



ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΑΝΟΙΚΤΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΣΗ ΣΤΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ
(AUDIO GAME) ΣΕ ΚΙΝΗΤΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ”**

ΜΠΟΜΠΟΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΦΛΩΡΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ**

**ΠΑΤΡΑ
ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ, 2012**



Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση στα Πληροφοριακά Συστήματα

Διπλωματική Εργασία: *“Σχεδίαση και Ανάπτυξη Ηχητικού Παιχνιδιού σε Κινητή Πλατφόρμα”*



© ΕΑΠ, 2012

Η παρούσα διατριβή η οποία εκπονήθηκε στα πλαίσια της ΘΕ “Διπλωματική Εργασία” του προγράμματος “Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση στα Πληροφοριακά Συστήματα” (ΠΛΗΣ), και τα λοιπά αποτελέσματα της αντίστοιχης Διπλωματικής Εργασίας (ΔΕ) αποτελούν συνιδιοκτησία του ΕΑΠ και του φοιτητή, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικαίωμα ανεξάρτητης χρήσης και αναπαραγωγής τους (στο σύνολο ή τμηματικά) για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, σε κάθε περίπτωση αναφέροντας τον τίτλο και το συγγραφέας και το ΕΑΠ, όπου εκπονήθηκε η Διπλωματική Εργασία, καθώς και τον επιβλέποντα και την επιτροπή κρίσης.



“ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΝΟΣ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ (AUDIO GAME) ΣΕ ΚΙΝΗΤΗ ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ”

Μπόμπος Νικόλαος

Φλώρος Ανδρέας

Επιβλέπων

Καβαλιεράτου Εργίνα

Μέλος Επιτροπή 1^ο

Λιοτόπουλος Φώτης

Μέλος Επιτροπής 2^ο

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πρόσφατη διάδοση των κινητών υπολογιστικών συσκευών και δραματική αύξηση των δυνατοτήτων του υλικού εξοπλισμού που αυτές διαθέτουν είναι εντυπωσιακή, ενώ δίνει σημαντικές ευκαιρίες για ανάπτυξη πιο εξελιγμένων εφαρμογών. Επιπλέον λόγω του αυξημένου όγκου πληροφορίας και των περιορισμένου μεγέθους οθονών που διαθέτουν αυτές οι συσκευές υπάρχει μια αναθέρμανση του ενδιαφέροντος για ανάπτυξη ηχητικών διεπαφών, αφού τέτοιες διεπαφές μπορούν να δώσουν πιο άμεση και σαφή κύρια ανάδραση στο χρήστη σε κάποιες εφαρμογές ή να συμπληρώσουν τα οπτικά ερεθίσματα που δέχεται σε άλλες εφαρμογές. Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στο σχεδιασμό και την υλοποίηση λογισμικού επάνω σε αυτούς τους δύο βασικούς άξονες, τις κινητές πλατφόρμες και τις ηχητικές διεπαφές. Πιο συγκεκριμένα ασχολείται με την ανάπτυξη ενός ηχητικού παιχνιδιού σε κινητή πλατφόρμα.

Γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση για τις τεχνικές ηχητικού σχεδιασμού και ηχητικής αναπαράστασης που χρησιμοποιούνται για την απόδοση του σεναρίου και οι οποίες βασίζονται κυρίως στην παραμετρική μοντελοποίηση ήχων. Αντίστοιχα, παρουσιάζονται τα διάφορα εργαλεία, όπως η γλώσσα προγραμματισμού PureData, καθώς επίσης και τα περιβάλλοντα, όπως το λειτουργικό περιβάλλον Android, στα οποία σχεδιάστηκε, αναπτύχθηκε και εκτελέστηκε η εφαρμογή του ηχητικού



παιχνιδιού. Επίσης, σημαντική αναφορά γίνεται και στις πρακτικές λεπτομέρειες της υλοποίησης ενώ αναλύονται και τα βασικά κομμάτια κώδικα του παιχνιδιού.

Τα βασικά συμπεράσματα που προκύπτουν από το διαδικασία του σχεδιασμού και της υλοποίησης αλλά και από τις δοκιμές και την χρήση του παιχνιδιού καταγράφονται και αναλύονται στο τέλος της εργασίας. Παράλληλα αναφέρονται και οι δυνατότητες για περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη εφαρμογών στον τομέα των ηχητικών διεπαφών αλλά και της αξιοποίησης των δυνατοτήτων που παρέχουν οι κινητές πλατφόρμες.

Λέξεις-Κλειδιά: Ηχητικό παιχνίδι, Κινητή Πλατφόρμα, Ηχητική Διεπαφή, Ηχητικός Σχεδιασμός, Ηχητική Αναπαράσταση, Ψηφιακή Μοντελοποίηση Ήχων, Android, Puredata,



“DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN AUDIO GAME ON A MOBILE PLATFORM”

Bompos Nikolaos

Floros Andreas

Supervisor

Kavalieratou Ergina

1st Committee Member

Liotopoulos Fotis

2nd Committee Member

ABSTRACT

The dramatic increase in usage, as well as hardware capabilities of mobile devices in recent years is impressive. As a result, the potential to develop more sophisticated applications for mobile devices have increased drastically. Furthermore, the increased information volume combined with limited size visual displays have revived interest in developing elaborate audio interfaces for mobile applications. Such audio interfaces can provide in certain applications a more clear and immediate user feedback, while in other applications they can significantly augment the visual user feedback. The focus of this thesis is to design and develop software in the framework of mobile software platforms and audio interfaces. In particular the application developed is an audio game on a mobile device.

A detailed analysis is done on the sound design and sonification techniques that have been used to deliver the scenario of the game, where such techniques are mainly based on parametric modeling of sounds. Respectively a presentation is done regarding the tools (e.g. programming language Pure Data) and the platforms (e.g. mobile operating system Android) that have been used to design, develop and execute the audio game application. A significant mention is also made on the details of the implementation as well as analysis on major parts of the application code.

In the last part of the thesis, there is a presentation of the major conclusions that were derived during the design and implementation process as well as during



experimental use of the game. Finally, a comment is noted on areas of further research and application focused on the potential of both audio interfaces and mobile platforms.

Keywords: Audio Game, Mobile Platforms, Audio Interface, Audio Design, Sonification, Digital Sound Modeling, Android, PureData



Πίνακας Περιεχομένων

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
	ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΠΑΙΧΝΙΔΙΩΝ	12
	ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΟΜΗ	14
2	ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	16
	ΑΚΟΥΣΤΙΚΗ ΑΝΤΙΛΗΨΗ	16
	ΘΕΩΡΙΑ ΗΧΗΤΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	28
	ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΗ ΣΤΑΘΜΗ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΠΑΙΧΝΙΔΙΩΝ	40
3	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΙΝΗΤΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ	42
	ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ ΚΙΝΗΤΩΝ ΣΥΣΚΕΥΩΝ	42
	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΚΙΝΗΤΩΝ	44
	ΑΡΧΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΕ ΚΙΝΗΤΕΣ ΠΛΑΤΦΟΡΜΕΣ	47
	ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ	49
4	ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ	52
	ΣΕΝΑΡΙΟ	52
	ΠΛΑΤΦΟΡΜΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ	54
	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ, ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ	56
	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	59
	ΗΧΗΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	60
	ΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	64
5	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	71
	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ	71
	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ	71
	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ	72
6	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	75
	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	75
	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	76
7	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78
8	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α	81
9	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β	83



Μεταπτυχιακή Εξειδίκευση στα Πληροφοριακά Συστήματα

Διπλωματική Εργασία: *“Σχεδίαση και Ανάπτυξη Ηχητικού Παιχνιδιού σε Κινητή Πλατφόρμα”*



Ευρετήριο Εικόνων

Εικόνα 1: Γραφική παράσταση ημιτονοειδούς κύματος	17
Εικόνα 2: Ανατομία του Ανθρώπινου Αυτιού	20
Εικόνα 3: Όριο Διαφοράς Συχνότητα (DL) ανα περιοχή συχνοτήτων	24
Εικόνα 4: Φαινόμενο μήκος κύματος κινούμενης πηγής	26
Εικόνα 5: Εξέλιξη Μεθόδων Ηχητικής Αναπαράστασης	33
Εικόνα 6: Αμφιωτική απόδοση ήχου	38
Εικόνα 7: Γραφική Αναπαράσταση του Σεναρίου	53
Εικόνα 8: Χειριστήρια Παιχνιδιού σε Κινητή Συσκευή	53
Εικόνα 9: Παράδειγμα Κώδικα Απλού Προγράμματος σε PureData	58
Εικόνα 10: Μελωδία Αποτυχίας	62
Εικόνα 11: Διάγραμμα Ροής Δεδομένων	65
Εικόνα 12: Πρότυπο Γενικής Δομής Εφαρμογής	67
Εικόνα 13: Πρότυπο Υπολογισμού Θέσης Χ	69
Εικόνα 14: Πρότυπο Ελέγχου Επιτυχίας	70



1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ηλεκτρονικά παιχνίδια αποτελούν εδώ και αρκετά χρόνια μια πολύ διαδεδομένη μορφή διασκέδασης, συχνά ακόμα και εκπαίδευσης. Σήμερα, η κυριότερη υλοποίηση των ηλεκτρονικών παιχνιδιών γίνεται μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστικών συσκευών, οι οποίες λειτουργούν ως πλατφόρμες πάνω στις οποίες εκτελούνται ως διαδραστικές εφαρμογές τα παιχνίδια. Έτσι υπάρχει μια τεράστια ποικιλία ηλεκτρονικών παιχνιδιών, διαθέσιμη μέσα από μια εξίσου σημαντική ποικιλία υπολογιστικών συσκευών.

Τα πρώτα ηλεκτρονικά παιχνίδια που εμφανίστηκαν σε υπολογιστικές συσκευές στις αρχές της δεκαετίας του '70, είχαν σχεδιαστεί ώστε το διαδραστικό περιβάλλον του χρήστη να βασίζεται στο κείμενο. Έτσι ο χρήστης διάβαζε σε κείμενο το σκηνικό και την εξέλιξη του παιχνιδιού και αντίστοιχα έγραφε με κείμενο τις δικές του εντολές. Γρήγορα μετά δημιουργήθηκαν τα πρώτα παιχνίδια σε πλατφόρμες οι οποίες διέθεταν γραφικά για την απόδοση του σεναρίου του παιχνιδιού ενώ σύντομα προστέθηκε και ήχος. Αντίστοιχα αναπτύχθηκαν και ειδικά χειριστήρια για να μπορεί ο χρήστης να εισάγει καλύτερα τις εντολές του στο παιχνίδι. Γενικά, η εξέλιξη στις πλατφόρμες και στα ηλεκτρονικά παιχνίδια όσον αφορά τα μέσα διαδραστικότητας υπήρξε ραγδαία και συνεχίζει με τον ίδιο ρυθμό, με αποτέλεσμα σήμερα να έχουμε παιχνίδια που χρησιμοποιούν τρισδιάστατη εικόνα και ήχο και δονήσεις για να προβάλλουν στο χρήστη ενώ ο χρήστης εισάγει της εντολές του ακόμα και με τις κινήσεις του σώματός του χωρίς επαφή με κάποιο χειριστήριο.

Σε όλα αυτά τα εξελικτικά βήματα υπάρχει ένα κοινό. Παραδοσιακά οι παραγωγοί των παιχνιδιών βασίζονταν στην οπτική μετάδοση δεδομένων προς το χρήστη και πολύ λιγότερο στην ακουστική μετάδοση. Πιο συγκεκριμένα, η κύρια οδός για την περιγραφή του παιχνιδιού ήταν η οπτική, εξαιτίας της ιδιαίτερα ανεπτυγμένης οπτικής αντίληψης του ανθρώπου, ενώ η ακουστική οδός και αντίληψη χρησιμοποιήθηκε συμπληρωματικά για την απόδοση συγκεκριμένων χαρακτηριστικών του σεναρίου ή του σκηνικού [6]. Το αποτέλεσμα ήταν να αργήσει σημαντικά η ανάπτυξη των ηχητικών διεπαφών, οι οποίες αναπτύχθηκαν



συστηματικά μόνο όταν ο όγκος της πληροφορίας προς τον χρήστη ήταν τέτοιος ώστε να έχει κορεστεί η οπτική οδός μετάδοσης.

Μια ειδική κατηγορία παιχνιδιών λοιπών είναι τα Ηχητικά Παιχνίδια. Το βασικό χαρακτηριστικό των Ηχητικών Παιχνιδιών είναι ότι στηρίζονται κυρίως στην ακουστική αντίληψη του χρήστη, χρησιμοποιώντας πρωτίστως ή ακόμα και αποκλειστικά την ακουστική οδό για να μεταδώσουν πληροφορία στον χρήστη-παίκτη. Η κατηγορία αυτή είναι αρκετά παλιά αλλά δεν έλαβε ποτέ ιδιαίτερες διαστάσεις αφού γενικά οι χρήστες προτιμούν παιχνίδια με όσο το δυνατόν περισσότερες οδούς ανάδρασης. Ωστόσο υπάρχει ενδιαφέρον για την ανάπτυξη ακουστικών παιχνιδιών και εφαρμογών δεδομένου ότι αναπτύσσουν τεχνολογία σχετιζόμενη με την ακουστική αντίληψη, η οποία είναι απαραίτητη για την περαιτέρω ανάπτυξη εφαρμογών που χρησιμοποιούν όλα τα αναδραστικά μέσα.

Ιστορία των Ηχητικών Παιχνιδιών

Το πρώτο ηλεκτρονικό ηχητικό παιχνίδι δημιουργήθηκε από την Atari το 1974 [10]. Το παιχνίδι αποτελούνταν από μια φορητή ηλεκτρονική συσκευή η οποία διέθετε μια σειρά από κουμπιά. Ο παίχτης καλείται να αναπαράγει μια ακολουθία ήχων πατώντας τα κουμπιά, όπου κάθε κουμπί αντιστοιχεί σε ένα ήχο και έχει και ένα λαμπάκι το οποίο συνοδεύει τον ήχο. Το παιχνίδι αυτό παρότι είχε και κάποια οπτικά ερεθίσματα ήταν το πρώτο που μπορούσε να παιχτεί πλήρως ως ηχητικό παιχνίδι. Αυτό είναι και το βασικό χαρακτηριστικό ώστε να η ειδοποιός διαφορά με οποιοδήποτε άλλο είδος παιχνιδιού. Με το παιχνίδι αυτό ξεκίνησε μια γενιά ηχητικών παιχνιδιών που υλοποιούνταν σε φορητές ηλεκτρονικές συσκευές οι οποίες είχαν ως μόνη λειτουργία το παιχνίδι. Η γενιά αυτή παιχνιδιών συνέχισε μέχρι και τις αρχές της δεκαετίας του '90 όπου και εγκαταλείφθηκε αυτή η τεχνική δημιουργίας ηχητικών παιχνιδιών.

Παράλληλα, την δεκαετία του '80 και του '90 οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έγιναν πιο διαδεδομένοι και προσβάσιμοι στο ευρύ κοινό. Με την ανάπτυξη των



ηλεκτρονικών υπολογιστών και την επικράτηση των γραφικών παιχνιδιών, τα ηχητικά παιχνίδια περιορίστηκαν σαν κατηγορία ενώ οι παραγωγές τους απευθύνονταν σε άτομα με προβλήματα όρασης. Ήδη από την δεκαετία του '80 εμφανίστηκαν τα πρώτα ηχητικά παιχνίδια σε ηλεκτρονικούς υπολογιστές τα οποία βασίζονταν σε παιχνίδια κειμένου μετατρέποντας στη συνέχεια το κείμενο σε ομιλία (text-to-speech technology).

Σύντομα εμφανίστηκαν και τα πρώτα μουσικά παιχνίδια τα οποία ενώ είχαν και οπτικά στοιχεία, μπορούσαν να παιχτούν και ως καθαρά ηχητικά παιχνίδια. Μεγάλο ρόλο σε αυτή την εξέλιξη έπαιξε η ανάπτυξη της τεχνολογίας MIDI, όπου πλέον η χρήση και ο προγραμματισμός συνθετικού ήχου γινόταν με εύκολο και τυποποιημένο τρόπο. Το γεγονός αυτό έκανε πιο διαδραστικά τα ηχητικά, αλλά και τα γραφικά, παιχνίδια αφού πλέον μπορούσαν να εφαρμοστούν τεχνικές ηχητικής αναπαράστασης όπως θα δούμε και σε επόμενο κεφάλαιο.

Από τα τέλη της δεκαετίας του '90 έως και σήμερα η τεχνολογία των ηχητικών παιχνιδιών έχει κάνει άλματα ακολουθώντας βέβαια και την γενικότερη αλματώδη πρόοδο που είχαν τα ψηφιακά ηλεκτρονικά και οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές. Στη δεκαετία που μας πέρασε είδαμε να κάνουν και την εμφάνισή τους ηχητικά παιχνίδια με εμπορική απήχηση [16] που χρησιμοποιούσαν τεχνικές απόδοσης τρισδιάστατου ήχου (3D audio). Πιο πρόσφατα έχουμε παραδείγματα ηχητικών παιχνιδιών [17] που χρησιμοποιούν και παραγωγή ήχου μέσω μοντέλων καθώς και αμφιωτικό ήχο, δηλαδή αναπαραγωγή κατάλληλου ψηφιακού ήχου από δύο πηγές (π.χ. ακουστικά) που λαμβάνει υπόψη την απόσταση μεταξύ των δύο αυτιών και την ακουστική «σκιά» που δημιουργεί το κεφάλι ώστε να δίνεται η εντύπωση στον άνθρωπο ότι ακούγεται από μια πηγή ο ήχος.

Είναι φανερό λοιπόν ότι τα ηχητικά παιχνίδια, με τη βοήθεια κυρίως της ακαδημαϊκής κοινότητας, είναι ιδιαίτερα αναπτυγμένα στις μέρες μας εξίσου τεχνολογικά και σχεδιαστικά.



Σκοπός και Δομή

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι να σχεδιάσει και να αναπτύξει ένα ηχητικό παιχνίδι με έμφαση στην βαθύτερη κατανόηση των αρχών και των κανόνων που διέπουν την εφαρμογή και υλοποίηση ακουστικών εφαρμογών. Επιπλέον, στα πλαίσια της εργασίας επιλέχθηκε η υλοποίηση σε μια κινητή πλατφόρμα και συγκεκριμένα σε συσκευή τύπου smartphone, αναδεικνύοντας έτσι και την καινοτόμο πλευρά της χρήσης νέων τεχνολογιών και εργαλείων. Βασικός άξονας καθ' όλη τη διάρκεια της εργασίας υπήρξε ο πειραματισμός τόσο για την ηχητική σχεδίαση όσο και για την αρχιτεκτονική και υλοποίηση του λογισμικού.

Η δομή της παρούσας εργασίας αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια τα οποία περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω.

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια σύντομη εισαγωγή στο αντικείμενο της εργασίας και αναφορά στο δομή και το περιεχόμενό της.

Κεφάλαιο 2. Θεωρητικό Υπόβαθρο: Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσεται το θεωρητικό πλαίσιο το οποίο στηρίζει την παρούσα εργασία. Το πρώτο θέμα το οποίο αναπτύσσεται είναι ακουστική αντίληψη και ο ήχος, ο ηχητικός σχεδιασμός και οι τεχνικές ηχητικής αναπαράστασης που χρησιμοποιούνται, ενώ γίνεται αναφορά και στις κατηγορίες των ηχητικών παιχνιδιών. Πέρα από μια σύντομη αναφορά στη γενική θεωρητική προσέγγιση για τον ηχητικό σχεδιασμό γίνεται και μια πρώτη αναφορά στο πως αυτός μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ηχητικό παιχνίδι.

Κεφάλαιο 3 Ανάπτυξη Κινητών Έφαρμογών: Στο κεφάλαιο αυτό αναπτύσσονται τα κύρια στοιχεία του υλικού και του λειτουργικού λογισμικού των κινητών συσκευών καθώς και μια κατηγοριοποίηση των κινητών εφαρμογών. Στη συνέχεια αναφέρονται μερικές βασικές αρχές για την ανάπτυξη μια εφαρμογής σε κινητή πλατφόρμα ώστε να αποτελέσουν ένα πλαίσιο προδιαγραφών για το πρακτικό κομμάτι της εργασίας. Τέλος το κεφάλαιο κλείνει με μια αναφορά στις μεθοδολογίες ανάπτυξης λογισμικού και αναλύεται η επιλογή της μεθοδολογίας για να την υλοποίηση του παιχνιδιού.



Κεφάλαιο 4. Σχεδίαση Παιχνιδιού: Το κεφάλαιο αυτό επικεντρώνεται κυρίως στο εφαρμοσμένο κομμάτι της εργασίας, δηλαδή στο σχεδιασμό και την υλοποίηση, συμπληρώνοντας μικρά κομμάτια θεωρίας όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο. Το πρώτο θέμα το οποίο αναλύεται είναι το σενάριο του παιχνιδιού, το οποίο αποτελεί και τη βασική προδιαγραφή για το σχεδιασμό και την υλοποίηση. Στη συνέχεια γίνεται μια λεπτομερής ανάλυση της πλατφόρμας ανάπτυξης και των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν σε όλα τα στάδια ανάπτυξης. Ακολουθεί η αρχιτεκτονική της εφαρμογής καθώς επίσης και ο ηχητικός και λογικός σχεδιασμός. Στο κομμάτι αυτό του κεφαλαίου γίνεται μια βαθύτερη ανάλυση των βασικών παραμέτρων της υλοποίησης ενώ εξηγείται επαρκώς και η ροή της πληροφορίας.

