίνηση. Πιο πρόσφατα χρησιμοποιούνται βίντεο που παρουσιάζουν τις έννοιες. Επιπλέον, οι διάφορες γλωσσικές και κοινωνικές προκαταλήψεις, όπως για παράδειγμα ότι η νοηματική δεν είναι "ακριβώς" γλώσσα, έχουν εμποδίσει την ευρύτερη διάδοσή της.

1.2 Εφαρμογές της πληροφορικής στην Νοηματική

Η ανάπτυξη ανθρωποειδών με δυνατότητα εμφύχωσής τους (animated humanoids) σε πραγματικό χρόνο έχει ως ένα από τα πιο σημαντικά πεδία εφαρμογής την βελτίωση των παρεχόμενων υπηρεσιών στους κωφούς πολίτες, μέσω της νοηματικής γλώσσας και πιο συγκεκριμένα της Ελληνικής Νοηματικής Γλώσσας. Δύο πεδία της καθημερινότητας των κωφών στα οποία θα ήταν ευεργετική η χρήση μοντέλων μεταφραστών της νοηματικής γλώσσας είναι η αυτόματη μετάφραση και οι διαδραστικές υπηρεσίες σε δημόσιους και ιδιωτικούς χώρους.

1.2.1 Αυτόματη μετάφραση τηλεοπτικών ειδήσεων σε πραγματικό χρόνο

Γίνονται πολλές έρευνες προκειμένου να διαπιστωθεί το κατά πόσο είναι δυνατό να υπάρχουν νοηματικοί υπότιτλοι στην τηλεόραση, και πιο συγκεκριμένα στα δελτία ειδήσεων. Σε ένα δελτίο ειδήσεων το κείμενο είναι προκαθορισμένο, οπότε δεν είναι αναγκαία η μετατροπή λόγου σε κείμενο σε πραγματικό χρόνο. Έτσι λοιπόν δεν είναι αναγκαία μία διαδικασία αναγνώρισης φωνής που εν γένει δεν είναι 100% επιτυχής και έχει επιπλέον μεγάλο υπολογιστικό φόρτο.

Μια τέτοια εφαρμογή είναι δυνατή μόνο μέσα από τις υπηρεσίες της ψηφιακής τηλεόρασης και όχι της αναλογικής. Ο λόγος είναι ότι το αναλογικό σήμα δεν περιέχει ξεχωριστά την πληροφορία για τους υπότιτλους, αλλά αυτοί είναι απλά μέρος της εικόνας. Σε αντίθεση, στο ψηφιακό σήμα οι υπότιτλοι είναι ένα ξεχωριστό αντικείμενο το οποίο μπορεί να ανακτηθεί αυτόνομα και να επεξεργαστεί. Την δυνατότητα αυτή την δίνει το πρότυπο MPEG 4, το οποίο (όπως περιγράφεται στην παράγραφο 4) διατηρεί την πληροφορία για κάθε ένα αντικείμενο που εμφανίζεται στην οθόνη. Η επεξεργασία των υποτίτλων γίνεται από τον τηλεοπτικό δέκτη ή από ένα επιπρόσθετο σύστημα (set top box)

και μετατρέπονται στην νοηματική γλώσσα. Με αυτή την πρακτική, είναι δυνατή η αλληλεπίδραση του χρήστη με το σύστημα, καθώς μπορεί να επηρεάσει την ταχύτητα των νοηματικών παραστάσεων, πράγμα που σε αντιστοιχία είναι η δυνατότητα ενός μη κωφού ατόμου να μεταβάλλει τον ήχο του τηλεοπτικού δέκτη του. Επειδή συνήθως η ταχύτητα των νοημάτων δεν είναι αρκετά μεγάλη για να μπορεί να ακολουθεί την τηλεοπτική εικόνα, είναι απαραίτητη η συμπίεση των νοημάτων. Αυτή είναι μία τακτική που εφαρμόζεται γενικότερα σε διερμηνεία από φυσική γλώσσα σε νοηματική, μιας και η νοηματική είναι από την φύση της γλώσσα πολύ περιεκτική. Οπότε κατά την επεξεργασία των υπότιτλων γίνεται και επεξεργασία του συνολικού νοήματος με σκοπό τον εντοπισμό των λέξεων και φράσεων με την μικρότερη προτεραιότητα ή/και σημασία. Αυτές μπορούν έπειτα να παραλειφθούν στην παρουσίαση των νοημάτων εάν διαπιστωθεί ότι υπάρχει καθυστέρηση σε σχέση με την εικόνα.

Για κάθε λέξη γίνεται χρήση ενός είδους λεξικού, το οποίο αντιστοιχίζει την λέξη με το νόημα της νοηματικής γλώσσας. Με χρήση γραμμικής παρεμβολής συνδέονται η τελική θέση του μοντέλου – ανθρωποειδούς που περιγράφει την μία λέξη με την αρχική θέση της επόμενης λέξης, έτσι ώστε να επιτυγχάνεται μια όσο το δυνατόν πιο ομαλή και φυσιολογική κίνηση. Σε αυτό το σημείο γίνεται καθαρή η υπεροχή της χρήσης ενός ανθρωποειδούς σε αντιδιαστολή με αποθηκευμένα βίντεο. Είναι δυνατή η έμμεση επέμβαση στην κίνηση του ανθρωποειδούς, κάτι που είναι πρακτικά αδύνατο όταν έχουμε να κάνουμε με ακολουθίες βίντεο.

1.2.2 Διαδραστικές υπηρεσίες σε ιδιωτικούς και δημόσιους χώρους

Πολύ συχνά είναι αναγκαία η επικοινωνία μεταξύ ενός κωφού ατόμου και κάποιου ο οποίος δεν γνωρίζει την ΕΝΓ. Σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί ένα απλό σύστημα μετάφρασης με χρήση ανθρωποειδών μοντέλων να δώσει την λύση. Για παράδειγμα ας θεωρήσουμε τα ταμεία εισιτηρίων σε έναν σιδηροδρομικό σταθμό ή στην πύλη εισόδου (check in) σε ένα αεροδρόμιο. Εάν ο υπάλληλος χρησιμοποιεί ένα περιορισμένο σχετικά λεξιλόγιο, τότε μπορεί ένα σύστημα να μετουσιώνει μέσω μίας οθόνης τον λόγο σε νοηματική γλώσσα κατανοητή από τον κωφό. Καταρχήν οι προτάσεις και οι φράσεις του υπαλλήλου αναγνωρίζονται από ένα σύστημα αναγνώρισης φωνής. Η αναγνώριση δεν είναι αναγκαίο να είναι πλήρης, αλλά αρκεί να εντοπίζει λέξεις κλειδιά (όπως ημερομηνίες, προορισμοί, νούμερα κλπ), οπότε έτσι απλοποιείται σημαντικά η όλη διαδικασία. Από την

άλλη, ο κωφός θα μπορεί με το πάτημα ορισμένων κουμπιών ή ακόμα και με την χρήση ενός πληκτρολογίου να μεταφέρει στον υπάλληλο την επιθυμία του ή τις ερωτήσεις του.

1.3 Υπεροχή σε σχέση με υπάρχουσες τεχνολογίες

Στα δύο παραπάνω παραδείγματα, καλό είναι να γίνει μία ποιοτική σύγκριση της προτεινόμενης τεχνολογίας σε σχέση με την ως σήμερα χρησιμοποιούμενη που λειτουργούσε αποκλειστικά με βιντεοσκόπηση ανθρώπων – μεταφραστών. Γενικά οι υπάρχουσες ιστοσελίδες και διαδικτυακές εφαρμογές που ασχολούνται με την Νοηματική (Ελληνική αλλά κυρίως Αμερικάνικη - την American Sign Language), χρησιμοποιούν προβιντεοσκοπημένα αρχεία, γεγονός το οποίο δημιουργεί μεγάλες ανάγκες σε αποθηκευτικό χώρο (συνήθως της τάξης των μερικών GB). Συνήθως οι εφαρμογές αυτές είναι λεξικά μίας φυσικής γλώσσας προς την Νοηματική και είναι χρήσιμο και βολικό να υπάρχουν τέτοιου είδους λεξικά σε μία πλατφόρμα στο διαδίκτυο, έτσι ώστε να παρέχεται εύκολη πρόσβαση σε αυτά.

Δεδομένου ότι το διαθέσιμο εύρος ζώνης προς τον τελικό χρήστη αυξάνει πολύ πιο αργά από την διαθέσιμη υπολογιστική ισχύ (τετραπλασιάζεται κάθε τρία χρόνια), η λύση είναι να μην μεταφέρονται αρχεία βίντεο που έχουν μεγάλο μέγεθος, αλλά άντ' αυτού να μεταφέρονται πληροφορίες που καθοδηγούν ένα ανθρωποειδές στην εμφύχωσή του. Τις πληροφορίες αυτές τις επεξεργάζεται το τοπικό μηχάνημα και αποδίδει (render) την ακολουθία της εμφύχωσης (animation sequence), εξοικονομώντας πολύτιμο εύρος ζώνης εις βάρος υπολογιστικής ισχύος, που όπως προαναφέρθηκε είναι αρκετή για τέτοιες εφαρμογές.

Έτσι, γίνεται δυνατή η εξ' αποστάσεως χρήση μέσω του διαδικτύου, η μεταφορά σε ένα CD κλπ. Η χρήση δεν περιορίζεται μόνο σε υπολογιστές γραφείου, αλλά μπορεί να επεκταθεί και σε υπολογιστές παλάμης, κινητά τηλέφωνα κλπ.

Κεφάλαιο 2^ο: STEP, Μία Γλώσσα Σεναρίου για Ενσαρκωμένους Πράκτορες (Scripting Language for Embodied Agents)

2.1 Εισαγωγή

Για την αλληλεπίδραση του χρήστη με το ανθρωποειδές είναι απαραίτητη μία γλώσσα σεναρίου (scripting language) υψηλού επιπέδου. Το ανθρωποειδές έχει την δυνατότητα να αντιλαμβάνεται τον χώρο μέσα στον οποίο βρίσκεται και να αντιδρά σε ποικίλα ερεθίσματα. Γενικά, η επικοινωνία με ένα ανθρωποειδές μπορεί να είναι λεκτική ή κινησιακή. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, που στόχος είναι η δημιουργία ενός συστήματος που να μπορεί να εξομοιώνει την Ελληνική Νοηματική Γλώσσα (ΕΝΓ) καθώς και γενικότερα να μπορεί να εκτελεί προκαθορισμένο σενάριο κινήσεων (τρέξιμο, περπάτημα, χαιρετισμός κ.ά.), το βάρος πέφτει στην κινησιακή επικοινωνία. Χειρονομίες, στάσεις και εκφράσεις του προσώπου είναι τα κύρια χαρακτηριστικά στα οποία βασίζεται η κινησιακή επικοινωνία του ανθρωποειδούς με τον χρήστη.

Επιλέχθηκε η γλώσσα STEP (Scripting Technology for Embodied Persona) να είναι αυτή ως το ενδιάμεσο επίπεδο επικοινωνίας μεταξύ του χρήστη και του ανθρωποειδούς. Όπως και κάθε άλλη γλώσσα σεναρίου, είναι σε ένα βαθμό αρκετά απλή, γεγονός το οποίο διευκολύνει το έργο του προγραμματισμού και της ανάπτυξης. Ένα βασικό πλεονέκτημα αυτών των γλωσσών είναι ότι μπορεί να γίνει διαχωρισμός των προδιαγραφών των ενεργειών του μοντέλου (κινήσεις, χειρονομίες) από τα προγράμματα τα οποία καθορίζουν την αρχιτεκτονική, την γεωμετρία και τον λογισμό (νοημοσύνη) του. Οπότε οποιαδήποτε αλλαγή στο ρεπερτόριο των κινήσεων του ανθρωποειδούς δεν απαιτεί επαναπρογραμματισμό του. Το ρεπερτόριο των κινήσεων συνεπάγεται μόνο γεωμετρικές αλλαγές του σώματος και των μελών του, ενώ οι εσωτερικές αλλαγές των νοητικών φάσεων (επίγνωση της θέσης του, της κατάστασής του) απαιτούν άλλους πολυπλοκότερους υπολογισμούς και συλλογισμό (reasoning).

Τα ανθρωποειδή ακολουθούν το πρότυπο H-Anim και έτσι 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 3D ευφυών πρακτόρων. Η DLP είναι μία μορφή της Prolog, της κατεξοχήν γλώσσα κατηγορηματικού λογισμού. Έτσι η STEP έχει συμπαγή σημασιολογικά θεμέλια και πάνω σε αυτά λειτουργεί και όχι στην χρήση ενός τεράστιου αριθμού μεταβλητών και αριθμητικών τελεστών.

2.2 Αρχές

Η σχεδίαση της STEP έγινε με κατεξοχήν σκοπό τον έλεγχο και χειρισμό μοντέλων ανθρωποειδών. Η STEP δεν έχει ως σκοπό να αντικαταστήσει γλώσσες όπως η JAVA ή η Prolog, ούτε να έχει πλήρη και 100% λειτουργική υπολογιστική υποδομή, αλλά να είναι μία γλώσσα φιλική προς τον χρήστη και εύκολη για ανάπτυξη. Απαιτείται βέβαια σε ένα βαθμό μία αλληλεπίδραση με το εσωτερικό και το κομμάτι που επεξεργάζεται τις φάσεις του ανθρωποειδούς και αυτό γίνεται με την DLP. Έτσι λοιπόν συνοψίζουμε τις 5 βασικές αρχές που διέπουν την συγκεκριμένη γλώσσα.

2.2.1 Ευκολία

Ο έλεγχος των κινήσεων του ανθρωποειδούς (χειρονομίες, εκφράσεις προσώπου κλπ) απαιτεί πολλά γεωμετρικά δεδομένα, όπως εντολές ROUTE στην VRML ή εξισώσεις κίνησης στα γραφικά. Η γλώσσα STEP κρύβει όλες αυτές τις γεωμετρικές δυσκολίες, έτσι ώστε ακόμα και προγραμματιστές με λίγες ή καθόλου γνώσεις στα γραφικά με υπολογιστές να μπορούν να την χρησιμοποιούν χωρίς προβλήματα. Για παράδειγμα, η εντολή για αργή περιστροφή του αριστερού βραχίονα προς τα μπροστά είναι:

```
turn(humanoid's_name, left_arm, front, slow).
```

Δεν είναι λοιπόν απαραίτητο να έχει ο προγραμματιστής γνώσεις πάνω σε συστήματα συντεταγμένων ή άξονες περιστροφής. Υπονοείται βέβαια ότι το ανθρωποειδές έχει γνώση του ίδιου του περιεχομένου, δηλαδή πως ονομάζεται το κάθε μέλος του σώματός του. Επίσης πρέπει να καταλαβαίνει τις κατευθύνσεις ‘αριστερά’, ‘πάνω’ κλπ σε σχέση με το τοπικό σύστημα συντεταγμένων του κάθε φορά.

2.2.2 Σύνθετη Σημασιολογία (Compositional Semantics)

Εδώ εννοείται ο καθορισμός σύνθετων ενεργειών, βασισμένων σε ήδη υπάρχουσες καθορισμένες ενέργειες. Για παράδειγμα, η κίνηση στην οποία ένα ανθρωποειδές περιστρέφει αργά τα δύο του χέρια προς τα εμπρός, μπορεί να οριστεί με την σύνθεση δύο απλούστερων κινήσεων που καθορίζουν η κάθε μία την περιστροφή του ενός βραχίονα:

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

Τυπικές εντολές για δημιουργία σύνθετων κινήσεων είναι η ‘par’ για παράλληλες ενέργειες, η ‘seq’ για ακολουθιακές και η ‘repeat’ για επαναλαμβανόμενες.

2.2.3 Επαναπροσδιορισμός (Re-definability)

Ενέργειες σεναρίου (scripting actions), όπως π.χ. οι σύνθετες κινήσεις, μπορούν να οριστούν σε σχέση με άλλες κινήσεις. Η γλώσσα STEP έχει ενσωματωμένο έναν μηχανισμό καθορισμού κινήσεων βασισμένο σε κανόνες. Είναι δυνατόν να προσδιοριστούν νέες κινήσεις με το δικό τους σετ κανόνων και αυτές με τη σειρά τους να επαναχρησιμοποιηθούν για άλλους σεναριακούς σκοπούς (scripting purposes). Για παράδειγμα, έστω ότι είναι ήδη καθορισμένες οι εξής δύο σύνθετες κινήσεις 'run', 'kick'. Μπορεί να οριστεί λοιπόν μία νέα κίνηση η 'run_then_kick' ως εξής:

$$\text{run_then_kick}(\text{humanoid}) = \text{seq}([\text{run}(\text{humanoid}), \text{kick}(\text{humanoid})]).$$

Σε συντακτικό της Prolog είναι:

$$\text{script}(\text{run_then_kick}(\text{humanoid}), \text{Action}) :-$$
$$\text{Action} = \text{seq}([\text{run}(\text{humanoid}), \text{kick}(\text{humanoid})]).$$

2.2.4 Παραμετροποίηση

Οι ενέργειες σεναρίου μπορούν να εύκολα να τροποποιηθούν σε άλλες κινήσεις, αρκεί να καθοριστεί τι αλλαγές γίνονται στο πέρασμα του χρόνου και πως γίνονται αυτές οι αλλαγές. Ο χρόνος αποτελεί τον βαθμό ελευθερίας της κίνησης και με τροποποίησή του μπορούμε να καθορίσουμε νέες κινήσεις. Για να γίνει πιο σαφές, έστω η ενέργεια σεναρίου 'run'. Το τρέξιμο είναι υποκειμενική έννοια, μπορεί να είναι γρήγορα, αργά κλπ. Στη STEP δεν είναι απαραίτητο να προκαθοριστούν πολλά είδη τρεξίματος, για διαφορετικό ρυθμό το κάθε ένα. Μπορεί ο ορισμός της κίνησης να γίνει με έναν βαθμό ελευθερίας που να ονομάζεται 'tempo'. Μεταβάλλοντας την τιμή του 'tempo', είναι αρκετό για να επιτευχθούν πολλοί διαφορετικοί ρυθμοί τρεξίματος. Μία άλλη μέθοδος παραμετροποίησης είναι η εισαγωγή μεταβλητών ή 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.

2.2.5 Αλληλεπίδραση

Οι ενέργειες σεναρίου πρέπει να είναι σε θέση να αλληλεπιδρούν με τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων αντικειμένων και άλλων ανθρωποειδών. Πιο συγκεκριμένα, οι ενέργειες σεναρίου μπορούν να αντιλαμβάνονται τον κόσμο ακόμα και την κατάσταση των ανθρωποειδών ούτως ώστε να αποφασίζουν αν πρέπει ή όχι να συνεχιστεί μία κίνηση ή αν πρέπει να γίνει κάποια άλλη. Τέτοιου είδους αλληλεπίδραση μπορεί να επιτευχθεί με χρήση τελεστών υψηλού επιπέδου (high-level operators), όπως καθορίζεται στην δυναμική λογική. Οι τελεστές 'test' και 'conditional' είναι παραδείγματα τελεστών που διευκολύνουν την αλληλεπίδραση μεταξύ των καταστάσεων και των ενεργειών.

Συνοψίζοντας, οι παραπάνω πέντε αρχές διέπουν την γλώσσα σεναρίου STEP κατά τον εξής τρόπο: Το αίτημα για απλότητα καλύπτεται από την σχεδόν φυσική γλώσσα που χρησιμοποιείται στις εντολές της. Το αίτημα για σύνθετη σημασιολογία πραγματοποιείται με την ύπαρξη ενός σετ ενσωματωμένων τελεστών. Το αίτημα για επαναπροσδιορισμό το πληροί η STEP, μιας και ενσωματώνει ένα σύστημα βασισμένο σε κανόνες. Το αίτημα για παραμετροποίηση 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.

2.3 Η γλώσσα σεναρίου STEP

Σε αυτό το σημείο θα δοθούν ορισμένες λεπτομέρειες της λειτουργίας της γλώσσας STEP, ξεκινώντας από το προτεινόμενο σύστημα αναφοράς.

2.3.1 Σύστημα Αναφοράς

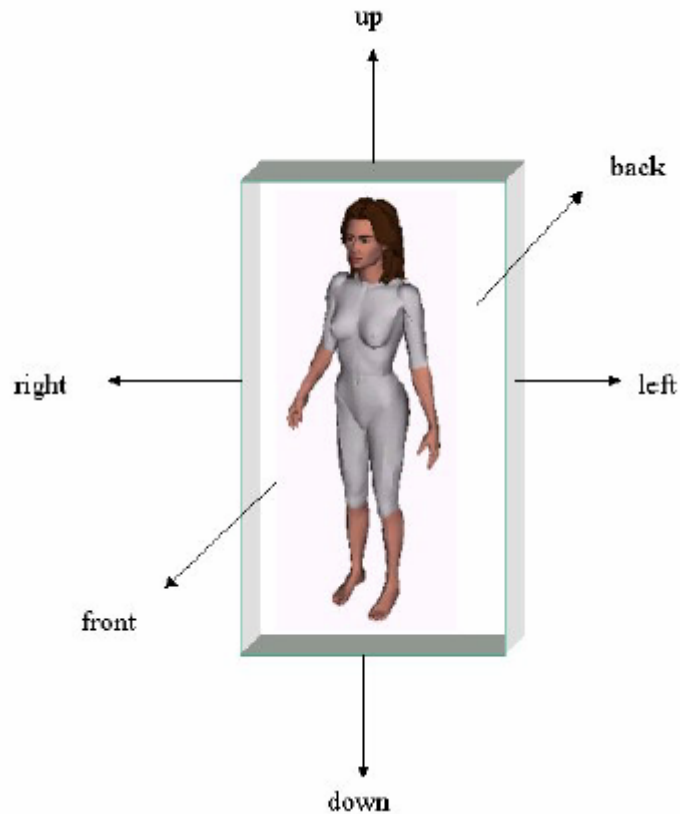
Το σύστημα αναφοράς της STEP αποτελείται από τρεις συνιστώσες: Για την κατεύθυνση, για το σώμα και για τον χρόνο.

2.3.1.1 Σύστημα Αναφοράς Κατεύθυνσης

Το σύστημα αναφοράς κατεύθυνσης στην STEP βασίζεται στις προδιαγραφές του H-Anim. Συνοπτικά αυτές είναι (βλέπε κεφάλαιο 3): Η αρχική θέση το ανθρωποειδούς πρέπει να είναι όρθια, αντικρίζοντας την κατεύθυνση +Z με την +Y προς τα πάνω και την +X προς τα αριστερά του. Η αρχή των αξόνων (0,0,0) βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους

ανάμεσα στα πόδια του ανθρωποειδούς. Τα χέρια του πρέπει να είναι τεντωμένα και παράλληλα με το σώμα με τις παλάμες να κοιτούν προς τα μέσα, προς τους μηρούς.

