



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Πειράματα Δυναμικά Παραγόμενης Συμπεριφοράς

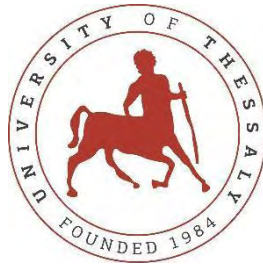
Πράκτορα: Περίπτωση Μελέτης στην BML

Διπλωματική Εργασία

Γκάγκας Χρυσοβαλάντης

Επιβλέπουσα: Δασκαλοπούλου Ασπασία

Βόλος 2020



UNIVERSITY OF THESSALY

SCHOOL OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND COMPUTER ENGINEERING

**Experiments with Dynamically Produced Agent Behavior:
A Case Study in BML**

Diploma Thesis

Gkagkas Chrysovalantis

Supervisor: Aspassia Daskalopulu

Volos 2020

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οφείλω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένειά μου για όλα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου κυρία Ασπασία Δασκαλοπούλου για τη βοήθεια που μου προσέφερε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΠΕΡΙ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων, δηλώνω ρητά ότι η παρούσα διπλωματική εργασία, καθώς και τα ηλεκτρονικά αρχεία και πηγαίοι κώδικες που αναπτύχθηκαν ή τροποποιήθηκαν στα πλαίσια αυτής της εργασίας, αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης. Τα σημεία όπου έχω χρησιμοποιήσει ιδέες, κείμενο, αρχεία ή/και πηγές άλλων συγγραφέων, αναφέρονται ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής».

Ο Δηλών

Γκάγκας Χρυσοβαλάντης
Ημερομηνία

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λόγω της αυξανόμενης μελέτης στα ανθρώπινα συναισθήματα τα τελευταία χρόνια γίνεται αντιληπτή η μεγάλη σημασία της επίγνωσης τους σε πολλούς επιστημονικούς τομείς. Διάφορες θεωρίες συναισθημάτων αναπτύχθηκαν κάποιες από τις οποίες τοποθετούν τα συναισθήματα πάνω σε άξονες. Επιπλέον ο άνθρωπος μπορεί να εκφραστεί και με χειρονομίες δημιουργώντας μη λεκτικές συμπεριφορές οι οποίες συνδέονται με την έκφραση του προσώπου. Η μοντελοποίηση συναισθημάτων και συμπεριφορών σε εικονικούς πράκτορες με τη βοήθεια κάποιας γλώσσας προγραμματισμού είναι ένα πεδίο που κεντρίζει το ενδιαφέρον καθώς η χρήση του εκτείνεται σε πολλούς κλάδους από την ψυχολογία μέχρι την κατασκευή ενός αρκετά ρεαλιστικού κόσμου με εικονικούς χαρακτήρες για να ενσωματωθεί σε ένα βιντεοπαιχνίδι. Η παρούσα διπλωματική προσεγγίζει ζητήματα ορισμού και αναπαράστασης συναισθημάτων από τη σκοπιά κυρίως της ψυχολογίας, πραγματεύεται κάποιες τεχνικές εμπύχωσης εικονικών πρακτόρων βασιζόμενες στο Facial Action Coding System και μελετάει τη Behavior Markup Language μια γλώσσα προγραμματισμού που περιγράφει συμπεριφορές που υλοποιεί ένας πράκτορας καθώς και κινήσεις του προσώπου για τη δημιουργία συναισθημάτων. Τέλος, κατασκευάζεται ένα γραφικό περιβάλλον για την δημιουργία συναισθημάτων με τη βοήθεια εντολών της BML για την κίνηση των μυών του προσώπου μέσω της πλατφόρμας Smartbody ενός συστήματος που κατασκευάζει εικονικούς πράκτορες με σώμα και εκτελούνται κάποια πειράματα στην εφαρμογή Behavior Markup Language Realizer του Πανεπιστημίου του Ρέικιαβικ για να ελεγχθεί ο ρεαλισμός και ο συντονισμός σε σενάρια συμπεριφορών των εικονικών πρακτόρων.

ABSTRACT

Due to the growing study of human emotions in recent years, the great importance of their awareness in many scientific fields has been realized. Various theories of emotions have been developed, some of which place emotions on axes. In addition, the person can express himself with gestures, creating non-verbal behaviors that are associated with facial expressions. Modeling emotions and behaviors in virtual agents with the help of a programming language is a field of interest as its use extends to many disciplines from psychology to the construction of a fairly realistic virtual world with virtual characters to integrate into a video game. The present thesis approaches issues of definition and representation of emotions from the point of view mainly of psychology, deals with some animation techniques of virtual agents based on Facial Action Coding System and studies Behavior Markup Language, a programming language that describes the behaviors and actions performed by an agent and also facial movement to create emotions. Finally, a graphical environment is created to create emotions with the help of BML commands to move facial muscles through the Smartbody platform a system that builds embodied conversational agents and some experiments are performed in the Behavior Markup Language Realizer application of the University of Reykjavik for to check the realism and coordination in scenarios of virtual agents' behaviors.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	6
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	9
ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ-ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ	9
2.1 Εισαγωγή	9
2.2 Αναπαράσταση συναισθήματος	9
2.2.1 Τροχός συναισθημάτων Whissel	9
2.2.2 Θεωρία συναισθημάτων του Plutchik	10
2.3 Εκφράσεις του προσώπου	13
2.4 Σχέση εκφράσεων και συμπεριφοράς ατόμου	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	17
ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ	17
3.1 Facial Action Coding System (FACS)	17
3.2 Facial Animation Parameters (FAPs)	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	22
BEHAVIOR MARKUP LANGUAGE: BML	22
4.1 Εισαγωγή	22
4.2 Πλαίσιο SAIBA	22
4.3 Επισκόπηση της BML	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	25
ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΕΚΦΡΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΩΝ ΜΕ BML	25
5.1 Smartbody: Character Animation Platform	25
5.2 Δημιουργία συναισθημάτων σε διαλογικό πράκτορα	25
5.3 Δημιουργία συμπεριφορών σε διαλογικούς πράκτορες	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	35
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ	35
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	37

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη σημερινή εποχή η επικοινωνία ανθρώπου-μηχανής αποτελεί θέμα προς έρευνα και βελτίωση για ένα ευρύ φάσμα επιστημών, φάσμα που εκτείνεται από τον τομέα της ψυχολογίας μέχρι αυτόν της πληροφορικής. Για την επίτευξη όμως μιας αποτελεσματικής αλληλεπίδρασης είναι σημαντικό ο υπολογιστής να μπορεί να αλληλεπιδρά με το χρήστη με ένα φυσικό τρόπο παρόμοιο με αυτόν που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους οι άνθρωποι. Οι εκφράσεις του προσώπου και οι χειρονομίες αποτελούν τα πιο αντιπροσωπευτικά παραδείγματα μη λεκτικής συμπεριφοράς. Μεταφέρουν πληροφορίες που αφορούν τις προθέσεις και την προσωπικότητα του ανθρώπου κάτι που τις καθιστά πρωτεύον μέσο επικοινωνίας μεταξύ των ατόμων.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία ακολουθείται η εξής δομή: στο Κεφάλαιο 2 παρουσιάζονται ψυχολογικές μελέτες και θεωρίες σχετικά με τα συναισθήματα την αναπαράσταση και την κατηγοριοποίησή τους. Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται τεχνικές εμπύχωσης για το πρόσωπο εικονικών πρακτόρων και στο Κεφάλαιο 4 γίνεται ανάλυση και παρουσίαση της Behavior Markup Language (BML) η οποία υλοποιεί συμπεριφορές μέσω κινήσεων των χεριών, του κεφαλιού, του βλέμματος καθώς και κίνηση των μυών του προσώπου για την δημιουργία εκφράσεων. Το Κεφάλαιο 5 παρουσιάζει τα πειράματα που διεξήχθησαν σε πλατφόρμα εικονικών πρακτόρων και εφαρμογή που δέχεται ως είσοδο εντολές BML και σχολιάζονται τα αποτελέσματα. Τέλος το Κεφάλαιο 6 κλείνει την εργασία αναφερόμενο στα συμπεράσματα που εξήχθησαν και στα μελλοντικά βήματα που μπορούν να γίνουν με τη χρήση της BML.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΟΡΦΕΣ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗΣ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΩΝ-ΕΚΦΡΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ

2.1 Εισαγωγή

Από την αυγή του πολιτισμού, η μελέτη των εκφράσεων του προσώπου κινούσε το ενδιαφέρον των φιλοσόφων. Ο Αριστοτέλης τον 4^ο αιώνα π.Χ. και ειδικότερα στο έργο του Φυσιognωμικά έγραψε ότι τα εξωτερικά εμφανισιακά γνωρίσματα μπορούν να συνδεθούν με σωματικές διεργασίες και την κατάσταση του σώματος ενός ανθρώπου. Το ενδιαφέρον για τη φυσιognωμική ωστόσο μειώθηκε κατά τη διάρκεια των αιώνων και η προσοχή στράφηκε στη μελέτη των εκφράσεων και τρόπους διακριτοποίησης των συναισθημάτων.