Κεφάλαιο 5. Αποτελέσματα: Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στα αποτελέσματα της εργασίας και πως αυτά προέκυψαν από τη πρακτική διαδικασία. Τα συμπεράσματα που παρατίθενται προέκυψαν στο σύνολό τους μέσα από πειραματισμό και εφαρμοσμένη έρευνα ενώ γίνεται προσπάθεια να δοθούν σε μια πιο περιγραφική και οικεία μορφή.

Κεφάλαιο 6. Συμπεράσματα και Προοπτικές: Τέλος στο κεφάλαιο αυτό συνοψίζεται η ποιοτική αξιολόγηση του αποτελέσματος, ενώ σημειώνονται ορισμένες προοπτικές για περαιτέρω έρευνα, οι περισσότερες από τις οποίες θα μπορούσαν να βοηθήσουν στην διεύρυνση του πεδίου και στην σύνδεσή του με άλλα πεδία έρευνας.



2 ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Ακουστική Αντίληψη

Ήχος

Τα μηχανικά κύματα ταλαντώσεων τα οποία έχουν συχνότητες από 20Hz έως 20.000Hz (ανθρώπινο ακουστικό φάσμα) γίνονται αντιληπτά από τον άνθρωπο ως ήχος. Η μετάδοση των κυμάτων αυτών γίνεται μέσω ταλαντώσεων των μορίων των υλικών και καταλήγει να διεγείρει το αντί κάνοντας έτσι αντιληπτό τον ήχο στον άνθρωπο του οποίου το αντί συνέλαβε την ταλάντωση αυτή.[18]

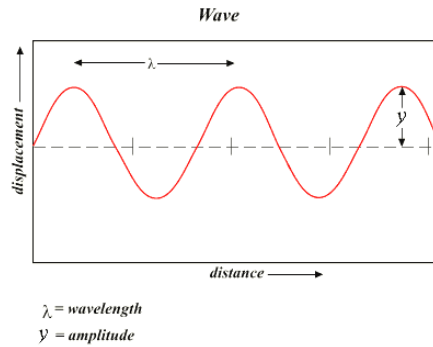
Έτσι κάθε κίνηση ενός σώματος μπορεί να δημιουργήσει μια ταλάντωση στο υλικό του ίδιου του σώματος ή στο υλικό άλλων σωμάτων και αερίων με τα οποία είναι σε επαφή ή υπάρχει κρούση, και με τη σειρά τους αυτές οι ταλαντώσεις να διαδοθούν με τη μορφή κύματος (ακουστικό κύμα) σε συχνότητα εντός του ακουστικού φάσματος. Συλλαμβάνοντας και αναλύοντας αυτά τα σήματα άνθρωποι και ζώα μπορεί να συλλέγουν πολλές πληροφορίες για την κίνηση των πραγμάτων που βρίσκονται γύρω τους. Το πλεονέκτημα αυτό είναι και ο λόγος που τα αυτιά είναι συνηθισμένο όργανο στους πλέον εξελιγμένους οργανισμούς του πλανήτη.

Δεδομένου ότι όλα τα ηχητικά κύματα μπορούν να αναπαραχθούν με τον συνδυασμό ενός αριθμού ημιτονοειδών κυμάτων, θα στηριχθούμε στο ημιτονοειδές κύμα ώστε να αναφέρουμε τα κύρια φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία ήχου.

Η εξίσωση (1) ενός ημιτονοειδούς ηχητικού κύματος περιγράφει την αρμονική ταλάντωση των μορίων ως συνάρτηση του χρόνου:

$$y = A \sin (2\pi f t + \varphi) \quad (1) \quad ,$$

όπου y η μετατόπιση των μορίων, A το πλάτος της ταλάντωσης, f η συχνότητα και ϕ η φάση του κύματος.



Εικόνα 1: Γραφική παράσταση ημιτονοειδούς κύματος

Η συχνότητα του ήχου (f) είναι η συχνότητα με την οποία μεταδίδεται το ηχητικό κύμα, δηλαδή τους πλήρεις κύκλους ταλάντωσης που εκτελούν τα μόρια ανά δευτερόλεπτο με μονάδα μέτρησης το Hertz ή Hz (ένας κύκλος ανά δευτερόλεπτο).

Επίσης με τη συχνότητα σχετίζονται και κάποια άλλα μεγέθη όπως το μήκος κύματος λ και η ταχύτητα διάδοσης του κύματος u . Το μήκος κύματος είναι η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών μέγιστων του κύματος και η ταχύτητα διάδοσης είναι η απόσταση που διανύει το κύμα ανά μονάδα χρόνου. Η σχέση μεταξύ αυτών τριών μεγεθών είναι και η βασική εξίσωση της κυματικής (2).

$$u = \lambda f \quad (2)$$

Το πλάτος του ηχητικού κύματος (A) είναι η στιγμιαία μέγιστη μετατόπιση του μορίου από το σημείο ισορροπίας του, ενώ η φάση (ϕ) είναι η θέση της ταλάντωσης στην οποία βρίσκεται το κύμα τη στιγμή $t=0$.

Ένα μέγεθος που σχετίζεται άμεσα με το πλάτος και τη συχνότητα του ηχητικού κύματος είναι η ένταση (I) του κύματος. Η ένταση είναι η ισχύς που διαπερνά κάθετα μια επιφάνεια μοναδιαίου εμβαδού, μετράται σε watts/m^2 και δίνεται από την εξίσωση (3).



$$I = \frac{1}{2} \rho u A^2 (2\pi f)^2 \quad (3) ,$$

όπου ρ η πυκνότητα του μέσου στο οποίο μεταδίδεται το κύμα.

Ένα άλλο πολύ χρήσιμο μέγεθος είναι η ακουστική πίεση. Η ακουστική πίεση ορίζεται ως η τοπική υποπίεση (αραιώματα) ή υπερπίεση (πυκνώματα) που δημιουργείται σε ένα αέριο μέσο (π.χ. αέρα) κατά τη διάδοση ενός ηχητικού κύματος και μετριέται σε Pascal.

Η ένταση του ήχου είναι ένα πολύ σημαντικό μέγεθος, του οποίου η μέτρηση έχει καθιερωθεί να γίνεται όχι κατά απόλυτη τιμή αλλά αναλογικά με μια ένταση αναφοράς. Η ένταση αναφοράς είναι το $I_0 = 10^{-14} \text{ W/mm}^2$ ενώ οι διαφορές με αυτή την ένταση μετρούνται σε λογαριθμική κλίμακα. Έτσι ορίζεται το μέγεθος της Σταθμής Ακουστικής Έντασης (L) το οποίο μας δείχνει την ένταση του ήχου σε σχέση με την ένταση αναφοράς. Η εξίσωσης (4) εξηγεί τον υπολογισμό της Σταθμής Ακουστικής Έντασης για ένα ηχητικό κύμα.

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{I_1}{I_0} \right) \text{ dB} \quad (4) ,$$

όπου I_1 είναι η ένταση του ηχητικού κύματος και I_0 είναι η ένταση αναφοράς.

Οι Ήχοι στη Φύση

Οι ήχοι που φτάνουν στα αυτιά μας βέβαια δεν είναι αποτελούνται σχεδόν ποτέ από ένα απλό αρμονικό ηχητικό κύμα. Σχεδόν πάντα ένας ήχος αποτελείται από την υπέρθεση πολλών κυμάτων με διαφορετικές συχνότητες, εντάσεις και φάσεις. Η θεωρία αυτή θεμελιώθηκε ε ήδη από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα από τον γάλλο φυσικό και μαθηματικό Joseph Fourier.

Έτσι ακόμα και ένας απλός ήχος που θα προκληθεί από μια απλή αρμονική ταλάντωση, στο φυσικό κόσμο σπάνια φτάνει στο αυτί ενός ανθρώπου μόνος του. Συνήθως συνοδεύεται και από άλλα κύματα:



- Με ίδια συχνότητα και πλάτος αλλά με διαφορετική φάση, που μπορεί να έχουν προκληθεί από την ανάκλαση του αρχικού κύματος σε ένα αντικείμενο
- Με άλλη συχνότητα η οποία είναι ακέραιο πολλαπλάσιο της αρχικής συχνότητας και ονομάζονται αρμονικές του ήχου. Οι αρμονικοί ήχοι συνήθως παράγονται από το σώμα που έχει δώσει και τον αρχικό ήχο αφού ένας ταλαντωτής μπορεί να πάλλεται σε διαφορετικές συχνότητες. [21]
- Με διαφορετική ένταση που προκύπτουν από την απόσβεση της ταλάντωσης αφού στο φυσικό κόσμο υπάρχουν τριβές αλλά και άλλα εμπόδια τα οποία αναλώνουν την ενέργεια της ταλάντωσης.

Μπορούμε λοιπόν να διαχωρίσουμε τους ήχους στις παρακάτω κατηγορίες:

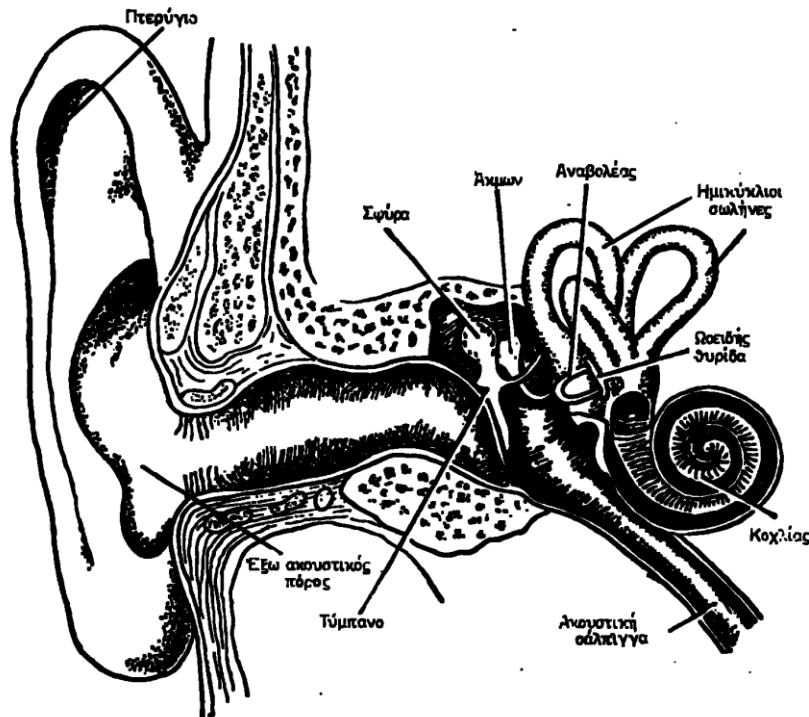
- Τόνος, ο οποίος αποτελείται από το ηχητικό κύμα που προκύπτει από μια αρμονική ταλάντωση ορισμένης συχνότητας.
- Φθόγγος, ο οποίος προκύπτει από τη σύνθεση τόνων εκ των οποίων οι περισσότεροι είναι αρμονικοί μεταξύ τους.
- Θόρυβος, ο οποίος αποτελείται από πλειάδα κυμάτων με πολλές διαφορετικές συχνότητες, φάσεις και εντάσεις τέτοιες ώστε να μην υπάρχει περιοδικότητα στο σήμα. Μάλιστα ο θόρυβος ο οποίος διαθέτει ένταση σε όλο το συχνοτικό φάσμα λέγεται λευκός θόρυβος¹. [22]

Το Ανθρώπινο Αυτί

Το όργανο που επιτρέπει στον άνθρωπο να αντιλαμβάνεται τους ήχους είναι το Αυτί. Η φυσιολογία του αυτιού και οι δυνατότητές του καθορίζουν τον τρόπο με τον οποίο καταγράφονται οι ήχοι από τον άνθρωπο.

¹ Η ονομασία έχει προκύψει σε αναλογία με το Λευκό Φως το οποίο διαθέτει όλες τις συχνότητες ορατής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Το Αυτί έχει τρεις βασικές περιοχές, το Έξω Αυτί, το Μέσο Αυτί και το Έσω Αυτί. Κάθε περιοχή έχει τα δικά της όργανα και δομές που εξυπηρετούν το καθένα κάποιο σκοπό στην διαδικασία της ακοής.[23]



Εικόνα 2: Ανατομία του Ανθρώπινου Αυτιού

Το Έξω Αυτί

- Το εξωτερικό αυτί αποτελείται από το πτερύγιο, και το κανάλι του αυτιού (έξω ακουστικός πόρος). Το πτερύγιο - το "αυτί" που βλέπουμε σε κάθε πλευρά του κεφαλιού μας - είναι κατασκευασμένο από χόνδρο και μαλακούς ιστούς, έτσι ώστε να διατηρεί ένα συγκεκριμένο σχήμα, αλλά παράλληλα να είναι και εύκαμπτο. Το πτερύγιο λειτουργεί ως συλλέκτης των ηχητικών δονήσεων γύρω μας και διοχετεύει τις δονήσεις που συλλέγει στο κανάλι των αυτιών. Δημιουργώντας ηχητικές σκιές και



ανακλάσεις μας βοηθά στον καθορισμό της κατεύθυνσης και της πηγής του ήχου.

- Ο έξω ακουστικός πόρος είναι ένας σωλήνας μήκους περίπου 25 χιλιοστών που ξεκινάει από το περύγιο του αυτιού και ακολουθώντας ελαφρώς τοξοειδή πορεία καταλήγει στον τυμπανικό υμένα. Η συνέχεια του πίσω από το τύμπανο καλείται έσω ακουστικός πόρος.
- Ο τυμπανικός υμένας συνιστά μια λεπτή λειτουργική μεμβράνη που χωρίζει το έξω από το μέσο αυτί. Η μεμβράνη αυτή διεγείρεται από τα ηχητικά σήματα και πάλλεται μεταδίδοντας τις δονήσεις στο μέσο αυτί

Το Μέσο Αυτί

- Το μέσο αυτί αρχίζει με το τύμπανο, που βρίσκεται στο τέλος του ακουστικού πόρου. Το μέσο αυτί περιέχει τρία μικροσκοπικά οστά που ονομάζονται και οστάρια. Αυτά τα τρία οστάρια αποτελούν μια εν σειρά σύνδεση από το τύμπανο μέχρι το εσωτερικό αυτί. Καθώς τα ηχητικά κύματα συναντούν το τύμπανο, αυτό κινείται μπρος-πίσω προκαλώντας τα οστάρια να κινούνται. Έτσι, το ηχητικό κύμα μετατρέπεται σε μηχανικές δονήσεις.
- Το πρώτο οστάριο, η σφύρα είναι συνδεδεμένο με το τύμπανο. Η σφύρα συνδέεται με το δεύτερο οστάριο, τον άκμωνα, και στη συνέχεια ο άκμωνας συνδέεται με το τρίτο οστάριο, τον αναβολέα. Η μηχανική ενέργεια που μεταδίδεται μέσω των τριών οσταρίων προκαλεί την μέσα-έξω μετακίνηση της βάσης του αναβολέα, στη ίδια συχνότητα με αυτή των εισερχόμενων ηχητικών κυμάτων.
- Το μέσο αυτί βρίσκεται στο μαστοειδές τμήμα του κροταφικού οστού (ένα κόκκαλο του κρανίου σε κάθε πλευρά του κεφαλιού) και είναι γεμάτο με αέρα. Ένας σωλήνας ο οποίος ονομάζεται ευσταχιανή σάλπιγγα εκτείνεται από το μπροστινό τοίχωμα του μέσου αυτιού προς τα κάτω στο πίσω μέρος της μύτης και του λαιμού (ρινοφάρυγγα). Αυτός ο σωλήνας παρέχει



αερισμό και πρόσβαση στον εξωτερικό αέρα και εξισώνει την πίεση του αέρα και στις δύο πλευρές του τυμπάνου (τη μέσα πλευρά του αυτιού με την εξωτερική πλευρά του αυτιού).

Το Έσω Αυτί

- Το εσωτερικό αυτί περιέχει τα αισθητήρια όργανα για την ακοή και την ισορροπία. Ο κοχλίας είναι το ακουστικό μέρος του εσωτερικού αυτιού. Οι ημικυκλικοί σωλήνες, ο ασκός και το σακκίδιο είναι το τμήμα ισορροπίας του εσωτερικού αυτιού.

Ο κοχλίας είναι μία οστεώδης δομή που διαμορφώνεται όπως ένα σαλιγκάρι και είναι γεμάτη με υγρό. Το όργανο του Corti είναι το αισθητήριο υποδοχής στο εσωτερικό του κοχλίου που έχει τα τριχωτά κύτταρα.

- Η μηχανική ενέργεια από την κίνηση των οστών του μέσου αυτιού ωθεί μέσα μία μεμβράνη στον κοχλίο. Αυτή η δύναμη μετακινεί τα υγρά του κοχλίου, που με τη σειρά τους, ενεργοποιούν τα μικροσκοπικά τριχωτά κύτταρα. Μεμονωμένα τριχωτά κύτταρα ανταποκρίνονται σε ειδικές ηχητικές συχνότητες, έτσι ώστε, ανάλογα με τη συχνότητα του ήχου, υποκινούνται μόνο συγκεκριμένα τριχωτά κύτταρα.
- Τα σήματα μεταφράζονται σε νευρικά ερεθίσματα από αυτά τα τριχοειδή κύτταρα. Οι νευρικές ώσεις μεταδίδονται στον εγκέφαλο από το κοχλιακό τμήμα του ακουστικού νεύρου

Μηχανισμός Ακουστικής Αντίληψης και Ψυχοακουστική

Έχοντας ήδη περιγράψει τη φύση του ήχου και τη δομή και λειτουργία του ακουστικού οργάνου μπορούμε πλέον να δούμε τις βασικές αρχές της ανθρώπινης ακουστικής αντίληψης. Η επιστήμη που ασχολείται με την περιγραφή και ανάλυση



των μηχανισμών αντίληψης του ήχου αλλά και των φυσιολογικών και ψυχολογικών αντιδράσεων του ανθρώπου στον ήχο, ονομάζεται Ψυχοακουστική.

Ο άνθρωπος έχοντας πλέον συλλάβει το ηχητικό σήμα το αναλύει με διάφορες μεθόδους τις οποίες θα αναφέρουμε στη συνέχεια. Η ανάλυση αυτή βασίζεται σημαντικά και σε υποκειμενικά χαρακτηριστικά του ήχου, όπως η ηχηρότητα, η τονικότητα και η χροιά.

Η ηχηρότητα αποτελεί ένα από τα πιο υποκειμενικά γνωρίσματα του ήχου τα οποία κάθε ακροατής αντιλαμβάνεται με διαφορετικό τρόπο. Ήχος με ίδια ένταση θα έχει μικρότερη ηχηρότητα για ένα άτομο με προβληματική ακοή. Σε σχέση με την ακουστικότητα οι ήχοι διακρίνονται σε ασθενείς με ισχυρούς, ενώ μονάδα μέτρησης της είναι το Phon, δηλαδή ήχος μόλις ακούγεται έχει ακουστικότητα 1 Phon ενώ με ακουστικότητα 130 Phon προκαλεί πόνο στο αυτί. Η ηχηρότητα έχει σχέση με την ένταση του ήχου αλλά και με άλλα μεγέθη όπως η απόσταση από την πηγή, η πίεση του ήχου, η διάρκεια και η συχνότητα. Για παράδειγμα ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται την ηχηρότητα των σημάτων με βάση το μέσο όρο της έντασης των σημάτων που κατέγραψε τα τελευταία 600-1000 ms. Έτσι ακούγοντας έναν ήχο από κατάσταση ησυχίας θα τον αντιλαμβάνεται ως πιο ηχηρό καθ' όσο αυτός διαρκεί αφού θα αυξάνεται η μέση ένταση των τελευταίων millisecond. [24] Αντίστοιχα είναι πιο ευαίσθητος στην περιοχή συχνοτήτων περί τα 4000Hz, τις οποίες συχνότητες αντιλαμβάνεται και ως πιο ηχηρές.[25]

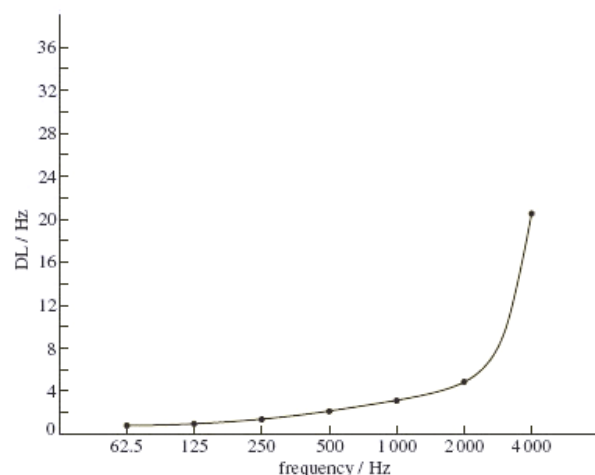
Η τονικότητα του ήχου συνδέεται άμεσα με τη συχνότητα του ήχου. Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τους ήχους χαμηλής και υψηλής συχνότητας ως χαμηλές και υψηλές τονικότητες αντιστοίχως. Με βάση το ακουστικό φάσμα του ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τονικότητες σε συχνότητες μεγαλύτερες των 20Hz. Χαρακτηριστικό είναι το πείραμα των κτύπων, όπου αν αρχίσουμε να χτυπάμε ένα τύμπανο μια φορά το δευτερόλεπτο (1Hz) ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ένα ρυθμό. Αν συνεχίσουμε να χτυπάμε το τύμπανο πιο γρήγορα και μόλις ξεπεράσουμε τα 20 χτυπήματα το δευτερόλεπτο (20Hz) ο άνθρωπος αρχίζει να αντιλαμβάνεται τον ήχο όχι ως ρυθμό αλλά ως ένα τόνο χαμηλής τονικότητας (μπάσο) πλέον.[4]

Η χροιά του ήχου είναι το χαρακτηριστικό που επιτρέπει στο άνθρωπο να ξεχωρίζει φθόγγους με ίδια τονικότητα και ηχηρότητα που παράγονται από διαφορετικές διαδικασίες. Ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τις αρμονικές και τις λοιπές συχνότητες που απαρτίζουν ένα φθόγγο και μπορεί να τις απομνημονεύει σε σχέση με τη διαδικασία που παρήγαγε τον φθόγγο αυτό. Έτσι είναι σε θέση να συγκρίνει τη χροιά ενός σύνθετου ήχου με τις αποθηκευμένες χροιές και να αναγνωρίζει το γεγονός που τον δημιούργησε.