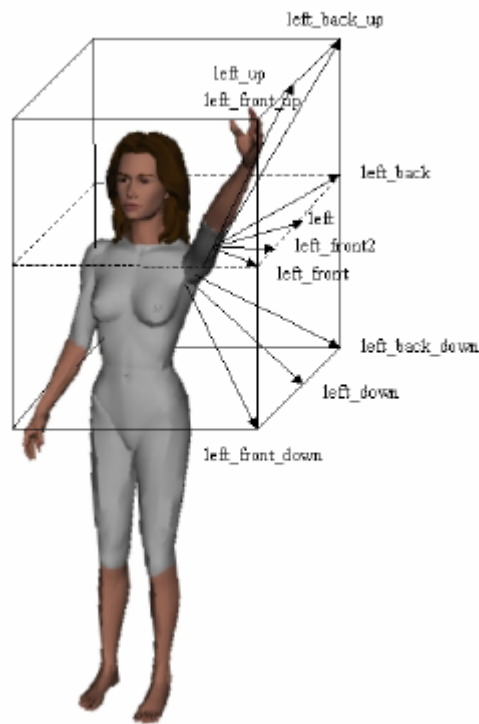
Με βάση την αρχική θέση του ανθρωποειδούς, ορίζεται το σύστημα αναφοράς όπως φαίνεται στο σχήμα 2.1.



σχ. 2.1 Σύστημα Αναφοράς Κατεύθυνσης του ανθρωποειδούς

Το σύστημα αναφοράς κατεύθυνσης 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. Μια αναπαράσταση κοντινή στην φυσική γλώσσα είναι πλέον δυνατή, όπως πχ 'front-up' που εάν εφαρμοστεί στον βραχίονα θα έχει σαν αποτέλεσμα να περιστραφεί αυτός έτσι ώστε η τελική του θέση να είναι τέτοια που να δείχνει προς τα πάνω και μπροστά. Στο σχήμα 2.2 φαίνονται διάφοροι συνδυασμοί κατευθύνσεων για τον αριστερό βραχίονα, βασισμένοι στο παραπάνω σύστημα αναφοράς. Παρόλα αυτά δεν επαρκούν για πιο σύνθετες εφαρμογές, για αυτό και έχει χρησιμοποιηθεί γραμμική παρεμβολή για τον προσδιορισμό επιπλέον κατευθύνσεων, όπως πχ η 'left_front2' η οποία είναι η κατεύθυνση μεταξύ των 'left' και 'left_front', όπως φαίνεται επίσης στο σχήμα 2.2. Ο προσδιορισμός της κατεύθυνσης με την βοήθεια ενός συστήματος αναφοράς παρόμοιου με φυσική γλώσσα είναι μια πολύ πρακτική μέθοδος για τους

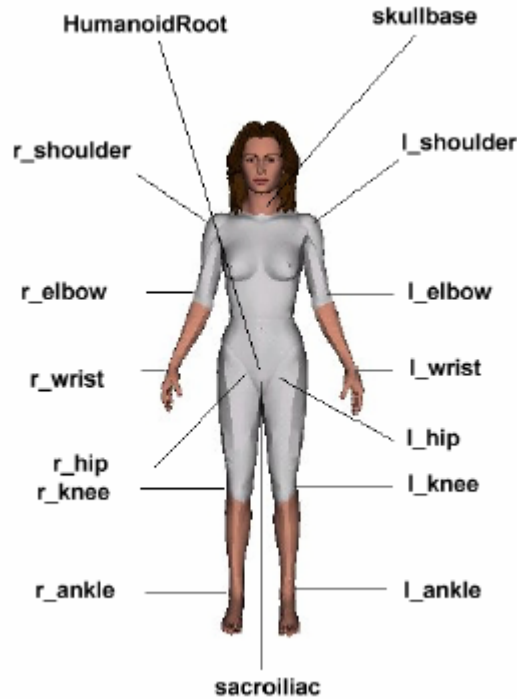
προγραμματιστές προκειμένου να φτιάξουν ενέργειες σεναρίου, καθώς απαλείφεται η δυσκολία που προσδίδει η VRML που απαιτεί λεπτομερείς γνώσεις σε συστήματα αναφοράς. Επιπρόσθετα, παρέχεται η δυνατότητα για πιο έμπειρους προγραμματιστές να έχουν άμεση πρόσβαση στο σύστημα αναφοράς της VRML και να έχουν έναν καλύτερο και πιο ακριβή έλεγχο του μοντέλου τους, όπως πχ με την εντολή `rotation(1,0,0,1.57)` η οποία δηλώνει περιστροφή περί τον άξονα X κατά $+\pi/2$.



σχ. 2.2 Συνδυασμοί κατευθύνσεων για τον αριστερό βραχίονα

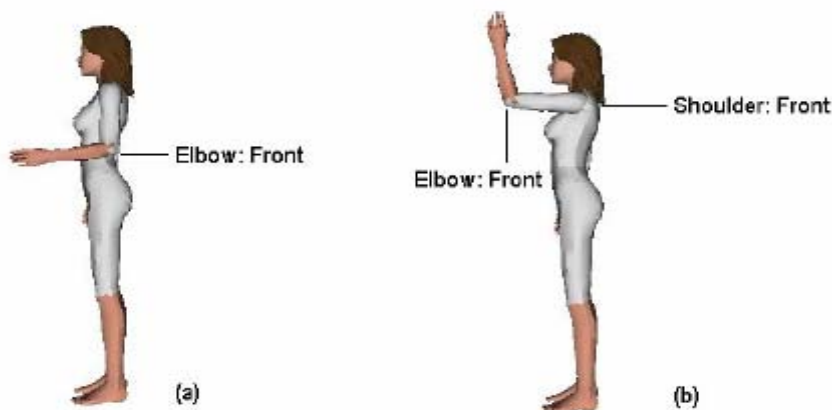
2.3.1.2 Σύστημα Αναφοράς Σώματος

Σύμφωνα με το πρότυπο H-Anim, το ανθρωποειδές αποτελείται από ένα σετ κόμβων Άρθρωση που είναι ταξινομημένοι και δημιουργούν μία ιεραρχία. Το σχήμα 2.3 δείχνει μερικές αρθρώσεις του σώματος. Μετακίνηση οποιουδήποτε μέλους του σώματος υποδηλώνει περιστροφή της αντίστοιχης άρθρωσης. Για παράδειγμα η κίνηση του αριστερού βραχίονα αργά προς τα εμπρός γίνεται με την παρακάτω εντολή: `turn(humanoid, l_shoulder, front, slow)`. Σύμφωνα με το πρότυπο H-Anim όλες οι αρθρώσεις είναι ιεραρχημένες, οπότε όποια περιστροφή μίας άρθρωσης επηρεάζει και όλες όσες βρίσκονται πιο κάτω στην ιεραρχία. Με άλλα λόγια, η τελική θέση μίας άρθρωσης εξάγεται από τον συνυπολογισμό των θέσεων όλων των αρθρώσεων – προγόνων της.



σχ. 2.3 Τυπικές αρθρώσεις για ένα ανθρωποειδές

Το παραπάνω γίνεται πιο κατανοητό από το παρακάτω σχήμα. Στο σχήμα 2.4a το ανθρωποειδές βρίσκεται στην αρχική του θέση με μόνη εξαίρεση την περιστροφή της άρθρωσης του αριστερού αγκώνα προς τα εμπρός. Στο σχήμα 2.4b είναι και ο αριστερός ώμος περιστρεμμένος προς τα εμπρός. Το τελικό αποτέλεσμα είναι το χέρι να είναι στραμμένο προς τα επάνω. Στην πράξη αυτό το σύστημα αναφοράς κατεύθυνσης δεν δυσκολεύει τον προγραμματιστή, αρκεί να επαναφέρει όλες τις αρθρώσεις – προγόνους στις αρχικές τους θέσεις και έτσι θα έχει την πραγματική κατεύθυνση. Απεναντίας είναι εξόχως χρήσιμο για εφαρμογές ευθείας κινηματικής, μιας και κατ' αυτόν τον τρόπο λειτουργούν τέτοια συστήματα.



σχ. 2.4 Η άρθρωση του αγκώνα σε δύο διαφορετικές περιπτώσεις

2.3.1.3 Σύστημα Αναφοράς Χρόνου

Η γλώσσα STEP χρησιμοποιεί το ίδιο σύστημα αναφοράς χρόνου που χρησιμοποιεί και η VRML. Για παράδειγμα μία ενέργεια που να εκτελείται σε 2 δευτερόλεπτα είναι: *turn(humanoid, l_shoulder, front, time(2,second))*. Αυτός ο άμεσος καθορισμός της χρονικής διάρκειας μίας ενέργειας, δεν ικανοποιεί παρόλα αυτά την απαίτηση για παραμετροποίηση. Για αυτό τον λόγο υπάρχει εναλλακτικά και ένας άλλος πιο βολικός τρόπος. Εισάγεται η έννοια του ρυθμού (tempo) και του παλμού (beat). Ένας παλμός είναι 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. Παρόλα αυτά ο ρυθμός μπορεί να επιταχυνθεί ή να επιβραδυνθεί με αντίστροφες αλλαγές στην τιμή του παλμού. Έτσι γίνεται δυνατός ο ορισμός σχετικών εννοιών για την ταχύτητα όπως ‘γρήγορα’ για έναν παλμό, ‘αργά’ τρεις παλμούς κλπ.

2.3.2 Πρωτογενείς κινήσεις και σύνθετοι τελεστές

Η περιστροφή και η μετακίνηση είναι οι δύο κύριες πρωτογενείς κινήσεις του σώματος. Η περιστροφή, όπως το ξεκαθαρίζει και το όνομά της, περιστρέφει μέλη του σώματος ή ολόκληρο το σώμα, ενώ η μετακίνηση καθορίζει την αλλαγή της θέσης των μελών του σώματος ή του σώματος.

Μία κίνηση περιστροφής ενός μέλους του σώματος προσδιορίζεται ως εξής:
turn(humanoid, BodyPart, Direction, Duration).

Το όρισμα ‘Direction’ μπορεί να είναι μία λέξη που προσδιορίζει μία κατεύθυνση, όπως ‘front’ ή ένας πιο μαθηματικοποιημένος τρόπος έκφρασης όπως ‘rotation(1,0,0,3.14)’. Το όρισμα ‘Duration’ δέχεται τιμές όπως ‘fast’ ή πιο σαφώς καθορισμένο χρονικό διάστημα όπως ‘time(2,second)’.

Μία κίνηση μετακίνησης ενός τμήματος του σώματος ορίζεται κατά τον εξής τρόπο:
move(humanoid, BodyPart, Direction, Duration).

Τώρα το όρισμα Direction παίρνει τιμές όπως και πριν ‘front’, ‘left_back’ κοκ, αλλά και τιμές όπως ‘position(1,0,10)’ ή ακόμα και τιμή προσαύξησης όπως ‘increment(1,0,1)’. Για την περιστροφή και την μετακίνηση ολόκληρου του σώματος του ανθρωποειδούς υπάρχουν οι παρακάτω δύο εντολές:

turn_body(humanoid, Direction, Duration)

move_body(humanoid, Direction, Duration).

Τυπικοί τελεστές σύνθετων κινήσεων είναι οι:

- Ακολουθιακός Τελεστής 'seq'. Η σύνταξη του είναι:
 $seq([Action_1, Action_2, \dots, Action_N])$ και έχει ως αποτέλεσμα την ακολουθιακή εκτέλεση όλων των κινήσεων 'Action₁, Action₂, ..., Action_N'. Πχ.:
 $seq([turn(humanoid, l_shoulder, front, fast), turn(humanoid, r_shoulder, front, fast)])$
- Τελεστής Παραλληλίας 'par'. Η σύνταξη του είναι:
 $par([Action_1, Action_2, \dots, Action_N])$ και έχει ως αποτέλεσμα την παράλληλη εκτέλεση όλων των κινήσεων.
- Μη Ντετερμινιστικός Τελεστής Επιλογής 'choice'. Ο τελεστής αυτός συντάσσεται ως εξής: $choice([Action_1, Action_2, \dots, Action_N])$ και εκτελείται μόνο μία από τις κινήσεις που υπάρχουν εντός της αγκύλης, με τυχαίο κάθε φορά (μη ντετερμινιστικό) τρόπο επιλογής.
- Τελεστής Επανάληψης 'repeat'. Η εντολή $repeat(Action, T)$ εκτελεί την ενέργεια Action T φορές.

2.3.3 Τελεστές Αλληλεπίδρασης Υψηλού Επιπέδου

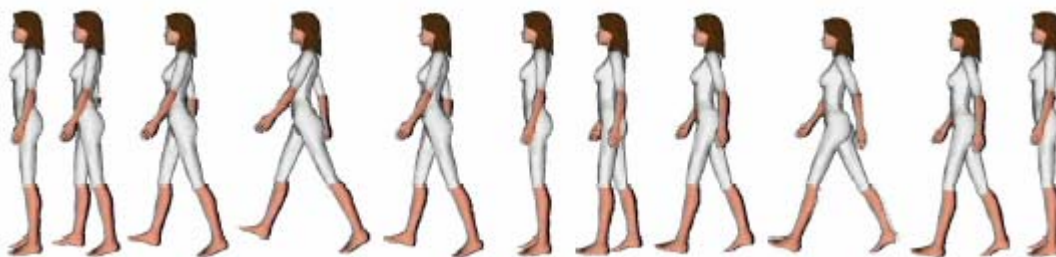
Το επιπλέον χαρακτηριστικό που προσφέρουν οι τελεστές αλληλεπίδρασης υψηλού επιπέδου (high-level interaction operators) είναι η δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας με την εσωτερική κατάσταση του ανθρωποειδούς και την κατάστασή τους σε σχέση με το περιβάλλον τους. Αυτοί οι τελεστές βασίζονται στην μεταγλώσσα (η οποία είναι ενσωματωμένη στην STEP, και πληροί την 5^η απαίτηση για αλληλεπίδραση) και η οποία είναι η DLP (Distributed Logic Programming). Ακολουθούν τα παρακάτω παραδείγματα τελεστών:

- Δοκιμή: $test(\varphi)$, ελέγχει αν ισχύει η κατάσταση φ . Εάν ισχύει, τότε συνεχίζει, αλλιώς αποτυγχάνει.
- Εκτέλεση: $do(\varphi)$, κάνει την κατάσταση φ αληθή, δηλαδή εκτελείται η φ στην μεταγλώσσα.
- Υπόθεση: $if_then_else(\varphi, action_1, action_2)$, γίνεται έλεγχος αν ισχύει (αν είναι αληθής) η κατάσταση φ και αν είναι εκτελείται η $action_1$ αλλιώς εκτελείται η $action_2$.
- Έως: $until(action, \varphi)$, εκτελείται η action όσο ισχύει η κατάσταση φ .

2.4 Παραδείγματα

Σε αυτή την παράγραφο θα αναλυθούν ορισμένα παραδείγματα χρήσης της γλώσσας STEP. Τα πρώτα δύο παραδείγματα ‘walk’ και ‘run’ περιγράφουν γενικά κινήσεις του σώματος του ανθρωποειδούς. Το τρίτο παράδειγμα ‘look at ball’ και ‘run to ball’ περιγράφει ενέργειες που επιδεικνύουν την αλληλεπίδραση μεταξύ του ανθρωποειδούς και του κόσμου που το περιβάλλει. Τέλος, το τέταρτο παράδειγμα ‘touch’ αναλύεται η δυνατότητα που έχει η γλώσσα STEP να επιλύει προβλήματα ανάστροφης κινηματικής. Τα πρώτα δύο παραδείγματα είναι αρκετά απλά, ενώ τα άλλα δύο είναι πιο δύσκολα και απαιτούν αρκετές γνώσεις 3Δ γεωμετρίας και κινηματικής και απευθύνονται σε πιο έμπειρους χρήστες.

2.4.1 ‘Walk’ και παράμετροι



σχ. 2.5 Περπάτημα

Η κίνηση ενός ανθρωποειδούς μοντέλου μπορεί να εκφραστεί απλά ως μία σύνθετη κίνηση που αποτελείται από τις παρακάτω δύο κύριες ενέργειες: Η πρώτη κατά την οποία ο αριστερός βραχίονας και το δεξί πόδι κινούνται προς τα εμπρός ενώ παράλληλα ο δεξιός βραχίονας και το αριστερό πόδι κινούνται προς τα πίσω. Στην δεύτερη ενέργεια κινείται ο δεξιός βραχίονας και το αριστερό πόδι προς τα εμπρός και παράλληλα ο αριστερός βραχίονας και το δεξιό πόδι προς τα πίσω. Οι κύριες στάσεις και ορισμένες γραμμικές παρεμβολές τους (για φυσικότερη κίνηση) φαίνονται στο παραπάνω σχήμα 2.5. 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 παρακάτω, η όλη κίνηση του περπατήματος περιγράφεται από μία παράλληλη ενέργεια αποτελούμενη από τις στάσεις που περιγράφηκαν παραπάνω και την μετακίνηση προς τα εμπρός όλου του σώματος:

```

script(walk_forward_step(humanoid),Action):-
Action = par([walk_pose(humanoid), move_body(humanoid,front,fast)]).

```

Το μήκος του βήματος μπορεί να είναι μία καθορισμένη τιμή. Αν θα ήταν για παράδειγμα 0,7 μέτρα τότε ορίζεται ως εξής:

```

script(walk_forward_step07(humanoid),Action):-
Action = par([
walk_pose(humanoid),
move(humanoid,increment(0.0,0.0,0.7),fast)]).

```

Εναλλακτικά, μπορεί το μήκος του βήματος να είναι μία μεταβλητή:

```

script(walk_forward_step_var(humanoid,StepLength),Action):-
Action = par([
walk_pose(humanoid),
move(humanoid,increment(0.0,0.0,StepLength),fast)]).

```

Έτσι, η κίνηση προς τα εμπρός για N βήματα μπορεί να οριστεί ακολούθως:

```

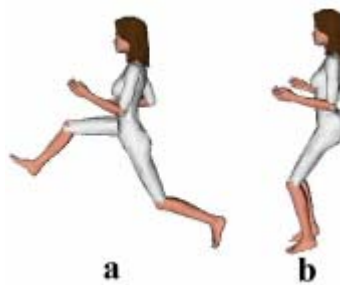
script(walk_forward(humanoid,StepLength,N),Action):-
Action = repeat(walk_forward_step_var(humanoid,StepLength),N).

```

Οι παραπάνω περιγραφές κίνησης περπατήματος για την εμφύχωση ενός ανθρωποειδούς είναι προσεγγιστικές και σε μεγάλο βαθμό απλοποιημένες. Μία ρεαλιστική

εμπύκωση περπατήματος μίας ανθρώπινης φιγούρας απαιτεί πολλούς υπολογισμούς ενός εύρωστου εξομοιωτή ο οποίος χρησιμοποιεί ευθεία και ανάστροφη κινηματική σε συνδυασμό με αυτόματη ανίχνευση συγκρούσεων. Παρόλα αυτά, για μία διαδικτυακή εφαρμογή σπάνια απαιτείται τόσο μεγάλη ακρίβεια που επιπλέον επιβαρύνει σε μεγάλο βαθμό τον χρόνο απόκρισης. Πάντως υπάρχει το υπόβαθρο για να ενσωματωθεί και μηχανή ανάστροφης κινηματικής σε περίπτωση που ζητηθεί καλύτερη μεγαλύτερος ρεαλισμός.

2.4.2 Run και η παραμόρφωσή του (Deformation)



σχ. 2.6 Στάσεις τρεξίματος

Σε πρώτη προσέγγιση, η κίνηση ‘run’ είναι παρόμοια με την ‘walk’, με επιπλέον χαρακτηριστικά το λύγισμα των βραχιόνων και τον ποδιών. Το τελευταίο κάνει τα πόδια να φαίνονται σαν να ανασηκώνονται από το έδαφος, το οποίο είναι η σημαντική διαφορά με το περπάτημα. Μία στάση του σώματος κατά την εκτέλεση της κίνησης ‘run’ φαίνεται στο σχήμα 2.6a. Όπως φαίνεται από το σχήμα κατά την διάρκεια του τρεξίματος ο αριστερός κάτω βραχίονας είναι προσανατολισμένος προς τα εμπρός και πάνω (‘front_up’) και ο αριστερός άνω βραχίονας προς τα εμπρός και κάτω (‘front_back2’). Λαμβάνοντας υπόψη την ιεραρχία η οποία υπάρχει για τις αρθρώσεις και τα μέλη του σώματος, δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί η εντολή `turn(humanoid,l_elbow,front_up,fast)` αλλά η `turn(humanoid,l_elbow,front,fast)`, γιατί η θέση του κάτω βραχίονα προσδιορίζεται από όλα τα μέλη του σώματος που βρίσκονται πιο πάνω στην ιεραρχία, και στην συγκεκριμένη περίπτωση λαμβάνεται υπόψη η θέση του αριστερού βραχίονα και ακόμα πιο επακριβώς η άρθρωση ‘l_shoulder’. Αυτού του είδους η ανακατεύθυνση δεν επιβάλλει δυσκολίες στην συγγραφή σεναρίων (scripts), καθώς η σωστή κατεύθυνση μπορεί να ανακτηθεί θέτοντας τα μέλη – προγόνους του σώματος στις αρχικές τιμές τους (όπως αρχικοποιήθηκαν για την

συγκεκριμένη κίνηση). Φαίνεται στο σχήμα 2.6b ότι ο κάτω βραχίονας δείχνει πράγματι προς τα εμπρός.