2.2 Αναπαράσταση συναισθήματος

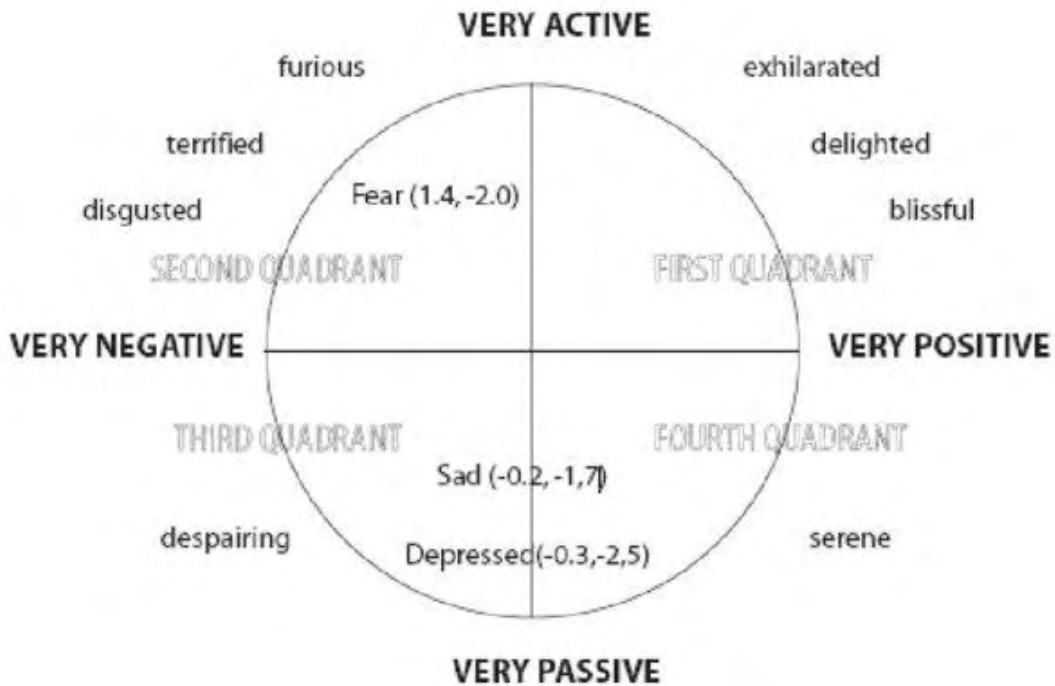
Για την ανάλυση εκφράσεων χρειάζεται χαρακτηρισμός για τις συναισθηματικές καταστάσεις. Κατά τον 20^ο αιώνα ψυχολόγοι ανέπτυξαν τη θεωρία ότι υπάρχει μικρός αριθμός συναισθημάτων εύκολα αναγνωρίσιμα και διαφορετικά μεταξύ τους. Τα συναισθήματα όμως είναι πολύ πιο περίπλοκα και σύνθετα οπότε και δημιουργήθηκαν μοντέλα αναπαράστασης των συναισθημάτων που θα προσέγγιζαν το πως αντιλαμβάνεται ένας άνθρωπος τις εκφράσεις. Παρακάτω παρουσιάζονται δύο τέτοιες θεωρίες.

2.2.1 Τροχός συναισθημάτων Whissel

Το μοντέλο της Whissel [1] αναφέρει ότι κάθε συναίσθημα μπορεί να περιγραφεί με δύο συνεχείς διαστάσεις. Η οριζόντια διάσταση είναι η αποτίμηση η οποία διαφοροποιεί θετικά από αρνητικά συναισθήματα ενώ συναισθήματα κοντά στο μηδέν θεωρούνται ουδέτερες καταστάσεις. Η κάθετη διάσταση είναι η ενεργοποίηση σύμφωνα με την οποία διαχωρίζονται ενεργά από παθητικά συναισθήματα ενώ κοντά στο μηδέν θεωρούνται οι ενδιάμεσες καταστάσεις.

Στην Εικόνα 2.1 απεικονίζεται ο τροχός με κάποια συναισθήματα που είναι συνδυασμός βασικών συναισθημάτων να εμφανίζονται εντός των τεταρτημόριων [2]. Με βάση την Εικόνα 2.1 το πρώτο τεταρτημόριο απεικονίζει θετικά και ενεργά συναισθήματα όπως για παράδειγμα η χαρά, η ευτυχία και η ικανοποίηση. Το δεύτερο τεταρτημόριο απεικονίζει αρνητικές καταστάσεις με υψηλό επίπεδο ενεργοποίησης όπως θυμός, φόβος

και απέχθεια. Αντίστοιχα στο τρίτο και τέταρτο τεταρτημόριο εμφανίζονται αρνητικά και θετικά συναισθήματα με κοινό παρονομαστή το χαμηλό επίπεδο ενεργοποίησης όπως για παράδειγμα βαρεμάρα και λύπη και καταθλιπτικές καταστάσεις στο τρίτο τεταρτημόριο και στο τέταρτο χαλάρωση και ευδαιμονία.



Εικόνα 2.1: Τροχός συναισθημάτων της Whissel.

2.2.2 Θεωρία συναισθημάτων του Plutchik

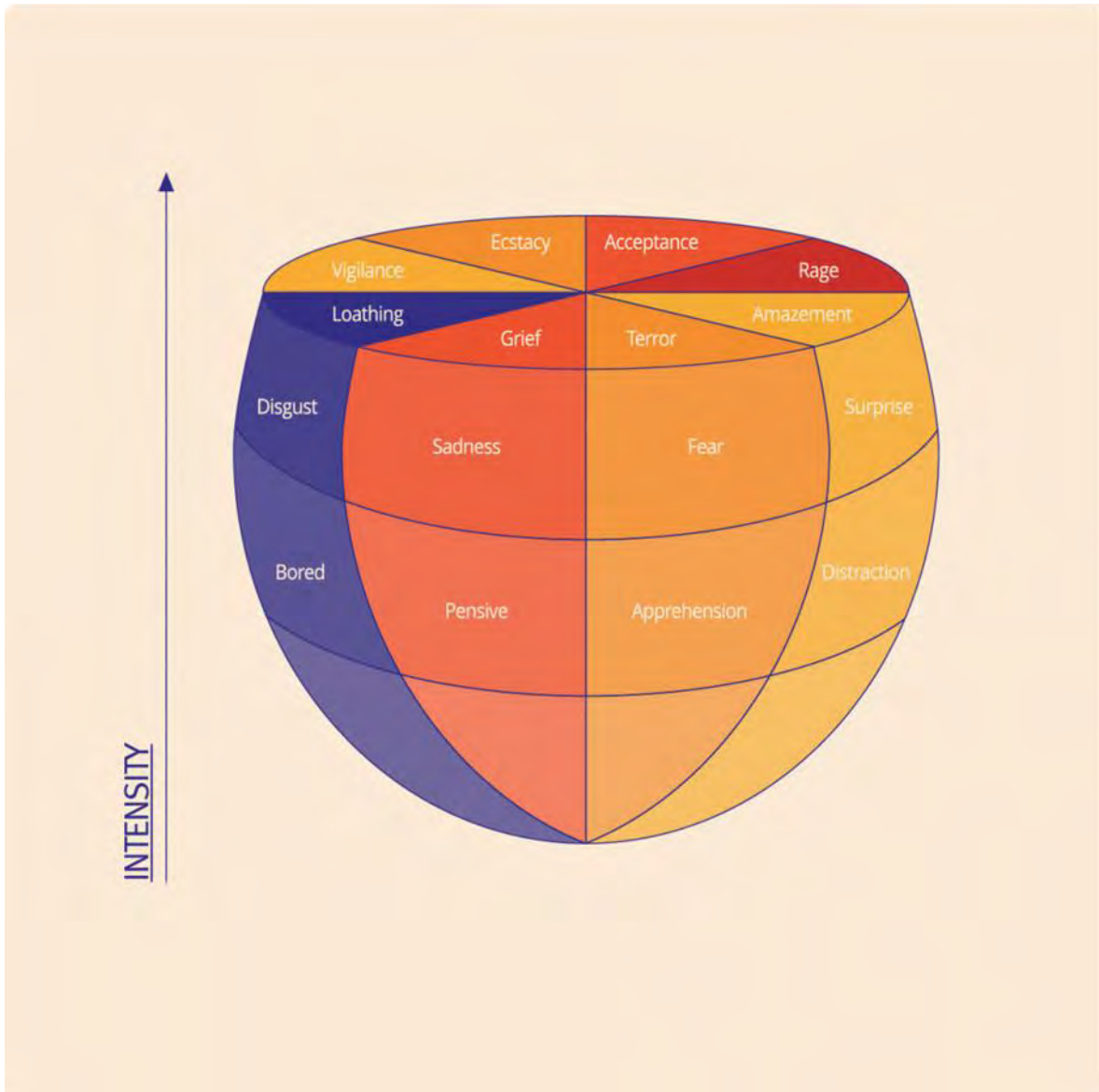
Η ψυχολογική θεωρία του Plutchik (1980) σχετικά με τα βασικά συναισθήματα, έχει τα παρακάτω έξι αξιώματα [3]:

- I. “Υπάρχει ένας μικρός αριθμός καθαρών ή βασικών συναισθημάτων.”
- II. “Όλα τα άλλα συναισθήματα είναι μικτά, δηλαδή μπορούν να συντεθούν με διάφορους συνδυασμούς των βασικών συναισθημάτων.”
- III. “Τα βασικά συναισθήματα διαφέρουν το ένα από το άλλο όσον αφορά τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά.”
- IV. “Τα βασικά συναισθήματα στην καθαρή μορφή τους είναι υποθετικά κατασκευάσματα ή ιδανικές περιπτώσεις, των οποίων οι ιδιότητες συνάγονται από διάφορων ειδών αποδείξεις.”
- V. “Τα βασικά συναισθήματα μπορούν να εννοηθούν ως αντίθετοι πόλοι συγκεκριμένων ζευγών.”

- VI. “Κάθε συναίσθημα μπορεί να υπάρξει σε διαφορετικούς βαθμούς έντασης ή με διαφορετικά επίπεδα διέγερσης.”

Ο Plutchik θεωρεί ως βασικά συναισθήματα τα εξής: αποδοχή (acceptance), έκπληξη (surprise), φόβος (fear), λύπη (sorrow), απέχθεια (disgust), προσμονή (anticipation), θυμός (anger), χαρά (joy).