Οι μέθοδοι αξιολόγησης των ηχητικών σημάτων που χρησιμοποιεί ο άνθρωπος είναι οι παρακάτω [3].

Διάκριση διαφορετικών τονικοτήτων

Η διαφορά των συχνοτήτων δύο ήχων για να είναι ανιχνεύσιμη από τον άνθρωπο ως διαφορά τονικότητας χρειάζεται να μην είναι μικρότερη από ένα όριο (**Frequency Difference Limen - FDL**). Το FDL δεν είναι σταθερό και μεταβάλλεται ανάλογα την περιοχή των συχνοτήτων όπως φαίνεται και στο παρακάτω γράφημα. Έτσι για παράδειγμα ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται τη διαφορά τονικότητας μεταξύ 100Hz και 101Hz, ενώ δεν αντιλαμβάνεται κάποια διαφορά ανάμεσα στα 1000Hz και 1001Hz.



Εικόνα 3: Όριο Διαφοράς Συχνότητα (DL) ανα περιοχή συχνοτήτων



Ένα άλλο φαινόμενο το οποίο παρατηρείται σε σχέση με τις τονικότητες σύνθετων ήχων είναι το φαινόμενο του **frequency masking**. Όταν ένας σύνθετος ήχος αποτελείται από μερικές αρμονικές, η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος δεν είναι αυτή της αρμονικής με τη μεγαλύτερη ένταση αλλά η συχνότητα της διαφοράς μεταξύ των αρμονικών. Για παράδειγμα αν έχουμε έναν φθόγγο με αρμονικές συχνότητες 1800Hz, 2000Hz και 2200Hz, η βασική τονικότητα την οποία θα αντιληφθεί ο άνθρωπος είναι τα 200Hz που είναι η συχνοτική διαφορά των αρμονικών.

Εντοπισμός πηγής ήχου

Από τις πιο βασικές ικανότητες ηχητικής αντίληψης που έχει ο άνθρωπος είναι ο εντοπισμός της πηγής του ήχου. Η δυνατότητα αυτή υπάρχει χάρη στην ύπαρξη δύο ακουστικών οργάνων τοποθετημένων σε απόσταση μεταξύ τους και έχει αποτελέσει ικανότητα θεμελιώδους σημασίας για την επιβίωση των ανθρώπων.

Μια μέθοδος που αξιοποιείται για το εντοπισμό της πηγής των ήχων είναι η εκτίμηση της διαφοράς χρόνου στη υποδοχή του ηχητικού σήματος από το κάθε αυτί (Interaural Time Difference –ITD). Λόγω της απόστασης μεταξύ τους τα δύο αυτιά λαμβάνουν το σήμα την ίδια στιγμή μόνο όταν η πηγή βρίσκεται στην μέση γραμμή, δηλαδή την μεσοκάθετο της νοητής ευθείας που ενώνει τα δύο αυτιά και που αντιλαμβανόμαστε ως ευθεία μπροστά ή πίσω. Σε διαφορετική περίπτωση η διαφορά της ώρας, που μπορεί να είναι μικρή έως και 13μs, πληροφορεί τον εγκέφαλό μας ότι η πηγή βρίσκεται από την πλευρά του αυτιού που έλαβε πρώτο τον ήχο.

Αντίστοιχα όταν η πηγή του ήχου δεν βρίσκεται στη μέση γραμμή, η ένταση του ήχου που θα καταγράψουν τα δύο αυτιά δεν θα είναι ίδια. Το αυτί που βρίσκεται στην αντίθετη πλευρά από αυτή που είναι ο ήχος θα λάβει το σήμα με μειωμένη ένταση εξαιτίας τη ηχητικής σκιάς του κεφαλιού, δηλαδή της απόσβεσης και ανάκλασης του κύματος κατά την πρόσπτωσή του στο κεφάλι. Αυτή η διαφορά στην ένταση του



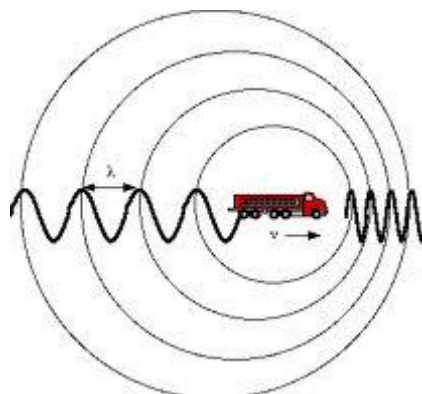
ήχου (Interaural Level Difference – ILD) αξιολογείται από τον εγκέφαλο προκειμένου να εντοπιστεί η πηγή του ήχου.

Μια άλλη μέθοδος είναι η αξιολόγηση της φασματικής και χρονικής στρέβλωσης που προκαλούν τα περύγια των αυτιών. Το φιλτράρισμα αυτό είναι πιο έντονο στους ήχους που πηγάζουν από σημεία πίσω από το κεφάλι του ανθρώπου λόγω της θέσης και του προσανατολισμού των περυγίων. Έτσι, ο άνθρωπος μπορεί να χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο για να αντιλαμβάνεται τη θέση της πηγής του ήχου ως προς το μπροστά και το πίσω.

Ο συνδυασμός των παραπάνω τεχνικών αποτελεί την **αμφιωτική ακρόαση**.

Προσδιορισμός της ταχύτητας κίνησης μια πηγής ήχου

Ο άνθρωπος εγκέφαλος εκμεταλλεύεται ένα φαινόμενο το οποίο ονομάζεται Doppler για να προσδιορίζει την ταχύτητα κίνησης μια πηγής ήχου. Σύμφωνα με το φαινόμενο Doppler για έναν ακίνητο παρατηρητή η φαινόμενη συχνότητα ενός ήχου σταθερής συχνότητας μεταβάλλεται όταν η πηγή του ήχου κινείται. Συγκεκριμένα με βάση τη θεμελιώδη εξίσωση της κυματικής (Εξ. 2) το μήκος κύματος του ηχητικού κύματος που αντιλαμβάνεται ο ακίνητος παρατηρητής θα αυξάνεται ή θα μειώνεται αντίστοιχα με το αν απομακρύνεται ή πλησιάζει η πηγή του ήχου.



Εικόνα 4: Φαινόμενο μήκος κύματος κινούμενης πηγής



Έτσι η συχνότητα που αντιλαμβάνεται ο ακίνητος παρατηρητής δίνεται από τον τύπο

$$f = f_v \frac{u}{(u-u_v)} \quad (5)$$

Όπου f_v είναι η πραγματική συχνότητα του ήχου, u η ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο μέσο και u_v η ταχύτητα κίνησης της πηγής του ήχου ως προς τον σταθερό παρατηρητή.

Απομόνωση και εστίαση σε ηχητικά σήματα

Μια από τις πιο εντυπωσιακές ικανότητες του ανθρώπου είναι να εστιάζει κατ' επιλογή σε μεμονωμένα ακουστικά γεγονότα, απομονώνοντας τα σήματα που αφορούν το γεγονός με βάση τα χαρακτηριστικά του ήχου όπως η χροιά, ο τόνος και η θέση. Βέβαια όσο πιο πολλές οι ακουστικές πηγές και όμοια τα ηχητικά χαρακτηριστικά των διαφορετικών πηγών τόσο πιο δύσκολο για τον άνθρωπο να ξεχωρίσει τα σήματα και να εστιάσει. Η ικανότητα αυτή ονομάζεται ανάλυση ακουστικής σκηνής (auditory scene analysis).



Θεωρία Ηχητικού Σχεδιασμού

Αρχές Ηχητικού Σχεδιασμού

Βασικός στόχος για τη δημιουργία ενός επιτυχημένου ηχητικού παιχνιδιού είναι η ικανότητα να μεταφέρει πλούσια και εύληπτη πληροφορία στον χρήστη. Αυτός ο στόχος αναζητείται και διασφαλίζεται μέσω του ηχητικού σχεδιασμού, ο οποίος καλείται να αναπαραστήσει χρησιμοποιώντας μια αφαιρετική διαδικασία ένα σκηνικό και τις δράσεις που συμβαίνουν σε αυτό. Όπως είναι φυσικό, ο ηχητικός σχεδιασμός είναι χρήσιμος σαν τεχνική και σε οποιαδήποτε άλλη εφαρμογή θέλει να χρησιμοποιήσει ακουστικά σήματα για την ανάδραση προς το χρήστη. Έτσι, για παράδειγμα, πολλά σύγχρονες εφαρμογές από ποικιλία τομέων έχουν ενσωματώσει ηχητικές διεπαφές και κάποιο είδος, προηγμένο ή μη, ηχητικού σχεδιασμού κατά τη διαδικασία παραγωγής τους.

Μερικά παραδείγματα της ενσωμάτωσης του ηχητικού σχεδιασμού και των ηχητικών διεπαφών πέρα από τα ηχητικά παιχνίδια που είναι το αντικείμενο της εργασίας, θα μας βοηθήσουν να αναδείξουμε τη χρησιμότητα του ηχητικού σχεδιασμού αλλά και τα αρχές του.

Μια από τις βιομηχανίες που χρησιμοποιεί σε πολύ μεγάλο βαθμό τον ηχητικό σχεδιασμό είναι αυτή του κινηματογράφου. Ο ήχος καλείται να μεταφέρει σημαντική πληροφορία στον θεατή μια ταινίας, πληροφορία που συχνά δεν γίνεται να αποδοθεί με τη χρήση οπτικού υλικού. Χαρακτηριστική είναι η κορύφωση της αγωνίας σε πολλές ταινίες όπου αποδίδεται από το ύφος, την αυξανόμενη ένταση και το ρυθμό της μουσικής συχνά στο φόντο μιας πολύ σκοτεινής εικόνας. Επίσης, κατάλληλοι ήχοι σε μεγάλη ένταση προτιμώνται για την απόδοση εκρήξεων, ενώ με τη χρήση εξελιγμένων συστημάτων ήχου, χρησιμοποιώντας τεχνικές που θα αναλύσουμε στη συνέχεια, σήμερα οι θεατές ταινιών δράσης μπορούν να αντιληφθούν την ταχύτητα και την προέλευση μιας σφαίρας μέσα στη ταινία. Όλα τα παραπάνω εξυπηρετούν ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό για τον κινηματογράφο,



την «βύθιση» του θεατή. Βύθιση λέγεται η αίσθηση ότι το περιβάλλον που προβάλλεται οπτικά ή/και ηχητικά σε έναν άνθρωπο τον περιβάλλει πραγματικά και είναι ένα από τα βασικότερα και συχνότερα ζητούμενα του ηχητικού σχεδιασμού.

Ηχητικό σχεδιασμό όμως χρησιμοποιούν και οι μηχανικοί που σχεδιάζουν το σύστημα προειδοποίησης εγγύτητας των αυτοκινήτων. Εκεί ο ηχητικός σχεδιασμός έχει στόχο να συνδέσει με ακρίβεια και σαφήνεια ένα ηχητικό σήμα με την απόσταση από ένα εμπόδιο. Αντίθετα οι μηχανικοί που σχεδιάζουν τα προειδοποιητικά σήματα σε ένα πιλοτήριο αεροπλάνου δεν προσέχουν μόνο να είναι διακριτά και χαρακτηριστικά τα σήματα συναγερμού αλλά και τοποθετούν αρκετά ηχεία ώστε να μπορέσει ο πιλότος εντοπίσει ακουστικά την πηγή της προειδοποίησης και να στρέψει τη προσοχή του στο κατάλληλο σημείο.

Βλέπουμε λοιπόν ότι ο ηχητικός σχεδιασμός καλείται να αποδώσει φυσικά μεγέθη και παραμέτρους, να διαχωρίσει γεγονότα και συνθήκες αλλά και να χωροθετήσει γεγονότα, ενώ παράλληλα να βυθίζει τον αποδέκτη των ήχων.

Ηχητικός Σχεδιασμός ενός Ηχητικού Παιχνιδιού

Σε συνέχεια των παραπάνω και εξετάζοντας ποιο συγκεκριμένα τις ανάγκες ενός ηχητικού παιχνιδιού μπορούμε να αναφέρουμε τους βασικούς στόχους του ηχητικού σχεδιασμού:

- Δημιουργία ηχητικού σκηνικού ικανού να βυθίσει τον παίχτη
- Ακρίβεια στην απόδοση της θέσης του παίχτη και του προσανατολισμού του.
- Απόδοση των γεγονότων του σεναρίου όσο το δυνατόν με πιο φυσικό και διαισθητικό τρόπο και κρατώντας μια επιθυμητή ροή.
- Άμεση απόκριση στις εντολές του παίχτη, έντονη διαδραστικότητα και σαφή απόδοση της κατάστασης του παίχτη και της επίτευξης ή όχι των στόχων.



- Αποφυγή πολύπλοκων ηχητικών αναπαραστάσεων που είναι πέρα από τις δυνατότητες κατανόησης του παίχτη.

Για να επιτευχθούν οι παραπάνω στόχοι και πάντα σε σχέση με το σενάριο, ο σχεδιαστής πρέπει να κάνει τις σωστές επιλογές στις παρακάτω παραμέτρους:

Επιλογή ή δημιουργία κατάλληλων ήχων

Η χρήση και δημιουργία κατάλληλων ήχων βοηθάει των σχεδιαστή να αποδώσει και να αναπαραστήσει σωστά τα γεγονότα του σεναρίου. Οι τεχνικές αναπαράστασης, τις οποίες θα αναλύσουμε σε επόμενη ενότητα, πρέπει να δίνουν ένα αποτέλεσμα το οποίο να είναι όσο το δυνατόν πιο κατανοητό διαισθητικά, για παράδειγμα χρησιμοποιώντας τους φυσικούς ήχους του περιβάλλοντος του σεναρίου.

Κατάλληλη σύνθεση και σύνθεση των ήχων

Η κατάλληλη σύνθεση των ήχων είναι πολύ σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού αφού μπορεί να εξασφαλίσει ένα μεγάλο βαθμό βύθισης.

Χωρίς σωστή σύνθεση, οι ήχοι μπορεί να επικαλύπτουν ο ένας τον άλλο, δημιουργώντας σύγχυση στον παίχτη ο οποίος δεν θα μπορεί να τους απομονώσει και κατανοήσει. Για παράδειγμα αν ακουστεί μια δυνατή έκρηξη την ίδια στιγμή που δοθεί ένα στιγμιαίο σήμα στο παίχτη για να δράσει τότε ο παίχτης πιθανότατα δεν θα μπορέσει να συγκεντρωθεί στον σωστό ήχο.

Αντίστοιχα, αν οι ήχοι δεν είναι σωστά συνδεδεμένοι μεταξύ τους τότε ο παίχτης δεν μπορεί να αντιληφθεί τις πληροφορίες κατάλληλα. Για παράδειγμα, αν ακουστεί ο ήχος ενός κεραυνού χωρίς την ύπαρξη της βροχής τότε ο παίχτης μπορεί να θεωρήσει ότι είναι ο ήχος μιας έκρηξης και ότι δεν αφορά το σκηνικό αλλά κάποια εξέλιξη του σεναρίου.



Χρονισμός ηχητικών γεγονότων και τρόπος μετάβασης μεταξύ τους

Ο χρονισμός είναι το κλειδί της ροής του σεναρίου, ενώ συνεισφέρει σημαντικά στη διαδραστικότητα του παιχνιδιού. Τα ηχητικά γεγονότα πρέπει να έχουν μια σειρά η οποία θα προωθεί την εξέλιξη του σεναρίου. Αντίστοιχα οι τεχνικές χρονισμού πρέπει να είναι κατά ένα μέρος αυτόνομες και κατά ένα μέρος παραμετροποιημένες με βάση τις επιλογές του χρήστη. Ο χρονισμός των ήχων δεν αφορά μόνο την έναρξη και τη λήξη τους αλλά και την μεταβολή των χαρακτηριστικών τους.

Αντίστοιχα η μετάβαση ανάμεσα στα ηχητικά γεγονότα ή περιβάλλοντα είναι σημαντική και μπορεί να επιτευχθεί με τεχνικές όπως η σταδιακή μείωση/αύξηση της έντασης (crossfading), οι παύσεις ή η χρήση συγκεκριμένων ήχων που θα υποδηλώνουν τη λήξη και έναρξη ενός γεγονότος.

Τοποθέτηση στο χώρο και κίνηση των ήχων

Η αίσθηση του χώρου και της κίνησης είναι πολύ σημαντικά στοιχεία κάθε σεναρίου. Εντείνουν την βύθιση αφού είναι ο τρόπος με τον οποίο ο παίχτης αντιλαμβάνεται και το πραγματικό του περιβάλλον. Αποτελούν συχνά δε, το κύριο στοιχείο του σεναρίου. Για παράδειγμα σε πολλά ηχητικά παιχνίδια στόχος του παίχτη είναι να εντοπίσει τη θέση κάποιου ήχο. Οι τεχνικές της χωρικής τοποθέτησης και κίνησης των ήχων, τις οποίες θα δούμε με λεπτομέρεια σε επόμενη ενότητα, βασίζονται στις ιδιότητες της αμφιωτικής ακρόασης και στην χρήση του φαινομένου Doppler.



Τεχνικές Ηχητικής Αναπαράστασης και Επεξεργασίας Ήχου

Για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα ενός ηχητικού σχεδιασμού μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι και τεχνικές ηχητικής αναπαράστασης και επεξεργασίας του ήχου.

Η παλαιότερη, πιο οικεία και πιο συχνή μέθοδος που συναντάται είναι η χρήση της αφαίρεσης που προσφέρει η λεκτική κωδικοποίηση. Πράγματι αυτό είναι στοιχείο πολλών ηχητικών παιχνιδιών και ηχητικού σχεδιασμού διαφόρων εφαρμογών [5]. Συχνά όμως η μέθοδος αυτή, λόγω της έμμεσης φύσης της, είναι αρκετά αργή για μετάδοση μεγάλου όγκου πληροφορίας και απρόσφορη για ανάδραση σε σενάρια παιχνιδιών. Για το λόγο αυτό σπανίως χρησιμοποιείται ως κύρια μέθοδος αναπαράστασης σκηνικού και σεναρίου, με αποτέλεσμα ο ηχητικός σχεδιασμός ηχητικών παιχνιδιών να στηρίζεται σε μη λεκτική αναπαράσταση.