Με βάση την σύνθετη κίνηση ‘walk’, όπως αυτή ορίστηκε προηγουμένως, η κίνηση ‘run_pose’ μπορεί να αρχίζει από την στάση τρεξίματος (βλέπε σχήμα 2.6b) και να επαναλαμβάνεται η ενέργεια ‘walk_pose’ για N φορές:

script(basic_run_pose(humanoid), Action):-

```
Action = par([
    turn(humanoid,r_elbow,front,fast),
    turn(humanoid,l_elbow,front,fast),
    turn(humanoid,l_hip,front_down2,fast),
    turn(humanoid,r_hip,front_down2,fast),
    turn(humanoid,l_knee,back_down,fast),
    turn(humanoid,r_knee,back_down,fast)]).
```

script(run_pose(humanoid,N),Action):-

```
Action = seq([
    basic_run_pose(humanoid),
    repeat(walk_pose(humanoid),N)].
```

Συνεπώς, για τρέξιμο προς τα εμπρός, για N βήματα με συγκεκριμένο μήκος βήματος ‘StepLength’, ορίζεται ως εξής:

script(run(humanoid, StepLength,N),Action):-

```
Action = seq([basic_run_pose(humanoid), walk_forward(humanoid,StepLength,N)].
```

Στην πράξη η κίνηση του τρεξίματος μπορεί να έχει πολλές παραλλαγές. Για παράδειγμα ο κάτω βραχίονας μπορεί να είναι στραμμένος σε διάφορες κατευθύνσεις και όχι απαραίτητα προς τα εμπρός. Επομένως μπορεί να οριστεί μία ενέργεια ‘run’ με μερικούς βαθμούς ελευθερίας. Το παρακάτω σενάριο αφήνει ως ελεύθερη μεταβλητή την γωνία του αγκώνα:

script(basic_run_pose_elbow(humanoid,Elbow_Angle),Action):-

```
Action = par([
    turn(humanoid,r_elbow,rotation(1,0,0,Elbow_Angle),fast),
    turn(humanoid,l_elbow,rotation(1,0,0,Elbow_Angle),fast),
    turn(humanoid,l_hip,front_down2,fast),
```

```
turn(humanoid,r_hip,front_down2,fast),
turn(humanoid,l_knee,back_down,fast),
turn(humanoid,r_knee,back_down,fast)]).
```

```
script(run_e(humanoid,StepLength,N,Elbow_Angle),Action):-
```

```
  Action = seq([basic_run_pose_elbow(humanoid,Elbow_Angle),
  walk_forward(humanoid, StepLength, N)]).
```



σχ. 2.7 Τρέξιμο

2.4.3 Αλληλεπίδραση με Εικονικούς Κόσμους



σχ. 2.8 Αλληλεπίδραση ανθρωποειδούς με μία μπάλα

Σε αυτή την παράγραφο θα φανεί πως επιτυγχάνεται με την χρήση τελεστών αλληλεπίδρασης υψηλού επιπέδου η αλληλεπίδραση μεταξύ του ανθρωποειδούς και του εικονικού κόσμου που το περιβάλλει. Το παράδειγμα που θα αναλυθεί έχει να κάνει με έναν εικονικό κόσμο που περιλαμβάνει ανθρωποειδή και μία μπάλα. Η θέση της μπάλας δεν είναι σταθερή και ζητείται όλα τα ανθρωποειδή να κοιτάνε συνεχώς την μπάλα, αλλάζοντας κάθε φορά κατάλληλα την θέση τους και μετά να τρέχουν προς τα εκεί. Για την υλοποίηση του παραπάνω είναι απαραίτητη η χρήση κατηγορημάτων VRML/X3D της γλώσσας DLP, ώστε να χειριστούν κατάλληλα τα 3D αντικείμενα του εικονικού κόσμου. Για παράδειγμα, με δεδομένη την θέση της μπάλας και του ανθρωποειδούς, μπορεί να πάντα προσδιοριστεί η απαραίτητη περιστροφή του ανθρωποειδούς ώστε να κοιτάει προς

την μπάλα. Με χρήση του τελεστή ‘do’ και τους ενσωματωμένους τελεστές της μεταγλώσσας ορίζεται η σύνθετη ενέργεια ‘look at ball’ καθώς και άλλες παρόμοιες ενέργειες.

Πρώτα πρέπει να οριστεί η ενέργεια ‘turn_to_direction’ που μετασχηματίζει, με χρήση συγκεκριμένων κατηγορημάτων επεξεργασίας διανυσμάτων, το διάνυσμα θέσης του αντικειμένου (στο παράδειγμα, την θέση του ανθρωποειδούς) στο τελικό διάνυσμα κατεύθυνσης. Είναι γνωστό ότι το αποτέλεσμα του εξωτερικού γινομένου δύο διανυσμάτων v_1 και v_2 είναι ένα νέο διάνυσμα κάθετο στο επίπεδο που σχηματίζουν τα v_1, v_2 με μέτρο το γινόμενο των μέτρων των v_1 και v_2 επί το συνημίτονο της μεταξύ τους γωνίας θ . Ένα τέτοιο διάνυσμα προσδιορίζει τον άξονα περιστροφής, ενώ η γωνία θ υπολογίζεται από τον ορισμό του εξωτερικού γινομένου:

$$\cos \theta = \frac{u_1 \cdot u_2}{|u_1| \times |u_2|}$$

Συνεπώς η ενέργεια ‘turn to direction’ μπορεί να οριστεί ως εξής:

```
script(turn_to_direction(Object,SrcVector,DestVector),Action):-
  Action = seq([
    do(vector_cross_product(SrcVector,DestVector,vector(X,Y,Z),R)),
    do(setRotation(Object,X,Y,Z,R))]).
```

Το κατηγορημα *vector_cross_product(S, D, V, R)* υπολογίζει το εξωτερικό γινόμενο V και την γωνία R των διανυσμάτων S και D .

Γενικά, τα ανθρωποειδή μπορούν να περιστρέφονται προς την μπάλα μόνο στο επίπεδο XZ , συνεπώς είναι δυνατόν να αγνοηθούν οι παράμετροι του άξονα Y . Οι παράμετροι του Y άξονα είναι χρήσιμοι μόνο για τον υπολογισμό περιστροφής του κεφαλιού, ώστε να κοιτάει προς τα πάνω ή προς τα κάτω την μπάλα. Τα ανθρωποειδή κατά το πρότυπο H-Anim είναι αρχικά προσανατολισμένα προς την κατεύθυνση $+Z$, οπότε το αρχικό διάνυσμά τους είναι το $\{0,0,1\}$. Το διάνυσμα προορισμού μπορεί να υπολογιστεί από τις θέσεις του ανθρωποειδούς και της μπάλας. Έτσι η σύνθετη ενέργεια ‘look_at_position’ ορίζεται ως εξής:

```
script(look_at_position(humanoid,X1,_Y1,Z1),Action):-
  Action = seq([do(getPosition(humanoid,X,_Y,Z)),
    do(Xdif is X1-X),
    do(Zdif is Z1-Z),
    turn_to_direction(humanoid,vector(0.0,0.0,1.0),
    vector(Xdif,0.0,Zdif))]).
```


Με βάση την παραπάνω ενέργεια, ορίζεται εύκολα και η 'look_at_ball':

script(look_at_ball(humanoid,Ball),Action):-

*Action = seq([do(getPosition(Ball, X1,Y1,Z1)),
look_at_position(humanoid,X1,Y1,Z1)]).*

Παρακάτω ορίζεται η σύνθετη ενέργεια 'run_to_ball(humanoid, Ball, N)' που κατευθύνει το ανθρωποειδές να τρέξει προς την μπάλα σε N βήματα. Χρησιμοποιείται ο τελεστής 'do' για να ανακτηθούν οι τρέχουσες θέσεις του ανθρωποειδούς και της μπάλας, από τις οποίες θα υπολογιστεί η μετακίνηση στους άξονες X και Z.

script(run_to_ball(humanoid,Ball,Steps),Action):-

*Action = seq([do(getPosition(humanoid,X,_,Z)),
do(getPosition(Ball, X1,_,Z1)),
do(StepLengthX is (X1-X)/Steps)),
do(StepLengthZ is (Z1-Z)/Steps)),
run_steps(humanoid, increment(StepLengthX,0.0, StepLengthZ),Steps)]).*

Η σύνθετη κίνηση 'run_steps(humanoid, Increment, N)' περιγράφει μία ενέργεια κατά την οποία το ανθρωποειδές αλλάζει την θέση του σε N βήματα. Η ενέργεια αυτή ορίζεται με αναδρομικό τρόπο:

script(run_steps(humanoid,increment(X,Y,Z),I),Action):-

*Action = par([run_pose(humanoid),
move(humanoid,increment(X,Y,Z),fast)]).*

script(run_steps(humanoid,increment(X,Y,Z),Steps),Action):-

*Action = seq([par([run_pose(humanoid),
move(humanoid,increment(X,Y,Z),fast)]),
do(StepsI is Steps - 1),
run_steps(humanoid,increment(X,Y,Z),StepsI)]).*

2.4.4 Επαφή (Touch): Ένα πρόβλημα Ανάστροφης Κινηματικής

Ένα τυπικό πρόβλημα ανάστροφης κινηματικής είναι ο υπολογισμός των γωνιών περιστροφής των βραχιόνων και των καρπών ενός ανθρωποειδούς, έτσι ώστε τα χέρια του

να αγγίξουν ένα αντικείμενο. Ο συνήθης τρόπος επίλυσης απαιτεί σύνθετους υπολογισμούς, όπως είναι η επίλυση διαφορικών εξισώσεων ή η χρήση ειδικών μη γραμμικών βελτιστοποιήσεων. Είναι δυνατόν όλα αυτά να υλοποιηθούν και με τους τελεστές υψηλού επιπέδου της μεταγλώσσας της STEP και να λυθεί το πρόβλημα. Όμως η υιοθέτηση αυτών των αναλυτικών και αριθμητικών μεθόδων δεν είναι δυνατόν να γίνει σε μία διαδικτυακή εφαρμογή, καθώς θα μειώσει την απόδοσή της σε ταχύτητα. Γίνεται οπότε ένας αποδεκτός συμβιβασμός μεταξύ της επίδοσης και του ρεαλισμού της εμφύχωσης.

Για να αποτυπωθεί καλύτερα το παραπάνω ζήτημα, αναλύεται διεξοδικά το παράδειγμα ‘touch’ και θα φανεί πως μπορεί η γλώσσα STEP να λύσει προβλήματα ανάστροφης κινηματικής σε πραγματικό χρόνο και με ικανοποιητικό αποτέλεσμα. Για να απλοποιηθεί το πρόβλημα γίνεται η παραδοχή ότι τα ανθρωποειδή είναι σχεδιασμένα να συμπεριφέρονται κάπως έτσι: Θα αγγίξουν ένα αντικείμενο με τα χέρια τους αν το αντικείμενο είναι εντός της ακτίνας τους, ειδάλλως θα στρέφουν τα χέρια τους προς την κατεύθυνση του αντικειμένου. Επιπλέον, αγνοούνται τα άνω και κάτω όρια περιστροφής των αρθρώσεων του ώμου και του αγκώνα. Ειδικότερα, υποθέτουμε ότι η άρθρωση του αγκώνα έχει αρκετούς βαθμούς ελευθερίας για μία κατάλληλη λύση.

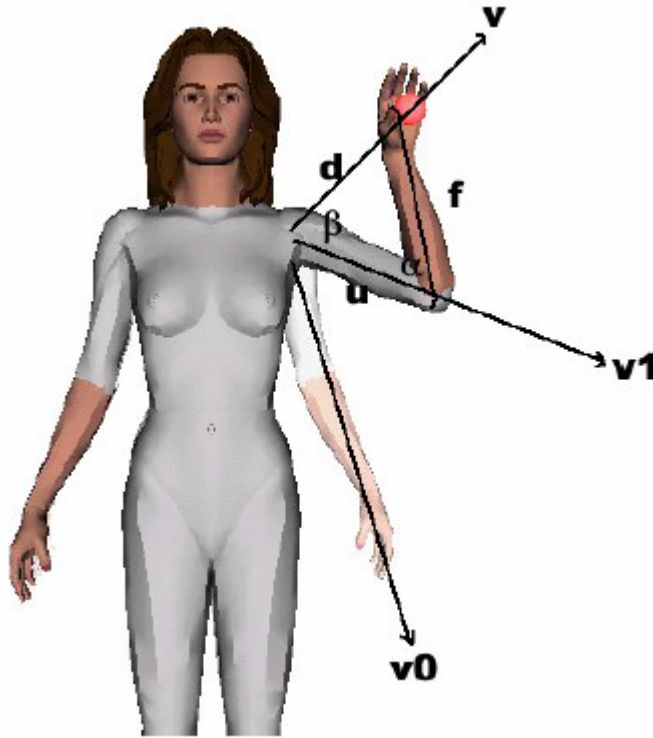
Αυτό το απλοποιημένο πρόβλημα αναλύεται ως εξής: Δεδομένης της θέσης του ανθρωποειδούς και της θέσης του αντικειμένου $\{x_0, y_0, z_0\}$, πρέπει να βρεθούν οι γωνίες περιστροφής των αρθρώσεων του ώμου και του αγκώνα, έτσι ώστε το χέρι να αγγίξει το αντικείμενο, εφόσον μπορεί να το φτάσει. Έστω ότι το μήκος του άνω βραχίονα (μπράτσο) είναι u και του πήχη f και ότι η απόσταση από το κέντρο του ώμου $\{x_3, y_3, z_3\}$ ως το σημείο επαφής $\{x_0, y_0, z_0\}$ είναι d (βλέπε σχήμα 2.9). Το σημείο $\{x_0, y_0, z_0\}$ είναι εντός ακτίνας αν και μόνο αν $d \leq u + f$, αγνοώντας όμως τα όρια περιστροφής των αρθρώσεων. Από τον νόμο του συνημίτονου είναι γνωστό ότι εφόσον το αντικείμενο είναι εντός ακτίνας, τότε η γωνία ‘ α ’ μεταξύ του άνω βραχίονα και του πήχη υπολογίζεται ως εξής:

$$\alpha = \arccos\left(\frac{u^2 + f^2 - d^2}{2uf}\right)$$

Επιπροσθέτως, εάν το u είναι το διάνυσμα κατεύθυνσης που δείχνει προς το τελικό σημείο από το κέντρο του ώμου, u_0 το διάνυσμα κατεύθυνσης του βραχίονα και u_1 το διάνυσμα του άνω βραχίονα (βλέπε σχήμα 2.9) τότε η γωνία ‘ β ’ μεταξύ των διανυσμάτων u και u_1 δίνεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\beta = \arccos\left(\frac{u^2 + d^2 - f^2}{2ud}\right), \text{ δεδομένου και πάλι ότι το αντικείμενο είναι εντός της ακτίνας}$$

και μπορεί το ανθρωποειδές να το φτάσει.



σχ. 2.9 Διανυσματική ανάλυση του προβλήματος

Αν πάλι το αντικείμενο είναι εκτός ακτίνας, τότε $\alpha = \pi$ και $\beta = 0$, έτσι ώστε ο βραχίονας να δείχνει προς την κατεύθυνση που βρίσκεται το μη προσβάσιμο αντικείμενο. Επίσης αν $d \approx 0$, τότε η τελική θέση βρίσκεται πολύ κοντά στο κέντρο του ώμου. Σε αυτή την περίπτωση τίθεται $\alpha = 0$ και $\beta = 0$. Ορίζεται μία ενέργεια σεναρίου που υλοποιεί τις συναρτήσεις για το 'α' και το 'β':

script(getABvalue(humanoid,position(X0,Y0,Z0),Hand,A,B),Action):-

Action = seq([

getDvalue(humanoid,position(X0,Y0,Z0),Hand, D),

get_upperarm_length(humanoid,L1),

get_forearm_length(humanoid,L2),

do(D1 is L1 + L2),

if_then_else(sign(D1-D)>sign(0.001-D),

seq([

do(cosine_law(L1,L2,D,A)),

do(cosine_law(L1, D, L2, B))

]),

seq([

```

do(A is 1.57*(1+sign(D-0.001))),
do(B is 0.0)
))
)].

```

Στο παραπάνω κατηγορήμα $getABvalue(humanoid, position(X0, Y0, Z0), Hand, A, B)$, υποδηλώνεται ότι για το ανθρωποειδές humanoid και για την τελική θέση $\{X0, Y0, Z0\}$ του χεριού (Hand), οι τιμή του 'α' είναι A και του 'β' είναι B.

Το κατηγορήμα $getDvalue$ υπολογίζει την απόσταση D μεταξύ του κέντρου του ώμου και της τελικής θέσης $\{x_0, y_0, z_0\}$, με την υπόθεση ότι οι συντεταγμένες του σημείου αυτού αναφέρονται στο σύστημα συντεταγμένων του ανθρωποειδούς και όπως καθορίζει το πρότυπο του H-Anim. Γνωστής της τελικής θέσης, η $getDvalue$ απλά έχει να ανακτήσει την θέση του κέντρου του ώμου και να υπολογίσει την διανυσματική απόσταση D. Στα παρακάτω θα καθοριστεί η κίνηση 'touch' πρώτα για θέσεις με σχετικές συντεταγμένες, ενώ θα καθοριστεί η κίνηση 'touch' και για απόλυτες συντεταγμένες, δηλαδή για ανθρωποειδή με αυθαίρετη θέση και αυθαίρετο προσανατολισμό. Θα δειχτεί επίσης και ότι η δεύτερη βασίζεται στην πρώτη περίπτωση.

Το εξωτερικό γινόμενο $u_0 \times u_1$, το οποίο είναι ένα κάθετο σε αυτά διάνυσμα $n = \{x_n, y_n, z_n\}$, μπορεί να θεωρηθεί σαν το κάθετο διάνυσμα επίσης και για τα u_0 και u_1 και καθορίζει το επίπεδο στο οποίο περιστρέφεται ο βραχίονας από την αρχική του θέση προς την τελική. Αυτό υποδηλώνει ότι το διάνυσμα u_1 βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με τα u_0 και u_1 , ούτως ώστε ο βραχίονας να περιστραφεί προς την τελική του θέση μέσω της συντομότερης οδού (βλέπε σχ. 2.9). Η γωνία 'γ' μεταξύ των u_0 και u_1 μπορεί να υπολογιστεί όπως και στο προηγούμενο παράδειγμα με το κατηγορήμα για τα διανύσματα. Έτσι, η περιστροφή για την άρθρωση του αγκώνα είναι $\{x_n, y_n, z_n, \pi - \alpha\}$ και η περιστροφή για την άρθρωση του ώμου $\{x_n, y_n, z_n, \gamma - \beta\}$.

Το διάνυσμα u μπορεί να υπολογιστεί με την βοήθεια του παρακάτω σεναρίου, λαμβάνοντας υπόψη ότι η τελική θέση είναι σε σχετική με τις συντεταγμένες του ανθρωποειδούς:

```
script(getVvalue(humanoid, position(X0, Y0, Z0), Hand, V), Action):-
```

```

Action = seq([
    get_shoulder_center(humanoid, Hand, position(X2, Y2, Z2)),
    do(direction_vector(position(X2, Y2, Z2), position(X0, Y0, Z0), V))
]).

```

Όπου το κατηγορήμα `get_shoulder_center` βρίσκει την θέση του κέντρου του ώμου και το κατηγορήμα `direction_vector` υπολογίζει το διάνυσμα κατεύθυνσης των δύο θέσεων – αρχικής και τελικής. Παρόλο που είναι τόσο εύκολο να καθοριστούν δύο κατηγορήματα στην γλώσσα STEP, είναι πιο αποδοτικό να χρησιμοποιηθεί το έτοιμο κατηγορήμα `direction_vector` που προσφέρει η DLP.

Ακολουθεί ο ορισμός της σύνθετης κίνησης ‘touch’ για το αριστερό χέρι και για θέσεις σχετικές με αυτή του ανθρωποειδούς:

script(touch(humanoid, position(X0,Y0,Z0),l),Action):-

```
Action = seq([
    getABvalue(humanoid,position(X0,Y0,Z0),l,A,B),
    do(R1 is 3.14-A),
    getVvalue(humanoid,position(X0,Y0,Z0),l,V),
    get_arm_vector(Humanoid,l,V0),
    do(vector_cross_product(V0,V,vector(X3,Y3,Z3),C)),
    do(R2 is C-B),
    par([turn(humanoid,l_shoulder,rotation(X3,Y3,Z3,R2),fast),
        turn(humanoid,l_elbow,rotation(X3,Y3,Z3,R1),fast),
        turn(humanoid,l_wrist,rotation(X3,Y3,Z3,-0.5),fast)
    ])
]).
```

Αν και δεν υπολογίζεται η θέση της άρθρωσης του καρπού, μπορεί να ρυθμιστεί με βάση το ίδιο κάθετο διάνυσμα, έτσι ώστε η παλάμη να περιστρέφεται λίγο αποφέροντας μεγαλύτερο ρεαλισμό στην συνολική κίνηση. Προφανώς με αντίστοιχο τρόπο ορίζεται και η κίνηση για το δεξιό χέρι.

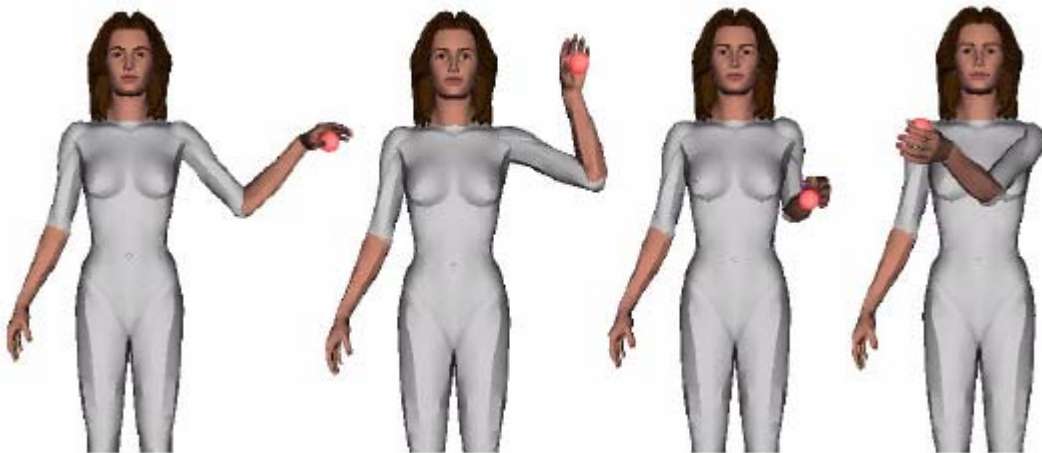
Τέλος, μένει να οριστεί η σύνθετη κίνηση ‘touch’ για θέσεις με απόλυτες συντεταγμένες. Αυτό γίνεται με μετασχηματισμό των απόλυτων συντεταγμένων σε σχετικές με την θέση και τον προσανατολισμό του ανθρωποειδούς και έπειτα με χρήση του παραπάνω ορισμού για σχετικές θέσεις:

script(touch_absolutePosition(humanoid,position(X1,Y1,Z1), Hand),Action):-

```
Action = seq([do(getPosition(humanoid,X,Y,Z)),
    do(getRotation(humanoid, X2,Y2,Z2,R)),
    do(X3 is X1-X),
    do(Y3 is Y1-Y),
```

do(Z3 is Z1-Z),
do(R1 is -R),
do(position_rotation(position(X3,Y3,Z3),
rotation(X2,Y2,Z2,R1),position(X4,Y4,Z4))),
touch(humanoid,position(X4,Y4,Z4), Hand)]).

Όπου το κατηγορήμα *position_rotation(P1, R, P2)* επιστρέφει την τελική θέση P2 για δεδομένη αρχική θέση P1 μετά από περιστροφή R.



σχ. 2.10 Μερικές καταστάσεις βασισμένες στις παραλλαγές του σεναρίου ‘touch’

2.5 Συμπεράσματα

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάστηκε εκτενώς η δομή και η χρήση της γλώσσας STEP, μίας γλώσσας σεναρίου κατασκευασμένης ειδικά για τον έλεγχο ανθρωποειδών σε διαδικτυακές εφαρμογές με έμφαση σε μορφές επικοινωνίες όπως χειρονομίες και στάσεις. Αναλύθηκαν οι αρχές βάσει των οποίων δημιουργήθηκε η γλώσσα και τους οποίους υπηρετεί. Ακόμα έγινε εκτενής παρουσίαση τεσσάρων παραδειγμάτων, κάθε ένα από τα οποία τόνιζε κάποιο διαφορετικό χαρακτηριστικό, γεγονός που δείχνει την ευρύτητα και την χρηστικότητα παράλληλα της γλώσσας STEP. Οι δυνατότητες που προσφέρει η STEP ήταν ο λόγος που επιλέχθηκε ως βασικός μηχανισμός για την υλοποίηση αυτής της διπλωματικής.