Το πολυδιάστατο μοντέλο των συναισθημάτων του Plutchik παρουσιάζεται στην Εικόνα 2.2. Το μοντέλο δείχνει τις οκτώ διαστάσεις, σύμφωνα με τα βασικά συναισθήματα του Plutchik, τοποθετημένες με τρόπο τέτοιο έτσι ώστε ένα συναίσθημα μέγιστης έντασης να βρίσκεται στην κορυφή. Ο κατακόρυφος άξονας αναπαριστά την ένταση με το εύρος του να κυμαίνεται από μέγιστη ενεργοποίηση στην κορυφή και «βαθύ ύπνου» στον πυθμένα. Επίσης τα συναισθήματα διευθετήθηκαν με βάση την ομοιότητα γύρω από τον κύκλο, δηλαδή συναισθήματα με βασικές ομοιότητες στα χαρακτηριστικά τους τοποθετήθηκαν κοντά το ένα στο άλλο. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό του μοντέλου είναι τα διαφορετικά χρώματα ανάμεσα στις διαστάσεις ενώ κατά μήκος του κάθετου άξονα κάθε διάσταση έχει το ίδιο χρώμα δηλώνοντας έτσι τις κοινές ιδιότητες των αντίστοιχων συναισθημάτων. Στο αναπτυγμένο μοντέλο της Εικόνας 2.3 παρατηρείται επίσης ότι τα αντιδιαμετρικά σημεία στην κορυφή του μοντέλου δείχνουν συναισθήματα αντίθετων χαρακτηριστικών [4].



Εικόνα 2.2: Πολυδιάστατο μοντέλο συναισθημάτων του Plutchik.



Εικόνα 2.3: Απεικόνιση συναισθημάτων σύμφωνα με τη θεωρία του Plutchik.

2.3 Εκφράσεις του προσώπου

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του '60 οι επιστήμονες θεωρούσαν ότι οι εκφράσεις του προσώπου ήταν αναξιόπιστες χωρίς επικοινωνιακή αξία καθώς έρευνες εκείνης της εποχής (για παράδειγμα άτομα να χαμογελάνε μπροστά στο θέαμα ενός ακρωτηριασμού αρουραίου) είχαν ως αποτέλεσμα την πρόκληση αμφιβολιών σχετικά με την σύνδεση μεταξύ των εκφράσεων του προσώπου και του συναισθήματος που βίωσε ο άνθρωπος εκείνη τη στιγμή. Με το πέρασμα των χρόνων όμως η σύνδεση εκφράσεων του προσώπου και συναισθημάτων επιτεύχθηκε μέσω νεότερων μελετών.

Σύμφωνα με μία από αυτές τις έρευνες για παράδειγμα που διεξήχθη σε ενήλικες τα χαμόγελα Duchenne, χαμόγελα που εμπεριέχουν το σήκωμα των μάγουλων συνδέονται

με θετικές συναισθηματικές καταστάσεις. Επίσης από ακόμα μία έρευνα εξήχθη το συμπέρασμα ότι η ένταση του γέλιου ή του χαμόγελου συσχετίζεται με το πόσο αστείο ήταν το χιουμοριστικό ερέθισμα.

Ο Δαρβίνος (1872) υποστήριξε ότι υπάρχουν καθολικές συμπεριφορές του προσώπου για να εκφραστεί κάθε συναίσθημα. Ο Ekman τη δεκαετία του '90 πραγματοποίησε ένα πείραμα σε διάφορες φυλές του κόσμου δείχνοντάς τους φωτογραφίες με πρόσωπα να εκφράζουν συναισθήματα και τους ζήτησε να επιλέξουν από μια λίστα με λέξεις τη λέξη που αντιπροσωπεύει πιο καλά τη φωτογραφία που έβλεπαν. Έπειτα και από τις έρευνες που διεξήγαγαν οι Ekman και Friesen συνειδητοποιήσαν ότι άνθρωποι διαφορετικών πολιτισμών κατηγοριοποιούν τις εκφράσεις με παρόμοιο τρόπο σε έξι βασικές κατηγορίες. Οι έξι αρχέτυπες ή καθολικές εκφράσεις είναι: χαρά, λύπη, φόβος, θυμός, απέχθεια, έκπληξη όπως φαίνονται στην Εικόνα 2.4 [5].



Εικόνα 2.4: Βασικές ανθρώπινες εκφράσεις.

Μετέπειτα έρευνες που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι στα βασικά συναισθήματα μπορεί να προστεθεί και η περιφρόνηση και παρουσιάζονται οι επτά βασικές εκφράσεις στην Εικόνα 2.5. Παρόλες τις αμφιβολίες ότι η περιφρόνηση μπορεί να θεωρηθεί ως η συνισταμένη δύο βασικών εκφράσεων απέχθειας και θυμού άρα δεν λογίζεται βασική και οι δύο θεωρίες είναι αποδεκτές.



Εικόνα 2.5: Οι επτά βασικές ανθρώπινες εκφράσεις.

Εκτός από αυτά βέβαια τα επτά συναισθήματα το ανθρώπινο πρόσωπο έχει τη δυνατότητα να εκφράσει μία πληθώρα συναισθημάτων. Ερευνητές ελέγχουν και άλλες παραμέτρους που μπορούν να ληφθούν υπόψη για να καταγραφεί κάποιο συναίσθημα όπως η χρονική διάρκεια μιας έκφρασης, η κατεύθυνση του βλέμματος και η στάση που έχει το σώμα. Ο Parrot (2000) κατέγραψε 136 συναισθηματικές καταστάσεις που εκφράζουν οι άνθρωποι, τις οποίες και διαχώρισε σε κατηγορίες και υποκατηγορίες [5],[6],[7].

2.4 Σχέση εκφράσεων και συμπεριφοράς ατόμου

Οι ερευνητές συχνά αναφέρονται στο «συναισθηματικό πακέτο» (emotion package). Αυτό σημαίνει ότι μέσω των εκφράσεων του προσώπου και επομένως ενός συναισθήματος που εκφράζεται προκαλούνται αλλαγές στον οργανισμό του ανθρώπου. Για παράδειγμα, σύμφωνα με έρευνες στις οποίες συμμετείχαν άτομα διαφορετικής καταγωγής, η λύπη τους προκάλεσε κλάμα, η αμηχανία κάποιους τους προκάλεσε κοκκίνισμα ενώ ο φόβος εφίδρωση, διαστολή των κορών των ματιών ή χλόμιασμα.

Η σχέση μεταξύ εκφράσεων του προσώπου και της συμπεριφοράς του ατόμου είναι ιδιαίτερα αισθητή. Στην πρώτη έρευνα που διεξήχθη για τον συγκεκριμένο σκοπό το 1972 (Ekman, Liebert et al.) εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των εκφράσεων και της συμπεριφοράς παιδιών. Καθώς τα παιδιά παρακολουθούσαν σκηνές βίας από κάποια ταινία ή κάποιο άθλημα στο οποίο υπήρχε ανταγωνιστικότητα και ένταση οι ερευνητές κατέγραφαν τα

πρόσωπά τους. Έπειτα τα παιδιά κλήθηκαν να επιλέξουν εάν θα βοηθήσουν ή θα βλάψουν ένα άλλο παιδί. Τα αποτελέσματα που πήραν οι ερευνητές ήταν ότι τα παιδιά που έτειναν στο να βλάψουν το άλλο παιδί είχαν χαμογελάσει κατά τη διάρκεια των σκηνών βίας ενώ τα παιδιά που βοήθησαν το άλλο παιδί φάνηκε να στεναχωριούνται και να ενοχλούνται μπροστά στο θέαμα βίας. Παρόμοιες έρευνες διεξήχθησαν και από τους Matsumoto, Haan, Gary, Theodorou και Cooke-Carney σε παιδιά προσχολικής ηλικίας το 1986 και από τους Keltner, Moffit και Stouthamer-Loeber σε έφηβους το 1995 και κατέληξαν σε παρόμοια συμπεράσματα.

Εκτός από τις πληροφορίες που λαμβάνονται από εκφράσεις του προσώπου για τις προθέσεις ενός ατόμου μετέπειτα έρευνες έδειξαν ότι μπορούν να βγουν χρήσιμα συμπεράσματα και για τις αντιδράσεις που μπορεί να έχει ένα άτομο παρατηρώντας κάποια έκφραση. Πιο συγκεκριμένα οι Marsh, Ambady και Klerk το 2005 τοποθέτησαν ένα μοχλό και ζήτησαν από εθελοντές να σπρώξουν ή να τραβήξουν το μοχλό καθώς τους έδειχναν πρόσωπα που εξέφραζαν φόβο και θυμό. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η πλειοψηφία των ατόμων έσπρωχναν το μοχλό όταν εμφανιζόταν θυμωμένο πρόσωπο ενώ τραβούσαν το μοχλό όταν εμφανιζόταν φοβισμένο πρόσωπο. Επομένως αυτό που συνειδητοποίησαν ήταν ότι ο θυμός μπορεί να συνδεθεί με συμπεριφορές αποφυγής αντίθετα με το φόβο που οδηγεί σε συμπεριφορές προσέγγισης. Οι Winkielman, Berridge και Wilbanger επίσης το 2005 έδειξαν ότι παρουσιάζοντας στους συμμετέχοντες χαμογελαστά πρόσωπα, το σερβίρισμα και η κατανάλωση ποτού μεγάλωνε όπως επίσης περισσότερο ήταν και το ποσό που ήθελαν να πληρώσουν για το ποτό. Παρουσιάζοντας τους αντίθετα, θυμωμένα πρόσωπα η διάθεση για τα παραπάνω ήταν μειωμένη. Τέλος αξίζει να αναφερθεί ότι η επίδειξη συναισθημάτων δύναται να προκαλέσει συγκεκριμένες συναισθηματικές αντιδράσεις όπως για παράδειγμα η θλίψη μπορεί να προκαλέσει συμπόνια ή ο θυμός να προκαλέσει φόβο για κάποιο άτομο [5].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΠΡΟΣΩΠΟΥ













3.1 Facial Action Coding System (FACS)

Το Facial Action Coding System (FACS) είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος περιγραφής της «συμπεριφοράς» του προσώπου. Οι Paul Ekman και W.V. Friesen το 1978 ανέπτυξαν αυτό το σύστημα κωδικοποίησης των κινήσεων του προσώπου, χρησιμοποιώντας γνώση ανθρώπινης ανατομίας και παρατήρησαν ότι κάθε σύσπαση ενός μυ ή κάποια σύσπαση δύο και περισσότερων μυών αλλάζουν την εμφάνιση του προσώπου [8]. Το εγχειρίδιο του FACS εκδόθηκε πρώτη φορά το 1978 και το 2002 κυκλοφόρησε νέα έκδοση, έκδοση που χρησιμοποιείται μέχρι σήμερα. Για την περιγραφή των εκφράσεων ορίστηκαν τα Action Units (AUs). Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια AUs, η κίνηση του προσώπου για συγκεκριμένο AU και οι μυς που προκαλούν την κίνηση αυτή. Υπάρχουν και AUs που δεν προκαλούνται από μύες του προσώπου. [5],[9]












Πίνακας 3.1: Ορισμός Action Units [10]

Κωδικός AU	Περιγραφή	Βασικοί μύες
1	Σήκωμα εσωτερικού τμήματος φρυδιού	Frontalis (Pars Medialis)
2	Σήκωμα εξωτερικού τμήματος φρυδιού	Frontalis (Pars Lateralis)
17	Σήκωμα πηγουνιού	Mentalis
26	Κατέβασμα σαγονιού	Masseter, Temporal, Internal Pterygoid
27	Τέντωμα στόματος	Pterygoids, Digastric
19	Εμφάνιση γλώσσας	
33	Φούσκωμα μάγουλου	

Από τις 44 AUs που έχουν οριστεί, οι 30 είναι ανατομικά συνδεδεμένες με συσπάσεις συγκεκριμένων μυών του προσώπου: 12 για το πάνω μέρος του προσώπου και 18 για το κάτω μέρος. Επιπλέον τα AUs μπορούν να υπάρξουν είτε μεμονωμένα το καθένα είτε σε συνδυασμό. Υπάρχουν δύο κατηγορίες στον συνδυασμό AUs. Όταν είναι προσθετικά σημαίνει ότι ο συνδυασμός τους δεν επιφέρει κάποια αλλαγή στην εμφάνιση των AUs που απαρτίζουν τον συνδυασμό ενώ εάν είναι μη προσθετικά τότε το κάθε ένα επηρεάζει την εμφάνιση του άλλου. Με βάση τα παραπάνω, κάθε έκφραση μπορεί να αναπαρασταθεί ως ένας συνδυασμός ενός ή και περισσότερων, προσθετικών ή μη AUs. Για παράδειγμα, η αναπαράσταση της χαράς μπορεί να είναι ο συνδυασμός των AUs 6 και 12. Στις Εικόνες 3.1 και 3.2 φαίνονται κάποια AUs του άνω και κάτω μέρους του προσώπου και κάποιους συνδυασμούς AUs [11].

		
Inner portion of the brows is raised.	Outer portion of the brows is raised.	Brows lowered and drawn together
AU 5	AU 6	AU 7
		
Upper eyelids are raised.	Cheeks are raised.	Lower eyelids are raised.
AU 1+4	AU 4+5	AU 1+2
		
Medial portion of the brows is raised and pulled together.	Brows lowered and drawn together and upper eyelids are raised.	Inner and outer portions of the brows are raised.
AU 1+2+4	AU 1+2+5+6+7	AU 0(neutral)
		
Brows are pulled together and upward.	Brow, eyelids, and cheek are raised.	Eyes, brow, and cheek are relaxed.

Εικόνα 3.1: Action Units άνω μέρους προσώπου και συνδυασμοί αυτών.

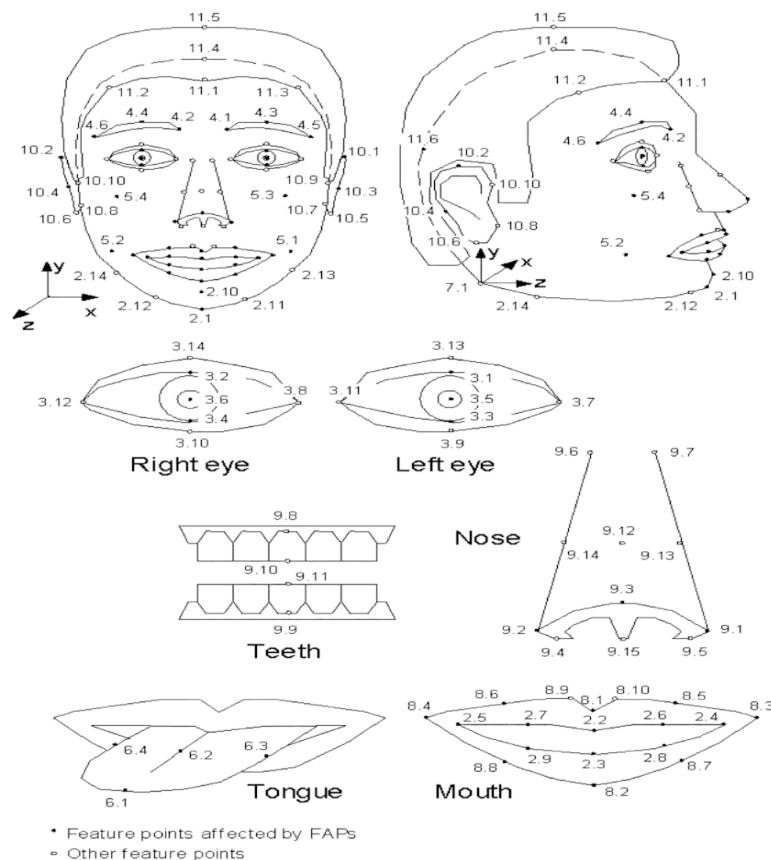
<p style="text-align: center;">AU 9</p> 	<p style="text-align: center;">AU 10</p> 	<p style="text-align: center;">AU20</p> 
<p>The infraorbital triangle and center of the upper lip are pulled upwards. Nose wrinkling is present.</p>	<p>The infraorbital triangle is pushed upwards. Upper lip is raised. Nose wrinkle is absent.</p>	<p>The lips and the lower portion of the nasolabial furrow are pulled back laterally. The mouth is elongated.</p>
<p style="text-align: center;">AU 15</p> 	<p style="text-align: center;">AU 17</p> 	<p style="text-align: center;">AU12</p> 
<p>The corner of the lips are pulled down.</p>	<p>The chin boss is pushed upwards.</p>	<p>Lip corners are pulled obliquely.</p>
<p style="text-align: center;">AU 25</p> 	<p style="text-align: center;">AU 26</p> 	<p style="text-align: center;">AU27</p> 
<p>Lips are relaxed and parted.</p>	<p>Lips are relaxed and parted; mandible is lowered.</p>	<p>Mouth stretched, open and the mandible pulled downwards.</p>
<p style="text-align: center;">AU 23+24</p> 	<p style="text-align: center;">neutral</p> 	
<p>Lips tightened, narrowed, and pressed together.</p>	<p>Lips relaxed and closed.</p>	

Εικόνα 3.2: Action Units κάτω μέρος προσώπου και συνδυασμός αυτών.

3.2 Facial Animation Parameters (FAPs)

Για την αναπαράσταση του ανθρώπινου προσώπου το Moving Pictures Experts Group (MPEG) ανέπτυξε την έκδοση MPEG-4. Ως πρώτο βήμα και στάνταρ το MPEG-4 καθορίζει ένα μοντέλο προσώπου σε ουδέτερη κατάσταση, με τις παρακάτω ιδιότητες: α) το βλέμμα είναι στην κατεύθυνση του άξονα Z, β) όλοι οι μύες του προσώπου είναι χαλαροί, γ) τα βλέφαρα εφάπτονται την ίριδα, δ) η κόρη του ματιού έχει διάμετρο ίση με το 1/3 της διαμέτρου της ίριδας, ε) το στόμα είναι κλειστό, ζ) τα χείλη είναι σε επαφή μεταξύ τους.

Το MPEG-4 ορίζει 84 σημεία Feature Points (FPs) στο πρόσωπο όταν αυτό βρίσκεται σε ουδέτερη κατάσταση. Η μετακίνηση των σημείων αυτών καθορίζει τα Face Animation Parameters. Στην Εικόνα 3.3 φαίνονται τα 84 FPs στο πρόσωπο σύμφωνα με το MPEG-4.



Εικόνα 3.3: Ορισμός των Feature Points στο MPEG-4.

Οι FAPs είναι ένα σύνολο παραμέτρων οι οποίες αναπαριστούν ένα ολοκληρωμένο σύνολο κινήσεων του προσώπου καθώς και τις κινήσεις του κεφαλιού, της γλώσσας, των ματιών και του στόματος. Δηλαδή κάθε FAP παραμορφώνει το πρόσωπο από την ουδέτερη κατάσταση. Έχουν οριστεί 68 FAPs. Στον Πίνακα 3.2 περιγράφονται κάποια FAPs [12].