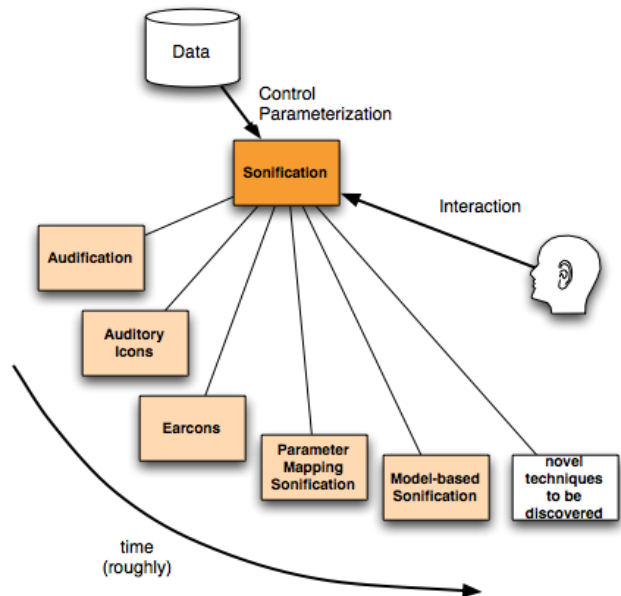
Φυσικά, οι μη λεκτικές αναπαραστάσεις πληροφορίας δεν είναι ούτε ευρέως διαδεδομένες ούτε τυποποιημένες, αναδεικνύοντας έτσι την υποκειμενικότητα της ανθρώπινης ακουστικής αντίληψης και δυσκολεύοντας σημαντικά τον ηχητικό σχεδιασμό. Για τη λύση του προβλήματος αυτού έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι ηχητικής αναπαράστασης (Sonification) και ηχητικής χωροθέτησης (spatialization). Το βασικό χαρακτηριστικό όλων αυτών των τεχνικών είναι ότι διαμορφώνουν και επεξεργάζονται τα χαρακτηριστικά του ήχου (ένταση, συχνότητα, θέση πηγής, αριθμός πηγών) στο χρόνο ώστε να μεταδώσουν σήματα που αντιστοιχούν σε πληροφορία που αναπαριστά κομμάτια του σκηνικού ή της δράσης του παιχνιδιού. Με τον τρόπο αυτό ο χρήστης αντιλαμβάνεται την εξέλιξη του σεναρίου ώστε να μπορεί να συμμετέχει σε αυτό [7].

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την μετατροπή των δεδομένων σε σήματα είναι διάφορες και αποτέλεσαν αντικείμενο πειραματισμού κατά τη διάρκεια της εργασίας. Επιγραμματικά αναφέρονται οι κυριότερες τεχνικές [3] καθώς και κάποιες βασικές αρχές της χρήσης τους.

Sonification

Audification

Η τεχνική αυτή που είναι και η πιο άμεση, κάνει μετατροπή μιας σειράς δεδομένων σε ηχητικό κύμα, χρησιμοποιώντας τις τιμές των δεδομένων ως τιμές του ίδιου του κύματος. Συνήθως εμπλέκεται και κάποιος μετασχηματισμός της συχνότητας του αρχικού σήματος σε συχνότητα που βρίσκεται εντός του ακουστικού φάσματος. Η τεχνική αυτή ταιριάζει αρκετά στην αναπαράσταση μεγάλης ροής δεδομένων, ενώ έχει χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο και την κατάταξη μετρήσεων σεισμικών, ηλεκτρομαγνητικών και άλλων κυμάτων. Μια τέτοια τεχνική θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την αναπαράσταση του φόντου ενός παιχνιδιού.



Εικόνα 5: Εξέλιξη Μεθόδων Ηχητικής

Earcons

Με την τεχνική αυτή εισάγουμε κάποιους αφηρημένους ήχους (απλούς ή σύνθετους) οι οποίοι αντιστοιχίζονται μονοσήμαντα με κάποια πληροφορία. Οι ήχοι αυτοί πρέπει να χαρτογραφηθούν από τον χρήστη και να συσχετισθούν με το γεγονός ή αντικείμενο που αναπαριστούν ώστε στη συνέχεια να μπορεί να τους αντιληφθεί. Συχνά οι ήχοι αυτοί αποτελούνται από μια μελωδία. Τα earcons χρησιμοποιούνται συχνά σε ειδοποιήσεις κινδύνου, ενώ είναι πλέον ευρέως αναγνωρίσιμα τα earcons που χρησιμοποιήθηκαν στα λειτουργικά συστήματα υπολογιστών, όπως για παράδειγμα το καμπανάκι σε περίπτωση σφάλματος ή το κλικ στο άνοιγμα ενός φακέλου. Μπορούν να είναι είτε ηχογραφημένοι ήχοι είτε συνθετικοί. Μια τέτοια



τεχνική προσεγγίζει καλά την αναπαράσταση αντικειμένων αλλά και δράσεων σε ένα σενάριο.

Auditory Icons

Και αυτή η τεχνική χρησιμοποιεί μονοσήμαντους ήχους όπως η τεχνική των Earcons, με τη διαφορά ότι εδώ οι ήχοι σχεδιάζονται κατάλληλα ώστε να έχουν κάποια ομοιότητα με πραγματικούς ήχους και μέσω μιας αφαιρετικής παρομοίωσης ή μεταφοράς να διευκολύνουν την χαρτογράφηση από το χρήστη. Βέβαια κατά τη διάρκεια του ηχητικού σχεδιασμού δεν πρέπει να ξεχνάμε την λογική και την υποκειμενικότητα που κρύβουν ορισμένοι ήχοι. Για παράδειγμα η ησυχία της νύχτας μπορεί να αναπαρασταθεί επιτυχώς για κάποια άτομα με τον ήχο που κάνει ένα τζιτζίκι, ενώ για κάποια άλλα άτομα ο ίδιος ήχος είναι ένδειξη υψηλής θερμοκρασίας. Αντιθέτως όλοι αναγνωρίζουν και αντιλαμβάνονται σωστά τον ήχο ενός ποτηριού που γεμίζει με νερό.

Ένα ακουστικό εικονίδιο μπορεί να είναι αρκετά σύνθετο ώστε να μεταφέρει το όγκο της πληροφορίας που χρειάζεται. Έτσι κατά τη σχεδίαση και επιλογής του ήχου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Η εύκολη αναγνώριση του ήχου
- Η δυνατή εννοιολογική σχέση με το αντικείμενο της αναπαράστασης
- Οι προτιμήσεις και οι ιδιαιτερότητες του χρήστη.

Τα ακουστικά εικονίδια έχουν ευρύτατη εφαρμογή σε λογισμικά υπολογιστών και κινητών. Επίσης μπορούν να φανούν πολύ χρήσιμα στο σχεδιασμό ηχητικών παιχνιδιών, αναπαριστώντας το σκηνικό αλλά και τις δράσεις του σεναρίου.

Parameter Mapping

Με αυτή την τεχνική δημιουργούμε ένα ηχητικό σήμα μέσω μια γεννήτριας σημάτων. Τα δεδομένα που θέλουμε να αναπαραστήσουμε αποτελούν τις παραμέτρους τις οποίες εισάγουμε στη γεννήτρια σημάτων προκειμένου να μεταβάλουμε διάφορα χαρακτηριστικά του ήχου. Η προσέγγιση αυτή είναι ευέλικτη



και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορα χαρακτηριστικά ενός σεναρίου ενώ μπορεί να προσαρμοστεί σε πολλές διαστάσεις δεδομένων οπότε θα ήταν πρόσφορη για την αναπαράσταση αντικειμένων. Επίσης η τεχνική αυτή λειτουργεί καλά και με τις διάφορες τεχνικές της χωροθέτησης αφού επιτρέπει την άμεση μεταβολή χαρακτηριστικών του ήχου. Για την τεχνική του parameter mapping, η εφαρμογή τεχνικών σύνθεσης ήχου είναι απαραίτητη σε αντίθεση με τις προηγούμενες τεχνικές αναπαράστασης στις οποίες η σύνθεση ήχου αποτελούσε επιλογή.

Model Based

Η τεχνική αυτή είναι μια από τις πιο σύγχρονες, ενώ μπορεί να φτάσει σε υψηλά επίπεδα πολυπλοκότητας. Χρησιμοποιεί ένα μοντέλο ως γεννήτρια του σήματος ενώ αυτό το μοντέλο μπορεί να έχει πολύ περισσότερες διαστάσεις από μια κλασσική γεννήτρια σήματος καθώς επίσης να δέχεται ως χαρακτηριστικά όχι μόνο τιμές από τα δεδομένα αλλά και τιμές χαρακτηριστικών από σύνολα δεδομένων καθώς και εντολές από τον χρήστη. Η δυναμική των ακουστικών μοντέλων είναι πολύ μεγάλη και βασίζεται στην παραγωγή σύνθετων ήχων. Η τεχνική αυτή έχει εξαιρετικές δυνατότητες όσον αφορά τη διάδραση σε ένα σενάριο καθώς και την ακριβή απόδοση λεπτομερειών.

Spatialization

Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την χωροθέτηση και τη κίνηση των ήχων βασίζονται στις ακουστικές ιδιότητες του ανθρώπου. Χρησιμοποιώντας περισσότερες από μια πηγές και μεταβάλλοντας κατάλληλα τα χαρακτηριστικά είτε σε ένα ηχογραφημένο σήμα είτε σε ένα συνθετικό σήμα, καταφέρνουν να δημιουργήσουν την αίσθηση ότι η πηγή του ήχου βρίσκεται σε κάποια θέση ή κινείται.



Μεταβολή Έντασης

Μια από τις πιο απλές τεχνικές απόδοσης της απόστασης είναι η μεταβολή της έντασης ενός ήχου. Η ένταση μειώνεται ή αυξάνεται για να δείξει την απομάκρυνση ή την προσέγγιση της πηγής από τον ακροατή αντίστοιχα. Η τεχνική αυτή αντιγράφει το φυσικό φαινόμενο της απόσβεσης της ενέργειας του ήχου καθώς διανύει μια απόσταση λόγω της τριβής του αέρα, ενώ μπορεί να εφαρμοστεί και σε μονωτική ακρόαση, δηλαδή με μόνο μια πραγματική πηγή ήχου.

Αντήχηση

Το φαινόμενο της αντήχησης (reverb) προκύπτει από την ανάκλαση του ήχου επάνω σε επιφάνειες η οποία δημιουργεί όμοια ηχητικά κύματα που έχουν όμως μια χρονική καθυστέρηση. Έτσι όσο πιο μακριά είναι η επιφάνεια ανάκλασης τόσο μεγαλύτερη η καθυστέρηση. Με την τεχνική αυτή μπορούμε να αποδώσουμε τη θέση αντικειμένων, όπως τοίχων, που δεν παράγουν ήχους τα ίδια είναι όμως σημαντικά για το σκηνικό ενός παιχνιδιού και λειτουργούν ως δευτερογενείς πηγές ήχου. Και αυτή η τεχνική μπορεί να εφαρμοστεί με μόνο μια πραγματική πηγή ήχου, ενώ αλγοριθμικά δεν είναι τίποτα περισσότερο από την επανάληψη του σήματος με μια καθυστέρηση και σε χαμηλότερη ένταση.

Stereo Panning

Με τη χρήση δύο πραγματικών πηγών ήχου τοποθετημένες αντιδιαμετρικά μπορούμε πλέον να χρησιμοποιήσουμε και την τεχνική του Stereo Panning για την απόδοση της θέσης μια πηγής ήχου. Με την τεχνική αυτή αυξάνουμε την ένταση ήχου στη μια πραγματική πηγή και μειώνουμε την ένταση του ήχου στην άλλη. Δημιουργείται, έτσι, η αίσθηση ότι η πηγή του ήχου κινείται από τη μια μεριά στην άλλη. Βέβαια, η κίνηση που μπορούμε να προσδιορίσουμε με την τεχνική αυτή είναι μονοδιάστατη και περιορίζεται στον άξονα που ορίζεται μεταξύ των θέσεων των δύο



πραγματικών πηγών. Παρά το γεγονός ότι είναι μια μονοδιάστατη απόδοση, το Stereo Panning μπορεί να εκπληρώσει τις ανάγκες αρκετών σεναρίων.

Surround Panning

Αντίστοιχη με τη τεχνική του stereo panning είναι το surround panning. Η διαφορά είναι ότι σε αυτή την περίπτωση διαθέτουμε παραπάνω από 2 πραγματικές πηγές ήχου οπότε και μπορούμε να αποδώσουμε με μεγαλύτερη ακρίβεια τη θέση του ήχου. Είναι προφανές ότι όσες περισσότερες πραγματικές πηγές διαθέτουμε τόσο μεγαλώνει η ακρίβεια απόδοσης. Τοποθετώντας έξι πραγματικές πηγές κατάλληλα ώστε να ορίσουμε τρεις ορθοκανονικούς άξονες μπορούμε να δώσουμε τρισδιάστατη θέση του ήχου χρησιμοποιώντας μόνο την τεχνική του panning

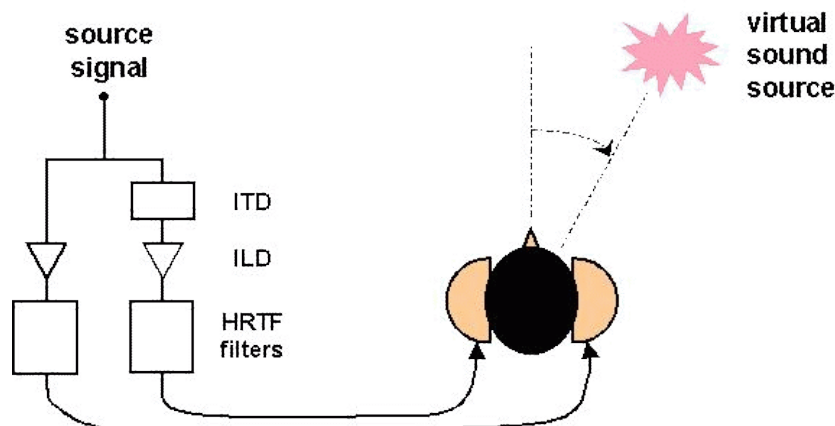
Doppler

Όπως είδαμε και σε προηγούμενη ενότητα, το φαινόμενο Doppler επιτρέπει τη αντίληψη της σχετικής κατεύθυνσης και ταχύτητας μιας κινούμενης πηγής ήχου. Εφαρμόζοντας μια τεχνική που έχει το ίδιο αποτέλεσμα στον ήχο μπορούμε να δώσουμε την αίσθηση της κατεύθυνσης και ταχύτητας της πηγής. Συγκεκριμένα μειώνοντας ή αυξάνοντας την συχνότητα του ήχου σύμφωνα και με την εξίσωση (5) ενώ μεταβάλλουμε την ένταση του ήχου κατά τρόπο αντίθετο, μπορούμε να προσομοιάσουμε την απομάκρυνση ή την προσέγγιση της πηγής του ήχου αντίστοιχα.

Επίσης το ίδιο αποτέλεσμα μπορούμε να έχουμε χρησιμοποιώντας την καθυστερημένη επανάληψη του σήματος (delay) αντί της μεταβολής της συχνότητας. Η τεχνική αυτή δίνει πάλι την αίσθηση της μειωμένης συχνότητας ενώ είναι πολύ χρήσιμη για ηχογραφημένα σήματα.

Αμφιωτικός Ήχος

Η πιο εξελιγμένη μέθοδος απόδοσης θέσης είναι η αμφιωτική. Με αυτή τη μέθοδο χρησιμοποιούμε τουλάχιστον δύο πραγματικές πηγές ήχου και επεξεργαζόμαστε τους ήχους κατάλληλα ώστε να προσομοιάζουν τις διαφορές που θα είχαν οι καταγραφές ενός ήχου από το κάθε αυτί. Οι διαφορές της έντασης και χρόνου των δύο σημάτων που θα αντιλαμβανόταν ο εγκέφαλος με βάση την ILD και ITD αντίστοιχα, ενσωματώνονται σε μια συνάρτηση μεταφοράς. Στην ίδια συνάρτηση μεταφοράς ενσωματώνονται και στοιχεία του φιλτραρίσματος που κάνει το πτερύγιο. Η συνάρτηση μετασχηματισμού που προκύπτει ονομάζεται Head Related Transfer Function (HRTF) και έχει ως στοιχεία εισόδου το αρχικό σήμα και τη θέση σε σχέση με τον ακροατή ενώ ως στοιχεία εξόδου έχει τα δύο σήματα που αντιστοιχούν στα δύο αυτιά.



Εικόνα 6: Αμφιωτική απόδοση ήχου

Σύνθεση και Επεξεργασία Ήχου

Όπως είδαμε και παραπάνω η χρήση συνθετικών ήχων μας επιτρέπει να εφαρμόσουμε τεχνικές παραμετροποίησης και μοντελοποίησης. Η διαδικασία δημιουργίας συνθετικών ήχων βασίζεται σε τέσσερις μεθόδους [4] οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνες ή σε συνδυασμό.



Προσθετική σύνθεση είναι η μέθοδος κατά την οποία ξεκινάμε με τη δημιουργία απλών τόνων τους οποίους επεξεργαζόμαστε και συνδυάζουμε για τη δημιουργία του επιθυμητού ήχου. Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να έχουμε ακριβή έλεγχο του περιεχομένου του παραγόμενου ήχου και είναι προσφορότερη για την δημιουργία μελωδιών.

Αφαιρετική σύνθεση είναι η μέθοδος κατά την οποία ξεκινάμε από ένα σήμα θορύβου (συνήθως λευκού) και στη συνέχεια φιλτράρουμε συχνότητες και εύρη συχνοτήτων ώστε να κρατήσουμε το συχνοτικό περιεχόμενο που μας ενδιαφέρει και να το επεξεργαστούμε περαιτέρω. Η μέθοδος αυτή είναι προσφορότερη για την δημιουργία φυσικών ήχων.

Σύνθεση μέσω δειγμάτων (sampling) είναι η μέθοδος κατά την οποία απομονώνουμε κομμάτια ηχογραφημένων σημάτων, τα συνδυάζουμε και τα επεξεργαζόμαστε για δημιουργήσουμε τον επιθυμητό ήχο.

Σύνθεση μέσω σχηματισμού κυματομορφής (waveshaping) είναι η μέθοδος κατά την οποία σχηματίζουμε κατευθείαν την ψηφιακή κυματομορφή του ήχου που θέλουμε ορίζοντας σημείο προς σημείο το σήμα. Με την τεχνική αυτή δεν είναι εύκολο να δημιουργήσουμε χρήσιμους ήχους αλλά είναι εξαιρετική για να δημιουργήσουμε ήχου τους οποίους θα συνδυάσουμε (μέσω συνέλιξης) με άλλους ήχους για να πάρουμε πολύ ενδιαφέροντα αποτελέσματα.

Διαδραστικότητα Ήχου

Όπως φάνηκε από τα παραπάνω είναι σημαντικό ο ήχος να μεταφέρει πλούσια πληροφορία μέσω της ηχητικής αναπαράστασης αλλά είναι εξίσου σημαντικό για ένα ηχητικό παιχνίδι η πληροφορία να μεταδίδεται έγκαιρα και να προσαρμόζεται στη δυναμική του χρήστη. Πιο συγκεκριμένα, ένα παιχνίδι είναι ένα λογισμικό ιδιαίτερα διαδραστικό που απαιτεί συχνές εντολές από τον χρήστη προκειμένου να διατηρήσει την προσοχή του. Έτσι αποτελεί πρόκληση για ένα σωστό ηχητικό σχεδιασμό η



μεταβολή των ηχητικών σημάτων σε κάθε εντολή του χρήστη με όσο το δυνατόν πιο συνεχόμενο τρόπο.

Η πρόκληση αυτή είναι ίσως και η βασικότερη κινητήρια δύναμη για την εξέλιξη των μεθόδων ηχητικής αναπαράστασης. Οι πιο μοντέρνες μέθοδοι, όπως αυτές που χρησιμοποιούν συνθετικά ήχους από γεννήτριες σημάτων, δίνουν τη δυνατότητα στο σχεδιαστή να μεταβάλλει με πολύ πιο συνεχή και δυναμικό τρόπο τους ήχους και έτσι να ακολουθεί καλύτερα το σενάριο ενός παιχνιδιού. Για παράδειγμα, με ένα συνθετικό ήχο μπορούμε πολύ πιο εύκολα να μεταβάλλουμε την τονικότητα του με βάση μια παράμετρο του λογισμικού (parameter mapping) από ότι με ένα προκαθορισμένο (ηχογραφημένο) σήμα.

Κατηγορίες και Τεχνολογική Στάθμη Ηχητικών Παιχνιδιών

Οι σχεδιαστικές και τεχνικές απαιτήσεις των ηχητικών παιχνιδιών, που αναλύσαμε σε προηγούμενες ενότητες, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι έχουν ως στόχο να υποστηρίξουν το σενάριο. Έτσι κάθε τύπος σεναρίου έχει τις δικές του απαιτήσεις και προκλήσεις τις οποίες ο σχεδιαστής πρέπει να ικανοποιήσει. Ακολουθεί μια αναφορά των κυριότερων τύπων σεναρίων ηχητικών παιχνιδιών.[26]

Παιχνίδια Δράσης (Action Game)

Τα σενάρια των παιχνιδιών αυτών απαιτούν από τον παίχτη να κινεί τον χαρακτήρα του καθώς και να εκτελεί ενέργειες, όπως το να πυροβολεί εχθρούς. Ένα από τα πιο πρόσφατα παραδείγματα είναι το "Zero Sight: Extended Operations" που κυκλοφόρησε το Μάιο του 2012. Το παιχνίδι αυτό είναι ένας εξομοιωτής πτήσης και εναέριας μάχης όπου ο παίχτης πρέπει να πιλοτάρει το αεροπλάνο του σε τρισδιάστατο χώρο.