Κεφάλαιο 3^ο: Προδιαγραφές για το πρότυπο HUMANOID v. 1.1



3.1 Σκοπός

Καθώς το 3D διαδίκτυο (3D internet) συνεχίζει να εξαπλώνεται, υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για την αναπαράσταση ανθρώπων σε εικονικά περιβάλλοντα (online virtual environments). Για την κατάκτηση αυτού του σκοπού θα χρειαστεί να δημιουργηθούν βιβλιοθήκες ανθρωποειδών (humanoids), καθώς και κατάλληλα εργαλεία που θα διευκολύνουν την κατασκευή νέων ανθρωποειδών και εμπύχωσης τους (animation). Τις παραπάνω ανάγκες καλύπτει το πρότυπο H-Anim το οποίο είναι συμβατό με VRML97, ένα πρότυπο το οποίο δίνει την δυνατότητα να δημιουργούνται ανθρωποειδή από έναν δημιουργό και να εμπυχώνονται με διάφορα εργαλεία (πχ χαρακτηριστικά καρέ, ανάστροφη κινηματική κ.ά.) από κάποιον άλλον.

Στόχοι στον σχεδιασμό είναι:

1. Συμβατότητα: Τα ανθρωποειδή πρέπει να παίζουν σε κάθε VRML97 συμβατό φυλλομετρητή (browser).
2. Ευελιξία: Δεν πρέπει να υπάρχουν κανενός είδους ασάφειες στις εφαρμογές που θα χρησιμοποιούν τα ανθρωποειδή.
3. Απλότητα: Αν κάτι προκαλεί αμφιβολίες, καλύτερα να μείνει εκτός προτύπου, μιας και το πρότυπο μπορεί πάντα να επεκταθεί στο μέλλον.

Οι τρεις παραπάνω στόχοι καθορίζουν στο μεγαλύτερο ποσοστό τον σχεδιασμό και την υλοποίηση. Η απαίτηση για συμβατότητα οδήγησε στον αποκλεισμό της χρήσης μιας απλής γλώσσας σεναρίου, καθώς οι προδιαγραφές της VRML 97 δεν καλύπτονται από την χρήση κάποιας συγκεκριμένης γλώσσας αυτής της μορφής. Η απαίτηση για ευελιξία οδήγησε στην δημιουργία αρκετά χαμηλού επιπέδου προδιαγραφών, ούτως ώστε να επιτρέπεται η άμεση πρόσβαση στις αρθρώσεις του σώματος του ανθρωποειδούς και στις κορυφές των μελών του σώματός του. Η ανάγκη για απλότητα οδήγησε στην εστίαση σε ανθρωποειδή, αντί να γίνει προσπάθεια σε αρθρωτές φιγούρες με αυθαίρετη κίνηση.

3.2 Περίληψη

Το ανθρώπινο σώμα αποτελείται από έναν αριθμό μελών (όπως πχ ο πήχης, το χέρι, το πόδι κ.ά.) τα οποία είναι μεταξύ τους συνδεδεμένα με αρθρώσεις (όπως πχ. ο αγκώνας, ο καρπός, ο αστράγαλος κ.ά.). Προκειμένου μία εφαρμογή να μπορέσει να εμψυχώσει ένα ανθρωποειδές, χρειάζεται να αποκτήσει πρόσβαση στις αρθρώσεις και να μπορεί να αλλάζει τις γωνίες τους. Η εφαρμογή ίσως επίσης να πρέπει να έχει πληροφορίες για δεδομένα όπως τα όρια στην περιστροφή της κάθε άρθρωσης και η μάζα κάθε μέλους του σώματος.

Κάθε μέλος του σώματος ορίζεται τυπικά από ένα δίκτυο (mesh) πολυγώνων και έτσι η εφαρμογή ίσως χρειαστεί να μεταβάλλει την θέση των κορυφών σε αυτό το δίκτυο, ή ακόμα να έχει πληροφορία σχετικά με το ποιες κορυφές θα πρέπει να μεταχειρίζονται ως ομάδα για τον σκοπό μίας κίνησης.

Ένα αρχείο H-Anim αποτελείται από ένα σεντ κόμβων Άρθρωση (Joint node) οι οποίοι σχηματίζουν μία ιεραρχία. Κάθε κόμβος Άρθρωση μπορεί να εμπεριέχει άλλους κόμβους Άρθρωση, ακόμα ένα κόμβο Μέλος (Segment node) ο οποίος περιγράφει το συγκεκριμένο κομμάτι του σώματος σε σχέση με την συγκεκριμένη άρθρωση. Κάθε Μέλος μπορεί επίσης να έχει έναν αριθμό από κόμβους Θέση (Site nodes), οι οποίοι καθορίζουν θέσεις σχετικές με το Μέλος. Τέτοιοι κόμβοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην πρόσθεση ρουχισμού και κοσμημάτων ενώ μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί και ως ακραίο σημείο της αλυσίδας (end-effectors) σε εφαρμογές αναστροφής κινηματικής. Τέλος, μπορούν να καθορίσουν τοποθεσίες οπτικής (eyepoints and viewpoints locations) σε μία VRML σκηνή.

Κάθε κόμβος Μέλος μπορεί να περιλαμβάνει ακόμα έναν αριθμό κόμβων Παραμόρφωσης (displacer nodes), που καθορίζουν ποιες κορυφές του Μέλους αντιστοιχούν σε κάποιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ή αν ανήκουν σε μία ορισμένη διάταξη.

Ένα H-Anim αρχείο περιέχει ακόμα έναν μοναδικό κόμβο Ανθρωποειδές (Humanoid node) στον οποίο αποθηκεύονται δεδομένα (σε μορφή ευανάγνωστη για άνθρωπο) σχετικά με τον δημιουργό και με την κατοχύρωση πνευματικών δικαιωμάτων. Ο συγκεκριμένος κόμβος έχει ακόμα αποθηκευμένες αναφορές για όλους τους κόμβους Άρθρωση, Μέλος και Θέση και χρησιμεύει ως περιτύλιγμα (wrapper) του ανθρωποειδούς. Επιπρόσθετα, προσφέρει την δυνατότητα για μετασχηματισμό σε ανώτερο επίπεδο (top-level transform) για την τοποθέτηση του ανθρωποειδούς στο περιβάλλον του.

3.3 Οι Κόμβοι

Προκειμένου να απλοποιηθεί η διαδικασία δημιουργίας ενός ανθρωποειδούς, πολλοί νέοι κόμβοι έχουν εισηγηθεί. Κάθε ένας περιγράφεται από ένα πρότυπο - PROTO. Η βασική υλοποίηση όλων των κόμβων είναι πολύ ξεκάθαρη, ωστόσο προσφέρει αρκετή ευελιξία ώστε στον μέλλον να μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο εξελιγμένες τεχνικές.

3.3.1 Κόμβος Άρθρωση (joint node)

Κάθε άρθρωση στο σώμα αντιπροσωπεύεται από έναν κόμβο Άρθρωση, ο οποίος χρησιμοποιείται για να οριστεί η σχέση ενός Μέλους του σώματος με τον άμεσο πρόγονό του. Μία άρθρωση επιτρέπεται μόνο να είναι παιδί ενός άλλου κόμβου Άρθρωση ή παιδί εντός του πεδίου *humanoidBody* στην περίπτωση της άρθρωσης *HumanoidRoot* (πχ. μία άρθρωση δεν μπορεί να είναι παιδί κάποιου Μέλους).

Ο κόμβος Άρθρωση χρησιμοποιείται επίσης για να αποθηκευτούν και άλλες πληροφορίες σχετικά με την άρθρωση. Ειδικότερα, έχει ένα όνομα με το οποίο οι εφαρμογές μπορούν να αναγνωρίζουν κάθε κόμβο Άρθρωση κατά την διάρκεια της εκτέλεσης της εφαρμογής (runtime). Ο κόμβος Άρθρωση μπορεί να περιέχει οδηγίες για συστήματα ανάστροφης κινηματικής τα οποία ελέγχουν το H-Anim ανθρωποειδές. Αυτές οι οδηγίες περιλαμβάνουν τα κάτω και άνω όρια της άρθρωσης, τους περιορισμούς για τον προσανατολισμό της άρθρωσης, καθώς και οι τιμές για την ακαμψία και την ανθεκτικότητά της. Σημειώνεται ότι αυτά τα όρια δεν επιβάλλονται από κανέναν μηχανισμό που δημιουργεί την σκηνή και το ανθρωποειδές, αλλά παρέχονται για λόγους ενημερωτικούς και μόνο και έγκειται στην όποια εφαρμογή στο κατά πόσο θα χρησιμοποιήσει αυτή την πληροφορία.

Το πρότυπο της άρθρωσης είναι κάπως έτσι:

PROTO Joint [

```
exposedField SFVec3f center 0 0 0
exposedField MFNode children []
exposedField MFFloat llimit []
exposedField SFRotation limitOrientation 0 0 1 0
exposedField SFString name ""
exposedField SFRotation rotation 0 0 1 0
exposedField SFVec3f scale 1 1 1
exposedField SFRotation scaleOrientation 0 0 1 0
```

```

    exposedField  MFFloat  stiffness  [ 0 0 0 ]
    exposedField  SFVec3f  translation  0 0 0
    exposedField  MFFloat  ulimit      []
]

```

Άξιο αναφοράς είναι ότι τα περισσότερα πεδία αντιστοιχούν σε αυτά του κόμβου Μετασχηματισμού (Transformation Joint). Αυτό είναι έτσι επειδή η τυπική υλοποίηση του Joint PROTO είναι:

```

{
  Transform {
    center      IS center
    children    IS children
    rotation    IS rotation
    scale       IS scale
    scaleOrientation IS scaleOrientation
    translation IS translation
  }
}

```

Άλλες υλοποιήσεις είναι φυσικά πιθανές. Η μόνη απαίτηση είναι ότι μία άρθρωση πρέπει να είναι ικανή να δέχεται τις παραπάνω εντολές (events). Αφήνεται ελεύθερη η απόφαση στον δημιουργό του ανθρωποειδούς το πως θα υλοποιήσει τον κόμβο Άρθρωση. Ιδιαίτερα, μπορεί να αποφασίσει να χρησιμοποιήσει ένα μόνο δίκτυο πολυγώνων (polygonal mesh) για να αναπαραστήσει ένα ανθρωποειδές, ή να έχει ένα ξεχωριστό Σετ Δεικτών Προσώπου (Indexed Face Set) για κάθε Μέλος του σώματος. Σε μία τέτοια περίπτωση, μία άρθρωση θα ήταν υπεύθυνη για να κινεί τις κορυφές που αντιστοιχούν σε ένα συγκεκριμένο Μέλος του σώματος και σε όσα κατάγονται από αυτό. Το *center exposedField* δίνει την θέση του κέντρου περιστροφής της άρθρωσης, σχετικά με την περιγραφή ολόκληρου του σώματος του ανθρωποειδούς. Σημειωτέον ότι το συγκεκριμένο πεδίο (*center Field*) δεν έχει σχεδιαστεί για να δέχεται εντολές. Επομένως, οι θέσεις των κέντρων των αρθρώσεων είναι προσβάσιμες από το αντίστοιχο πεδίο (για περισσότερες λεπτομέρειες, δείτε την παράγραφο 3.4 "Μοντελοποίηση του ανθρωποειδούς").

Αφού λοιπόν οι θέσεις των κέντρων των αρθρώσεων αναφέρονται στο ίδιο πλαίσιο συντεταγμένων, το μήκος ενός οποιοδήποτε Μέλους μπορεί να προσδιοριστεί με

υπολογισμό της απόστασης μεταξύ του κέντρου της Άρθρωσης - πατέρα και του παιδιού του. Εξαιρέση αποτελούν τα Μέλη στα άκρα των δακτύλων των άνω και κάτω άκρων, οπότε και είναι απαραίτητη η χρήση της θέσης του ακραίου σημείου της αλυσίδας του κόμβου Θέση (end effectors Site). (για περισσότερες λεπτομέρειες, δείτε την περιγραφή του κόμβου Θέση).

Τα πεδία *ulimit* και *llimit* του προτύπου της άρθρωσης καθορίζουν λεπτομερώς τα άνω και κάτω όρια περιστροφής. Και τα δύο πεδία είναι τρία στοιχεία τύπου MFFloats και περιέχουν ξεχωριστές τιμές για τα όρια περιστροφής στους τρεις άξονες X,Y και Z. Το πεδίο *ulimit* αποθηκεύει τα άνω όρια των τιμών περιστροφής γύρω από τους τρεις άξονες και αντίστοιχα το πεδίο *llimit* τα κάτω όρια. Σημειωτέον ότι οι προεπιλεγμένες τιμές αυτών των πεδίων είναι [], πράγμα το οποίο σημαίνει ότι η άρθρωση θεωρείται ότι δεν έχει κάποιον περιορισμό στην κίνησή της.

Το πεδίο *limitOrientation* δίνει τον προσανατολισμό του πλαισίου συντεταγμένων στο οποίο οι τιμές των *ulimit* και *llimit* πρέπει να ερμηνευτούν. Το *limitOrientation* περιγράφει τον προσανατολισμό του τοπικού πλαισίου συντεταγμένων, σε σχέση με τη θέση του κέντρου της άρθρωσης η οποία περιγράφεται από το *center exposedField*.

Το πεδίο *stiffness*, αν υπάρχει, περιέχει τιμές που κυμαίνονται από 0.0 έως 1.0, οι οποίες δίνουν οδηγίες σε ένα σύστημα ανάστροφης κινηματικής σχετικά με τη "επιθυμία" μίας άρθρωσης να μετακινηθεί με ένα συγκεκριμένο βαθμό ελευθερίας. Για παράδειγμα, η δυσκαμψία ενός κόμβου Άρθρωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εξής: Σε μία κίνηση ολόκληρου του βραχίονα μπορεί να δοθεί προτεραιότητα (προτίμηση) στην κίνηση του καρπού και του αγκώνα σε σχέση με τον ώμο. Επίσης μπορεί να φανεί χρήσιμη πληροφορία ακόμα και όταν πρόκειται για μία μόνο άρθρωση με πολλούς βαθμούς ελευθερίας στην κίνηση, οπότε και μπορούμε να ορίσουμε ότι κίνηση σε έναν συγκεκριμένο βαθμό ελευθερίας έχει προτεραιότητα σε σχέση με τους υπόλοιπους. Όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του *stiffness*, τόσο περισσότερο αντιστέκεται η άρθρωση σε μία κίνηση στον αντίστοιχο άξονα.

Κάθε άρθρωση πρέπει να έχει ένα πεδίο *DEF name* το οποίο να ταιριάζει με το όνομα της συγκεκριμένης άρθρωσης, αλλά με ένα χαρακτηριστικό πρόθεμα. Το πρόθεμα αυτό μπορεί να είναι οτιδήποτε, αλλά πρέπει να είναι το ίδιο για όλες τις αρθρώσεις του συγκεκριμένου ανθρωποειδούς. Το χαρακτηριστικό αυτό πρόθεμα είναι χρήσιμο στην περίπτωση που χρειάζεται να γίνει μια στατική δρομολόγηση (static routing) των αρθρώσεων και υπάρχουν παραπάνω από ένα ανθρωποειδή στο ίδιο αρχείο. Εάν μόνο ένα

ανθρωποειδές είναι αποθηκευμένο σε ένα αρχείο, τότε το πρόθεμα θα πρέπει να είναι "hanim_". Για παράδειγμα, ο αριστερός ώμος θα έχει όνομα "hanim_1_shoulder".

Το πεδίο *DEF name* χρησιμοποιείται για στατική δρομολόγηση, πράγμα το οποίο συνήθως συνδέει τα πεδία *OrientationInterpolators* του αρχείου του ανθρωποειδούς με τις αρθρώσεις. Το πεδίο αυτό χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των αρθρώσεων κατά την εκτέλεση της εφαρμογής, μιας και σε άλλη περίπτωση το *DEF name* δεν θα ήταν απαραίτητα διαθέσιμο. Το πεδίο αυτό πρέπει να υπάρχει, ούτως ώστε οι εφαρμογές να είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τη άρθρωση κατά την εκτέλεσή τους. Όλα τα υπόλοιπα πεδία είναι προαιρετικά.

Θα είναι συχνά χρήσιμο για κάποιον ο οποίος δημιουργεί ένα ανθρωποειδές να μπορεί να προσθέτει επιπλέον αρθρώσεις στο σώμα. Το σώμα σε μια τέτοια περίπτωση διατηρεί το σχήμα του και είναι γενικά αναμενόμενο ότι θα διατηρεί και τις βασικές αρθρώσεις οι οποίες περιγράφονται παρακάτω. Παρόλα αυτά, οι βασικές αυτές αρθρώσεις θεωρούνται ως ένα ελάχιστο σετ, στο οποίο μπορούν να γίνουν περαιτέρω επεκτάσεις (βλέπε παράγραφο 3.5.5 Μη-προτυποποιημένες Αρθρώσεις και Μέλη).

3.3.2 Κόμβος Μέλος (segment node)

Κάθε μέλος του σώματος είναι αποθηκευμένο σε έναν κόμβο Μέλος. Ένας τέτοιος κόμβος υλοποιείται ως κόμβος Ομάδα (Group node), ο οποίος εμπεριέχει είτε έναν αριθμό από Σχήματα (Shapes) είτε ίσως και κόμβους Μετασχηματισμός (Transformation nodes) οι οποίοι τοποθετούν τα μέλη του σώματος σε σχέση με το δικό τους σύστημα συντεταγμένων (βλέπε την παράγραφο 3.4 "Μοντελοποίηση του ανθρωποειδούς" για περισσότερες λεπτομέρειες).

Πρότυπο Τμήματος:

PROTO Segment [

```
field SFVec3f bboxCenter 0 0 0
field SFVec3f bboxSize -1 -1 -1
exposedField SFVec3f centerOfMass 0 0 0
exposedField MFNode children [ ]
exposedField SFNode coord NULL
exposedField MFNode displacers [ ]
exposedField SFFloat mass 0
exposedField MFFloat momentsOfInertia [ 0 0 0 0 0 0 0 0 ]
```

```

    exposedField SFString name      ""
    eventIn      MFNode  addChildren
    eventIn      MFNode  removeChildren
]

```

Αυτό υλοποιείται κάπως έτσι :

```

{
  Group {
    addChildren IS addChildren
    bboxCenter IS bboxCenter
    bboxSize    IS bboxSize
    children    IS children
    removeChildren IS removeChildren
  }
}

```

Το όνομα πρέπει να υπάρχει, έτσι ώστε το Μέλος να μπορεί να αναγνωρίζεται κατά την εκτέλεση της εφαρμογής, ενώ όλα τα υπόλοιπα πεδία είναι προαιρετικά. Το πεδίο *mass* είναι η συνολική μάζα του Μέλους και το *centerOfMass* είναι η θέση του κέντρου βάρους του. Σημειωτέον δε, ότι η τιμή μηδέν για την μάζα είναι ενδεικτική του ότι δεν έχουμε καμία πληροφορία. Το πεδίο *momentsOfInertia* περιέχει τον 3x3 πίνακα που χαρακτηρίζει την αδράνεια του Μέλους.

Τα ανθρωποειδή που μοντελοποιούνται ως συνεχές δίκτυο έχουν και αυτά κόμβους Μέλος, προκειμένου να αποθηκεύσουν πληροφορία ανά μέλος. Σε μία τέτοια περίπτωση ο κόμβος Μέλος δεν περιέχει απαραίτητα κάποια γεωμετρία, παρότι θα πρέπει να εξακολουθεί να είναι παιδί ενός κόμβου Άρθρωση.

Για τμήματα που έχουν παραμορφώσιμα δίκτυα (deformable meshes), το πεδίο *coord* θα πρέπει να περιέχει έναν κόμβο Συντεταγμένη (Coordinate node) που χρησιμοποιείται στο *IndexedFaceSet* για το Μέλος. Ο κόμβος Συντεταγμένη θα πρέπει να έχει το ίδιο όνομα με το *DEF name* του Μέλους, με επιπλέον κατάληξη "_coords" (πχ. "skull_coords").

3.3.3 Κόμβος Θέση (site node)

Ένας κόμβος Θέση εξυπηρετεί τρεις σκοπούς: Ο πρώτος είναι να καθορίσει τη θέση ενός ακραίου σημείου της αλυσίδας (end-effectors), η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα σύστημα ανάστροφης κινηματικής. Ο δεύτερος είναι ο καθορισμός ενός σημείου επαφής για εξαρτήματα όπως κοσμήματα και ρούχα. Ο τρίτος σκοπός είναι ο καθορισμός μίας θέσης για μία εικονική κάμερα σε ένα πλαίσιο αναφοράς ενός Μέλους (όπως μία οπτική "μέσα από τα μάτια" για ένα ανθρωποειδές για χρήση σε κόσμους με πολλούς χρήστες - multi user world).

Οι κόμβοι Θέση αποθηκεύονται μέσα στο πεδίο *exposedField* του παιδιού του κόμβου Μέλος. Τα πεδία *rotation* και *translation* ορίζουν την θέση και τον προσανατολισμό ενός ακραίου σημείου της αλυσίδας του Μέλους. Το πεδίο *children* χρησιμεύει για να αποθηκεύονται όποια εξαρτήματα που μπορούν να προστεθούν στο Μέλος.

Το Πρότυπο του κόμβου Θέση είναι κάπως έτσι:

```
PROTO Site [  
  exposedField SFVec3f center 0 0 0  
  exposedField MFNode children []  
  exposedField SFString name ""  
  exposedField SFRotation rotation 0 0 1 0  
  exposedField SFVec3f scale 1 1 1  
  exposedField SFRotation scaleOrientation 0 0 1 0  
  exposedField SFVec3f translation 0 0 0  
  eventIn MFNode addChildren  
  eventIn MFNode removeChildren  
]
```

Μία τυπική υλοποίηση είναι:

```
{  
  Transform {  
    addChildren IS addChildren  
    center IS center  
    children IS children  
    removeChildren IS removeChildren  
    rotation IS rotation  
  }  
}
```

```

    scale      IS scale
    scaleOrientation IS scaleOrientation
    translation IS translation
}
}

```

Το πεδίο *name* πρέπει οπωσδήποτε να υπάρχει, για να μπορεί ο κόμβος Θέση να αναγνωρίζεται κατά την εκτέλεση της όποιας εφαρμογής, ενώ όλα τα υπόλοιπα πεδία είναι προαιρετικά.