Πίνακας 3.2: Ορισμοί FAPs

α/α	Όνομα FAP	Περιγραφή FAP
1	open_jaw	Κατακόρυφη μετατόπιση σαγονιών
2	shift_jaw	Οριζόντια μετατόπιση σαγονιού
3	stretch_r_nose	Οριζόντια μετατόπιση της δεξιάς πλευράς της μύτης
4	head_yaw	Εκτροπή κεφαλής από την κορυφή της σπονδυλικής στήλης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

BEHAVIOR MARKUP LANGUAGE: BML

4.1 Εισαγωγή

Οι ανθρώπινες επικοινωνιακές συμπεριφορές καλύπτουν ένα ευρύ σύνολο δεξιοτήτων, από την παραγωγή φυσικής γλώσσας, στις μη λεκτικές χειρονομίες, στα βλέμματα και στις εκφράσεις του προσώπου. Οι άνθρωποι παράγουν τέτοια πολυτροπική συμπεριφορά με ευκολία σε πραγματικό χρόνο σε ένα ευρύ φάσμα περιστάσεων. Η προσομοίωση τέτοιων συμπεριφορών από χαρακτήρες δημιουργημένους από υπολογιστή μελετήθηκε εκτενώς τη διετία 1993-94 από τους Thórisson και Cassell et al. αντίστοιχα [13],[14]. Ένας αριθμός των προσεγγίσεων που έχουν παρουσιαστεί στον τομέα, έχουν εστιάσει σε συγκεκριμένες πτυχές της παραγωγής συμπεριφορών όπως για παράδειγμα στις εκφράσεις του προσώπου και στη σύνθεση χειρονομιών. Το 2006 οι Kopp et al. δημιούργησαν ένα κοινό αντιπροσωπευτικό πλαίσιο (framework) για την παραγωγή συμπεριφορών σε διαλογικούς πράκτορες με σώμα (Embodied Conversational Agents-ECA) σε πραγματικό χρόνο [15], το οποίο θα παρουσιαστεί στην επόμενη ενότητα.

4.2 Πλαίσιο SAIBA

Σκοπός του πλαισίου SAIBA (Situation, Agent, Intention, Behavior, Animation) είναι οι γλώσσες που το εκπροσωπούν να είναι ανεξάρτητες από κάποια συγκεκριμένη εφαρμογή ή κάποιο domain και ανεξάρτητες από τα διαφορετικά μοντέλα καρτών γραφικών και ήχου. Το SAIBA framework αποτελείται από τρία διαφορετικά επίπεδα: (1) σχεδιασμός της πρόθεσης ενός διαλογικού πράκτορα να εκφράσει κάτι, (2) λήψη απόφασης για τις σωστές συμπεριφορές (ομιλία, εκφράσεις προσώπου, χειρονομίες, κτλ.) για να εκφραστεί η πρόθεση επικοινωνίας (3) φυσική υλοποίηση των προγραμματισμένων συμπεριφορών μέσω ήχου και κίνησης (animation). Τα τρία αυτά στάδια απεικονίζονται στην Εικόνα 4.1.



Εικόνα 4.1: Τα τρία στάδια παραγωγής συμπεριφορών στο πλαίσιο SAIBA.

Τα στάδια είναι αμφίδρομα συνδεδεμένα μεταξύ τους, με το κάθε στάδιο να παράγει την είσοδο για το επόμενο στάδιο και μέσω ανατροφοδότησης δεδομένα, για πιθανά λάθη που προέκυψαν, στο αμέσως προηγούμενο στάδιο. Το πιο ενδιαφέρον κομμάτι είναι να οριστούν οι τύποι και η μορφή των πληροφοριών που επεξεργάζονται τα τρία στάδια για να γεφυρωθεί το κενό ανάμεσα στα στάδια μέσω διεπαφών που θα καθοριστούν με τις δύο γλώσσες που φαίνονται και στην Εικόνα 4.1, την FML και την BML. Η διεπαφή μεταξύ των σταδίων (1) και (2), Προγραμματισμός Πρόθεσης και Προγραμματισμός Συμπεριφοράς, υλοποιείται μέσω της Function Markup Language-FML η οποία περιγράφει την επικοινωνιακή και εκφραστική πρόθεση του πράκτορα χωρίς αναφορά στη φυσική συμπεριφορά. Παρακάτω παρατίθενται κάποια ενδεικτικά παραδείγματα στοιχείων που ορίζονται από την FML.[15], [16]

- EMOTION: Η συναισθηματική κατάσταση του ομιλητή-πράκτορα (anger, disgust, embarrassment, fear, happiness...).
- ATTITUDE: Η συμπεριφορά ενός πράκτορα σε έναν άλλο διαλογικό πράκτορα ή χρήστη (Affiliation level: HOSTILE, NEUTRAL, FRIENDLY, Status level: DOMINANT, NEUTRAL, SUBMISSIVE).
- RELATIONSHIP: Το επίπεδο σχέσης με τον συμμετέχον (Relationship level: STRANGER, ACQUAINTANCE, FRIEND).

4.3 Επισκόπηση της BML

Για τη διεπαφή μεταξύ των σταδίων (2) και (3), Προγραμματισμός Συμπεριφοράς και Υλοποίηση Συμπεριφοράς χρησιμοποιείται η Behavior Markup Language-BML η οποία περιγράφει τις λεκτικές και μη, συμπεριφορές που θα εκτελέσει ο πράκτορας. Η BML είναι μια γλώσσα βασισμένη στην ευρέως διαδεδομένη Extensible Markup Language-XML. Το μπλοκ εντολών ξεκινάει πάντα με το <bml> και μέσα προστίθενται εντολές συμπεριφορών που υλοποιούνται από έναν πράκτορα. Οι εντολές συμπεριφορών τοποθετούνται η μία μετά την άλλη χωρίς να έχει σημασία η σειρά τοποθέτησής τους και εκτελούνται την ίδια στιγμή εκτός αν ο χρήστης καθορίσει κάποιον συγχρονισμό. Οι εντολές είναι απλά στοιχεία (behavior elements) που μπορεί να έχουν παραμέτρους συμπεριφοράς (behavior parameters) οι οποίες καθορίζονται ως χαρακτηριστικά (attribute values). Εάν σε μια εντολή δεν καθοριστούν κάποια attributes τότε θα χρησιμοποιηθούν προκαθορισμένες τιμές (default values). Επίσης εάν δεν δοθούν συγκεκριμένοι χρονικοί περιορισμοί για κάποια συμπεριφορά τότε θεωρείται ότι θα ξεκινήσει αμέσως και θα εκτελεστεί για την προκαθορισμένη διάρκεια που ορίζει το standard.

Τα BML στοιχεία περιέχουν attributes που περιγράφουν την οπτική εμφάνιση και την δυναμική των κινήσεων (movement dynamics) των συμπεριφορών ούτως ώστε να επιτευχθούν ορισμένα εκφραστικά αποτελέσματα. Στον Πίνακα 4.1 περιγράφονται τα πιο συχνά σε χρήση BML στοιχεία. [17]

Πίνακας 4.1: BML στοιχεία

BML Στοιχείο	Περιγραφή
<head>	Κίνηση του κεφαλιού ανεξαρτήτα από τα μάτια. Περιέχονται τα attributes νεύμα (NOD) και κούνημα (SHAKE).
<body>	Πλήρης κίνηση του σώματος ανεξάρτητη από τις υπόλοιπες συμπεριφορές. Περιέχονται attributes όπως overall orientation, position, posture.
<face>	Κίνηση των μυών του προσώπου για να δημιουργηθεί μια έκφραση.
<gaze>	Συντονισμένη κίνηση ματιών, λαιμού και κατεύθυνση κεφαλιού για να κατευθυνθεί το βλέμμα στον ζητούμενο στόχο.
<gesture>	Συντονισμένη κίνηση χεριών για δημιουργία χειρονομίας. Περιέχονται attributes όπως pointing, reaching ,depicting, signaling.
<locomotion>	Κίνηση του πράκτορα με διάφορους τρόπους (περπάτημα, τρέξιμο) στον ζητούμενο στόχο.
<speech>	Λεκτική συμπεριφορά και να ειπωθούν λέξεις από εφαρμογή παραγωγής ομιλίας (speech synthesizer).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΣΥΝΑΙΣΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΕΚΦΡΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΩΝ ΜΕ BML

5.1 Smartbody: Character Animation Platform

Το Smartbody είναι ένα σύστημα που δημιουργεί εικονικούς πράκτορες με σώμα έτσι ώστε οι πράκτορες να είναι πιστευτοί και αληθοφανείς δηλαδή να δίνεται η ψευδαίσθηση στο χρήστη ότι επικοινωνεί με πράκτορες που φέρουν όσο το δυνατόν πιο κοντά, σε συμπεριφορές και συναισθήματα, σε άνθρωπο. Το Smartbody δημιουργήθηκε για να είναι απόλυτα συμβατό με το πλαίσιο SAIBA και πιο συγκεκριμένα ενσωματώνει το 3^ο επίπεδο του πλαισίου δηλαδή, να μετατρέψει τις περιγραφές συμπεριφορών σε BML σε συντονισμένες κινήσεις στον αντίστοιχο πράκτορα. Η πλατφόρμα έχει χρησιμοποιηθεί σε διάφορες εφαρμογές όπως το SASO-ST και το Virtual Patient όπως επίσης μπορεί να ενσωματωθεί σε κάποια μηχανή προσομοίωσης ή σε μια game engine για την δημιουργία ενός ηλεκτρονικού παιχνιδιού. [18]