Παιχνίδια Περιπέτειας (Adventure Games)

Τα παιχνίδια περιπέτειας ζητούν από τον παίχτη να εξερευνήσει τον κόσμο του παιχνιδιού, η οποία εξερεύνηση θα τον οδηγήσει σε μια περιπέτεια. Ένα από τα νεότερα παιχνίδια με εξαιρετική τεχνολογία αλλά και σενάριο είναι το "Para Sangre". Το παιχνίδι χρησιμοποιεί ήχους από αντικείμενα και τους ήχους των βημάτων του



παίχτη για να μεταδώσει στον παίχτη τη θέση του και την κατεύθυνσή του. Ο σχεδιαστής του παιχνιδιού χρησιμοποιεί αμφιωτική τεχνολογία για να δώσει τρισδιάστατο ήχο ενώ παράγει τους ήχους με τη βοήθεια ηχογραφημένων δειγμάτων.[17]

Ένα άλλο είδος παιχνιδιών περιπέτειας είναι τα αφηγηματικά (story telling). Στα παιχνίδια αυτά ο παίχτης καλείται να παρακολουθήσει το σενάριο μέσα από την ηχητική (όχι κατά ανάγκη λεκτική) αφήγηση. Επίσης καλείται να κάνει επιλογές που θα καθορίσουν τη εξέλιξη του σεναρίου. Ίσως το πιο γνωστό παιχνίδι του είδους αυτού είναι το "Real Sound: Kaze No Regret" το οποίο χρησιμοποιούσε τεχνολογία απλού στερεοφωνικού ήχου και stereo panning. Εντούτοις ο ηχητικός σχεδιασμός ήταν επιτυχημένος αφού οι παίχτες ανέφεραν έντονη βύθιση.

Παιχνίδια Γρίφων (Puzzle Games)

Τα παιχνίδια γρίφων εκτυλίσσονται συνήθως σε ένα διδιάστατο ή τρισδιάστατο πλέγμα, όπου ο παίχτης καλείται να κάνει κινήσεις επάνω στο πλέγμα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το Ultimate Soundoku το οποίο δεν είναι τίποτα άλλο από την μεταφορά του γνωστού παιχνιδιού Sudoku με τη χρήση στερεοφωνικού ήχου και τη χρήση earcons.

Παιχνίδια Μνήμης (Memory Games)

Αυτή η κατηγορία παιχνιδιών καλεί τον παίχτη να επαναλάβει κάποιο σήμα που έχει λάβει προηγουμένως από το παιχνίδι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η επανέκδοση το 2007 του πρώτου ηχητικού παιχνιδιού Simon, όπου ο παίχτης καλείται να επαναλάβει μια σειρά ήχων που έχει μόλις ακούσει από το παιχνίδι.

Φυσικά ένα ηχητικό παιχνίδι μπορεί να είναι συνδυασμός δύο ή περισσότερων από τις παραπάνω κατηγορίες. Επίσης υπάρχει περίπτωση κάποιο παιχνίδι να είναι τόσο μοναδικό που να μην ανήκει σε κάποια κατηγορία και να μην δικαιολογείται η δημιουργία νέας κατηγορίας λόγω έλλειψης μελών.



3 Ανάπτυξη Κινητών Εφαρμογών

Υλικό και Λογισμικό Κινητών Συσκευών

Τα είδη και η αρχιτεκτονική του λογισμικού αλλά κυρίως του υλικού των κινητών συσκευών παρουσιάζει μια εντυπωσιακή ποικιλία. Έτσι οι κινητές συσκευές με τις οποίες θα ασχοληθούμε είναι αυτές που μπορούν να υποστηρίξουν εφαρμογές λογισμικού τρίτων, εξαιρώντας άλλες συσκευές όπως κινητές παιχνιδομηχανές, και συσκευές GPS ως εξειδικευμένες συσκευές.

Έχουμε λοιπόν τρεις βασικές κατηγορίες συσκευών στις οποίες δραστηριοποιούνται πολλοί κατασκευαστές:

- Έξυπνα κινητά τηλέφωνα (Smartphones)
- Επίπεδους υπολογιστές (Tablet Computers)
- Προσωπικούς Ψηφιακούς Βοηθούς (PDA)

Το υλικό και οι δυνατότητες που διαθέτει η κάθε συσκευή διαφέρουν ανά κατηγορία αλλά και ανά κατασκευαστή εντός της κατηγορίας. Επομένως, αυτό που έχει νόημα είναι να εξετάσουμε τον κοινό τόπο των υλικών και δυνατοτήτων των συσκευών. Παρατηρούμε λοιπόν ότι τα παρακάτω στοιχεία υλικού είναι κοινά σε όλες τις κατηγορίες συσκευών και αποτελούν τις ελάχιστες προδιαγραφές υλικού:[27]

- Οθόνη με δυνατότητα χειρισμού αφής.
- Λειτουργία με μπαταρία ή με σταθερή πηγή ρεύματος
- Πομποδέκτης ασύρματου πρωτοκόλλου IEEE 802.11 (WiFi)
- Εσωτερική κενή μνήμη διαθέσιμη στον χρήστη
- Επεξεργαστή λειτουργικού και εφαρμογών
- Κύκλωμα επεξεργασίας ήχου και αναλογική έξοδος ήχου.
- Ηχεία και μικρόφωνο



Αντίστοιχη είναι η κατάσταση στο λειτουργικό λογισμικό. Παρακάτω αναφέρουμε τα πιο γνωστά λειτουργικά που χρησιμοποιούνται σε κινητές συσκευές.

- **Symbian OS(Nokia)**

Το Symbian διατίθεται από το ίδρυμα Symbian και είναι ένα λειτουργικό σύστημα για smartphones και φορητές συσκευές σχεδιασμένες από τη Symbian, την οποία και εξαγόρασε η Nokia.

- **Android (Google)**

Το Android από την Google είναι ένα λειτουργικό σύστημα ανοιχτού κώδικα. Έχει αναπτυχθεί επάνω στον πυρήνα του Linux και υποστηρίζεται από πολλούς και μεγάλους κατασκευαστές λογισμικού και υλικού που έχουν σχηματίσει μια ένωση υπέρ της ανοιχτής αρχιτεκτονικής, την Open Handset Alliance. Για την ακρίβεια το Android αναπτύχθηκε από μια μικρή εταιρία που στη συνέχεια από την Google, η οποία συνέχισε να το αναπτύσει και να το συντηρεί. Το Android υποστηρίζει διάφορες τεχνολογίες συμπεριλαμβανομένων των GSM/EDGE 3G, CDMA, EV-DO, UMTS, Bluetooth, Wi-Fi, LTE και WiMAX, ανταλλαγή μηνυμάτων, προγράμματα πλοήγησης στο Web, multi-touch δυνατότητες, δυνατότητα multi-tasking, υποστήριξη Java, υποστήριξη πολλών τύπων αρχείων ήχου, βίντεο καθώς και Adobe Flash. Το Android διαθέτει επίσης δυνατότητα υποστήριξης ψηφιακής κάμερας, GPS, μαγνητόμετρα, αισθητήρες πίεσης, θερμομέτρα και άλλων ενσωματωμένων περιφερειακών. Αυτή τη στιγμή το Android αποτελεί με διαφορά το πιο διαδεδομένο λειτουργικό σύστημα στην κατηγορία των smartphones.[14]

- **iOS (Apple)**

Το iOS της Apple είναι ένα λειτουργικό που χρησιμοποιείται μόνο σε κινητές συσκευές της ίδιας εταιρίας και είναι κλειστού κωδικού. Το iOS υποστηρίζει όλα τα διαδεδομένα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται στις κινητές συσκευές καθώς και πολλά ενσωματωμένα περιφερειακά όπως αυτά που αναφέραμε για το Android.



- **BlackBerry OS (RIM)**

Το BlackBerry από την RIM είναι λειτουργικό κλειστού κώδικα που προορίζεται για τις συσκευές τύπου smartphone της ίδια εταιρίας. Συναντάται πολύ συχνά ως εταιρική επικοινωνιακή λύση ενώ εξαιτίας αυτού υποστηρίζει λιγότερο εμπορικό περιεχόμενο από άλλες πλατφόρμες.

- **Windows Phone 7 OS (Microsoft)**

Το Windows Phone OS χρησιμοποιείται σε κινητές συσκευές και περισσότερο σε smartphone. Πολλοί κατασκευαστές συσκευών έχουν ήδη μοντέλα που χρησιμοποιούν το συγκεκριμένο λειτουργικό.

- **Linux**

Το Linux εξαιτίας της δυνατότητας να δημιουργηθούν πολύ ελαφριές εκδόσεις του πυρήνα του, έχει βρεί κάποια περιορισμένη εφαρμογή σε κινητές πλατφόρμες. Όπως όλες οι υπόλοιπες εκδόσεις του Linux είναι λειτουργικό ανοιχτού κώδικα ενώ υπάρχουν αρκετές διαφορετικές εκδόσεις όπως το Maemo, MeeGo, LiMo, Moblin, Boot to Gecko, Tizen, webOS. [29]

- **Bada (Samsung)**

Το λειτουργικό σύστημα Bada έχει δημιουργηθεί από τη Samsung και διατίθεται σε ορισμένα μοντέλα κινητών και tablets της ίδιας εταιρίας. Διαθέτει ανάλογη λειτουργικότητα με τα παραπάνω συστήματα αν και η Samsung έχει πλέον σταματήσει την ανάπτυξή του και σχεδιάζει να το συγχωνεύσει με άλλα λειτουργικά που αναπτύσσει όπως το Tizen.

Εφαρμογές Κινητών

Οι εφαρμογές λογισμικού που έχουν δημιουργηθεί την τελευταία δεκαετία για κινητές πλατφόρμες είναι πραγματικά πάρα πολλές. Όμως θα είναι ακόμα περισσότερες οι εφαρμογές που θα δημιουργηθούν στο άμεσο μέλλον αφού η



τεχνολογία που προσφέρουν οι κινητές πλατφόρμες αναδεικνύεται ως η επικρατέστερη για τους καθημερινούς χρήστες.

Λόγω της νεότητας του τομέα, δεν έχουν δημιουργηθεί ακόμα οι κανόνες αυτοί που θα μπορούσαν να διατυπώσουν μια συνεκτική και συνολική κατηγοριοποίηση των κινητών εφαρμογών. Έτσι δεν υπάρχει η μήτρα ακόμα που θα μπορούσει να περιγράψει πλήρως τις λειτουργίες των κινητών εφαρμογών.

Παρακάτω θα παραθέσουμε μια από τις πιο αξιόλογες προτάσεις για κατηγοριοποίηση της λειτουργικότητας των κινητών εφαρμογών με βάση ορισμένες διαστάσεις.[30]

Χρονική Διάσταση

Ανάλογα με το αμεσότητα της εξυπηρέτησης του χρήστη από την εφαρμογή διακρίνουμε δύο κατηγορίες εφαρμογών:

- Σύγχρονες, όπου ο χρήστης και η εφαρμογή αλληλεπιδρούν σε πραγματικό χρόνο, δηλαδή άμεσα.
- Ασύγχρονες, όπου χρήστης και η εφαρμογή δεν αλληλεπιδρούν άμεσα και συχνά η διεπαφή με το χρήστη μπορεί να ανατεθεί σε κάποια άλλη εφαρμογή.

Επικοινωνιακή Διάσταση

Ανάλογα με το αν η ροή της πληροφορίας μεταξύ του χρήστη και της εφαρμογής είναι αμφίδρομη ή μονόδρομη, διακρίνουμε τρεις κατηγορίες εφαρμογών:

- Ενημερωτικές, όπου η πληροφορία πηγάζει μόνο από την εφαρμογή.
- Καταγραφικές, όπου η πληροφορία πηγάζει μόνο από τον χρήστη.
- Διαδραστικές, όπου η ροή της πληροφορίας είναι αμφίδρομη.

Συναλλακτική Διάσταση

Ανάλογα με το αν η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να εκτελέσει συναλλαγές, οικονομικού περιεχομένου, για την απόκτηση αγαθών ή υπηρεσιών, διακρίνουμε δύο κατηγορίες εφαρμογών:



- Συναλλακτικές, όπου ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει συναλλαγές οικονομικού περιεχομένου μέσω της εφαρμογής
- Μη συναλλακτικές, όπου η παραπάνω δυνατότητα δεν προσφέρεται

Δημόσια Διάσταση

Ανάλογα με το αν η εφαρμογή είναι διαθέσιμη στο ευρύ κοινό ή η χρήση της είναι περιορισμένη σε συγκεκριμένες ομάδες χρηστών, όπως για παράδειγμα οι υπάλληλοι μια εταιρίας, διακρίνουμε δύο κατηγορίες εφαρμογών:

- Δημόσιες, όπου οποιοσδήποτε χρήστης επιθυμεί μπορεί να έχει πρόσβαση στη χρήση της εφαρμογής ή να γίνει με δική του επιλογή και μόνο μέλος μιας ομάδας χρηστών στους οποίους διατίθεται η εφαρμογή.
- Ιδιωτικές, όπου η χρήση της εφαρμογής είναι περιορισμένη σε μια ομάδα χρηστών που κάποιος τρίτος έχει επιλέξει.

Συλλογική Διάσταση

Ανάλογα με το αν η εφαρμογή δίνει στο χρήστη να καταλάβει αν είναι ο μόνος που την χρησιμοποιεί ή και άλλοι χρήστες την χρησιμοποιούν παράλληλα, διακρίνουμε δύο κατηγορίες εφαρμογών:

- Ατομικές, όπου ο χρήστης βιώνει τη χρήση της εφαρμογής σαν να ήταν ο μοναδικός χρήστης της εφαρμογής.
- Συλλογικές, όπου ο χρήστης αντιλαμβάνεται ότι η εφαρμογή χρησιμοποιείται από ένα σύνολο χρηστών, ασχέτως με τον αν μπορεί να αλληλεπιδράσει μέσω της εφαρμογής με τους άλλους χρήστες.

Διάσταση Εντοπισμού

Ανάλογα με το αν η εφαρμογή διαθέτει λειτουργικότητα η οποία εξαρτάται από την τοποθεσία που βρίσκεται ο χρήστης, διακρίνουμε δύο κατηγορίες εφαρμογών:

- Εντοπισμένες, όπου η εφαρμογή χρησιμοποιεί την τοποθεσία του χρήστη.
- Μη εντοπισμένες, όπου η εφαρμογή δεν χρησιμοποιεί την τοποθεσία του χρήστη για να μεταβάλει τη λειτουργία της, ακόμα και αν η πληροφορία της τοποθεσίας είναι διαθέσιμη στην εφαρμογή.



Διάσταση Ταυτότητας

Ανάλογα με το αν η εφαρμογή διαθέτει λειτουργικότητα η οποία εξαρτάται και μεταβάλλεται από την ταυτότητα του χρήστη, διακρίνουμε δύο κατηγορίες εφαρμογών:

- Ταυτοποίησης, όπου η εφαρμογή χρησιμοποιεί την ταυτότητα του χρήστη και παρέχει το κατάλληλο περιεχόμενο.
- Μη ταυτοποίησης, όπου η εφαρμογή δεν χρησιμοποιεί την ταυτότητα του χρήστη για να μεταβάλει τη λειτουργία της, ακόμα και αν η πληροφορία της ταυτότητας είναι διαθέσιμη στην εφαρμογή.

Αρχές Ανάπτυξης Εφαρμογών σε Κινητές Πλατφόρμες

Η ανάπτυξη και ο σχεδιασμός εφαρμογών σε κινητή πλατφόρμα όπως έχουμε αναφέρει ήδη είναι ένα νέο και ταχύτατα αναπτυσσόμενο πεδίο. Ως εκ τούτου, έχουν αρχίσει πλέον να καταγράφονται κάποιες αρχές ή βέλτιστες πρακτικές από όσους δημιουργούν πλατφόρμες για κινητές συσκευές. Οι αρχές αυτές εστιάζουν στις ιδιαιτερότητες που έχουν οι κινητές πλατφόρμες συγκρινόμενες και με τις πιο παραδοσιακές πλατφόρμες όπως αυτή των προσωπικών υπολογιστών.

Μερικές από τις πιο βασικές διαφορές που έχει μια κινητή πλατφόρμα και πως αυτές επηρεάζουν το σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας εφαρμογής αναφέρονται παρακάτω:

- **Προσωπική σχέση χρήσης.** Σχεδόν πάντα η συσκευή στην οποία εκτελείται η εφαρμογή είναι ένα πολύ προσωπικό αντικείμενο του χρήστη το οποίο και μεταφέρει μαζί του. Αυτό σημαίνει ότι ο χρήστης εκτιμά τη δυνατότητα να μεταβάλει κάποιο χαρακτηριστικό της εφαρμογής ώστε να δίνεται η αίσθηση της προσωπικής επιλογής. Επίσης, δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η εγκατάσταση της εφαρμογής έχει γίνει με



προσωπική και συνειδητή επιλογή από τον χρήστη. Έτσι οι εφαρμογές σε κινητές πλατφόρμες είναι σημαντικό να έχουν ρυθμίσεις διαθέσιμες στο χρήστη.

- **Απουσία πρόσβασης στο διαδίκτυο.** Συχνά λόγω της φορητότητάς τους οι κινητές συσκευές μπορεί να μην έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο είτε λόγω συνθηκών είτε κατ' επιλογή. Αυτό είναι κάτι που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό μη διαδικτυακών εφαρμογών και άρα θα πρέπει να αποφεύγεται άσκοπη διεπαφή των εφαρμογών με το διαδίκτυο.
- **Περιορισμένοι πόροι.** Οι κινητές συσκευές λόγω μεγέθους αλλά και λόγω ενεργειακών περιορισμών χρειάζονται μεγάλη προσοχή στη διαχείριση των πόρων της συσκευής. Έτσι η εφαρμογή θα πρέπει να χρησιμοποιεί μόνο τα απαραίτητα κομμάτια του υλικού και να φροντίζει να απελευθερώνει τους πόρους μόλις δεν είναι πλέον απαραίτητοι.
- **Περιορισμένοι τρόποι εισαγωγής εντολών.** Εξαιτίας της έλλειψης περιφερειακών συσκευών εισαγωγής εντολών, οι κινητές πλατφόρμες έπρεπε να στηριχθούν σε ελάχιστα πλήκτρα και προσφάτως σε οθόνες αφής. Έτσι απο τη μια υπάρχει ένας περιορισμός από την άλλη όμως οι οθόνες αφής προσδίδουν μια τεράστια ευελιξία που σε ένα βαθμό αναπληρώνει τον περιορισμό αυτό. Σε κάθε περίπτωση, ο σχεδιασμός της πλοήγησης και των απαιτήσεων εισαγωγής δεδομένων από τον χρήστη θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τον περιορισμό αυτό.



Μεθοδολογία Ανάπτυξης Λογισμικού

Υπάρχουν πολλές μεθοδολογίες ανάπτυξης λογισμικού και θεωρητικά όλες μπορούν να εφαρμοστούν στην ανάπτυξη εφαρμογών για κινητά. Ενδεικτικά αναφέρουμε τις κυριότερες.[31]

- **Μεθοδολογία του Καταρράκτη (Waterfall)**
Η μεθοδολογία αυτή έχει ένα πολύ δομημένο χαρακτήρα ο οποίος εξασφαλίζει καλό σχεδιασμό και έλεγχο, όμως δεν επιτρέπει τη διαχείριση της αλλαγής. Δεν προτείνεται για χρήση σε λογισμικό για κινητές πλατφόρμες αφού στο συγκεκριμένο τομέα η τεχνολογία εξελίσσεται με ταχύτατους ρυθμούς ενώ οι ευμετάβλητες εμπορικές συνθήκες προκαλούν συνέχεια αλλαγές στις προδιαγραφές των εφαρμογών.
- **Μεθοδολογία της Έλικας (Spiral)**
Η μεθοδολογία αυτή είναι πιο ευέλικτη, προσαρμοσμένη σε μεγάλα έργα, με έμφαση στην εκτίμηση των κινδύνων. Οι κινητές εφαρμογές είναι μικρά έργα λογισμικού για τα οποία μια τέτοια μέθοδος ίσως είναι πολύ κουραστική χωρίς επιπλέον οφέλη.
- **Ενοποιημένη Λογική Μέθοδος (Rational Unified Process)**
Η μεθοδολογία αυτή είναι αρκετά ευέλικτη με προσήλωση στο τελικό προϊόν και τμηματική δόμηση, παραμένοντας βέβαια μια βαριά μέθοδος με έντονη σχεδιαστική φάση. Είναι μια μεθοδολογία που χρησιμοποιείται με διάφορες μορφές αρκετά στην ανάπτυξη κινητών εφαρμογών.
- **Ευέλικτη Μέθοδος (Agile Software Development)**
Όπως λέει και το όνομά της μεθόδου, τα εργαλεία που διαθέτει είναι σχεδιασμένα ώστε να επιτρέπουν ευελιξία και ενσωμάτωση της αλλαγής. Δίνει περισσότερο βάρος στη δημιουργία λειτουργικού προϊόντος παρά στην προδιαγραφή και περιγραφή του. Είναι μια από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους για μικρά έργα όπως οι κινητές εφαρμογές.