Εάν χρησιμοποιείται ως ακραίο σημείο αλυσίδας, τότε ο κόμβος Θέση θα πρέπει να έχει ένα όνομα το οποίο αποτελείται από το όνομα του Μέλους στο οποίο είναι προσαρτημένο συν την κατάληξη "_tip". Για παράδειγμα, ένα ακραίο σημείο αλυσίδας στον κόμβο Θέση του δείκτη του δεξιού χεριού θα είχε όνομα "r_index_distal_tip" και ο κόμβος Θέση θα ήταν παιδί του Μέλους "r_index_distal". Οι κόμβοι Θέση που χρησιμοποιούνται για να καθορίσουν την θέση της κάμερας θα πρέπει να έχουν όνομα με κατάληξη "_view". Κόμβοι Θέση που δεν είναι ούτε ακραία σημεία αλυσίδας ούτε υποδηλώνουν την θέση της κάμερας πρέπει να έχουν όνομα με κατάληξη "_pt", ενώ τέλος κόμβοι Θέση που απαιτούνται από μία εφαρμογή αλλά δεν ορίζονται στις συγκεκριμένες προδιαγραφές θα πρέπει να έχουν πρόθεμα "x_".

Οι κόμβοι Θέση τα οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθούν ως σημεία επαφής για κόμβο οπτικής γωνίας (Viewpoint node), όπως πχ. το δεξιό και το αριστερό μάτι, θα πρέπει να είναι έτσι προσανατολισμένα ώστε να αντικρίζουν την κατεύθυνση που θέλουμε να έχει η κάμερα. Με άλλα λόγια, επισυνάπτοντας το παρακάτω σημείο οπτικής (Viewpoint) στον κόμβο Θέση στο αριστερό μάτι θα έχει ως αποτέλεσμα μία οπτική ως αν ήταν από το αριστερό μάτι του ανθρωποειδούς:

```

Viewpoint {
    position 0 0 0
}

```

Σημειωτέον ότι η προκαθορισμένη τιμή είναι {0 0 10} και ο προκαθορισμένος προσανατολισμός {0 0 1 0}, πράγμα το οποίο καταδεικνύει ότι χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή μιας και αλλάζουμε τις τιμές αυτές.

3.3.4 Κόμβος Παραμόρφωση (displacer node)

Ορισμένες εφαρμογές ίσως χρειαστεί να μεταβάλλουν το σχήμα ενός Μέλους. Στο πιο βασικό επίπεδο, αυτό επιτυγχάνεται με αλλαγή στο πεδίο *point* του κόμβου Συντεταγμένη το οποίο βρίσκεται στο πεδίο *coord* του κόμβου Μέλος. Σε ορισμένες περιπτώσεις, η εφαρμογή ίσως χρειαστεί να αναγνωρίζει συγκεκριμένες ομάδες από κορυφές εντός ενός Μέλους. Για παράδειγμα, η εφαρμογή ίσως χρειαστεί να γνωρίζει ποιες κορυφές του Μέλους 'skull' αποτελούν το αριστερό φρύδι. Ίσως ακόμα να απαιτούνται και οδηγίες όπως η κατεύθυνση στην οποία πρέπει να κινηθούν οι κορυφές. Αυτή η πληροφορία αποθηκεύεται σε έναν κόμβο που ονομάζεται κόμβος Παραμόρφωση. Οι κόμβοι Παραμόρφωση για ένα Μέλος είναι αποθηκευμένοι στο πεδίο *displacers* του Μέλους.

Το Πρότυπο ενός κόμβου Παραμόρφωση είναι κάπως έτσι:

```
PROTO Displacer [  
    exposedField MFInt32 coordIndex    []  
    exposedField MFVec3f displacements []  
    exposedField SFString name        ""  
]
```

Το πεδίο *name* παρέχει το όνομα του κόμβου Παραμόρφωση, με το οποίο είναι γνωστό στην εφαρμογή και μπορεί να κληθεί κατά την διάρκεια της εκτέλεσής της. Όπως και με τα προηγούμενα είδη κόμβων, έτσι και εδώ, μόνο το πεδίο *name* είναι απαραίτητο να υπάρχει. Το πεδίο *coordIndex* περιέχει τους δείκτες εντός του πίνακα συντεταγμένων των κορυφών του Μέλους οι οποίες επηρεάζονται από τον κόμβο Παραμόρφωση. Για παράδειγμα:

```
Displacer {  
    coordIndex [ 7, 12, 21, 18 ]  
    name "l_eyebrow_feature"  
}
```

Το παραπάνω εννοεί ότι οι κορυφές 7, 12, 21 και 18 του Μέλους σχηματίζουν το αριστερό φρύδι. Το πεδίο *displacements*, αν υπάρχει, παρέχει ένα σει από 3Δ τιμές οι οποίες πρέπει να προστεθούν σε αυτές του πεδίου *coordIndex* του Μέλους που αναφέρονται στην ουδέτερη ή σε ηρεμία θέση κάθε κορυφής. Αυτές οι τιμές αντιστοιχούν μία προς μία με αυτές του πίνακα συντεταγμένων *coordIndex*. Τις τιμές αυτές μπορεί η εφαρμογή

ελεύθερα να τις κλιμακώνει (scaling) σύμφωνα με τις ανάγκες πριν τις προσθέσει σε αυτές που καθορίζουν τις ουδέτερες θέσεις των κορυφών. Για παράδειγμα:

```
Displacer {  
    coordIndex [ 7, 12, 21, 18 ]  
    displacements [ 0 0.0025 0, 0 0.005 0, 0 0.0025 0, 0 0.001 0 ]  
    name "l_eyebrow_raiser_action"  
}
```

Εδώ ανασηκώνονται σε κατακόρυφη διεύθυνση οι τέσσερις κορυφές που σχηματίζουν το αριστερό φρύδι. Η κορυφή νούμερο 7 θα απεικονιστεί 2,5 χιλιοστά παραπάνω κατά την κατακόρυφη διεύθυνση (κατά τον άξονα Y), η κορυφή νούμερο 12 θα απεικονιστεί 5 χιλιοστά παραπάνω, η κορυφή 21 2,5 χιλιοστά πιο πάνω και τέλος η κορυφή 18 μόλις 1 χιλιοστό. Η εκάστοτε εφαρμογή δύναται να επιλέξει να κανονικοποιήσει αυτές τις μετακινήσεις.

Ο κόμβος Παραμόρφωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τρεις διαφορετικούς τρόπους. Στο πιο βασικό του επίπεδο, μπορεί απλά να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των κορυφών που αντιστοιχούν σε ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του Μέλους, το οποίο η εφαρμογή μπορεί να χειριστεί εν μέρει ανεξάρτητα. Σε ένα επόμενο επίπεδο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να αναπαριστά μία συγκεκριμένη μυϊκή ενέργεια, η οποία απεικονίζει τις κορυφές σε διάφορες κατευθύνσεις (γραμμικά ή ακτινικά). Ο τρίτος τρόπος με τον οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο κόμβος Παραμόρφωση είναι για να αναπαραστήσει μία ολοκληρωμένη διάταξη των κορυφών σε ένα Μέλος. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του προσώπου, μπορεί να υπάρχει ένας κόμβος Παραμόρφωση για κάθε έκφραση του προσώπου.

Οι κόμβοι Παραμόρφωση που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίζουν χαρακτηριστικά παίρνουν στο όνομά τους την κατάληξη "_feature". Οι κόμβοι Παραμόρφωση που χρησιμοποιούνται για να μετακινούν ένα χαρακτηριστικό παίρνουν την κατάληξη "_action" συνήθως με την επιπρόσθετη προ-κατάληξη που καταδεικνύει το είδος της κίνησης (πχ. "l_eyebrow_raiser_action"). Οι κόμβοι Παραμόρφωση που αντιστοιχούν σε μία συγκεκριμένη διάταξη κορυφών οφείλουν να έχουν την κατάληξη "_config" στο όνομά τους.

Σημειωτέον ότι ενώ οι κόμβοι Παραμόρφωση χρησιμοποιούνται συνήθως για τον έλεγχο του σχήματος του προσώπου, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν και για άλλα μέρη του σώματος. Για παράδειγμα, με κατάλληλο έλεγχο στο σχήμα του Μέλους του

βραχίονα μπορεί να εξομοιωθεί η κίνηση των μυών του βραχίονα καθώς ο βραχίονας λυγίζει.

3.3.5 Κόμβος Ανθρωποειδές (humanoid node)

Ο κόμβος Ανθρωποειδές χρησιμοποιείται για την αποθήκευση δεδομένων, σε ευανάγνωστη μορφή για τον άνθρωπο, με πληροφορία σχετικά με τον δημιουργό, για κατοχύρωση πνευματικών δικαιωμάτων, καθώς και για αποθήκευση αναφορών σε αρθρώσεις, Μέλη και Οπτικές. Επίσης εξυπηρετεί και ως περιτύλιγμα για ολόκληρο το ανθρωποειδές. Τέλος παρέχει έναν βολικό τρόπο μετακίνησης του ανθρωποειδούς μέσα στο περιβάλλον του.

Το Πρότυπο είναι:

```
PROTO Humanoid [
    field      SFVec3f  bboxCenter      0 0 0
    field      SFVec3f  bboxSize        -1 -1 -1
    exposedField SFVec3f  center          0 0 0
    exposedField MFNode  humanoidBody    []
    exposedField MFString info           []
    exposedField MFNode  joints          []
    exposedField SFString name           ""
    exposedField SFRotation rotation     0 0 1 0
    exposedField SFVec3f  scale           1 1 1
    exposedField SFRotation scaleOrientation 0 0 1 0
    exposedField MFNode  segments        []
    exposedField MFNode  sites           []
    exposedField SFVec3f  translation     0 0 0
    exposedField SFString version        "1.1"
    exposedField MFNode  viewpoints      []
]
```

Ο κόμβος συνήθως υλοποιείται ως εξής:

```
{
    Transform {
        bboxCenter    IS bboxCenter
        bboxSize      IS bboxSize
    }
}
```

```

center      IS center
rotation    IS rotation
scale       IS scale
scaleOrientation IS scaleOrientation
translation IS translation
children [
  Group {
    children IS viewpoints
  }
  Group {
    children IS humanoidBody
  }
]
}
}

```

Όπως και σε όλα τα προηγούμενα είδη κόμβων, έτσι και εδώ το πεδίο *name* που προσδιορίζει το όνομα είναι το μόνο πεδίο που είναι απαραίτητο. Ο κόμβος Ανθρωποειδές χρησιμεύει για την τοποθέτησή του στον χώρο. Σημειωτέον, ότι η άρθρωση *HumanoidRoot* χρησιμεύει συνήθως για να εμψυχώνει το ανθρωποειδές εντός του τοπικού συστήματος συντεταγμένων, κινήσεις όπως πχ. το περπάτημα και το πήδημα. Πιο συγκεκριμένα, στο περπάτημα η συνολική κίνηση του σώματος επηρεάζει την άρθρωση *HumanoidRoot*, ενώ η μέση ευθύγραμμη κίνηση μέσα στη σκηνή επηρεάζει τον κόμβο Ανθρωποειδές. Το πεδίο *humanoidBody* περιέχει τον κόμβο *HumanoidRoot*.

Το πεδίο *version* αποθηκεύει την έκδοση των προδιαγραφών στις οποίες το συγκεκριμένο ανθρωποειδές υπακούει. Το πεδίο *info* αποτελείται από έναν πίνακα από αλφαριθμητική σειρά χαρακτήρων (strings), κάθε ένα από τα οποία είναι του τύπου "ετικέτα = τιμή" ("tag = value"). Ως σήμερα έχουν οριστεί οι παρακάτω ετικέτες (tags):

```

authorName
authorEmail
copyright
creationDate
usageRestrictions
humanoidVersion

```

age

gender (typically "male" or "female")

height

weight

Επιπλέον ζευγάρια "ετικέτας = τιμής" μπορούν να συμπεριληφθούν κατά το δοκούν. Η ετικέτα *humanoidVersion* αναφέρεται στην έκδοση την οποία χρησιμοποιεί το ανθρωποειδές, προκειμένου να εντοπίζονται οι αλλαγές στα δεδομένα. Δεν είναι το ίδιο με το πεδίο *field* στον κόμβο Ανθρωποειδές, το οποίο αναφέρεται στις προδιαγραφές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την δημιουργία του ανθρωποειδούς.

Το πεδίο *joints* περιέχει αναφορές για κάθε έναν από τους κόμβους Άρθρωση του σώματος. Κάθε μία από αυτές τις αρθρώσεις πρέπει να είναι κόμβοι τύπου Άρθρωση. Η σειρά με την οποία παρατίθενται είναι αδιάφορη, μιας και τα ονόματα των αρθρώσεων είναι αποθηκευμένα. Παρόμοια, το πεδίο *segments* έχει αναφορές για όλους τους κόμβους Μέλος του σώματος, το πεδίο *viewpoints* έχει αναφορές για όλους τους κόμβους Οπτική-γωνία (Viewpoint) και τέλος το πεδίο *sites* για τους κόμβους Θέση.

Ο κόμβος Ανθρωποειδές θα πρέπει να έχει την ονομασία "Humanoid", έτσι ώστε να διευκολύνεται η πρόσβαση κατά την χρήση Εξωτερικών Διεπαφών Συγγραφής (External Authoring Interface).

3.4 Μοντελοποίηση του Ανθρωποειδούς

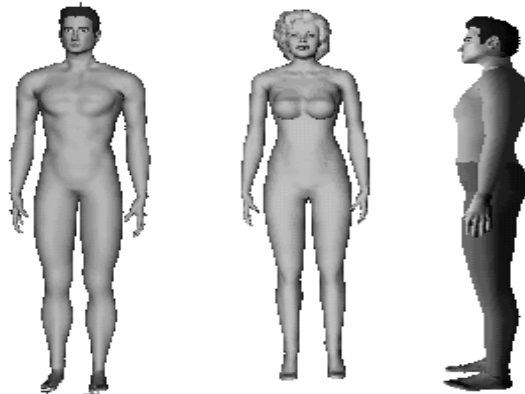
Το ανθρωποειδές πρέπει να μοντελοποιηθεί σε όρθια στάση, κοιτάζοντας στην κατεύθυνση +Z και με την κατεύθυνση +Y προς τα πάνω και την +X προς τα αριστερά του ανθρωποειδούς. Η αφετηρία (0,0,0) θα πρέπει να βρίσκεται στο επίπεδο του εδάφους ανάμεσα από τα πόδια του ανθρωποειδούς. Τα πέλματα πρέπει να είναι οριζόντια σε σχέση με το έδαφος και να εφάπτονται στο επίπεδο $Y=0$. Οι βραχίονες πρέπει να είναι τεντωμένοι και παράλληλοι στα πλευρά του σώματος με τις παλάμες των χεριών να αντικρίζουν προς τα μέσα προς τους μηρούς. Τα χέρια πρέπει να είναι επίπεδα, με τους άξονες των αρθρώσεων "1" έως και "3" των δακτύλων να είναι παράλληλοι στον Y-άξονα και τον άξονα του αντίχειρα σε γωνία 45 μοιρών προς την κατεύθυνση +Z. Σημειωτέον, ότι το σύστημα συντεταγμένων για κάθε άρθρωση του αντίχειρα είναι προσανατολισμένο για να είναι ευθυγραμμισμένο με αυτό ολόκληρου του ανθρωποειδούς.

Η κίνηση της άρθρωσης "0" των δακτύλων είναι συνήθως πολύ περιορισμένη και η δυσκαμψία αυτών των αρθρώσεων ποικίλει από δάκτυλο σε δάκτυλο. Περισσότερες

λεπτομέρειες για την διάταξη, τον προσανατολισμό και την κίνηση των "0" αρθρώσεων μπορούν να ανακτηθούν από βιβλία ανατομίας.

Το πρόσωπο μοντελοποιείται με τα φρύδια σε ανάπαυση, το στόμα κλειστό και τα μάτια ορθάνοιχτα. Το ανθρωποειδές πρέπει να φτιάχνεται με κατευθυντήριο σκέψη τις πραγματικές ανθρώπινες αναλογίες, για παράδειγμα το ύψος του θα πρέπει να είναι χοντρικά 1,75 μέτρα.

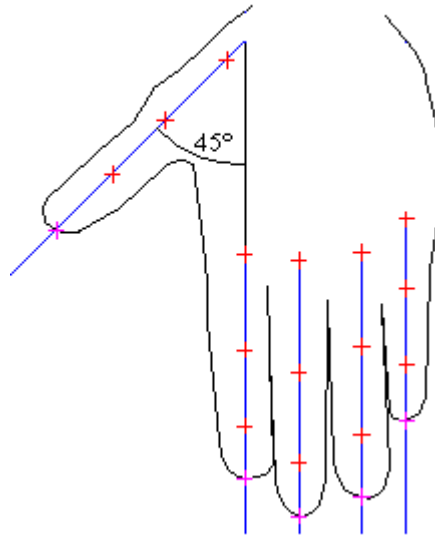
Παρακάτω απεικονίζονται η αρχική στάση ενός ανθρωποειδούς:



σχ. 3.1 Παραδείγματα ανθρωποειδών στην αρχική τους στάση

Σε αυτή την θέση, όλες οι γωνίες των αρθρώσεων είναι μηδέν. Με άλλα λόγια, όλα τα πεδία *rotation* σε όλους τους κόμβους Άρθρωση έχουν τις προκαθορισμένες τιμές τους $(0,0,1,0)$. Ακόμα τα πεδία *translation* έχουν τις προκαθορισμένες τιμές τους $(0,0,0)$ και ο παράγοντας κλίμακας (*scale factor*) έχει επίσης την προκαθορισμένη τιμή $(1,1,1)$. Το μόνο πεδίο το οποίο δεν πρέπει να έχει την προκαθορισμένη τιμή του είναι το *center*, που χρησιμοποιείται για να καθορίσει το σημείο γύρω από το οποίο η άρθρωση (και όλοι οι κόμβοι - παιδιά της αν υπάρχουν) θα περιστρέφονται. Με τις προκαθορισμένες τιμές μετάθεσης, περιστροφής και μεγέθυνσης σε όλους τους κόμβους Άρθρωση πρέπει το σώμα να επανατοποθετείται στην αρχική στάση που περιγράφηκε παραπάνω. Το πεδίο *center* κάθε άρθρωσης πρέπει να έχει τέτοια τιμή ώστε η άρθρωση να περιστρέφεται με τρόπο ίδιο με την αντίστοιχη άρθρωση ενός πραγματικού ανθρώπου.

Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει τον προσανατολισμό του χεριού. Οι σταυροί στο σχήμα δείχνουν κάποια προτεινόμενα σημεία για τα κέντρα των αρθρώσεων και των άκρων των δαχτύλων:



σχ. 3.2 Διάγραμμα του χεριού. Είναι σημειωμένα και τα σημεία άρθρωσης των δακτύλων

Προτείνεται, αλλά δεν απαιτείται, ότι όλα τα τμήματα του σώματος να κατασκευάζονται εξ αρχής στην τελική τους θέση. Δηλαδή δεν θα απαιτείται μετακίνηση, ούτε περιστροφή, ούτε μεγέθυνση προκειμένου να ενωθούν με τα γειτονικά τους τμήματα. Για παράδειγμα, το χέρι θα πρέπει να φτιάχνεται έτσι ώστε να είναι στη σωστή θέση σε σχέση με τον πήχη και ο πήχης με την σειρά του έτσι ώστε να είναι στη σωστή θέση με το μπράτσο και ούτω καθεξής. Όλες οι συντεταγμένες του σώματος μοιράζονται μία κοινή αφετηρία, η οποία είναι το ίδιο το ανθρωποειδές. Εάν αυτό δημιουργεί δυσκολίες κατά την κατασκευή του ανθρωποειδούς, είναι αποδεκτή η χρήση ενός κόμβου Μετασχηματισμός μέσα σε κάθε Μέλος, ή ακόμη και αρκετών, προκειμένου να υπάρξει επιτυχία στην γεωμετρία και την τοποθέτηση του συγκεκριμένου Μέλους. Σημειωτέον ότι, το σύστημα συντεταγμένων της κάθε άρθρωσης είναι προσανατολισμένο για να είναι ευθυγραμμισμένο με αυτό ολόκληρου του ανθρωποειδούς.

3.5 Ιεραρχία των Αρθρώσεων

Το σώμα είναι τυπικά φτιαγμένο σαν μία σειρά από ενθυλακωμένες Αρθρώσεις, κάθε μία εκ των οποίων δύναται να έχει ένα Μέλος συνδεδεμένο μαζί της. Για παράδειγμα:

...

```
DEF hanim_l_shoulder Joint { name "l_shoulder"
```

```
  center 0.167 1.36 -0.0518
```

```
  children [
```

```

DEF hanim_l_elbow Joint { name "l_elbow"
  center 0.196 1.07 -0.0518
  children [
    DEF hanim_l_wrist Joint { name "l_wrist"
      center 0.213 0.811 -0.0338
      children [
        DEF hanim_l_hand Segment { name "l_hand"
          ...
        }
      ]
    }
  ]
}
DEF hanim_l_forearm Segment { name "l_forearm"
  ...
}
]
}
DEF hanim_l_upperarm Segment { name "l_upperarm"
  ...
}
]
}
...

```

Δείγματα από ανθρωποειδή με σωστή δομή είναι διαθέσιμα από την ιστοσελίδα της H-Anim (<http://H-Anim.org/>).

3.5.1 Το σώμα

Τα ονόματα των κόμβων Άρθρωση για το σώμα παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα:

l_hip	l_knee	l_ankle	l_subtalar	l_midtarsal	l_metatarsal
r_hip	r_knee	r_ankle	r_subtalar	r_midtarsal	r_metatarsal

v15	v14	v13	v12	v11		
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				

Οι κόμβοι Άρθρωση *v15* και *sacroiliac* είναι παιδιά της *HumanoidRoot*. Η *HumanoidRoot* είναι αποθηκευμένη στο πεδίο *humanoidBody* του κόμβου Ανθρωποειδές, αλλά όλοι οι υπόλοιποι κόμβοι Άρθρωση κατάγονται είτε από τον *v15* είτε από τον *sacroiliac*. Αν αυτοί λείπουν, τότε γίνεται και χαμηλότερου επιπέδου κόμβοι να είναι απευθείας παιδιά του *HumanoidRoot*.