5.2 Δημιουργία συναισθημάτων σε διαλογικό πράκτορα

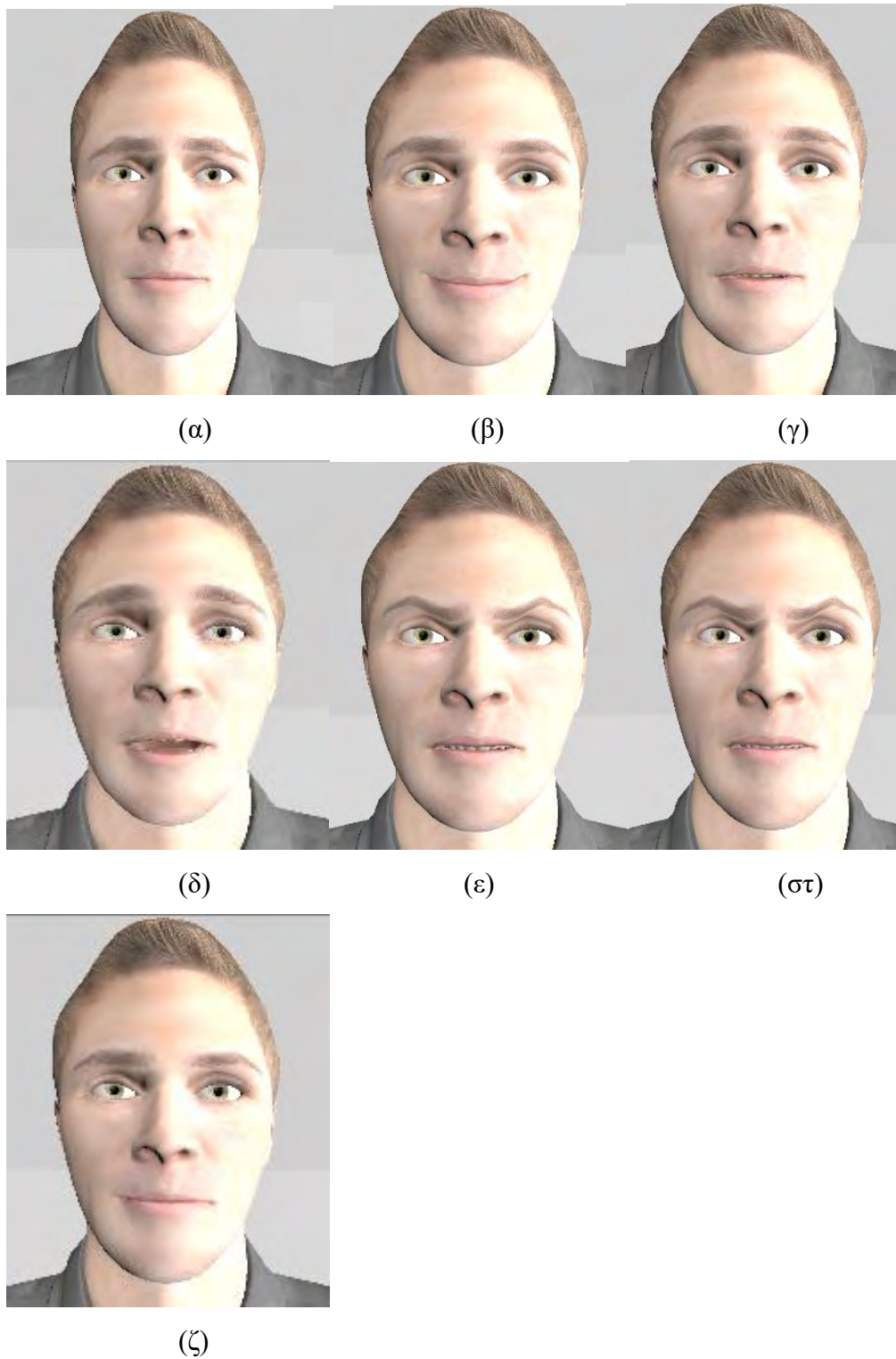
Με τη χρήση της γλώσσας Python δημιουργήθηκε ένα script το οποίο φορτώνεται στο Smartbody και εμφανίζεται ένα γραφικό περιβάλλον το οποίο περιέχει το πρόσωπο ενός πράκτορα και κάποιους μύες του προσώπου με τη μορφή των αντίστοιχων AUs του FACS και για τον κάθε μυ υπάρχει μία μπάρα με την οποία ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει την ένταση της σύσπασης του μυ. Το γραφικό περιβάλλον φαίνεται στην Εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1: Γραφικό περιβάλλον στο Smartbody για τη δημιουργία εκφράσεων.

Σε αυτό το γραφικό περιβάλλον ο χρήστης μπορεί να πειραματιστεί αλλάζοντας τις μπάρες των μυών του προσώπου για να αποτυπώσει διαφορετικές εκφράσεις. Έπειτα από πειράματα στο γραφικό περιβάλλον κατασκευάστηκε ένα demo με την υλοποίηση να γίνεται σε Python στο οποίο με τη χρήση της εντολής `bml.execBML(chrName, '<face type="fac" au="X" amount="Y"/>')` όπου στη μεταβλητή X θα τοποθετηθεί η ονομασία του μυ που επιθυμεί ο χρήστης να ενεργοποιήσει, όπως αυτή εμφανίζεται στο γραφικό περιβάλλον και στη μεταβλητή Y μπορεί να τοποθετηθεί ένας οποιοσδήποτε αριθμός από το 0 έως το 1 για να δηλωθεί η ένταση της σύσπασης του μυ αυτού. Στο demo με τον κατάλληλο συνδυασμό των AUs δημιουργήθηκαν τα βασικά συναισθήματα σύμφωνα με τον Ekman καθώς και κάποια ενδιάμεσα στο γραφικό περιβάλλον τα οποία θα παρουσιαστούν στη συνέχεια. Τα βασικά συναισθήματα που δημιουργήθηκαν είναι τα εξής: χαρά, λύπη, θυμός, έκπληξη, φόβος, απέχθεια, περιφρόνηση. Οι βάσεις για τη δημιουργία των ενδιάμεσων συναισθημάτων είναι ο τροχός της Whissel και η θεωρία του Plutchik, τα οποία παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 2, και σύμφωνα με αυτές τις θεωρίες τα ενδιάμεσα συναισθήματα είναι είτε συνδυασμός βασικών είτε διαφορετικής έντασης, αυξημένης ή ελαττωμένης, βασικά συναισθήματα.

Τα βασικά συναισθήματα που αποτυπώθηκαν στον πράκτορα απεικονίζονται στην Εικόνα 5.2.



Εικόνα 5.2: Απεικόνιση “προφίλ” των βασικών συναισθημάτων (α) λύπη, (β) χαρά, (γ) φόβος, (δ) έκπληξη, (ε) θυμός, (στ) απέχθεια, (ζ) περιφρόνηση.

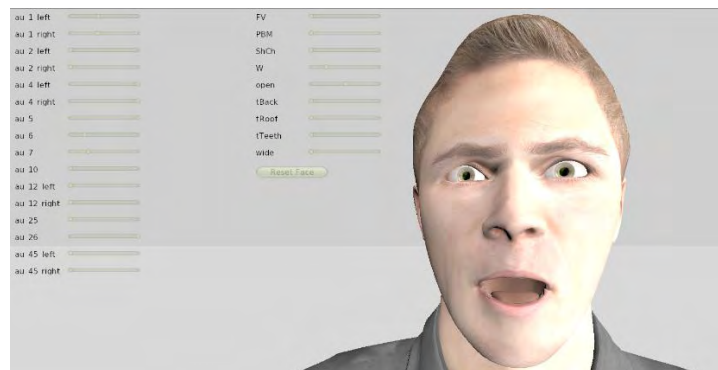
Παρατηρείται ότι η αποτύπωση των συναισθημάτων είναι πολύ κοντά στην αποτύπωση των ίδιων συναισθημάτων σε ένα πρόσωπο πραγματικού ανθρώπου και ο χρήστης μπορεί να κατανοήσει και να αντιληφθεί τι τύπος έκφρασης είναι τα συναισθήματα που παρήχθησαν. Στη συνέχεια θα αναλυθεί ο τρόπος που δημιουργήθηκαν τα ενδιάμεσα συναισθήματα τα οποία είναι τα εξής: έκσταση, θλίψη, τρόμος, καχυποψία και απογοήτευση.

Η έκσταση είναι μεγαλύτερης έντασης χαρά επομένως αυξάνοντας την μπάρα του AU5, που είναι ο μυς για το άνοιγμα των ματιών, αυξάνοντας τις μπάρες των open και wide που είναι υπεύθυνα για το άνοιγμα του στόματος και του μεγαλύτερου χαμόγελου αντίστοιχα και κρατώντας τα AUs που χρησιμοποιήθηκαν για τη χαρά ως έχουν παράγεται το συναίσθημα της έκστασης.

Η θλίψη μπορεί να θεωρηθεί ως αυξημένης έντασης και διέγερσης της λύπης. Εάν γίνει κύλιση της μπάρας των AU6 (μύες για να σηκωθούν τα μάγουλα), PBM και W (συρρίκνωση του στόματος) στην μέγιστη δυνατή ένταση και αυξηθεί λίγο η μπάρα για τα AU7 και AU45 (μυς για το κλείσιμο των βλεφαρίδων) και προσθέτοντας τα AUs που χρησιμοποιήθηκαν για τη λύπη τότε παράγεται η θλίψη.

Με την ίδια λογική ο τρόμος είναι πιο έντονης διέγερσης φόβος. Με την κύλιση της μπάρας στην μέγιστη ένταση των AU4 (μύες για το κλείσιμο των άνω βλεφαρίδων) και μικρή αύξηση των AU6 και AU7 (μύες για το στένεμα των βλεφαρίδων) καθώς και αύξηση στο μισό της μέγιστης δυνατής έντασης του ανοίγματος του στόματος (W, open) και τα AUs υπεύθυνα για το φόβο πραγματοποιείται το συναίσθημα του τρόμου.