- **Μεθοδολογία SCRUM**
Η μέθοδος αυτή αναπτύσσει το πρόγραμμα σε τμήματα κάνοντας περιοδικές και ιδιαίτερα συγκεντρωμένες προσπάθειες. Είναι μια ελαφριά μέθοδος ανάπτυξης αν και στοχεύει περισσότερο σε έργα με μεγάλη διάρκεια όπου χρειάζονται συχνές συγκεντρωμένες προσπάθειες για να προκληθεί βηματική πρόοδος όταν ο ρυθμός προόδου του έργου έχει μειωθεί σημαντικά.
- **Μεθοδολογία του Ακραιοῦ Προγραμματισμού (Extreme Programming)**
Η μέθοδος αυτή επικεντρώνεται στην άμεση δημιουργία κομματιών λογισμικού χωρίς να σπαταλήσει πάρα πολύ χρόνο σε λεπτομερή προσχέδια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ιδιαίτερη επιτυχία σε ανάπτυξη κινητών εφαρμογών, ιδιαίτερα όταν η ομάδα των παραγωγών του λογισμικού είναι ολιγομελής.

Μεθοδολογία της Απέριττης Ανάπτυξης (Lean software development)

Η μεθοδολογία που τελικά επιλέχθηκε για τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη του λογισμικού στα πλαίσια της εργασίας είναι αυτή του Lean software development. Η επιλογή αυτή βασίστηκε κυρίως στα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Έμφαση στην μάθηση και δοκιμή τεχνικών και εργαλείων. Ένα μεγάλο κομμάτι του χρόνου επενδύθηκε σε ανάπτυξη κομματιών λογισμικού και έλεγχων για αυτά με διαφορετικές τεχνικές και εργαλεία. Η στρατηγική αυτή αποδείχθηκε ιδιαίτερα πρόσφορη για την επιλογή των καταλληλότερων εργαλείων. Η επιλογή αυτή παρουσίασε δυσκολίες λόγω του ότι ο τομέας της ανάπτυξης ηχητικών παιχνιδιών σε κινητές πλατφόρμες είναι ένα αρκετά νέος τομέας και κατ'επέκταση δεν έχουν παγιωθεί ούτε τα εργαλεία αλλά ούτε και οι μεθοδολογίες. Χαρακτηριστικό είναι δε ότι έγινε πειραματισμοί σε λειτουργικό σύστημα iOS και σε Android, ενώ δοκιμάστηκαν και πολλά διαφορετικά εργαλεία ανάπτυξη λογισμικού. Η τελική επιλογή των εργαλείων και των μεθόδων έγινε με βάση το ποιος



συνδυασμός πλατφόρμας, εργαλείων και μεθοδολογίας μπορούσε να δώσει το καλύτερο αποτέλεσμα.

- Γρήγορη και ευέλικτη παράδοση κομματιών λογισμικού ώστε να αξιολογείται άμεσα η αποτελεσματικότητά τους. Όπως φαίνεται και στις αναφορές στην αρχιτεκτονική του λογισμικού, επιλέχθηκαν εργαλεία τα οποία μπορούσαν γρήγορα και εύκολα να δημιουργηθούν πρωτότυπα για δοκιμή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα της εφαρμογής όλων αυτών είναι οι δυνατότητες προτυποποίησης που δίνει η PureData σαν εργαλείο γραφικής ανάπτυξης λογισμικού με εκτέλεση πραγματικού χρόνου. Η ευελιξία αυτή κρίθηκε απαραίτητη δεδομένου ότι η δομή του παιχνιδιού είχε μια δυναμική και αποτελούσε και αυτή η ίδια αντικείμενο πειραματισμού. Επιπλέον, τα εργαλεία θεωρητικού σχεδιασμού της διεπαφής ενός ηχητικού παιχνιδιού είναι ακόμα πολύ περιορισμένα, αφήνοντας έτσι ως καλύτερο μέσο βελτίωσης του σχεδιασμού τη γρήγορη παράδοση λειτουργικών κομματιών.
- Εφαρμογή ευέλικτων και γενικών προδιαγραφών που θα καθορίζουν με σαφήνεια το πλαίσιο και τα όρια του παραδοτέου. Οι προδιαγραφές του παιχνιδιού υπήρξαν γενικές αλλά δίνοντας με σαφήνεια τα όρια του παραδοτέου. Οι άξονες τους βρίσκονται στα παρακάτω στοιχεία:
 1. Σενάριο. Οι βασικοί άξονες του σεναρίου ήταν οι πρώτες προδιαγραφές του παιχνιδιού και υπήρξαν ο κύριος οδηγός κατά την ανάπτυξη του λογισμικού.
 2. Διεπαφή με το χρήστη. Ο τρόπος εισόδου εντολών καθώς και οι μέθοδοι ανάδρασης του παιχνιδιού αποτελούν κύριο κομμάτι των προδιαγραφών.
 3. Πλατφόρμα υλοποίησης. Προδιαγράφοντας σαφώς από την αρχή τα χαρακτηριστικά της πλατφόρμας υπήρξε σημαντικός οδηγός για την τεχνική υλοποίηση του παραδοτέου. Μαζί με τις προδιαγραφές της διεπαφής αποτελούν κατ' ουσία τα ζητούμενα της παρούσας εργασίας.



4 ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΑΙΧΝΙΔΙΟΥ

Σενάριο

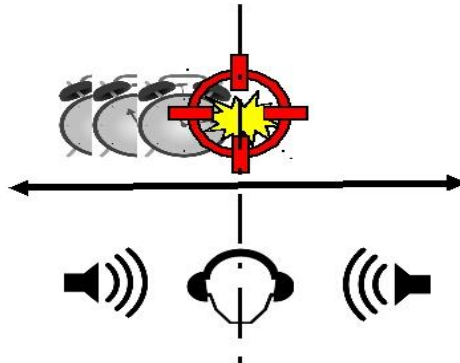
Το παιχνίδι ονομάστηκε "Σκότωσε την ώρα σου" κάνοντας ένα λογοπαίγνιο με την επιλογή των ηχητικών αναπαραστάσεων που χρησιμοποιήθηκαν. Το σενάριό του, όπως έχει διαμορφωθεί στην τρέχουσα μορφή του, τοποθετεί τον παίχτη ως χειριστή ενός κανονιού με στόχο να καταστρέψει ένα κινούμενο ρολόι στόχο.

Αν θέλαμε να κατηγοριοποιήσουμε το παιχνίδι λοιπόν βάση του σεναρίου θα λέγαμε ότι ανήκει στα παιχνίδια δράσης και πιο συγκεκριμένα στα παιχνίδια στόχευσης πρώτου προσώπου.

Αντίστοιχα αν θέλαμε να κάνουμε μια κατηγοριοποίηση του παιχνιδιού με βάση τα χαρακτηριστικά του ως κινητή εφαρμογή θα μπορούσαμε να πούμε ότι έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά ως εφαρμογή:

- Σύγχρονη, αφού ανταποκρίνεται άμεσα στις εντολές του παίχτη
- Διαδραστική, αφού λαμβάνει αλλά και δίνει πληροφορία στον παίχτη
- Μη Συναλλακτική, αφού δεν υπάρχει καμία δυνατότητα εμπορικής συναλλαγής μέσω της εφαρμογής
- Δημόσια, αφού διατίθεται σε κάθε χρήστη που επιθυμεί
- Ατομική, αφού δεν δίνει κάποια πληροφορία στο χρήστη για την ύπαρξη άλλων παιχτών
- Μη εντοπισμένη, αφού δεν χρησιμοποιεί την τοποθεσία του χρήστη
- Μη ταυτοποίησης, αφού δεν χρησιμοποιεί την ταυτότητα του χρήστη.

Η δράση του παιχνιδιού εκτυλίσσεται καθώς το ρολόι στόχος κινείται με τυχαίο τρόπο επάνω σε ένα άξονα είτε προς τα δεξιά είτε προς τα αριστερά. Αντίστοιχα, ο παίχτης μπορεί να μετακινεί το κανόνι δεξιά ή αριστερά μέσω ενός χειριστηρίου αφής, αλλάζοντας έτσι τη σχετική θέση του ρολογιού ως προς τον παίχτη. Επιπλέον ο παίχτης έχει στη διάθεσή του ένα κουμπί που ενεργοποιεί τη βολή του κανονιού. Όταν ο παίχτης αντιληφθεί ότι το ρολόι στόχος βρίσκεται σε μια μικρή περιοχή γύρω



Εικόνα 7: Γραφική Αναπαράσταση του Σεναρίου

από τη μέση του άξονα τότε μπορεί να “κάνει” μια βολή πατώντας το αντίστοιχο κουμπί και να καταστρέψει το ρολόι στόχο. Φυσικά μπορεί να κάνει μια βολή οποιαδήποτε στιγμή, άσχετα με τη θέση του ρολογιού, αλλά δεν θα το πετύχει παρά μόνο όταν βρίσκεται στη μέση του άξονα μετακίνησης.

Ο χρόνος του παιχνιδιού είναι πεπερασμένος. Για το λόγο αυτό, το ρολόι καθώς περνάει ο χρόνος αυξάνει το ρυθμό του, δίνοντας έτσι στον παίχτη την αίσθηση της χρονικής προόδου του παιχνιδιού. Το παιχνίδι τελειώνει με επιτυχία όταν ο παίχτης καταστρέψει το ρολόι στόχο, διαφορετικά ο παίχτης χάνει όταν τελειώσει ο χρόνος του παιχνιδιού.



Εικόνα 8: Χειριστήρια Παιχνιδιού σε Κινητή Συσκευή

Οι διεπαφές του παιχνιδιού είναι τα χειριστήρια που βρίσκονται στην οθόνη της συσκευής για την εισαγωγή εντολών του χρήστη και τα ακουστικά της συσκευής για την σωστή απόδοση ανάδρασης του παιχνιδιού μέσω των ηχητικών σημάτων. Το χειριστήριο στροφής αποτελείται από μια οριζόντια διαδρομή ενώ το χειριστήριο τη βολής από μια στατική κυκλική περιοχή.



Πλατφόρμα Υλοποίησης

Η πλατφόρμα που τελικά επελέγη για την υλοποίηση του ηχητικού παιχνιδιού είναι το λειτουργικό Android το οποίο μπορεί να εκτελεστεί σε μια ποικιλία συσκευών smartphone ή tablet pc οι οποίες είναι συμβατές με το λογισμικό. Η επιλογή της πλατφόρμας έγινε με βάση μια σειρά από πλεονεκτήματα που προσφέρονται μέσω αυτής.

Πλεονεκτήματα

Συνοπτικά αναφέρονται τα παρακάτω πλεονεκτήματα τα οποία δεν είναι τα μόνα αλλά είναι αυτά που βάρυναν περισσότερο για την τελική επιλογή:

Φορητότητα

Οι συσκευές τύπου smartphone καθώς έχουν ως κύρια λειτουργία αυτή του κινητού τηλεφώνου είναι εξαιρετικά φορητές. Έτσι δίνουν την δυνατότητα στον χρήστη να εκτελεί εφαρμογές σε μεγαλύτερο εύρος χρονικών στιγμών και περιστάσεων. Αυτό και σε συνδυασμό με την διαδεδομένη χρήση των συσκευών αυτών, παρέχει μια ευρύτατη βάση χρηστών για καθημερινά παιχνίδια (casual games) όπως το ηχητικό παιχνίδι της παρούσας εργασίας. Βεβαίως αυτό ισχύει σε ένα μεγάλο βαθμό και για συσκευές τύπου tablet οι οποίες όμως έχουν κάπως πιο περιορισμένη φορητότητα.

Δυνατότητες Υλικού

Σημαντικό είναι το γεγονός ότι η εφαρμογή του ηχητικού παιχνιδιού εκτελείται απευθείας από το λειτουργικό της κινητής πλατφόρμας και όχι ως διαδικτυακή εφαρμογή. Το γεγονός αυτό δίνει πρόσβαση στις πλήρεις δυνατότητες του υλικού της κινητής πλατφόρμας. Συγκεκριμένα οι συσκευές τύπου smartphone, αν και μικρές φορητές συσκευές, διαθέτουν αρκετά ισχυρά συστήματα ήχου (για να καλύπτουν πρωτίστως τη λειτουργία τους ως κινητά τηλέφωνα). Αυτό αποτελεί πλεονέκτημα για μια εφαρμογή που βασίζεται στην ποιότητα του ήχου για την καλή επικοινωνία της με το χρήστη. Επιπλέον οι χρήστες αυτών των συσκευών συνήθως χρησιμοποιούν ακουστικά για καλύτερη ποιότητα ήχου, το οποίο είναι ένα σημαντικό πλεονέκτημα για μια ηχητική εφαρμογή.

Επίσης σημαντική ευελιξία δίνει η οθόνη αφής που επιτρέπει την προσομοίωση πρακτικά οποιουδήποτε χειριστηρίου εξυπηρετεί το σενάριο ενός παιχνιδιού. Αντίθετα, μειονεκτήματα των συσκευών που επηρεάζουν άλλες εφαρμογές όπως το



μικρό μέγεθος της οθόνης και των γραφικών, δεν αποτελούν εμπόδιο για μια ηχητική εφαρμογή.

Βάση χρηστών

Τέλος σημαντικό είναι και το μέγεθος και η ποικιλία της βάσης των χρηστών της πλατφόρμας του Android. Η ύπαρξη πολλών κατασκευαστών συσκευών καθώς και παραγωγών λογισμικού που χρησιμοποιούν την πλατφόρμα καθώς και ο δωρεάν χαρακτήρας που έχει αυτή, αποτελούν εγγύηση για μια μεγάλη βάση χρηστών με ιδιαίτερη ανάπτυξη και υποστήριξη για τις εφαρμογές που αναπτύσσονται.

Περιορισμοί

Πέρα από τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η χρήση της συγκεκριμένης πλατφόρμας εισήγαγε κάποιους περιορισμούς και στο σενάριο και στον ηχητικό σχεδιασμό.

Παρακάτω αναφέρονται οι βασικότεροι περιορισμοί:

Εικονικά Χειριστήρια

Ενώ τα εικονικά χειριστήρια αποτελούν ένα σημείο μεγάλης σχεδιαστικής ελευθερίας παράλληλα δημιουργούν και ένα μεγάλο πρόβλημα για ένα ηχητικό παιχνίδι. Η τοποθέτηση των δακτύλων του χρήστη στη σωστή θέση των εικονικών χειριστηρίων, πάνω σε μια απολύτως λεία επιφάνεια είναι μια αρκετά μεγάλη πρόκληση. Στην περίπτωση αυτή χρειάστηκε η προσφυγή σε γραφικά μέσα θυσιάζοντας ένα μικρό κομμάτι από την πλήρη ηχητική διεπαφή, για να αποφευχθεί μια πολύ βαριά εφαρμογή αυτόματης βαθμονόμησης των χειριστηρίων με τυχαία τοποθέτηση στην οθόνη των δακτύλων του χρήστη. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή σε περίπτωση που το υλικό είχε κουμπιά ή κάποιο άλλο χειριστήριο, όπως ένα scroll ball, δεν θα είχε χρειαστεί η δημιουργία έστω και αυτής της ελάχιστης γραφικής διεπαφής.

Υπολογιστική ισχύς

Η υπολογιστική ισχύς καθώς και μνήμη των συσκευών τύπου smartphone έχει αυξηθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια. Παρ'όλ'αυτά τα χαρακτηριστικά της μέσης συσκευής είναι ακόμα περιορισμένα. Η περιορισμένη απόδοση, ειδικά στο κομμάτι της μνήμης, μπορεί να διαπιστωθεί μέσω των εργαλείων προσομοίωσης στα οποία μπορούν να οριστούν τα χαρακτηριστικά πριν την προσομοίωση. Ο λόγος αυτός σε συνδυασμό με επιλογές μειωμένων απαιτήσεων του σεναρίου οδήγησε στην επιλογή να μην χρησιμοποιηθούν συναρτήσεις μεταφοράς τύπου HRTF και τεχνικές αμφιωτικής απόδοσης, οι οποίες θα απαιτούσαν να γίνει επεξεργασία όλων των



ηχητικών σημάτων σημείο προς σημείο. Επίσης το γεγονός ότι επιλέχθηκε συνθετικός ήχος και όχι ηχογραφημένος μειώνει επιπλέον τη διαθέσιμη υπολογιστική ισχύ.

Πηγές Ήχου

Ένας άλλος περιορισμός που προκύπτει από την επιλογή υλικού είναι ο περιορισμός των πραγματικών πηγών ήχου σε δύο, τα δύο ακουστικά της συσκευής δηλαδή. Δυστυχώς, από τη μία, οι κινητές συσκευές δεν υποστηρίζουν εγγενώς περισσότερα από δύο ηχεία όπως γίνεται για παράδειγμα σε επιτραπέζιους και φορητούς υπολογιστές. Από την άλλη, ο στόχος του σεναρίου και της εφαρμογής ήταν να μπορεί να παίζεται και εν κινήσει. Έτσι, δεν υπήρξε η δυνατότητα χρήσης της τεχνικής του surround panning, το οποίο θα μπορούσε να δώσει και μια δεύτερη διάσταση στην κίνηση του στόχου.

Με βάση λοιπόν τους περιορισμούς στις πηγές ήχου και στην υπολογιστική ισχύ έγινε η κατάλληλη προσαρμογή του σεναρίου ώστε να χρησιμοποιείται μια διάσταση Έτσι προσαρμόστηκε το σενάριο

Εργαλεία Σχεδιασμού, Ανάπτυξης και Εκτέλεσης

Αρχικά, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι όλα τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την εκτέλεση αυτής της εργασίας διατίθενται ελεύθερα προς χρήση. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι πολύ σημαντικό όχι μόνο γιατί διευκόλυνε την εκτέλεση της εργασίας αλλά κυρίως γιατί επιτρέπει σε οποιονδήποτε είναι αναγνώστης αυτής της εργασίας να έχει ελεύθερη πρόσβαση στα ίδια ακριβώς εργαλεία, μεγιστοποιώντας έτσι την αφομοίωση αλλά και τη δυνατότητα εξέλιξης της γνώσης που περιέχεται στην παρούσα.

Το λειτουργικό σύστημα πάνω στο οποίο χτίστηκε το περιβάλλον ανάπτυξης του λογισμικού είναι το Ubuntu 12.04.

Για την δημιουργία της πλατφόρμας ανάπτυξης λογισμικού χρησιμοποιήθηκαν εργαλεία προσομοίωσης (emulation) του Android . Τα εργαλεία αυτά διατίθενται από την Google στους παραγωγούς λογισμικού ως μέρος μια εργαλειοθήκης για την ανάπτυξη ολοκληρωμένων εφαρμογών στο Android [14] (Android SDK <http://developer.android.com/sdk/index.html>) και δίνουν τη δυνατότητα να γίνονται γρήγορα και αποτελεσματικά οι δοκιμές του υπό ανάπτυξη λογισμικού. Επίσης ένα μεγάλο πλεονέκτημα ενός εργαλείου προσομοίωσης είναι ο έλεγχος του υπό



ανάπτυξη λογισμικού σε συνθήκες που προκύπτουν από συνδυασμούς από διαφορετικές συσκευές και εκδόσεις του λειτουργικού συστήματος. Για τις ανάγκες βασικού προγραμματισμού, πακεταρίσματος και διαχείρισης της εργαλειοθήκης του Android χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης λογισμικού Eclipse (Indigo) (<http://www.eclipse.org/downloads>).

Όπως θα αναδειχθεί και στην ενότητα της αρχιτεκτονικής αλλά και της υλοποίησης, ένα βασικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τον ηχητικό και λογικό σχεδιασμό του λογισμικού ήταν η γλώσσα προγραμματισμού "PureData" ("PD")[1]. Κρίνεται σκόπιμο να γίνει μια σύντομη παρουσίαση του εργαλείου αυτού ώστε να μπορούν να αξιολογηθούν οι τεχνικές λεπτομέρειες της εργασίας

Η PD είναι μια γλώσσα υψηλού επιπέδου βασισμένη σε γραφική προτυποποίηση, η οποία παρέχει ένα περιβάλλον πραγματικού χρόνου για τη επεξεργασία ήχου, εικόνας και γραφικών [13]. Πρακτικά ο πυρήνας της PD δεν είναι τίποτα άλλο από ένα λογισμικό ψηφιακής επεξεργασίας σήματος. Το σήμα αυτό μπορεί να είναι οτιδήποτε αλλά οι συνήθεις εφαρμογές καθώς και οι ρουτίνες της PD προσανατολίζονται σε ηχητικά ή οπτικά σήματα.

Επάνω σε αυτόν τον πυρήνα λοιπόν έχουν δημιουργηθεί μια σειρά από αντικείμενα/ρουτίνες η οποίες συνθέτουν ένα πολύ δυνατό εργαλείο υψηλού επιπέδου. Οι ρουτίνες αυτές συνήθως ενσωματώνονται στην κύρια έκδοση της PD μέσω βιβλιοθηκών που γίνονται διαθέσιμες είτε μέσω της κοινότητας των χρηστών της PD είτε μέσω του πακέτου διανομής της PD. Για τις ανάγκες του παιχνιδιού χρησιμοποιήσαμε μόνο τις βασικές ρουτίνες της PD (περίπου 180) ώστε να μην υπάρξουν προβλήματα λόγω έλλειψης κάποιας βιβλιοθήκης κατά την υλοποίηση στην κινητή πλατφόρμα.