3.5.2 Τα χέρια

Τα χέρια, αν είναι παρόντα, οφείλουν να ακολουθούν τις εξής συμβάσεις για το όνομα των δακτύλων τους:

l_pinky0	l_pinky1	l_pinky2	l_pinky3	l_ring0	l_ring1	l_ring2	l_ring3
l_middle0	l_middle1	l_middle2	l_middle3	l_index0	l_index1	l_index2	l_index3
l_thumb1	l_thumb2	l_thumb3					
r_pinky0	r_pinky1	r_pinky2	r_pinky3	r_ring0	r_ring1	r_ring2	r_ring3
r_middle0	r_middle1	r_middle2	r_middle3	r_index0	r_index1	r_index2	r_index3
r_thumb1	r_thumb2	r_thumb3					

3.5.3 Το πρόσωπο

Πολλές υλοποιήσεις ανθρωποειδών έχουν κάνει χρήση ορισμένων ομαδοποιημένων δομών του προσώπου για να μπορέσουν να εξομοιώσουν εκφράσεις του. Αυτές είναι αποτελεσματικές μέχρι ενός ορίου, όπως πχ. ένα ανδρείκελο εγγαστρίμυθου (*ventriloquist*

dummy). Τα παρακάτω είναι ένα βασικό σετ αρθρώσεων και τμημάτων που υποστηρίζουν τέτοιου είδους εμφύχωση του προσώπου. Η κατάληξη "_joint" χρησιμοποιείται εδώ επειδή στην πραγματικότητα τα περισσότερα από τέτοια χαρακτηριστικά ελέγχονται από μυϊκές ομάδες αντί από πραγματικές αρθρώσεις, με εξαίρεση την άρθρωση *temporomandibular*. Η κατάληξη "_joint" παρέχει μία διαφοροποίηση μεταξύ του ονόματος της άρθρωσης και του ονόματος του αντίστοιχου μέλους.

Όλες οι αρθρώσεις του προσώπου είναι παιδιά της Άρθρωσης *skullbase*. Το κέντρο περιστροφής του ματιού και του βλεφάρου είναι το γεωμετρικό κέντρο του βολβού του οφθαλμού. Το κέντρο περιστροφής του βλεφάρου είναι προκαθορισμένο στην τιμή μηδέν και μία περιστροφή κατά $+\pi$ rad έχει ως αποτέλεσμα το πλήρες κλείσιμο του βλεφάρου. Τα φρύδια έχουν και αυτά προκαθορισμένη τιμή μηδέν και μπορούν να περιστραφούν γύρω από το μέσο τους. Το στόμα είναι κλειστό όταν η άρθρωση *temporomandibular* είναι στις μηδέν μοίρες.

l_eyeball_joint	r_eyeball_joint
l_eyebrow_joint	r_eyebrow_joint
l_eyelid_joint	r_eyelid_joint
temporomandibular	

Είναι δυνατό να απαιτούνται επιπλέον αρθρώσεις για το πρόσωπο (Βλέπε την παράγραφο 3.5.5 "Μη-προτυποποιημένες Αρθρώσεις και Τμήματα"). Συνιστάται αυτές οι επιπλέον αρθρώσεις να ταυτοποιούνται το δυνατότερο δυνατόν και να χρησιμοποιούνται για την κατασκευή όλων των ανθρωποειδών του προγράμματος.

3.5.4 Ιεραρχία

Η πλήρης και ολοκληρωμένη ιεραρχία είναι η εξής, με τα ονόματα των Μελών να αναγράφονται δίπλα στις αρθρώσεις με τις οποίες συνδέονται:

```
HumanoidRoot : sacrum
  sacroiliac : pelvis
    | l_hip : l_thigh
    | l_knee : l_calf
    | l_ankle : l_hindfoot
```

```

|   l_subtalar : l_midproximal
|   l_midtarsal : l_middistal
|   l_metatarsal : l_forefoot
| r_hip : r_thigh
| r_knee : r_calf
| r_ankle : r_hindfoot
|   r_subtalar : r_midproximal
|   r_midtarsal : r_middistal
|   r_metatarsal : r_forefoot
vl5 : l5
vl4 : l4
vl3 : l3
vl2 : l2
vl1 : l1
vt12 : t12
vt11 : t11
vt10 : t10
vt9 : t9
vt8 : t8
vt7 : t7
vt6 : t6
vt5 : t5
vt4 : t4
vt3 : t3
vt2 : t2
vt1 : t1
vc7 : c7
| vc6 : c6
| vc5 : c5
| vc4 : c4
| vc3 : c3
| vc2 : c2
| vc1 : c1
| skullbase : skull

```

```

|         l_eyelid_joint : l_eyelid
|         r_eyelid_joint : r_eyelid
|         l_eyeball_joint : l_eyeball
|         r_eyeball_joint : r_eyeball
|         l_eyebrow_joint : l_eyebrow
|         r_eyebrow_joint : r_eyebrow
|         temporomandibular : jaw
l_sternoclavicular : l_clavicle
| l_acromioclavicular : l_scapula
| l_shoulder : l_upperarm
| l_elbow : l_forearm
| l_wrist : l_hand
|     l_thumb1 : l_thumb_metacarpal
|     l_thumb2 : l_thumb_proximal
|     l_thumb3 : l_thumb_distal
|     l_index0 : l_index_metacarpal
|     l_index1 : l_index_proximal
|     l_index2 : l_index_middle
|
|     l_index3 : l_index_distal
|     l_middle0 : l_middle_metacarpal
|     l_middle1 : l_middle_proximal
|     l_middle2 : l_middle_middle
|     l_middle3 : l_middle_distal
|     l_ring0 : l_ring_metacarpal
|     l_ring1 : l_ring_proximal
|     l_ring2 : l_ring_middle
|     l_ring3 : l_ring_distal
|     l_pinky0 : l_pinky_metacarpal
|     l_pinky1 : l_pinky_proximal
|     l_pinky2 : l_pinky_middle
|     l_pinky3 : l_pinky_distal
r_sternoclavicular : r_clavicle
r_acromioclavicular : r_scapula

```

r_shoulder : r_upperarm
r_elbow : r_forearm
r_wrist : r_hand
r_thumb1 : r_thumb_metacarpal
r_thumb2 : r_thumb_proximal
r_thumb3 : r_thumb_distal
r_index0 : r_index_metacarpal
r_index1 : r_index_proximal
r_index2 : r_index_middle
r_index3 : r_index_distal
r_middle0 : r_middle_metacarpal
r_middle1 : r_middle_proximal
r_middle2 : r_middle_middle
r_middle3 : r_middle_distal
r_ring0 : r_ring_metacarpal
r_ring1 : r_ring_proximal
r_ring2 : r_ring_middle
r_ring3 : r_ring_distal
r_pinky0 : r_pinky_metacarpal
r_pinky1 : r_pinky_proximal
r_pinky2 : r_pinky_middle
r_pinky3 : r_pinky_distal

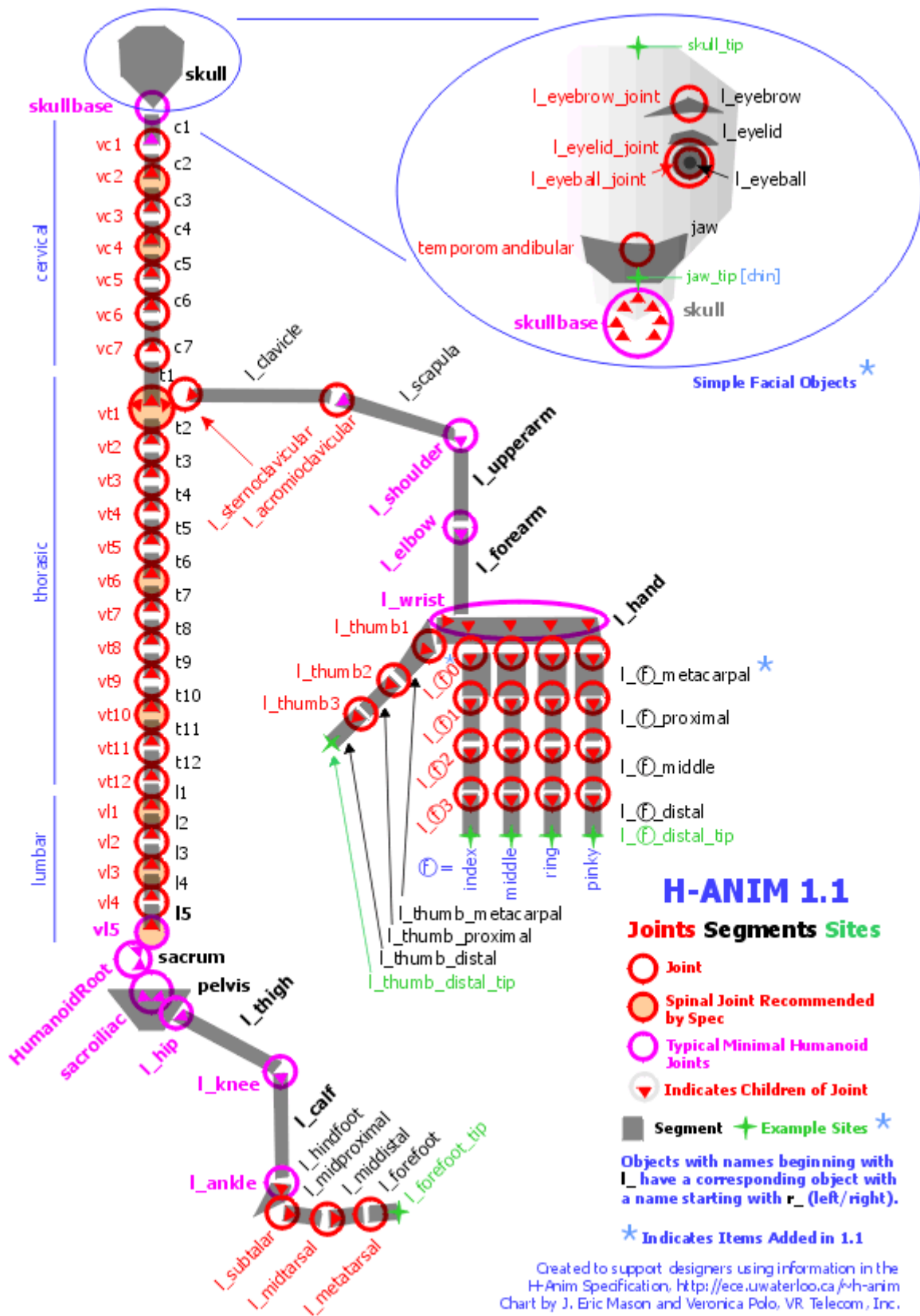
Ο όρος *proximal* σημαίνει το κοντινότερο Μέλος και ο όρος *distal* το πιο απομακρυσμένο Μέλος.

Οι αρθρώσεις *l_sternoclavicular* και *r_sternoclavicular* είναι παιδιά του *vt1* και αδέρφια του *vc7*.

Η άρθρωση *scullbase* είναι ουσιαστικά η άρθρωση "*atlanto-occipital*".

Το αριστερό και δεξιό μετατάρσιο (*metatarsals*) είναι ουσιαστικά το αριστερή και δεξιά άρθρωση "*tarsometatarsal*".

Το διάγραμμα της επόμενης σελίδας απεικονίζει καθαρά την παραπάνω περιγραφείσα ιεραρχία:



σχ. 3.3 Ιεραρχία των αρθρώσεων

3.5.5 Μη-προτυποποιημένες Αρθρώσεις και Μέλη

Μπορούν να οριστούν επιπλέον Αρθρώσεις και Μέλη του σώματος. Υπάρχουν μόνο τρεις προϋποθέσεις. Η πρώτη είναι ότι οι αρθρώσεις πρέπει να αναγράφονται στους παραπάνω πίνακες και να χρησιμοποιούν την προκαθορισμένη ονοματολογία. Η δεύτερη προϋπόθεση είναι ότι δεν επιτρέπονται νέες αρθρώσεις ενδιάμεσα της "αλυσίδας" των προτυποποιημένων αρθρώσεων. Για παράδειγμα, δεν μπορεί να προστεθεί ένας επιπλέον αγκώνας στον βραχίονα. Γίνεται, όμως, να προστεθούν στο ανθρωποειδές νέα προσαρτήματα (όπως μαλλιά, νύχια κ.ά.) με τρόπο τέτοιο, ώστε να δημιουργούνται νέες αρθρώσεις παιδιά των προηγούμενων. Αυτές οι μη προτυποποιημένες αρθρώσεις μπορούν να είναι παιδιά προτυποποιημένων ή μη αρθρώσεων. Η τρίτη προϋπόθεση είναι ότι αυτές οι αρθρώσεις πρέπει να προστίθενται κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μην εμποδίζουν ή αλλάζουν σε καμία περίπτωση την κίνηση των προτυποποιημένων αρθρώσεων, ακόμα και αν δεν προβλέπεται ή δεν υπάρχει η δυνατότητα για κάποιου είδους εμψύχωση. Εμψυχώσεις για τις προτυποποιημένες αρθρώσεις θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες από οποιαδήποτε εμψύχωση μίας μη προτυποποιημένης άρθρωσης (ή παιδιών της). Ακόμα τα συστήματα αντίστροφης κινηματικής θα μπορούν να λαβαίνουν υπόψη τις μη προτυποποιημένες αρθρώσεις κατά τους υπολογισμούς, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι είναι και υποχρεωμένα για αυτό.

Στο όνομα των μη προτυποποιημένων αρθρώσεων πρέπει να δίνεται το πρόθεμα "x_" (πχ. hanim_x_pigtails) για να διακρίνονται από άλλες προτυποποιημένες αρθρώσεις που ίσως έχουν παρόμοιο όνομα.

3.6 Οπτικές Γωνίες και Πλοήγηση (Viewpoints and Navigation)

Προκειμένου να γίνει εύκολη η χρήση και ο έλεγχος του ανθρωποειδούς μέσα από έναν συμβατό με VRML97 φυλλομετρητή, πρέπει να συμπεριληφθούν ορισμένες οπτικές γωνίες (Viewpoints) και πληροφορίες πλοήγησης (NavigationInfo) στο αρχείο.

3.6.1 Οπτικές γωνίες

Ορισμένες εφαρμογές ίσως απαιτούν ξεχωριστές οπτικές γωνίες του ανθρωποειδούς. Υπάρχουν δύο τρόποι για να γίνει κάτι τέτοιο. Ο πρώτος είναι ο ίδιος ο δημιουργός να κατασκευάσει κόμβους Θέση στα κατάλληλα σημεία. Τότε μπορεί η εφαρμογή να δημιουργήσει έναν κόμβο Οπτικής Γωνίας και να τον συνδέσει με όποιο από τους υπάρχοντες κόμβους Θέση. Αυτό επιτρέπει στην Οπτική Γωνία να παρακολουθεί την

κίνηση Μελών του σώματος. Η δεύτερη τεχνική είναι να τοποθετούνται κόμβοι Οπτικές Γωνίες στο πεδίο *viewpoints* του κόμβου Ανθρωποειδές, πράγμα το οποίο θα δημιουργήσει μία οπτική του ανθρωποειδούς που παρακολουθεί την ιδία του την κίνηση μέσα στον χώρο χωρίς να επηρεάζεται από την κίνηση κανενός άλλου Μέλους του σώματος. Οι οπτικές γωνίες που τοποθετούνται σε αυτό το πεδίο είναι επίσης διαθέσιμες όποτε το ανθρωποειδές φορτωθεί στον φυλλομετρητή με αποτέλεσμα την δυνατότητα προεπισκόπισής του.

Υπάρχουν διάφορες συγκεκριμένες οπτικές γωνίες που μπορούν να συμπεριληφθούν στο αρχείο. Η *Front_view* πρέπει να αντικρίζει την *-Z* κατεύθυνση, η *Side_view* την *-X*, η *Top_view* την *-Y*, η *Inclined_view* την *(-1,0,-1)* και η *Best_view* μπορεί να παρέχει μία οπτική από οποιαδήποτε κατεύθυνση, η οποία αναδεικνύει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ανθρωποειδούς. Όλοι αυτοί οι κόμβοι Θέση πρέπει να τοποθετούνται σε κατάλληλη απόσταση από το κέντρο του ανθρωποειδούς, ούτως ώστε να φαίνεται ολόκληρο από αυτή την οπτική γωνία.

Επιπρόσθετες οπτικές γωνίες είναι φυσικά δυνατές. Όλες οι οπτικές γωνίες ενός ανθρωποειδούς πρέπει να αναγράφονται στο πεδίο *viewpoints* του κόμβου Ανθρωποειδές. Με αυτή την σύμβαση, συστήματα τα οποία χρησιμοποιούν πολλά μοντέλα στην ίδια σκηνή μπορούν να επιλέγουν να απενεργοποιούν όλες τις επιπλέον οπτικές γωνίες στέλνοντας μία άδεια *MFNode* εντολή (event) στο πεδίο *viewpoints* του Ανθρωποειδούς.

3.6.2 Πλοήγηση

Ένας κόμβος τύπου Πληροφορίες Πλοήγησης (*NaviagationInfo*) μπορεί να συμπεριληφθεί στην κορυφή του αρχείου, προκειμένου να θέσει τον συμβατό με VRML97 φυλλομετρητή σε τρόπο λειτουργίας "Εξέταση" (*examine*). Το πεδίο *type* πρέπει πάντα να έχει την τιμή "*examine*" πρώτα και την "*any*" δεύτερη:

```
NavigationInfo { type ["EXAMINE", "ANY"] }
```

Αυτό διευκολύνει την εξέταση του ανθρωποειδούς από όλες τις γωνίες.

3.7 Προτεινόμενες Πρακτικές

Υπάρχει ένας αριθμός θεμάτων γύρω από την χρήση *H-Anim* ανθρωποειδών τα οποία είναι πέρα από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Παρόλα αυτά ορισμένα αξίζουν αναφοράς και για αυτό θα θιγούν χωρίς όμως να γίνει εις βάθος περιγραφή. Σημειωτέον, οι παρακάτω πρακτικές είναι μόνο προτάσεις και σε καμία περίπτωση κάτι δεσμευτικό για μια γενικότερη χρήση ενός *H-Anim* ανθρωποειδούς.

3.7.1 Πολλά ανθρωποειδή σε ένα αρχείο

Υπάρχουν ορισμένες περιπτώσεις όπου είναι χρήσιμο να έχουμε πολλαπλά ανθρωποειδή στο ίδιο αρχείο, ίσως μαζί ακόμα με άλλα στοιχεία ενός 3Δ κόσμου. Σε μία τέτοια περίπτωση, συνιστάται τα ανθρωποειδή να ονομάζονται με μοναδικό τρόπο (αντί να λέγεται απλά Humanoid) και αυτά τα ονόματα να αναφέρονται ως παιδιά ενός κόμβου Ομάδα (Group node) με το όνομα "*HumanoidGroup*". Με άλλα λόγια:

```
DEF Fred Humanoid { ... }
```

```
DEF Jane Humanoid { ... }
```

```
DEF Sally Humanoid { ... }
```

```
DEF HumanoidGroup Group { children [ USE Fred, USE Jane, Use Sally ] }
```

Μία εφαρμογή Εξωτερικής Διεπαφής Δημιουργίας (External Authoring Interface) μπορεί να αποκτήσει μία αναφορά του *HumanoidGroup* για την σκηνή και με επανάληψη στα παιδιά της ομάδας θα μπορέσει να αποκτήσει τις αναφορές για το κάθε ένα ανθρωποειδές.

3.7.2 Ελάχιστα απαιτούμενα

Οι εφαρμογές που εισάγουν εικονικούς ανθρώπους δεν είναι απαραίτητα και VRML97 συμβατοί φυλλομετρητές. Παρόλα αυτά, κάθε εφαρμογή που επιθυμεί να υποστηρίξει τις προδιαγραφές του H-Anim πρέπει να μπορεί να υποστηρίξει τουλάχιστον τους παρακάτω κόμβους:

Transform	Group	Viewpoint
Shape	Appearance	Material
ImageTexture	TextureTransform	TextureCoordinate
Coordinate	Color	Normal
IndexedFaceSet	IndexedLineSet	Box
Cone	Cylinder	Sphere
NavigationInfo	WorldInfo	

Όλες οι H-Anim προδιαγραφές πρέπει να περνάνε (parse) ορθά όλη την σύνταξη VRML97 'utf8 encoded' για αυτούς τους κόμβους, ακόμα και αν δεν πρόκειται να υλοποιηθούν όλες οι λειτουργίες και δυνατότητες. Εφαρμογές που αδυνατούν να υλοποιήσουν τα Πρότυπα, πρέπει να υποστηρίζουν τους H-Anim κόμβους (Άρθρωση, Μέλος, Θέση, Παραμόρφωση και Ανθρωποειδές) ως σαν να ήταν ενσωματωμένες.

Κεφάλαιο 4^ο: Εμφύχωση κατά το πρότυπο MPEG-4

4.1 Εισαγωγή

Η συνεχής ανάπτυξη του λογισμικού και υλικού των συστημάτων πολυμέσων, μαζί με την ταχεία διάδοση του διαδικτύου, βοήθησαν στην ανάπτυξη ενδιαφέροντος για αποτελεσματικές τεχνολογίες συμπίεσης και κωδικοποίησης οπτικοακουστικού υλικού, έτσι ώστε να μειωθεί δραστικά το κόστος της μετάδοσης δεδομένων σε δικτυακά περιβάλλοντα πολυμέσων. Η ομάδα του Moving Picture Expert Group (MPEG) έχει σαν αντικείμενο τον καθορισμό του πυρήνα κατάλληλων τεχνολογιών που επιτρέπουν την αποτελεσματική αποθήκευση, μετάδοση και επεξεργασία οπτικοακουστικών και 3Δ δεδομένων. Το MPEG-4 αποτελεί διεθνές πρότυπο από τα τέλη του 1999 και ειδικεύεται στον καθορισμό των προδιαγραφών για τις εφαρμογές πολυμέσων, επιτρέποντας πολυσχιδή λειτουργικότητα όπως την επεξεργασία video, τη βαθμωτή κωδικοποίηση video, την υβριδική κωδικοποίηση συνθετικού και πραγματικού υλικού και την κωδικοποίηση και συμπίεση 3Δ δεδομένων και αναπαραστάσεων ανθρώπινων προσώπων και σωμάτων. Η παραμετρική κωδικοποίηση video με βάση μοντέλα επιτρέπει την συμπίεση με πολύ χαμηλό ρυθμό μετάδοσης δεδομένων, κάνοντας εφικτές εφαρμογές σαν την εικονο-τηλεδιάσκεψη και την εικονο-τηλεφωνία, τις κινητές επικοινωνίες και τις κινητές εφαρμογές πολυμέσων. Η εμφύχωση ανθρωποειδών χαρακτήρων είναι ένα ακόμα σημαντικό θέμα που σχετίζεται με τις εφαρμογές 3Δ δεδομένων, ειδικά αν λάβουμε υπόψη τις ανάγκες για χρήση τέτοιων χαρακτήρων σαν avatars σε συνθετικά περιβάλλοντα πολλαπλών χρηστών.