Για την παραγωγή του συναισθήματος της απογοήτευσης χρησιμοποιήθηκαν τα κοινά AUs του φόβου και της λύπης και επιπλέον η ελάττωση της επιφάνειας που καταλαμβάνει το στόμα. Για τη δημιουργία της καχυποψίας χρησιμοποιήθηκε το AU2_left (μυς για το σήκωμα του αριστερού φρυδιού) καθώς και τα κοινά AUs του φόβου και της απέχθειας. Στις Εικόνες 5.3 και 5.4 παρουσιάζονται τα προαναφερθέντα συναισθήματα.



(α)



(β)



(β)

Εικόνα 5.3: “Προφίλ” για (α) τρόμο (β) έκσταση και (γ) θλίψη.



(α)



(β)

Εικόνα 5.4: “Προφίλ” για (α) απογοήτευση και (β) καχυποψία.

5.3 Δημιουργία συμπεριφορών σε διαλογικούς πράκτορες

Στο Πανεπιστήμιο του Ρέικιαβικ οι Bjarni Þór Árnason και Ægir Þorsteinsson, το 2008, υπό την επίβλεψη του Dr. Hannes Högni Vilhjálmsson δημιούργησαν το BML Realizer (BMLR) [19]. Το BMLR είναι ένα open source toolkit για την απεικόνιση εικονικών ανθρώπων σε τρισδιάστατο περιβάλλον. Ως είσοδος στην animation engine χρησιμοποιείται η BML. Το Smartbody χρησιμοποιείται ως πυρήνας του toolkit με κάποιες τροποποιήσεις που το καθιστά ανεξάρτητο και εύκολο στη χρήση. Πιο συγκεκριμένα επιλέχθηκε η rendering engine Panda3D και επανασχεδιάστηκε το επίπεδο επικοινωνίας έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα περιβάλλον απλής εφαρμογής. Στο BMLR θα γίνουν πειράματα συμπεριφορών και θα ελεγχθούν τα αποτελέσματα που θα εμφανίζονται στους πράκτορες. Η κατασκευή του τρισδιάστατου περιβάλλοντος καθώς και οι εικονικοί χαρακτήρες Rob, Sam, Kelly και ένα ανθρωποειδές SuperHumanoid έχουν χρησιμοποιηθεί αυτούσια από την εφαρμογή.

Το πρώτο σενάριο που θα παρουσιαστεί καθώς και ενδεικτικός κώδικας υλοποίησης του ο οποίος θα σχολιαστεί είναι το καλωσόρισμα του χρήστη από τους πράκτορες όταν ανοίγει την εφαρμογή. Όταν ο χρήστης ανοίγει την εφαρμογή το ανθρωποειδές τον χαιρετάει και τον ευχαριστεί με λόγια που χρησιμοποίησε την εφαρμογή. Στη συνέχεια συστήνεται ο Sam και παρουσιάζει τους υπόλοιπους πράκτορες ενισχύοντας την κίνησή του αυτή με μια δεικτική χειρονομία και κοιτώντας τον κάθε πράκτορα όταν αναφέρει το όνομά του. Αναφέροντας ο Sam το όνομα της Kelly, η Kelly κάνει μια χειρονομία εκτίμησης και αντίστοιχα το ανθρωποειδές στο άκουσμα του ονόματος του ανοίγει τα χέρια αποτυπώνοντας έτσι μια χειρονομία καλωσορίσματος. Τέλος ο Rob δημιουργήθηκε απασχολημένος στο σενάριο καλωσορίσματος τοποθετώντας ένα αντικείμενο να αιωρείται και να κάνει μια προκαθορισμένη επαναλαμβανόμενη τριγωνική κίνηση και ο Rob συνεχώς να το παρακολουθεί με το βλέμμα του εκτός της στιγμής της παρουσίασης του από τον Sam που ενημερώνει το χρήστη ότι είναι απασχολημένος. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ενδεικτικός κώδικας που υλοποιήθηκε για το καλωσόρισμα του Sam έτσι ώστε να σχολιαστούν τα στοιχεία της BML που χρησιμοποιήθηκαν όπως επίσης και ο τρόπος συγχρονισμού των κινήσεων που χρειάστηκαν.

```

1. self.Sam.BML('<speech id="ssam2"><mark name="mrob" time="8.8"/>Rob, <mark name="mkelly" time="
11"/>Kelly <mark name="msh" time="14.5"/>and SuperHumanoid<mark name="mdone" time="16.5"/></spe
eech>'
2.         + '<gesture start="ssam2:mkelly" type="sweep" />'
3.         + '<gaze stroke="ssam2:mkelly" target="Kelly"/>'
4.         + '<gaze stroke="ssam2:mrob" target="Rob"/>'
5.         + '<gaze stroke="ssam2:msh" target="SuperHumanoid"/>'
6.         + '<gaze stroke="ssam2:mdone" target="CameraPawn"/>'
7.         )

```

Το στοιχείο `<speech>` και `<speech id>` δηλώνουν ότι ακολουθεί κείμενο για τον πράκτορα. Το στοιχείο `time` υποδηλώνει σε ποιο δευτερόλεπτο του συνολικά υλοποιημένου script θα πραγματοποιηθεί η εντολή που ακολουθεί. Το στοιχείο `<mark name>` είναι το μοναδικό όνομα που επιλέγει ο χρήστης για την εντολή που ακολουθεί για να μπορέσει στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί συγχρονισμός. Για παράδειγμα στη γραμμή 2 του παραπάνω κώδικα με την εντολή `<gesture start="ssam2:mkelly">` ο Sam θα πραγματοποιήσει τη χειρονομία που δηλώνεται στο στοιχείο `<type>` την χρονική στιγμή που έχει δηλωθεί ως `mkelly` δηλαδή σύμφωνα με τη γραμμή 1 του κώδικα όταν ο Sam αναφέρει το όνομα της Kelly. Αντίστοιχα στις γραμμές 3-5 με την εντολή `<gaze stroke>` και το κατάλληλο `<mark name>` ο Sam θα γυρίσει το βλέμμα του στον πράκτορα που δηλώνεται στο στοιχείο `<target>` τη χρονική στιγμή που θα αναφέρει το εκάστοτε όνομα του κάθε πράκτορα στη γραμμή 1. Τέλος σύμφωνα με τη γραμμή 6 αφού έχουν συσταθεί οι πράκτορες ο Sam θα γυρίσει το βλέμμα του στην κάμερα. Παρακάτω παρατίθενται και οι εντολές που υλοποιήθηκαν για να συστηθούν οι υπόλοιπους χαρακτήρες όταν ο Sam τους αναφέρει.

```

1. self.Rob.BML('<speech id="srob"><mark time="9.1"/>Hey!<mark name="mstart" time="10" /> Sorry! I'm
busy!</speech>'
2.         + '<gesture start="srob:mstart" type="you" hand="right"/>'
3.         )
4. self.Kelly.BML('<speech id="skelly"><mark time="11.1"/>Hello!<mark name="mstart" time="11.5"/></spe
eech>'
5.         + '<gesture start="skelly:mstart" type="offer" hand="right"/>'
6.         )
7. self.SuperHumanoid.BML('<speech id="ssh"><mark time="14.6"/>Have a<mark name="mstart" time="14.9
"/> wonderful day!</speech>'
8.         + '<gesture start="ssh:mstart" type="why" hand="both"/>'
9.         )

```

Στις Εικόνες 5.5-5.9 παρουσιάζονται στιγμιότυπα από το σενάριο που σχολιάστηκε παραπάνω, και τη συμπεριφορά του κάθε πράκτορα. Ειδικότερα τον Sam να συστήνει τους υπόλοιπους χαρακτήρες και ο αντίστοιχος χαρακτήρας να καλωσορίζει τον χρήστη.



Εικόνα 5.5: Πρώτο στιγμιότυπο καλωσορίσματος.



Εικόνα 5.6: Δεύτερο στιγμιότυπο καλωσορίσματος.



Εικόνα 5.7: Τρίτο στιγμιότυπο καλωσορίσματος.



Εικόνα 5.8: Τέταρτο στιγμιότυπο καλωσορίσματος.



Εικόνα 5.9: Πέμπτο στιγμιότυπο καλωσορίσματος.

Στη συνέχεια ένα ακόμα χαρακτηριστικό που αναπτύχθηκε είναι οι πράκτορες να κοιτάνε συνεχώς την κάμερα σε όποιο σημείο και αν τη γυρίσει ο χρήστης. Η κάμερα κινείται με τα πλήκτρα WASD και περιστρέφεται με τα πλήκτρα Q και E. Τοποθετώντας ένα αντικείμενο χωρίς σχήμα κολλημένο στην κάμερα άορατο στο χρήστη με τις παρακάτω εντολές:

1. `self.CameraPawn = Pawn(self.BMLR, "CameraPawn", geom=None, geomType = 0)`
2. `self.CameraPawn.reparentTo(base.camera)`

και στη συνέχεια με τις εξής εντολές BML για τον κάθε πράκτορα:

1. `self.SuperHumanoid.BML('<gaze target="CameraPawn"/>')`
2. `self.Kelly.BML('<gaze target="CameraPawn"/>')`
3. `self.Sam.BML('<gaze target="CameraPawn"/>')`

επιτυγχάνεται οι τρεις πράκτορες να έχουν συνεχώς την προσοχή τους στην κάμερα και συνεπώς στο χρήστη που τη χειρίζεται. Το βλέμμα των πρακτόρων θα είναι συνεχώς στην κάμερα εκτός εάν αλλάξει ρητά με εντολή για τη δημιουργία κάποιας άλλης συμπεριφοράς όπως για παράδειγμα το καλωσόρισμα που υλοποιήθηκε παραπάνω. Ενδιαφέρον παρουσιάζεται όταν ο χρήστης μετακινήσει την κάμερα στο πίσω μέρος των πρακτόρων εκεί όπου ο πράκτορας για να συνεχίσει να κοιτάει το χρήστη θα λειτουργήσει όπως ένας άνθρωπος και δεν θα δημιουργηθούν περιεργες κινήσεις στο κεφάλι του πράκτορα. Στην Εικόνα 5.10 απεικονίζονται στιγμιότυπα από την περιστροφή της κάμερας και το αντίστοιχο βλέμμα των πρακτόρων κάθε στιγμή.