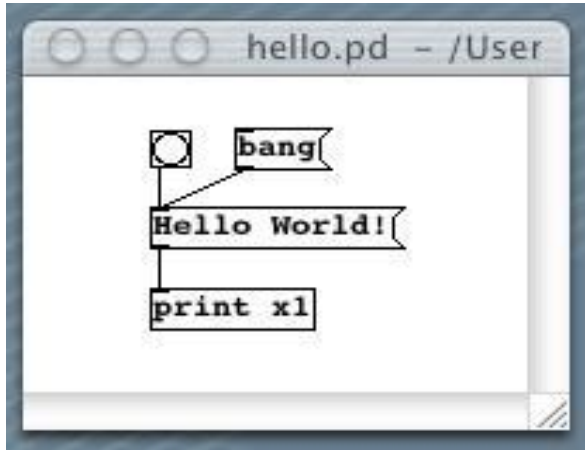
Ο τρόπος με τον οποίο μπορεί κανείς να προγραμματίσει στην PD είναι τοποθετώντας γραφικές απεικονίσεις διαφόρων αντικειμένων/ρουτινών επάνω σε ένα λευκό κενό πλαίσιο που αποτελεί τον καμβά (canvas) για τη σύνθεση του προγράμματος. Το σύνολο των γραφικών αναπαραστάσεων καταγράφεται σε ένα αρχείο κειμένου το οποίο ονομάζεται επίθεμα (patch).[2,4]

Τα αντικείμενα που υπάρχουν στην PD χωρίζονται σε δύο βασικές κατηγορίες, σε αντικείμενα που επεξεργάζονται μεταβλητές του προγράμματος (αριθμούς, λίστες, λογικές μεταβλητές κλπ) και σε αντικείμενα που επεξεργάζονται ψηφιακό σήμα. Όπως είναι αναμενόμενο από τα παραπάνω, η χρήση κειμένου ελαχιστοποιείται κατά τον προγραμματισμό.

Στη συνέχεια τα αντικείμενα, τα οποία αναπαριστούν γραφικά τις εισόδους και τις εξόδους τους, συνδέονται μεταξύ τους με τη βοήθεια "καλωδίων". Δημιουργώντας τις συνδέσεις, η PD στέλνει την έξοδο ενός αντικειμένου στην είσοδο του άλλου εκτελώντας έτσι ακολουθιακά τις εντολές. Βέβαια, δημιουργώντας παράλληλες



συνδέσεις η PD μπορεί επίσης να λειτουργήσει με ένα λιγότερο ντετερμινιστικό τρόπο δίνοντας την αίσθηση της παράλληλης επεξεργασίας.



Εικόνα 9: Παράδειγμα Κώδικα Απλού Προγράμματος σε PureData

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της PD είναι ότι οι αλλαγές που γίνονται στο γραφικό περιβάλλον μεταφράζονται άμεσα στο πρόγραμμα που εκτελείται ως υπόστρωμα, δίνοντας την αίσθηση της εκτέλεσης σε πραγματικό χρόνο. Με τον τρόπο αυτό ο προγραμματιστής μπορεί να χειριστεί άμεσα τη λογική αλλά και την επεξεργασία σήματος που γίνεται μέσα στο πρόγραμμα. Το χαρακτηριστικό αυτό έχει κάνει ιδιαίτερα δημοφιλή την PD σε καλλιτέχνες της ηλεκτρονικής μουσικής, οι οποίοι δίνουν ζωντανές παραστάσεις χρησιμοποιώντας πρότυπα και ψηφιακά μουσικά όργανα που έχουν ήδη προγραμματίσει αλλά ελέγχουν και μεταβάλλουν τη στιγμή της παράστασης.

Είναι προφανές ότι καθώς σχηματίζουμε με γραφικό τρόπο τις συνδέσεις και τα αντικείμενα αποτυπώνεται καθαρά η ροή δεδομένων και τα λογικά διαγράμματα του προγράμματος. Αυτό σε συνδυασμό με την μετάφραση πραγματικού χρόνου που αναφέραμε παραπάνω είναι τα μεγάλα πλεονεκτήματα της PD που τη κάνουν κατάλληλη για ταχεία προτυποποίηση.

Ένα μειονέκτημα από την άλλη που καλείται να αντιμετωπίσει ο προγραμματιστής σε PD είναι η δυσκολία να αποδώσει απλές εκφράσεις λογικού ελέγχου. Εξαιτίας της γραφικής φύσης της γλώσσας ένας απλός λογικός έλεγχος, για παράδειγμα ένας βρόχος IF...THEN...ELSE, χρειάζεται ένα μεγάλο αριθμό αντικειμένων και κατ' επέκταση ένα μεγάλο αριθμό συνδέσεων. Το γεγονός αυτό δημιουργεί ένα οπτικό φορτίο το οποίο δυσχεραίνει την κατανόηση και παρακολούθηση του προγράμματος σε σύγκριση με μια γλώσσα υψηλού επιπέδου βασισμένη στο κείμενο ή ακόμα και



άλλες γραφικές γλώσσες οι οποίες όμως έχουν έτοιμα αντικείμενα για να καλύπτουν τέτοιους βασικούς λογικούς χειρισμούς.

Η σύνδεση της PD με το Android ώστε να επιτευχθεί ο έλεγχος του υλικού (hardware) γίνεται μέσω μιας βασικής βιβλιοθήκης (<http://libpd.cc/about/>). Η βιβλιοθήκη αυτή περιέχει την υλοποίηση όλων των βασικών συναρτήσεων της PD, ενώ χρησιμοποιώντας την έχει δημιουργηθεί η εφαρμογή PdDroidParty (<http://droidparty.net/>) που λειτουργεί σαν μεταφραστής της PD για το Android [15]. Η επιλογή της χρήσης της εφαρμογής PdDroidParty έγινε για λόγους φορητότητας αφού ο συγκεκριμένος μεταφραστής έχει υλοποιηθεί και για άλλες κινητές πλατφόρμες (iOS, Maemo) αυξάνοντας έτσι σημαντικά την συμβατότητα του ηχητικού παιχνιδιού με αυτές τις πλατφόρμες.

Φυσικά η ανάπτυξη σε όλα τα στάδια της εφαρμογής σε PD έγινε με τη χρήση του βασικού περιβάλλοντος ("vanilla" distribution) που παρέχεται από τον δημιουργό της PD, Miller S. Puckette (<http://puredata.info/downloads>).

Στο παράρτημα Α δίνονται οι οδηγίες εγκατάστασης των απαραίτητων εργαλείων αλλά και αρχείων για την εκτέλεση της εφαρμογής.

Αρχιτεκτονική

Συνοπτικά, η αρχιτεκτονική του λογισμικού είναι ιδιαίτερα απλή, με ελάχιστες διεπαφές και περιγράφεται παρακάτω:

Η λογική και ο ηχητικός σχεδιασμός έχουν υλοποιηθεί σε ένα αρχείο (patch) της PD. Στη συνέχεια αυτό το αρχείο τοποθετείται εντός της Android συσκευής στη οποία έχει ήδη εγκατασταθεί η εφαρμογή PdDroidParty.

Η εφαρμογή που εκτελείται είναι η PdDroidParty, η οποία κατά την εκτέλεσή της διαβάζει το αρχείο της PD. Η PdDroidParty είναι υπεύθυνη για την διεπαφή με τα services του Android ώστε να ελέγχεται το υλικό (hardware).



Ηχητικός Σχεδιασμός

Σύνθεση Ήχων

Ο ηχητικός σχεδιασμός βασίστηκε κυρίως στην τεχνική των ακουστικών εικονιδίων (Auditory Icons) και στον συνθετικό ήχο. Έτσι όλα τα ηχητικά σήματα που χρησιμοποιήθηκαν, παράγονται είτε με τη μέθοδο της προσθετικής σύνθεσης ή με τη μέθοδο της αφαιρετικής σύνθεσης κατά την εκτέλεση του λογισμικού και δεν είναι προϊόντα προηγούμενης ηχογράφησης. Σε πολλές περιπτώσεις η σύνθεση έχει γίνει με κάποιο μοντέλο το οποίο προσπαθεί να αποδώσει το πραγματικό φυσικό γεγονός και τον ήχο που αυτό θα παρήγαγε ώστε να μοιάζουν με τους γνώριμους φυσικούς ήχους. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η ριπή του όπλου, όπου βάση σχεδιασμού δεν παράγεται απευθείας ο ήχος μιας ριπής αλλά επαναλαμβάνεται ο ήχος μιας βολής, όπως ακριβώς συμβαίνει και στην πραγματικότητα.

Η μεθοδολογία αυτή είναι μια πολύ ισχυρή μεθοδολογία εξαιτίας του γεγονότος ότι μας δίνει τη δυνατότητα να συνδέσουμε τις παραμέτρους των ηχητικών μοντέλων με παραμέτρους των ήχων (Model Based). Έτσι συνεχίζοντας το παράδειγμα μας, μπορούμε να συνδέσουμε τη διάρκεια που κρατάει πατημένο το κουμπί τη βολής ο παίχτης με τη διάρκεια της ριπής. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο προτιμήθηκε η παραμετροποίηση των ήχων αφού αυξάνει σημαντικά τη διαδραστικότητα της διεπαφής. Ελέγχοντας τα χαρακτηριστικά του ήχου και συνδέοντάς τα με τις εντολές του χρήστη δίνεται μια πιο άμεση και κυρίως συνεχής αίσθηση ανάδρασης. Το συγκεκριμένο παιχνίδι είναι ένα ηχητικό παιχνίδι δράσης, πράγμα που καθιστά την γρήγορη και με σαφήνεια απόκριση απαραίτητο συστατικό.

Ηχητική Αναπαράσταση

Όπως ήδη αναφέραμε η τεχνική της μοντελοποίησης των ήχων χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα βασικά στοιχεία του σεναρίου (στόχος, βολή κ.λ.π.).

Τεχνικές τύπου Audification, που χρησιμοποιούν απευθείας τα δεδομένα ως τις τιμές του σήματος, δεν χρησιμοποιήθηκαν καθόλου, αφού δεν εξυπηρετούσαν τους σκοπούς του παιχνιδιού και του σεναρίου. Η τεχνική του Audification χρειάζεται μεγάλα σύνολα δεδομένων που είναι προκαθορισμένα και δεν αλλάζουν με βάση τις δράσεις του χειριστή, καθώς και δεν προκύπτουν ηχητικά σήματα που είναι οικεία στον χρήστη. Τα στοιχεία αυτά της τεχνικής του Audification θεωρήθηκαν ασύμβατα με το παιχνίδι και τον σχεδιασμό του.



Αντίθετα έγινε χρήση της ηχητικής αναπαράστασης μέσω Earcons. Το μόνο στοιχείο στο οποίο χρησιμοποιήθηκε Earcon ήταν η απόδοση της αποτυχημένης λήξης του παιχνιδιού. Επιλέχθηκε η τεχνική αυτή για αυτό το στοιχείο για δύο βασικούς λόγους. Πρώτον, γιατί είναι ένα στοιχείο δευτερεύουσας σημασίας, στατικό και χωρίς ανάγκη ιδιαίτερη μεταβολή για την εξυπηρέτηση του σεναρίου. Δεύτερον, διότι δεν υπάρχει κάποιος φυσικός ήχος ο οποίος να είναι εννοιολογικά συνδεδεμένος με την αποτυχία. Αντιθέτως, μέσα από τη συχνή χρήση έχουν καθιερωθεί μελωδίες με μειούμενη συχνότητα ως αντιπροσωπευτικές της αποτυχίας.

Όσον αφορά τους φύση των ήχων που επιλέχθηκαν, αυτοί προσεγγίζουν όσο το δυνατόν περισσότερο φυσικούς ήχους. Με αυτό τον τρόπο έγινε προσπάθεια να αξιοποιηθούν τα πλεονεκτήματα της τεχνικής των Auditory Icons. Πράγματι οι ήχοι του στόχου, της βολής του όπλου και της έκρηξης δίνουν μέσα από τη συσχέτισή τους με το φυσικό κόσμο πλούσια πληροφορία για το σεναρίου. Για παράδειγμα ο ήχος της έκρηξης δίνει, χωρίς ανάγκη προηγούμενης εξήγησης, στον χρήστη την πληροφορία ότι κατέστρεψε το στόχο άρα και ήταν επιτυχημένη η βολή του.

Πιο συγκεκριμένα οι ηχητικές αναπαραστάσεις που δημιουργήθηκαν για τις ανάγκες του παιχνιδιού είναι οι παρακάτω τέσσερις:

Ρολόι

Το ηχητικό εικονίδιο αυτό μοιάζει με τον ήχο που παράγει ένα μηχανικό ρολόι. Αποτελείται από δύο εναλλασσόμενους χτύπους ανάμεσα στους οποίους μεσολαβούν παύσεις [12]. Δημιουργήθηκε με την τεχνική της αφαιρετικής σύνθεσης και τη χρήση βαθυπερατών και υψιπερατών φίλτρων για τη εξαγωγή των συχνοτήτων που μας ενδιέφεραν ώστε να προκύψει ένας ήχος που θα μοιάζει με «κλικ». Στη συνέχεια συνδυάστηκαν τρεις παρόμοιοι ήχοι τύπου «κλικ» για να δώσουν την αίσθηση των πολλαπλών εξαρτημάτων τα οποία συγκροούνται μεταξύ τους μέσα σε ένα ρολόι κάθε φορά που γυρνάει ο δείκτης.

Στο σενάριο, το ρολόι εξυπηρετεί το ρόλο του στόχου ο οποίος μετακινείται δεξιά και αριστερά στον οριζόντιο άξονα. Η συνεχής και γνώριμη φύση του ήχου αυτού χωρίς να γίνεται κουραστικός όπως ένας συνεχόμενος τόνος ήταν ιδανική για την διατήρηση της προσοχής του παίχτη, κατ' επέκταση και της βύθισης.

Επίσης, εξαιτίας ότι είναι ένας συνθετικός και μοντελοποιημένος ήχος μπορούμε να αντιστοιχίσουμε παραμέτρους του παιχνιδιού σε χαρακτηριστικά του εικονιδίου. Συγκεκριμένα ελέγχουμε το ρυθμό των χτύπων μέσω της παραμέτρου της διάρκειας του παιχνιδιού, δηλαδή όσο περνάει η ώρα ο ρυθμός του ρολογιού επιταχύνεται.

Το βασικό στοιχείο που πρέπει να αποδοθεί στο σχεδιασμό του παιχνιδιού είναι η θέση και η κίνηση του στόχου. Το σήμα του στόχου όπως αναφέραμε και



προηγουμένως αποτελείται από ένα συνθετικό ήχο (earcon). Η θέση του στόχου περιγράφεται με μια μονοπαραμετρική συνάρτηση που ορίζει έναν οριζόντιο άξονα. Στη συνέχεια γίνεται χρήση της μεταβολής της έντασης του ήχου μεταξύ δεξιού και αριστερού ακουστικού (panning) για να αντιληφθεί ο χρήστης την πληροφορία αυτή. Αντίστοιχα, ανάλογα με το πόσο μακριά από τη μέση του άξονα του βρίσκεται ο στόχος, προσθέτουμε αντήχηση (reverb) στον ήχο και μειώνουμε την ένταση για να βοηθήσουμε στην αντίληψη της απόστασης από τον χρήστη.

Όπλο

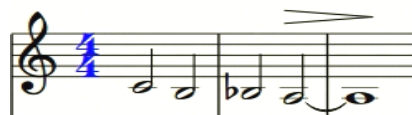
Για την απόδοση της βολής του «κανονιού» που χρειάζεται το σενάριο έχει χρησιμοποιηθεί ένας ηχητικό εικονίδιο που μοιάζει με ριπή πολυβόλου. Δημιουργείται με αφαιρετική σύνθεση και αποτελείται από μια σειρά χτύπων με το κατάλληλο φιλτράρισμα, βάθος και επεξεργασία ώστε να δίνουν την αίσθηση που θέλουμε [12]. Ο αριθμός και ο ρυθμός των χτύπων είναι παράμετροι που μπορούν να μεταβληθούν, παράγοντας έτσι ριπές διαφορετικής διάρκειας και ταχύτητας.

Έκρηξη

Σε περίπτωση επιτυχίας του στόχου χρησιμοποιείται ένα ηχητικό εικονίδιο που μοιάζει με τον θόρυβο μιας έκρηξης. Δημιουργείται με τη τεχνική της αφαιρετικής σύνθεσης και βασίζεται σε φιλτράρισμα άσπρου θορύβου όπως ακριβώς συμβαίνει και με το σήμα που παράγει μια πραγματική έκρηξη [12]. Ο ρόλος του είναι να ενημερώσει τον χρήστη για την επιτυχημένη του βολή. Και αυτός ο ήχος είναι μοντελοποιημένος αλλά προς το παρόν δεν έχει συνδεθεί κάποια παράμετρος του ήχου με κάποια παράμετρο της λογικής του παιχνιδιού.

Αποτυχία

Για την ηχητική αναπαράσταση του τέλους του παιχνιδιού λόγω λήξης του χρόνου έχει συντεθεί με τη βοήθεια της τεχνικής της προσθετικής σύνθεσης ένας απλό ήχος (earcon) που αποτελείται από τέσσερις νότες (Ντο (261,63Hz) -> Σι (246,94Hz) -> Λα δίεση (233,08Hz) -> Λα (220Hz)).



Εικόνα 10: Μελωδία Αποτυχίας



Στο παράρτημα Β παρατίθεται η ψηφιακή μοντελοποίηση των ήχων σε PureData

Άλλες Επιλογές Ηχητικής Σχεδίασης

Ήδη έχουμε αναφέρει πολλές από τις συνθήκες που επηρέασαν τον ηχητικό σχεδιασμό και τι επιλογές έγιναν τελικά. Στη συνέχεια θα αναφέρουμε τις υπόλοιπες σημαντικές επιλογές του ηχητικού σχεδιασμού που δεν αναλύθηκαν ως τώρα.

Χρονισμός

Ο χρονισμός των διαφόρων ήχων υπήρξε ένα σημαντικό στοιχείο του σχεδιασμού του παιχνιδιού. Ήδη αναφερθήκαμε στο χρονισμό του ρολογιού-στόχου και πως αυτός αφενός κρατά την προσοχή του παίχτη και αφετέρου μεταδίδει την πρόοδο του παιχνιδιού. Ένα άλλο στοιχείο χρονισμού στο οποίο δοκιμάστηκαν διάφορες τιμές ήταν η καθυστέρηση μεταξύ του πατήματος του κουμπιού της βολή και της έναρξης του ήχου της βολής. Στο στοιχείο αυτό, γρήγορα έγινε εμφανές ότι η αμεσότητα ήταν καίρια για την αίσθηση της διαδραστικότητας. Έτσι δεν εισήχθη καμία καθυστέρηση.

Το ίδιο δεν ίσχυσε όμως και για την καθυστέρηση της έναρξης του ήχου της έκρηξης από τη στιγμή που ο παίχτης έχει πατήσει επιτυχημένα το κουμπί της βολής. Το ζητούμενο στην περίπτωση αυτή είναι η σωστή μετάβαση από το γεγονός της βολής στο γεγονός της καταστροφής. Η άμεση έναρξη δεν λειτούργησε σωστά αφού τα δύο γεγονότα εκκινούσα σχεδόν ταυτόχρονα και ο παίχτης δεν μπορούσε να τα συσχετίσει ως αίτιο και αιτιατό. Το ίδιο αποτέλεσμα υπήρχε και όταν η έκρηξη ξεκινούσε ακριβώς μετά τη ριπή αφού ο παίχτης πάλι τα αντιλαμβάνονταν συχνά σαν δύο ξεχωριστά γεγονότα. Τελικά η επιλογή που έγινε ήταν η έκρηξη να ξεκινάει λίγο πριν τελειώσουν οι τελευταίες βολές της ριπής. Με αυτό τον τρόπο ο παίχτης είχε την αίσθηση ότι κάποια από τις προηγούμενες βολές της ριπής του είχε καταστρέψει το στόχο θεωρώντας ότι αυτές χρειάστηκαν και κάποιο χρόνο για να φτάσουν στο στόχο τους.

Διασύνδεση των ήχων

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η σωστή διασύνδεση των ήχων μεταξύ τους. Δημιουργήθηκαν ήχου λοιπόν οι οποίοι δεν έμοιαζαν μεταξύ τους ούτε σε συχνοτικό περιεχόμενο ούτε και στη χροιά. Έτσι αποφεύχθηκε η σύγχυση μεταξύ σημάτων και η επικάλυψη. Μάλιστα, ακριβώς για να μην υπάρξει επικάλυψη δεν μπήκε κάποιο μουσικό φόντο στο παιχνίδι, ώστε να μην υπερφορτωθεί ηχητικά ο χρήστης και να



μην αποσπάται και η προσοχή του από τον στόχο. Επίσης οι ήχοι που επιλέχθηκαν είχαν σαφή νοηματική σχέση με το σενάριο και το ρόλο τους αλλά είχαν και συμφραζόμενη σημασία. Έτσι, για παράδειγμα, η ακολουθία του ήχου του πολυβόλου και της έκρηξης δημιουργεί μια επιπλέον πληροφορία που αποσαφηνίζει το ρόλο του κάθε ενός από τους δύο ήχους.