4.2 Αναπαράσταση FBA

Βασικό τμήμα της πρώτης τροποποίησης (Amendment 1) του προτύπου MPEG-4, όπως καθορίστηκε από την υποομάδα Synthetic and Natural Hybrid Coding (SNHC), αποτελεί η εμφύχωση ανθρωποειδών avatars (face and body animation – FBA) με τον ορισμό της αναπαράστασης δεδομένων και των σχημάτων κωδικοποίησης και συμπίεσης. Η ομάδα για την επέκταση του Animation Framework eXtension (AFX) έχει υιοθετήσει τις προδιαγραφές εμφύχωσης με βάση τα οστά (bones), η οποία καλείται bone-based animation (BBA) και αποσκοπεί στην ευκολότερη και αποτελεσματικότερη εμφύχωση ενός αρθρωτού συνθετικού χαρακτήρα. Το AFX είναι τμήμα της τροποποίησης 4 του προτύπου, η οποία αφορά ακόμα και κάποιες νέες τεχνολογίες, όπως οι επιφάνειες υποδιαίρεσης (subdivision surfaces), η αναπαράσταση όγκων, οι εξαρτημένες από την όψη υφές και η μετάδοση 3Δ αντικειμένων. Έτσι, φιλοδοξεί να απαντήσει στις σύγχρονες ανάγκες των δικτυακών

περιβαλλόντων με συνθετικούς χαρακτήρες και ειδικά στις αυξανόμενες απαιτήσεις των παιχνιδιών. Προς το παρόν, οι σχετικές ανάγκες ικανοποιούνται από τα υπάρχοντα πρότυπα διαλειτουργικότητας 3D δεδομένων, όπως η VRML και το MPEG-4, με το AFX να φαίνεται πως είναι το μελλοντικό σημείο αναφοράς.

4.3 Μοντέλα εμφύχωσης 3D χαρακτήρα

Η εμφύχωση ενός 3D χαρακτήρα αφορά τη διαρκή μεταβολή της μορφής του. Τα μοντέλα εμφύχωσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για το σκοπό αυτό είναι πολυάριθμα και μπορούν να οργανωθούν ιεραρχικά με βάση τον έλεγχο της εμφύχωσης σε μοντέλα γεωμετρικά, κινηματικά, φυσιολογικά, συμπεριφοράς και γνωστικά. Τα γεωμετρικά μοντέλα επιδρούν απευθείας στο επίπεδο γεωμετρικών κορυφών του εικονικού χαρακτήρα (virtual character – VC). Τα κινηματικά μοντέλα μάς δίνουν τη δυνατότητα να ομαδοποιήσουμε τις γεωμετρικές κορυφές σε συγκεκριμένα υποσύνολα, χρησιμοποιώντας κανόνες κινηματικής. Πιο εξελιγμένα συστήματα ελέγχου της εμφύχωσης χρησιμοποιούν τις φυσιολογικές ιδιότητες ενός VC για να αναπαράγουν την εμφύχωση μέσα από κάποια δυναμική προσομοίωση. Η μοντελοποίηση με βάση τη συμπεριφορά επιτρέπει τη σχεδίαση χαρακτήρων με εγγενείς διαδικασίες εμφύχωσης, οι οποίοι έχουν τη δυνατότητα να αντιδρούν στα ερεθίσματα από το περιβάλλον, ενώ τα γνωστικά μοντέλα προτείνονται σε πρόσφατες εργασίες σαν βάση χαρακτήρων που έχουν τη δυνατότητα να μαθαίνουν. Θα πρέπει να τονίσουμε ότι η ανάλυση και η ακρίβεια του ελέγχου της εμφύχωσης μειώνεται, καθώς ανεβαίνουμε σε ανώτερα επίπεδα, ενώ για να γίνει δυνατή η εμφύχωση μέσω της παραμόρφωσης του VC, οι δομές ανώτερων επιπέδων θα πρέπει να παρέχουν και τις παραμέτρους για τις δομές στα χαμηλότερα επίπεδα.

Για να γίνει δυνατή η αναπαράσταση ανεξάρτητα από τις δομές ελέγχου θα πρέπει να καθοριστεί μια γενικευμένη και παράλληλα συμπαγής αναπαράσταση των δομών στα χαμηλότερα επίπεδα εμφύχωσης. Αυτή μπορεί να γίνει εφικτή με βάση τις δομές και τις μεθόδους μοντελοποίησης (modeling), εμφύχωσης (animation) και καταγραφής κίνησης (motion capture) – ειδική πρόβλεψη θα πρέπει να γίνει πάντως για τα συστήματα επικοινωνίας για 3D δεδομένα.

4.4 Εμφύχωση εικονικών χαρακτήρων

Οι πρώτοι εικονικοί χαρακτήρες σχεδιάστηκαν στα τέλη της δεκαετίας του 70. Από τότε, γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς και συνηθισμένοι, ξεκινώντας από απλά μοντέλα που απαντώνται στα παιχνίδια, μέχρι πιο πολύπλοκους εικονικούς πράκτορες για

εμπορικούς ή πληροφοριακούς δικτυακούς κόμβους και πρόσφατα, νέους «αστέρες» του εικονικού κινηματογράφου, τηλεόρασης και διαφήμισης. Παράλληλα, η βελτίωση των συνθηκών στη μετάδοση δεδομένων, με το αυξημένο διαθέσιμο εύρος ζώνης και τον καθορισμό πιο αποτελεσματικών πρωτοκόλλων, διεύρυνε τους ορίζοντες για τις 3D δικτυακές κοινότητες και τα συστήματα επαυξημένης πραγματικότητας (augmented reality) σε καταναμημένα περιβάλλοντα.

Το χαμηλότερο επίπεδο εμψύχωσης ενός εικονικού χαρακτήρα με κατατμημένη γεωμετρία υλοποιείται με την εφαρμογή γραμμικών μετασχηματισμών σε κάθε τμήμα του. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της τεχνικής είναι ότι αυτές οι διαδικασίες μπορούν να υλοποιηθούν σε πραγματικό χρόνο με τη βοήθεια πολύ απλού και συνηθισμένου υλικού και προφέρουν χρηστικές μεθόδους ελέγχου της κίνησης. Το πρόβλημα αυτής της μεθόδου είναι ότι προκαλεί τομές στη γεωμετρία στα σημεία των συνδέσμων ανάμεσα σε δύο τμήματα. Για να αντιμετωπιστεί αυτό μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε επί τούτου ή ευρετικές μεθόδους, όπως η εισαγωγή σφαιρών στα σημεία συνδέσμων ή πρόσθετων 3D αντικειμένων για να κρύψουμε τις τομές.

Αυτή η μέθοδος είναι αρκετή όταν θέλουμε να εμψυχώσουμε συνθετικούς χαρακτήρες τύπου κινουμένων σχεδίων – στην πιο ρεαλιστική περίπτωση, οι μετασχηματισμοί θα πρέπει να εφαρμοστούν στο επίπεδο της γεωμετρίας του χαρακτήρα. Οι κυριότερες σχετικές προσεγγίσεις μπορούν να καταταγούν στις παρακάτω κατηγορίες:

- Βασισμένες σε δικτύωμα (lattice), δηλαδή σε ένα σύνολο – πλέγμα από σημεία ελέγχου τα οποία ορίζονται από το χρήστη για να ελέγξουν την παραμόρφωση σε 3D. Τα σημεία της γεωμετρίας που βρίσκονται μέσα στο πλέγμα απεικονίζονται από το αρχικό δικτύωμα στο παραμορφωμένο μέσω μιας ομαλής παρεμβολής.
- Βασισμένες σε δέσμη (cluster), δηλαδή σε ομάδες γεωμετρικών κορυφών για τις οποίες οι παραμορφώσεις μπορούν να οριστούν με κοινές παραμέτρους.
- Βασισμένες σε splines: εδώ η παραμόρφωση της πολυγωνικής γεωμετρίας κατευθύνεται από την παραμόρφωση μιας καμπύλης τύπου spline.
- Βασισμένες σε τεχνικές morphing, δηλαδή στην ομαλή, προοδευτική μετάβαση από τη μια μορφή στην άλλη, τεχνική που είναι πολύ δημοφιλής στην εμψύχωση προσώπου και
- Βασισμένες σε σκελετική παραμόρφωση, τεχνική συνηθισμένη σε ιεραρχικά μοντέλα εικονικών χαρακτήρων

Ο σκελετός ενός εικονικού χαρακτήρα είναι στην ουσία ένα σύνολο από σημασιολογικές πληροφορίες, οργανωμένες σε μια ιεραρχική δομή στοιχειωδών οντοτήτων που αποκαλούνται οστά (bones). Στην περίπτωση ενός χαρακτήρα χωρίς τομές, η παραμόρφωση γίνεται με την εφαρμογή στερεών μετασχηματισμών, οι οποίοι εισάγουν τοπικές μετακινήσεις σε υποσύνολα των επιφανειακών κορυφών – με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται οι τομές στις θέσεις των συνδέσμων. Για να σχεδιαστεί ένας τέτοιος χαρακτήρας, απαιτείται ο αναλυτικός καθορισμός της περιοχής επιρροής κάθε οστού και του σχετικού μέτρου. Αυτή η διαδικασία γίνεται συνήθως επαναληπτικά, μέχρι να επιτευχθεί το επιθυμητό αισθητικό αποτέλεσμα. Η τρέχουσα τάση στην εμφύχωση εικονικών χαρακτήρων περιλαμβάνει την υποδιαίρεση του χαρακτήρα σε τμήματα χωρίς τομές και την αυτόνομη επεξεργασία καθενός από αυτά. Αυτή η στρατηγική ικανοποιεί απόλυτα την απαίτηση για παραμόρφωση σε πραγματικό χρόνο, αρκεί να καθοριστεί το είδος της προσομοίωσης (κινηματική ή δυναμική) και οι ακριβείς σχετικές παράμετροι. Στην πρώτη περίπτωση, οι παράμετροι αποτελούν την έκφραση ενός προβλήματος ευθείας (forward) ή ανάστροφης (inverse) κινηματικής (kinematics). Στα προβλήματα ευθείας κινηματικής, οι κρίσιμες παράμετροι αντιστοιχούν στους γεωμετρικούς μετασχηματισμούς που πρέπει να εφαρμοστούν σε καθένα από τα οστά του σκελετού. Στην ανάστροφη περίπτωση, οι παράμετροι αντιστοιχούν στη γεωμετρική θέση του τελικού άκρου της κινηματικής αλυσίδας (end effector). Αν και στο παρελθόν η λύση ενός τέτοιου συστήματος σε πραγματικό χρόνο δεν ήταν δυνατή, λόγω της πολυπλοκότητάς του, σήμερα σχεδόν όλα τα προγράμματα σχεδίασης υποστηρίζουν και τις δύο μεθόδους εμφύχωσης. Οι δυναμικές παράμετροι αντιστοιχούν στις φυσικές ιδιότητες ενός 3D εικονικού αντικειμένου, όπως η μάζα ή η αδράνεια και στον τρόπο με τον οποίο οι εξωτερικές δυνάμεις αλληλεπιδρούν με το αντικείμενο. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να επεκταθούν με την υποστήριξη ελέγχου πολύπλοκων προκαθορισμένων κινήσεων, όπως το περπάτημα ή το τρέξιμο.

4.4 Συστήματα καταγραφής κίνησης (motion capture systems)

Για την εμφύχωση ενός εικονικού χαρακτήρα απαιτείται κάποια πηγή παραγωγής της κίνησης. Η πρώτη τέτοια τεχνική που χρησιμοποιήθηκε έλκει την καταγωγή της από την παραδοσιακή εμφύχωση των κινουμένων σχεδίων: ένας κατάλληλα εκπαιδευμένος σχεδιαστής ετοιμάζει το σκίτσο του χαρακτήρα σε κάποιες χαρακτηριστικές πόζες (key frames) και οι υπόλοιποι σχεδιαστές υλοποιούν τη μορφή του στα ενδιάμεσα στάδια. Κατά τη χρήση αυτής της τεχνικής σε ένα 3D χαρακτήρα, το ρόλο των δεύτερων σχεδιαστών

παίζει το υπολογιστικό σύστημα. Το πρόβλημα πάντως, όπως και στην παραδοσιακή τεχνική, είναι να γίνει το σχέδιο του χαρακτήρα στα χαρακτηριστικά καρέ.

Για να αντιμετωπιστεί αυτό το πρόβλημα, στα τέλη της δεκαετίας του 70, άρχισαν να υλοποιούνται τα πρώτα συστήματα καταγραφής κίνησης. Τα χαρακτηριστικά ενός τέτοιου συστήματος είναι η ακρίβεια της καταγραφής της κίνησης, η ικανότητα καταγραφής κίνησης χωρίς περιορισμούς και η ταχύτητα και ευρωστία της διαδικασίας βαθμονόμησης. Μια γενική διαίρεση των συστημάτων καταγραφής κίνησης αφορά τη χρήση ενεργών ή παθητικών αισθητήρων για την καταγραφή. Στην πρώτη περίπτωση, τα προς μέτρηση σήματα μεταδίδονται από τους αισθητήρες, ενώ στη δεύτερη καταγράφονται με βάση την ανάκλαση του φωτός στους αισθητήρες. Μια από τις πρώτες μεθόδους αφορούσε μηχανικούς αισθητήρες, οι οποίοι δημιουργούσαν μια «πανοπλία» γύρω από το σώμα του πραγματικού χαρακτήρα και που συνδέονταν μεταξύ τους με ένα σύνολο μηχανισμών καταγραφής μετακίνησης και περιστροφής.

4.4.1 Συστήματα καταγραφής με χρήση ενεργών αισθητήρων

Η πιο δημοφιλής μέθοδος καταγραφής της κίνησης βασίζεται σε μαγνητικά πεδία. Ένα τέτοιο σύστημα υλοποιείται από ένα πομπό και αρκετούς δέκτες μαγνητικού πεδίου που βρίσκονται στο σώμα του πραγματικού χαρακτήρα. Το πεδίο μετράται κάθε φορά από τους δέκτες και με βάση αυτές τις μετρήσεις υπολογίζεται η θέση και ο προσανατολισμός του καθενός από αυτούς. Λόγω της φύσης του, ένα τέτοιο σύστημα είναι πολύ ευαίσθητο στα μεταλλικά αντικείμενα, οπότε πρέπει να λαμβάνονται σε κάθε περίπτωση μέτρα προστασίας. Μια πιο εξελιγμένη και πολύπλοκη μορφή ενεργών αισθητήρων στηρίζεται σε οπτικές ίνες και στη μέτρηση της έντασης της ακτινοβολίας που περνά – τέτοια συστήματα απαντώνται συνήθως σε φορητές συσκευές, όπως γάντια.

4.4.2 Συστήματα καταγραφής με χρήση παθητικών αισθητήρων

Η δεύτερη κατηγορία συστημάτων καταγραφής κίνησης χρησιμοποιεί παθητικούς αισθητήρες. Σε αυτήν την περίπτωση, μια κάμερα σε συνδυασμό με κατάλληλα τοποθετημένους καθρέφτες ή πολλές κάμερες σε κατάλληλη διαμόρφωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανακατασκευή ενός 3Δ αντικειμένου από πολλαπλές 2Δ όψεις. Για να μειωθεί η πολυπλοκότητα της διαδικασίας ανάλυσης, σημειωτές (markers) από ανακλαστές φωτός ή LED τοποθετούνται στο σώμα του πραγματικού χαρακτήρα. Οι

σημειωτές αυτοί ανιχνεύονται από κάθε διαφορετική κάμερα, δίνοντας την 3Δ θέση του κάθε σημειωτή. Ένα πρόβλημα σε αυτήν την προσέγγιση μπορεί να δημιουργηθεί από την απόκρυψη κάποιων σημειωτών σε κάποιες από τις όψεις, αν και αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί με την αύξηση του αριθμού των όψεων που χρησιμοποιούνται.

4.5 Εικονικά δικτυακά περιβάλλοντα

Ένα εικονικό δικτυακό περιβάλλον (networked virtual environment – NVE) μπορεί να οριστεί σαν «δικτύωση σε συνδυασμό με ιδιαίτερα διαδραστικές τεχνολογίες εικονικών κόσμων». Το πρώτο από αυτά τα συστήματα δημιουργήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Washington – από τότε πολυάριθμα συγγενικά συστήματα έχουν προταθεί σε συγκεκριμένα πλαίσια εφαρμογής ή περιορισμούς αρχιτεκτονικής. Για παράδειγμα, το dVS, για τη δημιουργία και τη διάδραση με εικονικά πρωτότυπα προϊόντων CAD, το DIVE που χρησιμοποιεί πρωτόκολλα επικοινωνίας ένας-προς-έναν (peer-to-peer), το NPSNET που προσομοιώνει ένα πεδίο μάχης και το MASSIVE που συνδυάζει διαπροσωπικές γραφικών, ήχου και κειμένου, ενώ το VLNET είναι ένα από τα πρώτα τέτοια περιβάλλοντα που μπορεί να προσφέρει ρεαλιστικές αναπαραστάσεις εικονικών χαρακτήρων. Τα εικονικά δικτυακά περιβάλλοντα μπορούν να καλύψουν ευρύ φάσμα εφαρμογών: ενέργειες σε επικίνδυνα περιβάλλοντα, επιστημονική ή αρχιτεκτονική οπτικοποίηση, αποκατάσταση ασθενών και υποκατάσταση για άτομα με ειδικές ανάγκες, ψυχιατρική, εκπαίδευση και ψυχαγωγία.

Για τα περιβάλλοντα αυτά χρησιμοποιούνται συνήθως ιδιόκτητες λύσεις για τον ορισμό και την εμφύχωση των αντικειμένων. Οι τρέχουσες διαδικασίες προτυποποίησης στα πλαίσια της VRML και του MPEG-4 (BIFS 3D, AFX και Multiuser world) προτείνουν ένα ενοποιημένο πλαίσιο εργασίας, το οποίο εγγυάται τη διαλειτουργικότητα. Εκτός από αυτό, το πρότυπο MPEG-4 προσφέρει μεθόδους συμπίεσης για μετάδοση σε περιβάλλον χαμηλού εύρους ζώνης για τη γεωμετρία, την εμφάνιση των αντικειμένων και την εμφύχωση. Για τις εφαρμογές των 3Δ εικονικών περιβαλλόντων, οι ομάδες εργασίας FBA και πρόσφατα το AFX έχουν ορίσει ένα πλαίσιο εργασίας για τον ορισμό και την εμφύχωση των εικονικών χαρακτήρων, το οποίο είναι:

- Αρκετά γενικό, ώστε να μπορεί να δεχθεί οποιοδήποτε χαρακτήρα, απλό ή πολύπλοκο
- Ικανό τόσο για ρεαλιστική απόδοση, όσο και για κινούμενο σχέδιο
- Εύκολο να προστεθεί με μορφή plug-in στις υπάρχουσες τεχνολογίες

- Ικανό να αναπαράγει αρχεία εμψύχωσης που μεταδίδονται με μορφή ροής σε περιβάλλον χαμηλού εύρους ζώνης.

4.6 MPEG-4 και εμψύχωση προσώπου και σώματος

Οι πρώτες προσπάθειες για να προτυποποιηθεί η εμψύχωση ενός εικονικού χαρακτήρα στα πλαίσια του MPEG-4 ευοδώθηκαν στις αρχές του 1999, με την πρώτη έκδοση να καλύπτει την εμψύχωση ενός εικονικού προσώπου και την πρώτη τροποποίηση να περιέχει τις προδιαγραφές που σχετίζονται με την εμψύχωση του σώματος ενός εικονικού ηθοποιού. Για να γίνει αυτό, το MPEG-4 ορίζει τα αντικείμενα τύπου FBA – σε υψηλό επίπεδο, τα αντικείμενα τύπου FBA αντιστοιχούν σε συλλογές από κόμβους σε ένα γράφο σκηνης, τα οποία εμψυχώνονται από τη ροή δεδομένων και, συγκεκριμένα, από τον κόμβο FAP (Facial Animation Parameter) που ορίζει τις σχετικές παραμέτρους για τις εκφράσεις του προσώπου και τη σχετική εμψύχωση. Η γεωμετρία που περιγράφει το σώμα και την εμφάνιση του εικονικού χαρακτήρα περιλαμβάνονται στον κόμβο BDP (Body Definition Parameter) και οι κινήσεις του στον κόμβο BAP (Body Animation Parameters).

Στο πλαίσιο του MPEG-4, η εμψύχωση του προσώπου μπορεί να σχεδιαστεί τόσο σε υψηλό επίπεδο, χρησιμοποιώντας ένα προκαθορισμένο πλήθος από εκφράσεις και οπτικά φωνήματα (visemes), όσο και σε χαμηλότερο επίπεδο, με το πρότυπο να ορίζει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά σημεία στο εικονικό πρόσωπο. Το αντικείμενο τύπου body αντιστοιχεί σε έναν ιεραρχικό γράφο που αποτελείται από κόμβους που συσχετίζονται με τμήματα της ανατομίας και ακμές που ορίζουν ιεραρχικές σχέσεις. Καθένα από αυτά τα τμήματα ορίζεται και εμψυχώνεται ξεχωριστά μέσω των δύο διακριτών ροών δεδομένων των BDP και BAP. Η ροή των BDP καθορίζει τις εσωτερικές ιδιότητες του τμήματος, δηλαδή την τοπολογία της επιφάνειάς του, τη γεωμετρία και την υφή του, ενώ η ροή των BAP καθορίζει ιδιότητες όπως η 3D στάση σε σχέση με ένα καρέ αναφοράς που έχει συσχετιστεί με το τμήμα-πατέρα.

Η ροή των BDP είναι άμεσα συσχετισμένη με το συγκεκριμένο χαρακτήρα κι επομένως η συνολική μορφή του μπορεί να αλλάξει δραστικά αλλάζοντας τις τρέχουσες τιμές των BDP. Αντίθετα, η ροή των BAP έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι πιο γενική και να δίνει αισθητικά παρόμοια αποτελέσματα στην κίνηση διαφορετικών μοντέλων χαρακτήρων, ο καθένας από τους οποίους ορίζεται με το δικό του σύνολο από BDP.

Ξεκινώντας από την περιγραφή ενός ενιαίου στατικού μοντέλου εικονικού χαρακτήρα σε VRML μπορούμε να ορίσουμε την πλήρη κατάτμησή του σε τμήματα με

βάση την ανατομία του, να δημιουργήσουμε έναν ιεραρχικό γράφο που να περιγράφει το σώμα σαν ένα αρθρωτό μοντέλο και να υλοποιήσουμε ένα μηχανισμό ορισμού των BAP. Η διαδικασία κατάτμησης του μοντέλου και αυτή της παραγωγής των BAP δεν προτυποποιούνται από το MPEG-4, αλλά είναι αναγκαίες για να μπορέσουμε να χρησιμοποιήσουμε ένα κοινό μοντέλο εικονικού χαρακτήρα σε ένα περιβάλλον συμβατό με το MPEG-4.