Εικόνα 5.10: Στιγμιότυπα περιστροφής κάμερας και συντονισμός βλέμματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ

Οι άνθρωποι εκφράζουν τα συναισθήματά τους όχι μόνο λεκτικά αλλά και με εκφράσεις του προσώπου, στάση του σώματος, χειρονομίες καθώς και με εκφορά λόγου. Για το συναίσθημα το πιο ουσιώδες για να ληφθούν πληροφορίες είναι το πρόσωπο.

Η παρούσα διπλωματική ασχολήθηκε με τη μοντελοποίηση συναισθημάτων και βασικών συμπεριφορών σε διαλογικούς πράκτορες με τη χρήση της Behavior Markup Language μιας γλώσσας η οποία ελέγχει λεκτικές και μη συμπεριφορές καθώς και εκφράσεις προσώπου εικονικών χαρακτήρων. Αρχικά παρουσιάστηκαν δύο θεωρίες που αφορούν την αναπαράσταση των συναισθημάτων, προγενέστερες έρευνες που πραγματοποιήθηκαν για την κατηγοριοποίηση των εκφράσεων καθώς επίσης ορίστηκαν τα βασικά συναισθήματα και ποια είναι η σχέση μεταξύ των εκφράσεων και της συμπεριφοράς ενός ατόμου από την ψυχολογική σκοπιά.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιέχονται πληροφορίες σχετικά με τεχνικές εμφύχωσης, με τη βαρύτητα να δίνεται στο FACS το οποίο είναι ένα σύστημα κωδικοποίησης των κινήσεων των μυών του προσώπου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο έγινε η εισαγωγή στην BML, παρουσιάστηκε το πλαίσιο SAIBA το οποίο εκπροσωπεί η BML καθώς και ο σκοπός δημιουργίας του. Επιπλέον έγινε μια ανάλυση των στοιχείων που δέχεται σαν ορίσματα η BML.

Στο πέμπτο κεφάλαιο έγινε μια περιγραφή του γραφικού περιβάλλοντος που κατασκευάστηκε για την μοντελοποίηση συναισθημάτων σύμφωνα με το FACS και τις θεωρίες αναπαράστασης συναισθημάτων του δεύτερου κεφαλαίου. Με τη βοήθεια της πλατφόρμας Smartbody κατασκευάστηκε μια εφαρμογή με γραφικό περιβάλλον για τη δημιουργία εκφράσεων του προσώπου μέσω BML εντολών. Μέσω του γραφικού περιβάλλοντος μοντελοποιήθηκαν τα βασικά συναισθήματα έτσι όπως έχουν καθιερωθεί από προγενέστερες μελέτες καθώς και κάποια ενδιάμεσα συναισθήματα τα οποία πέρασαν τον έλεγχο ατόμων χωρίς ειδικευση. επίσης έγινε ανάλυση κάποιων σεναρίων συμπεριφορών που αναπτύχθηκαν στην εφαρμογή BMLR του Πανεπιστημίου του Ρέικιαβικ. Στη συνέχεια με τη βοήθεια μιας εφαρμογής που φτιάχτηκε στο Πανεπιστήμιο του Ρέικιαβικ πραγματοποιήθηκαν κάποια πειράματα συμπεριφορών αξιοποιώντας τις εντολές της BML και σχολιάστηκαν τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα ήταν

ικανοποιητικά ως προς τις κινήσεις των πρακτόρων και τα απλά σενάρια συμπεριφορών είχαν θετική επίδραση στους χρήστες που αλληλοεπέδρασαν με το BMLR.

Η δημιουργία των εκφράσεων από το γραφικό περιβάλλον καθώς και διάφορες ενδιάμεσες εκφράσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε κάποιο game- based assessment δηλαδή σε μία έγκυρη ψυχομετρική αξιολόγηση η οποία βοηθάει τον εργοδότη να επιλέξει τον σωστό υποψήφιο για μια δουλειά. Ενδιάμεσες εκφράσεις μπορούν να υπάρχουν σε μια τέτοια αξιολόγηση και ο υποψήφιος να κληθεί να αποφασίσει ποιο συναίσθημα είναι αυτό που εμφανίζεται στην οθόνη και τα αποτελέσματα να αναλυθούν από ψυχολόγους για τη δημιουργία ενός ψυχολογικού προφίλ. Τέλος η BML μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή χαρακτήρων σε βιντεοπαιχνίδια που δεν ελέγχονται από το χρήστη οι λεγόμενοι και Non Players Characters (NPCs). Οι χαρακτήρες αυτοί είναι που κάνουν τον εικονικό κόσμο πιστευτό στον παίκτη καθώς αντιπροσωπεύουν την ανθρώπινη παρουσία η οποία είναι απαραίτητη για να βιώσει ο παίκτης μια εμπειρία που προσφέρει όλα τα συναισθήματα και καθιστά την εμπειρία αυτή ρεαλιστική με ρεαλιστικά φαινόμενα και αντιδράσεις αναπαράγοντας έτσι έναν πιστευτό κόσμο.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] C. M. Whissel, *The dictionary of affect in language*, R. Plutchik and H. Kellerman (Eds) *Emotion: Theory, research and experience: vol 4, The measurement of emotions*. Academic Press, New York, 1989.
- [2] A. Kołakowska, A. Landowska, M. Szwoch, W. Szwoch, & M. R. Wrobel. *Modeling emotions for affect-aware applications*. In *Information Systems Development and Applications*. Faculty of Management, University of Gdańsk, Poland, 2015, pp. 55-59
- [3] R. Plutchik, *The emotions: facts, theories, and a new model* , Random House, New York, 1962.
- [4] R. Plutchik, *Foundations of experimental research*, Harper & Row, New York, 1968.
- [5] P. Ekman, *Emotion in the human face 2nd ed.*, Cambridge University Press, 1982.
- [6] D. Keltner & P. Ekman. *Facial Expression of Emotion*. In M. Lewis & J. Haviland-Jones (Eds.), *Handbook of emotions, 2nd edition*. Guilford Publications, Inc, New York, 2000, pp. 236-249
- [7] P. Ekman. *Universal Facial Expressions of Emotions*. California Mental Health Research Digest, 1970, pp 151-158.
- [8] P. Ekman. *Methods for Measuring Facial Action*. In K. R. Scherer & P. Ekman (Eds.), *Handbook of Methods in Nonverbal Behavior Research* Cambridge University Press, New York, 1982, pp.45-90.
- [9] P. Ekman, J. C. Hager & W. V. Friesen. *The Symmetry of Emotional and Deliberate Facial Actions*. *Psychophysiology*, 1981, pp.101-106.
- [10] En.wikipedia.org. *Facial Action Coding System*. [online] Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Facial_Action_Coding_System> , 2020.
- [11] Y. Tian, T. Kanade and J. F. Cohn, "Recognizing action units for facial expression analysis," in *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 23, no. 2, pp. 97-115, Feb. 2001. doi: 10.1109/34.908962
- [12] M. Tekalp, "Face and 2-D Mesh Animation in MPEG-4", *Tutorial Issue On The MPEG-4 Standard, Image Communication Journal*, Elsevier, 1999.
- [13] K. R. Thórisson. "Dialogue Control in Social Interface Agents". *InterCHI Adjunct Proceedings '93*, Amsterdam, April 1993, pp. 139-140.

- [14] J. Cassell, C. Pelachaud, N. Badler, M. Steedman, B. Achorn, T. Becket, B. Douville, S. Prevost and M. Stone. "Animated Conversation: Rule-Based Generation of Facial Expression, Gesture and Spoken Intonation for Multiple Conversational Agents". *Siggraph 94 Conference Proceedings*, ACM SIGGRAPH, Addison Wesley, 1994, pp.413-420.
- [15] S. Kopp et al. *Towards a Common Framework for Multimodal Generation: The Behavior Markup Language*. In: J. Gratch , M. Young, R. Aylett , D. Ballin , P. Olivier (eds) *Intelligent Virtual Agents. IVA 2006. Lecture Notes in Computer Science, vol 4133*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006. doi: 10.1007/11821830_17
- [16] Secom.ru.is, *FML Standard 1.0*. [online] Available at: < <http://secom.ru.is/fml/> >, (accessed 2020).
- [17] H. Vilhjálmsson et al. *The Behavior Markup Language: Recent Developments and Challenges*. In: C. Pelachaud , JC. Martin, E. André, G. Chollet , K. Karpouzis , D. Pelé (eds) *Intelligent Virtual Agents. IVA 2007. Lecture Notes in Computer Science, vol 4722*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007. doi: 10.1007/978-3-540-74997-4_10
- [18] M. Thiébaux, S. Marsella, A.N. Marshall & M. Kallmann. "SmartBody: behavior realization for embodied conversational agents" in *7th International Joint Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems (AAMAS 2008), Estoril, Portugal, May 12-16, 2008, Volume 1., 2008*. doi:10.1145/1402383.1402409
- [19] Cadia.ru.is, *The Cadia BML Realizer*. [online] Available at: < <http://cadia.ru.is/projects/bmlr/> >, (accessed 2020).