4.4 Σύγκριση αναπαραστάσεων FBA και BBA

Η αρχική αναπαράσταση της εμφύχωσης με ροή FBA ορίζει την αναπαράσταση ενός εικονικού χαρακτήρα με τη μορφή ενός κατατμημένου μοντέλου και είναι περισσότερο πρόσφορη για εφαρμογές περιορισμένου ρεαλισμού, όπως για παράδειγμα κινουμένων σχεδίων – αντίθετα, οι ροές BBA μάς δίνουν τη δυνατότητα να σχεδιάσουμε την εμφύχωση με μεγαλύτερη λεπτομέρεια, χρησιμοποιώντας τη λογική του κλασικού αρθρωτού μοντέλου. Η ροή FBA προτυποποιεί ένα συγκεκριμένο αριθμό από παραμέτρους εμφύχωσης, συνολικά 296, υποθέτοντας τη δυνατότητα περιστροφής κάθε τμήματος γύρω από έναν, δύο ή τρεις άξονες – στην περίπτωση της ροής BBA, ο αριθμός των παραμέτρων μετασχηματισμού των οστών του σκελετού δεν είναι ορισμένος, ενώ μπορεί να περιγράψει και μεταφορές ή μεγεθύνσεις, εκτός από περιστροφές.

Σε ό,τι αφορά τη μετάδοση με μορφή ροής, τόσο το πλαίσιο εργασίας FBA και το BBA υποστηρίζουν την κωδικοποίηση σε χαμηλό εύρος ζώνης. Οι δύο γενικές μέθοδοι συμπίεσης, με βάση τα καρτέ και με βάση το μετασχηματισμό DCT, υποστηρίζονται και στις δύο περιπτώσεις. Εκτός αυτού, η μορφή BBA υποστηρίζει εσωτερικά και κάποιες από τις κλασικές μεθόδους σχεδίασης της εμφύχωσης, όπως η παρεμβολή ανάμεσα σε καρτέ και η ανάστροφη κινηματική (IK), ενώ μπορεί να περιλαμβάνει την περιγραφή της εμφύχωσης περισσότερων από ενός χαρακτήρων σε μια σκηνή. Γενικά, το εύρος ζώνης της συμπίεστης ροής εξαρτάται από την πολυπλοκότητα της κίνησης, δηλαδή τον αριθμό των τμημάτων ή οστών που εμπλέκονται σε κάθε κίνηση, και κυμαίνεται από 5 ως 30 kbps, για ρυθμό μετάδοσης καρτέ στα 25 fps.

Η παραμόρφωση ενός εικονικού χαρακτήρα με βάση τους μύες είναι δυνατή, τόσο στην περίπτωση της ροής FBA, όσο και σε αυτήν της ροής BBA. Για την πρώτη περίπτωση, το πρότυπο ορίζει ένα σύνολο από σημεία ελέγχου του μοντέλου (control points), τα οποία πρέπει να βρίσκονται σε συγκεκριμένα σημεία, ενώ στη δεύτερη η παραμόρφωση γίνεται με βάση καμπύλες γραμμές σε οποιαδήποτε θέση της επιφάνειας, δίνοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα να ορίσει πιο ρεαλιστική παραμόρφωση για τον εικονικό χαρακτήρα.

Κεφάλαιο 5^ο: Πλατφόρμα δοκιμών

5.1 Εισαγωγή

Είναι προφανής η αναγκαιότητα υλοποίησης μίας πλατφόρμας δοκιμών των κινήσεων που μπορούν να υλοποιηθούν με χρήση της γλώσσας STEP. Η πλατφόρμα αυτή δεν είναι τίποτα άλλο από μία html σελίδα, με επέκτασή της με JavaScript, προκειμένου να υπάρχει επικοινωνία χρήστη και προγράμματος. Μία ιστοσελίδα έχει το μεγάλο προτέρημα της διαλειτουργικότητας (interoperability), δηλαδή είναι προσβάσιμη από την μεγαλύτερη μερίδα χρηστών, μιας και το διαδίκτυο έχει μεγάλη εξάπλωση και δυναμική. Έτσι από την αρχή ήταν σαφές ότι η υλοποίηση θα στηριζόταν σε διαδικτυακά εργαλεία, όπως είναι η HTML και η JavaScript. Η ιστοσελίδα είναι διαθέσιμη στην εξής διεύθυνση:

<http://mystras.image.ntua.gr/step>

5.2 Περιγραφή Γραφικής Διεπαφής Χρήστη (GUI)

Σε αυτήν την παράγραφο θα αναλυθούν οι δυνατότητες που προσφέρονται στον χρήστη για τον έλεγχο ενός ανθρωποειδούς και οι παράμετροι που μπορούν να τροποποιηθούν για να ενισχύσουν την λειτουργικότητα.

Στην ιστοσελίδα την μεγαλύτερη επιφάνεια καλύπτει η εμπεδωμένη (embedded) εφαρμογή για την αναπαράσταση του εικονικού κόσμου της VRML 97 στον οποίο βρίσκεται το ανθρωποειδές. Η χρήση ενός προγράμματος επισκόπησης VRML (VRML Viewer) είναι απαραίτητη (βλέπε παράγραφο 4.4 “Προδιαγραφές καλής λειτουργίας του συστήματος”) και ανάλογα με τις δυνατότητες του κάθε προγράμματος δίνεται ένας αριθμός παραμέτρων τις οποίες ο χρήστης μπορεί να αλλάξει για να βελτιστοποιήσει την τελική αναπαράσταση. Πχ. Να χρησιμοποιήσει μία άλλη οπτική γωνία (τα H-Anim ανθρωποειδή μοντέλα προσφέρουν συνήθως μια πλειάδα), να εστιάσει σε μία περιοχή ενδιαφέροντος, αν περιστρέψει το μοντέλο (προσοχή, η περιστροφή αυτή έχει να κάνει μόνο με τον τρόπο αναπαράστασης του VRML 97 αρχείου από τον φυλλομετρητή και όχι με τον μηχανισμό κίνησης των αρθρώσεων)· να μεταβάλει γενικότερα τον τρόπο απεικόνισης του ανθρωποειδούς. Τέλος δίνεται συνήθως η δυνατότητα, για τους πιο προχωρημένους χρήστες, μεγάλης παραμετροποίησης του συστήματος απόδοσης (render options).



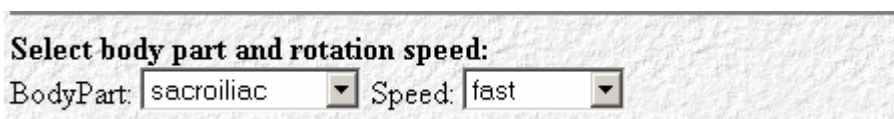
σχ 5.1 Το ανθρωποειδές “yt with fingers”

Με σαφή και εύκολο τρόπο μπορεί ακόμα και ένας άπειρος χρήστης να φορτώσει ένα άλλο ανθρωποειδές από την προκαθορισμένη λίστα που περιέχει συνολικά πέντε, ή να φορτώσει κάποιο άλλο από τον υπολογιστή του ή από μία διαδικτυακή διεύθυνση. Αν αυτό δεν είναι συμβατό με το πρότυπο H-Anim τότε δεν θα μπορεί να γίνει επιτυχής επίδειξη των δειγμάτων κινήσεων και θα υπάρχει μια γενικότερη δυσλειτουργία. Από τα ανθρωποειδή που υπάρχουν στην λίστα, μόνο τα “yt with fingers” και “nana” έχουν την δυνατότητα ανεξάρτητης κίνησης των δακτύλων τους.



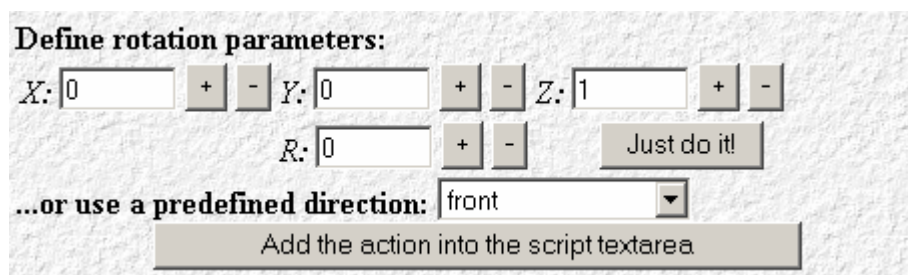
σχ 5.2 Μενού επιλογής ανθρωποειδούς

Επόμενο μενού είναι αυτό που ο χρήστης επιλέγει ποιο μέρος του σώματος του ανθρωποειδούς θέλει να περιστρέψει. Η λίστα περιλαμβάνει 16 αρθρώσεις του σώματος και ακόμα 30 αρθρώσεις για τα δάκτυλα των δύο χεριών. Στο διπλανό μενού ο χρήστης επιλέγει την ταχύτητα με την οποία θα εκτελεστεί η κίνηση. Οι επιλογές είναι “fast”, “very fast”, “slow”, “very slow” και “seconds”. Η τελευταία δίνει την δυνατότητα της απευθείας αναφοράς σε δευτερόλεπτα για την περάτωση την κίνησης.



σχ 5.3 Μενού επιλογής μέλους του σώματος και ταχύτητας της κίνησης

Το μενού καθορισμού των παραμέτρων της περιστροφής αποτελεί το ισχυρότερο εργαλείο για έναν εξοικειωμένο με συστήματα συντεταγμένων χρήστη.



σχ 5.4 Μενού επιλογής παραμέτρων κίνησης

Ο χρήστης μπορεί να θέσει τιμές βάρους για κάθε άξονα, δηλαδή να μεταβάλει τις ισοροπίες σχετικής περιστροφής ανά άξονα. Με άλλα λόγια, αν 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. Η τιμή R είναι η γωνία περιστροφής της επιλεγμένης άρθρωσης εκφρασμένη σε ακτίνια (rad).

Υπάρχει ακόμα η δυνατότητα επιλογής μία από τις 29 προκαθορισμένες κατευθύνσεις και των γραμμικών παρεμβολών τους (βλέπε παράγραφο 2.3.1.1). Αυτή η δυνατότητα απλοποιεί σε έναν μεγάλο βαθμό την επιλογή κατεύθυνσης, μιας και δεν χρειάζεται ο ακριβής καθορισμός των τιμών των αξόνων και της γωνίας περιστροφής.

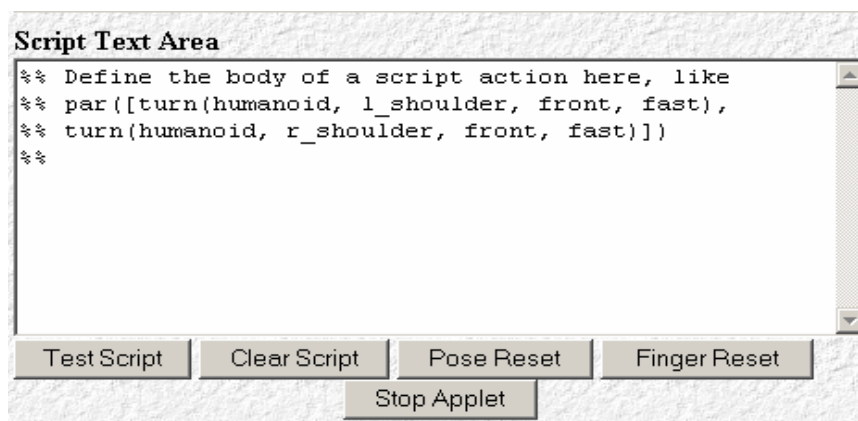
Τέλος υπάρχουν δύο κουμπιά με την δική τους χρησιμότητα. Το ένα ενεργοποιεί τις αλλαγές στο ανθρωποειδές (αν και αυτό γίνεται αυτόματα στην περίπτωση χρήσης των κουμπιών ‘+’ και ‘-’, τα οποία μεταβάλλουν κατά 0,2 την τρέχουσα τιμή). Το άλλο κουμπί προσθέτει την κίνηση στην “Script Text Area” (βλέπε παρακάτω).

Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει το σημαντικότερο, ίσως, κομμάτι του συστήματος: Τρεις κατηγορίες με παραδείγματα. Το πρώτο είναι κινήσεις του σώματος, όπως πχ. περπάτημα, τρέξιμο, χαιρετισμός κ.ά. και δίπλα ο επιθυμητός αριθμός των επαναλήψεων. Ακολουθούν τα παραδείγματα κινήσεων της ΕΝΓ, ενδεικτικά 11 τον αριθμό. Τέλος, ορισμένες χειρομορφές, το βασικό συστατικό μίας νοηματικής γλώσσας.



σχ5.5 Μενού επιλογής παραδειγμάτων

Τέλος, υπάρχει και μία περιοχή εισαγωγής απευθείας εντολών κίνησης στην γλώσσα STEP (Script Text Area). Απαιτείται όμως πολύ καλή γνώση του συντακτικού της STEP, καθώς ένα μόλις λάθος είναι αρκετό για να μην δουλέψει η εφαρμογή. Στον χώρο αυτό, εκτυπώνονται επίσης και οι εντολές STEP που προέκυψαν από την επιλογή κινήσεων μέσω των μενού επιλογής μέλους του σώματος, επιλογής αξόνων περιστροφής και μετά από το πάτημα του κουμπιού “add the action into the script textarea”. Το σύμβολο ‘%’ στην αρχή της γραμμής θέτει όλη την γραμμή σε σχόλιο. Ύστερα από κάθε εντολή είναι απαραίτητο το κόμμα, εκτός και αν είναι η τελευταία οπότε χρειάζεται τελεία.



σχ 5.6 Περιοχή εισαγωγής εντολών STEP καθώς και κουμπιά επαναφοράς του σώματος και των δακτύλων στην αρχική τους θέση και τερματισμός του applet.

Τα κουμπιά που βρίσκονται κάτω ακριβώς από το χώρο εισαγωγής των εντολών, είναι τα εξής: “Test Script”, με το πάτημά του εκτελείται ο κώδικας που γράφτηκε (αν είναι σωστός), “Clear Script”, σβήνει ό,τι έχει γραφτεί, “Pose Reset”, επαναφέρει το ανθρωποειδές στην αρχική του στάση (δεν ισχύει για τα δάκτυλα), “Finger Reset”, επαναφέρει όλα τα δάκτυλα του ανθρωποειδούς στην αρχική τους θέση και “Stop Applet” που εμφανίζει ένα μήνυμα επιβεβαίωσης για τον τερματισμό της εφαρμογής (η ιστοσελίδα πρέπει να επαναφορτωθεί προκειμένου να ξανά ξεκινήσει).

5.3 Εσωτερική λειτουργία

Πίσω από το γραφικό περιβάλλον που βοηθά τον χρήστη να ενεργεί πάνω στο ανθρωποειδές υπάρχει ένας μηχανισμός που συνδέει τις εντολές που εισάγονται με το ανθρωποειδές που τις εφαρμόζει. Η ροή δεδομένων (data flow) κατά την εκτέλεση του προγράμματος (runtime) περιγράφεται σε αυτή την παράγραφο.

Επιγραμματικά, προκειμένου να δοθεί μια γενική εικόνα, το σύστημα λειτουργεί ως εξής: Διάβασμα των ενεργειών του χρήστη στην ιστοσελίδα με JavaScript, κλήση του Java applet, διάβασμα των STEP εντολών, εσωτερική επικοινωνία STEP με DLP, και ακολουθεί η αντίστροφη πορεία μέχρι να φτάσουν τα δεδομένα για τον προσανατολισμό των αρθρώσεων του ανθρωποειδούς στον φυλλομετρητή. Από εκεί αναλαμβάνει δράση το πρόσθετο πρόγραμμα (plug-in) της VRML 97 για να αποδώσει σωστά την εμπύχωση του ανθρωποειδούς.

Λίγο πιο αναλυτικά τώρα, η ιστοσελίδα που έχει την εφαρμογή περιέχει κώδικα σε JavaScript, έτσι ώστε να μπορεί να δέχεται εντολές από τον χρήστη και να μπορεί να καταλαβαίνει τις επιλογές του. Η JavaScript παρέχει ως εργαλεία φόρμες (forms) μέσα στις οποίες υπάρχουν αντικείμενα όπως κουμπιά, χώρος για κείμενο μίας γραμμής, μενού επιλογής κ.ά. Οι ενέργειες αυτές περνάνε ως ορίσματα σε συναρτήσεις της JavaScript, όπου γίνεται μια στοιχειώδης επεξεργασία. Μία πολύ βασική συνάρτηση, η “appletQueue(string)” αναλαμβάνει να μεταφέρει την πληροφορία που έχει κωδικοποιηθεί κατάλληλα στο στάδιο της προ-επεξεργασίας, στο Java Applet.

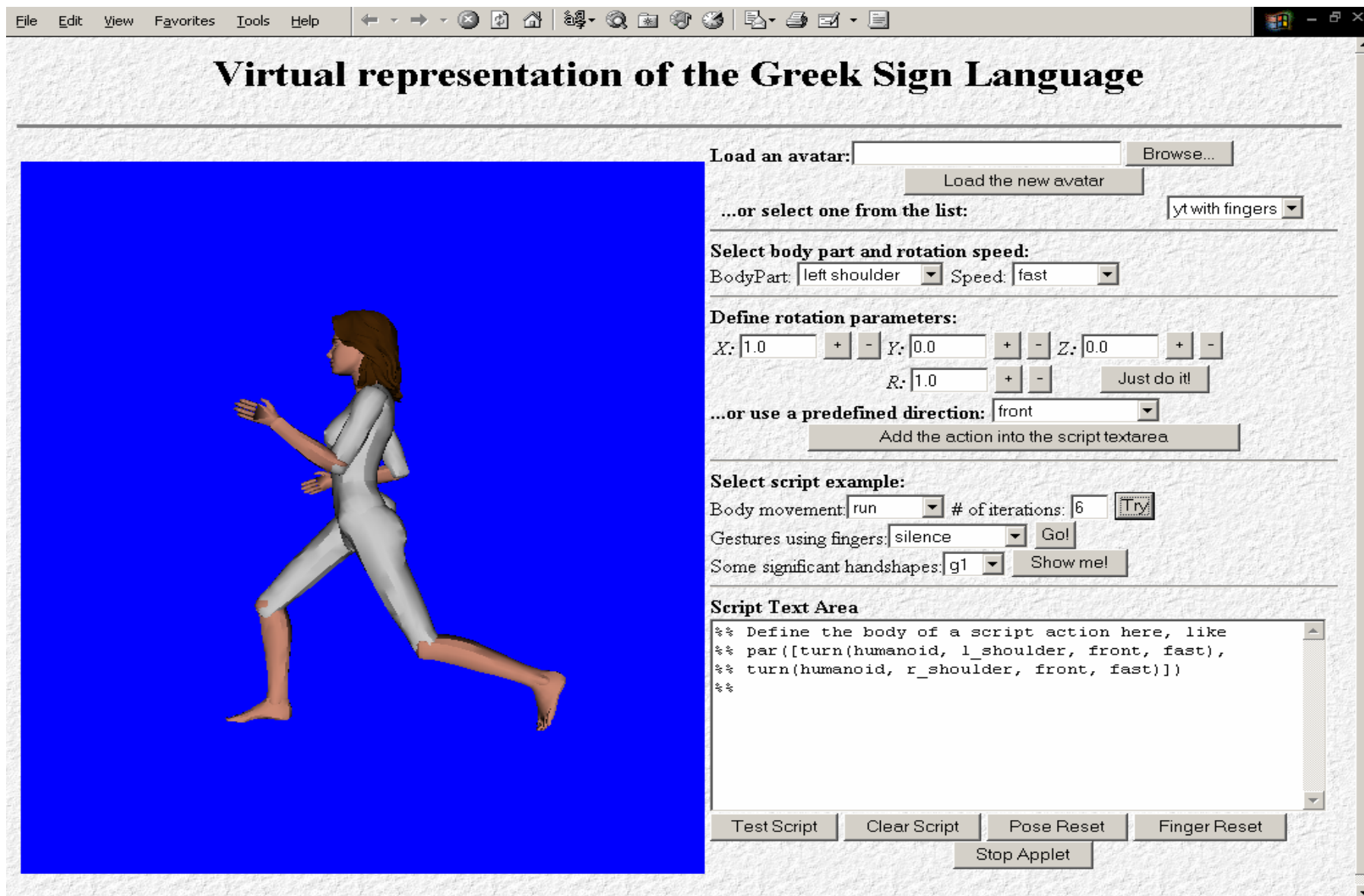
Σε αυτό το σημείο αναλαμβάνει η βιβλιοθήκη της Java (το αρχείο step_engine.jar) την μετατροπή των δεδομένων σε τελεστές. Οι τελεστές είναι κατηγορήματα σε μορφή κατανοητή από την DLP και εκεί σε αυτό το επίπεδο γίνεται η επεξεργασία. Δηλαδή, μετατρέπονται οι εντολές τύπου ‘turn’ σε ‘do(φ)’, όπου ‘φ’ μία κατάσταση γνωστή (ορισμένη από πριν στην DLP) για το ανθρωποειδές.

5.4 Προδιαγραφές καλής λειτουργίας του συστήματος

Η υλοποίηση του συστήματος έγινε σε υπολογιστή Intel Pentium 4, CPU 1.8GHz, μνήμη RAM 512MB, κάρτα γραφικών Sapphire Radeon 9000 Atlantis Pro 64MB. Η εφαρμογή δοκιμάστηκε και σε υπολογιστή χαμηλότερων δυνατοτήτων (Pentium2 300MHz, 128MB RAM) και έτρεχε ικανοποιητικά.

Απαιτούμενα σε κάθε περίπτωση είναι τα εξής:

- Ένας φυλλομετρητής (Internet Explorer ή Mozilla)
- Ένας VRML 97 viewer (Blaxxun ή Cortona)
- Java plug-in. Πρέπει να είναι ενεργοποιημένη η επιλογή για την Java και JavaScript.



σχ. 5.7 Στιγμιότυπο κατά την εκτέλεση της εφαρμογής

Βιβλιογραφία

1. Blaxxun Community, VRML 3D-Avatars Multi-User Interaction, <http://www.blaxxun.com/vrml/home/ccpro.htm>.
2. K. Karpouzis, A. Raouzaïou, P. Tzouveli, S. Ioannou and S. Kollias, "MPEG-4: One Multimedia Standard to Unite All"
3. Koichi Kondo, "Inverse Kinematics of a Human Arm"
4. Mikael Bourges-Sévenier, Francisco Morán Burgos, Michael Stelias, Marius Preda, Mahnjin Han, "ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 CODING OF MOVING PICTURES AND AUDIO: Information technology — Coding of audio-visual objects — Part 16: Animation Framework eXtension (AFX)"
5. R. Elliot, JRW Glauert, JR Kennaway, I Marshall, "The Development of Language Processing Support for the ViSiCAST Project"
6. Tan Long Siau, Ling Li, "An On-line Sign Language Communication System"
7. Zhisheng Huang, Anton Eliens and Cees Visser, "Step: A Scripting Language for Embodied Agents"
8. Humanoid Animation Working Group, "Specification for a Standard Humanoid, version 1.1", <http://h-anim.org/Specifications/H-Anim1.1>
9. Marius Preda, Françoise Preteux, "Insights into low-level avatar animation and MPEG-4 standardization", Signal Processing: Image Communication 17 (2002) 717–741
10. ViSiCAST, Virtual Signer Communication, Animation, Storage and Transmission, IST, European Project 1999-2002, www.visicast.org