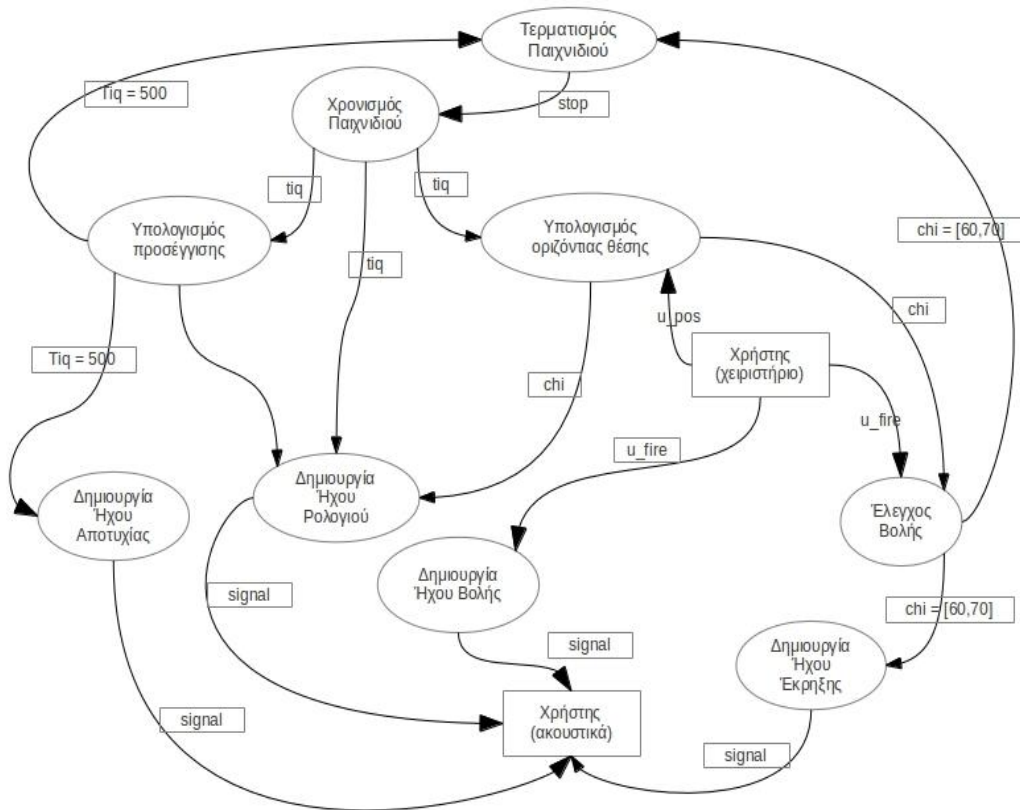
Λογικός Σχεδιασμός

Ένα πολύ σημαντικό κομμάτι για την επιτυχημένη υλοποίηση του λογισμικού είναι να υπάρχει μια σαφής και σωστά υλοποιημένη λογική.

Το μεγαλύτερο κομμάτι του λογικού ελέγχου αναφέρεται στην υλοποίηση του σεναρίου. Επίσης ένα σημαντικό κομμάτι λογικού ελέγχου χρειάστηκε στην υλοποίηση των ηχητικών μοντέλων, στις περιπτώσεις όπου χρειαζόταν να παραμετροποιηθεί κάποιο χαρακτηριστικό του ήχου. Σε όλες τις περιπτώσεις ο λογικός σχεδιασμός υπήρξε όσο το δυνατόν πιο απλός και ευθύς, σεβόμενος τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των εργαλείων που είχαμε στη διάθεσή μας.

Παρακάτω παρουσιάζονται τα γενικά λογικά διαγράμματα του παιχνιδιού αλλά και πιο ειδικές πληροφορίες.

Διάγραμμα Ροής Δεδομένων



Εικόνα 11: Διάγραμμα Ροής Δεδομένων

Λεξικό Δεδομένων Διαγράμματος Ροής

Όνομα	Περιγραφή	Είδος	Περιέχει	Τιμές	Αρχική τιμή
u_pos	Θέση χειριστηρίου οριζόντιας μετακίνησης	Δεδομένο που εισάγεται από το χρήστη	Ένα νούμερο που αντιστοιχεί στην θέση του χειριστηρίου	Ακέραιοι στο διάστημα [0,127]	Κενό NULL
u_fire	Σήμα κουμπιού βολής	Δεδομένο που εισάγεται από το χρήστη	Ένα λογικό σήμα	Boolean 0,1	0

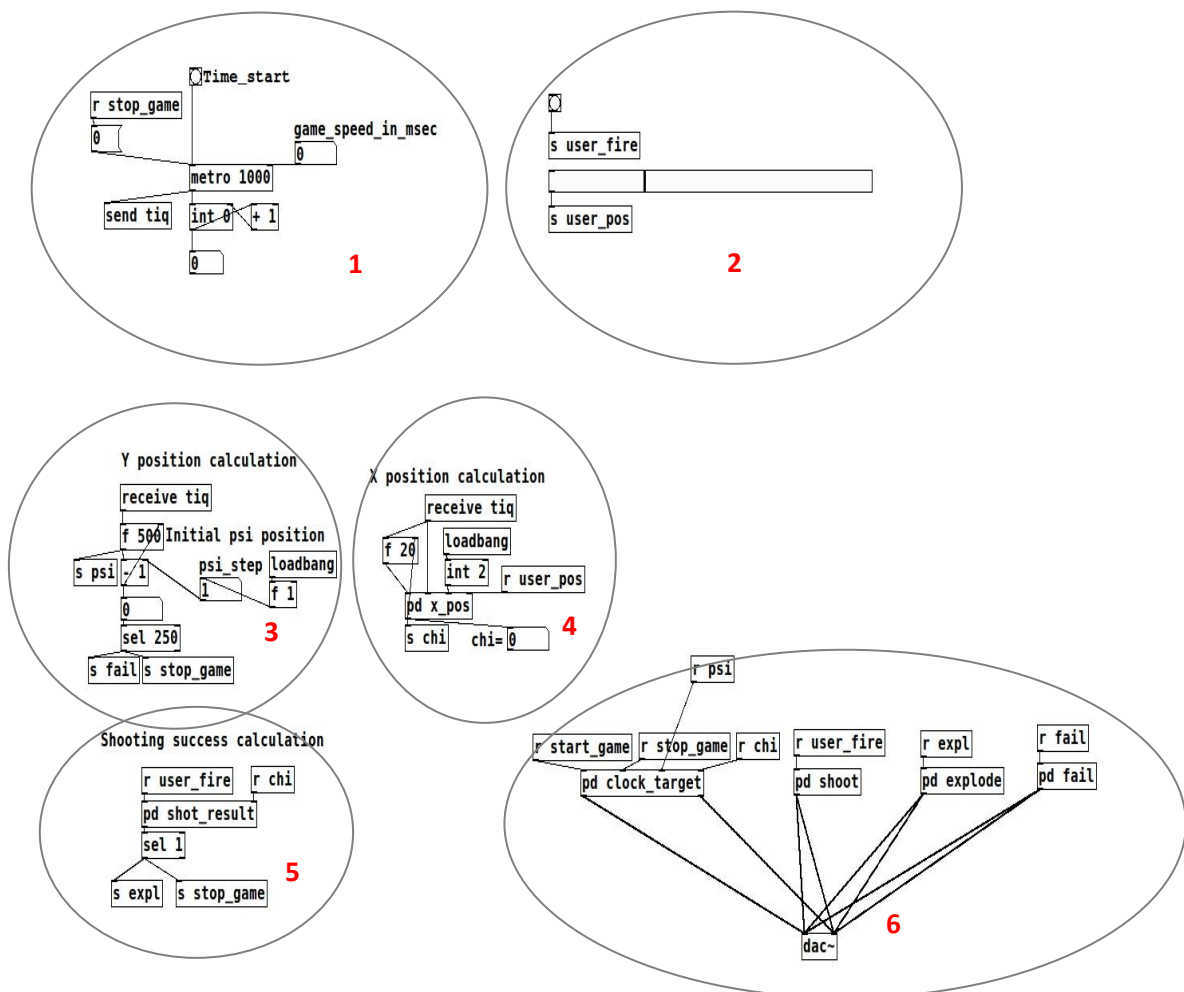


chi	Συντεταγμένη στόχου	Εσωτερική μεταβλητή	Ένα νούμερο που αντιπροσωπεύει την συντεταγμένη του στόχου στον οριζόντιο άξονα	Αριθμός κινητής υποδιαστολής στο διάστημα [0,127]	20
tiq	Σήμα χρονισμού	Εσωτερική μεταβλητή	Λογικό σήμα για το χρονισμό όλων των διαδικασιών	Boolean 0,1	0
Signal	Ηχητικό σήμα	Δεδομένο εξόδου προς το χρήστη	Ηχητικό σήμα το οποίο τροφοδοτείται στο hardware του συστήματος	Πραγματικές τιμές σε πραγματικό χρόνο	Κενό NULL
Stop	Σήμα τερματισμού	Εσωτερική μεταβλητή	Λογικό σήμα για τον διακοπή του σήματος χρονισμού	Boolean 0,1	0

Επιπλέον, η φύση της PD είναι τέτοια που επιτρέπει την γραφική προτυποποίηση του λογισμικού. Έτσι είναι χρήσιμο να παρατεθούν και οι αντίστοιχες γραφικές αναπαραστάσεις της PD, αφού περιέχουν ευανάγνωστη και δομημένη πληροφορία.

Πρότυπο Γενικής Δομής Εφαρμογής

Η συνολική δομή του προγράμματος έχει περιγραφεί συνοπτικά ήδη και στο παραπάνω διάγραμμα ροής. Συμπληρωματικά, παρατίθεται η γραφική απεικόνιση της δόμησης σε PD.



Εικόνα 12: Πρότυπο Γενικής Δομής Εφαρμογής

Όπως φαίνεται και στο παραπάνω διάγραμμα υπάρχουν έξι (6) βασικές λειτουργικές περιοχές στο σχεδιασμό της εφαρμογής. Οι περιοχές 1,3,4 και 5 αποτελούν τα σημεία όπου γίνεται ο χειρισμός της λογικής του σεναρίου. Η περιοχή 2 αναπαριστά τα χειριστήρια του χρήστη, ενώ η περιοχή 6 συγκεντρώνει το κώδικα για την επεξεργασία του ήχου.



Συνοπτικά, οι λειτουργικές περιοχές της αρχιτεκτονικής του παιχνιδιού περιγράφονται όπως παρακάτω:

- Περιοχή 1: Εδώ υλοποιούνται τα στοιχεία χρονισμού, εκκίνησης και παύσης του παιχνιδιού.
- Περιοχή 2: Εδώ υλοποιούνται τα στοιχεία χειρισμού του παιχνιδιού από τον χρήστη.
- Περιοχή 3, 4: Εδώ υλοποιείται η λογική της θέσης και της απόστασης του στόχου
- Περιοχή 5: Εδώ υλοποιείται η λογική του ελέγχου της επιτυχίας των βολών του παίχτη
- Περιοχή 6: Εδώ γίνεται η υλοποίηση όλης της επεξεργασίας του ήχου ώστε να αποδοθεί το σενάριο και η εξέλιξή του.

Πρότυπο υπολογισμού της θέσης του στόχου

Η συνάρτηση αυτή, που αποτελεί μέρος της 4ης λειτουργικής περιοχής, εκτελεί μια απλή διαδικασία για να προσδιορίσει τη θέση του στόχου στον οριζόντιο άξονα. Πιο συγκεκριμένα, η θέση περιγράφεται από την εξίσωση:

$$X_i = X_{i-1} + X_{\text{rand}} + X_{\text{user}}$$

όπου

X_i είναι η τιμή της θέσης του στόχου τη στιγμή i

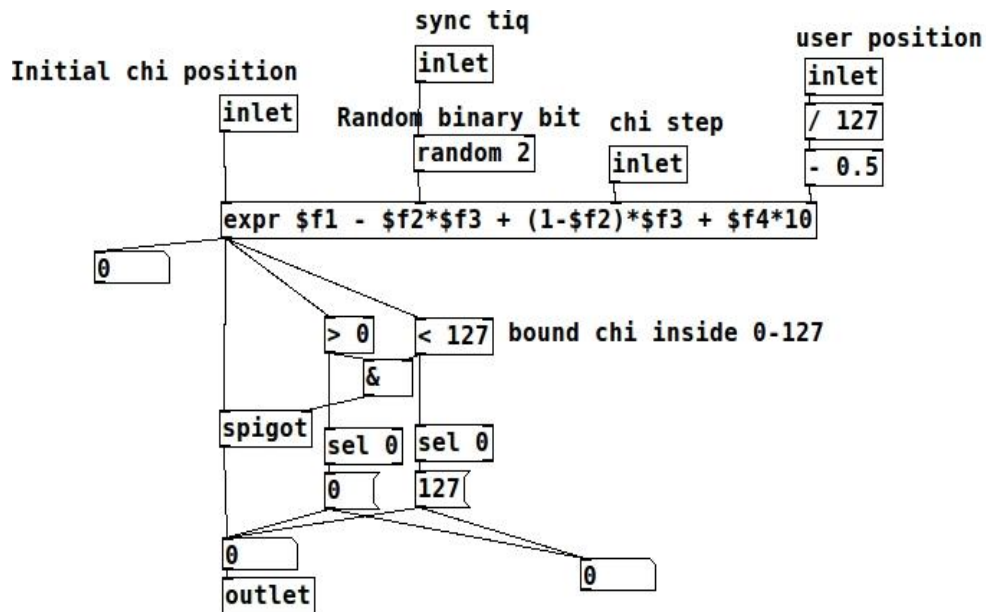
X_{rand} είναι μια μεταβολή της θέσης του στόχου κατά ένα συγκεκριμένο ποσό (βήμα).

Το πρόσθετο της μεταβολής είναι τυχαίο άρα και η κατεύθυνση στην οποία θα κινηθεί από μόνος του ο στόχος

X_{user} είναι

Η αρχική τιμή X_0 έχει περαστεί στον κώδικα και τυχαία επιλέχθηκε να είναι ο αριθμός 20. Αντίστοιχα οι δυνατές τιμές για το X_i είναι φραγμένες στο διάστημα $[0,127]$. Σε περίπτωση που το αποτέλεσμα που προκύπτει από τον υπολογισμό της συνάρτησης ξεφεύγει από τα όρια του παραπάνω διαστήματος, τότε υπάρχει η κατάλληλη λογική ώστε το X_i να παίρνει την τιμή του άνω ή του κάτω φράγματος αντίστοιχα.

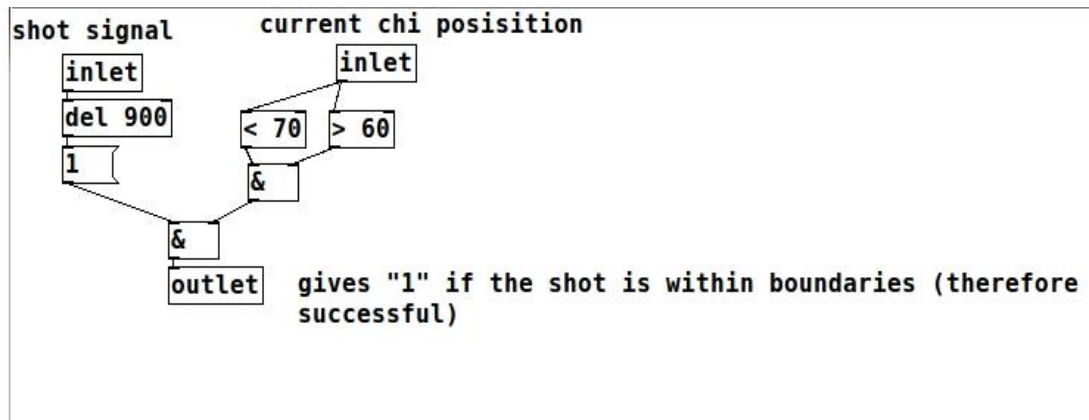
Δεδομένου ότι το οριζόντιο τμήμα κίνησης του στόχου είναι στο διάστημα $[0,127]$ ορίζουμε το 0 ως την τιμή που αντιστοιχεί στη άκρα αριστερή θέση του στόχου και το 127 ως την τιμή που αντιστοιχεί στην άκρα δεξιά θέση του στόχου.



Εικόνα 13: Πρότυπο Υπολογισμού Θέσης X

Πρότυπο Ελέγχου Επιτυχίας Βολής

Η παρακάτω σύντομη συνάρτηση βρίσκεται στην 5η λειτουργική περιοχή του παιχνιδιού και κάνει έναν έλεγχο για την επιτυχία της βολής η οποία είναι επιτυχημένη μόνο αν τη στιγμή που δίνεται το σήμα της βολή ο στόχος βρίσκεται σε μια περιοχή γύρω από το κέντρο του διαστήματος στο οποίο κινείται. Το εύρος της περιοχής αυτής είναι μια μεταβλητή που μπορεί να διαφοροποιηθεί ανάλογα με τη δυσκολία που θέλουμε να δώσουμε στο παιχνίδι.



Εικόνα 14: Πρότυπο Ελέγχου Επιτυχίας



5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διαδικασία δοκιμών

Για τις δοκιμές της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε μια κινητή συσκευή τύπου Samsung Galaxy S, με λειτουργικό Android 2.4, στην οποία είχε εγκατασταθεί το παιχνίδι.

Πέρα από διάφορες γενικές δοκιμές που έγιναν με το παιχνίδι έγιναν και μερικές χρονομετρημένες δοκιμές. Οι παίχτες αφού ενημερώνονταν εν συντομία για το σενάριο και το στόχο του παιχνιδιού καλούνταν να φορέσουν τα ακουστικά και να κοιτάξουν την οθόνη για να αναγνωρίσουν τα χειριστήρια. Στη συνέχεια έπρεπε να παίξουν το παιχνίδι το οποίο είχε μέγιστη διάρκεια 250 δευτερόλεπτα, σε περίπτωση που δεν είχαν πετύχει το στόχο νωρίτερα. Κάθε παίχτης έπρεπε να ολοκληρώσει οχτώ παιχνίδια, όχι απαραίτητα συνεχόμενα.

Το παιχνίδι δοκιμάστηκε σε 4 διαφορετικούς παίχτες ηλικίας 22 έως 52. Η βασική μέτρηση που γινόταν στον κάθε παίχτη ήταν αυτή του χρόνου ολοκλήρωσης του κάθε παιχνιδιού και στη συνέχεια γινόταν συζήτηση για την εμπειρία του παιχνιδιού.

Είναι χαρακτηριστικό ότι κανένας παίχτης, συμπεριλαμβανομένου του συγγραφέα, δεν ολοκλήρωσε το πρώτο του παιχνίδι διάρκειας 250 sec, ενώ όλοι οι παίχτες ολοκλήρωσαν επιτυχώς το 6^ο, 7^ο και 8^ο παιχνίδια διάρκειας 250 sec.

Η μέση διάρκεια των παιχνιδιών ήταν τα 110 δευτερόλεπτα.

Αποτελέσματα πρακτικής εφαρμογής εργαλείων

Η ευρεία χρήση διαφορετικών εργαλείων κατά την ανάπτυξη της ηχητικής εφαρμογής επιτρέπει την εξαγωγή συμπερασμάτων όχι μόνο για την καταλληλότητα των εργαλείων για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου τύπου εφαρμογών, αλλά και για την ποιότητα συνεργασίας και συμβατότητα μεταξύ των ίδιων των εργαλείων. Ακολουθεί αναφορά στα εν λόγω συμπεράσματα:



- Η συνεργασία του λειτουργικού και κατ' επέκταση του υλικού με το λογισμικό εκτέλεσης της ηχητικής εφαρμογής είναι ιδιαίτερα σημαντική. Κατά την δημιουργία της εφαρμογής υπήρξε εμπειρία από τους παρακάτω συνδυασμούς:

1. PureData – Linux – PC Hardware
2. PdDroidParty – Android Emulator – Linux – PC Hardware
3. PdDroidParty – Android – SmartPhone Hardware

Αυτό που παρατηρήθηκε ήταν ότι στις περιπτώσεις όπου υπήρχε μεγάλη καθυστέρηση (latency) αυτή ήταν αρκετή για να παραμορφώσει τον ήχο και να δημιουργήσει απώλεια ποιότητας για το παιχνίδι τέτοια που να μην μπορεί ο παίχτης να παίξει. Όπως είναι αναμενόμενο, ο συνδυασμός με το μεγαλύτερο τέτοιο πρόβλημα ήταν αυτός της εξομοίωσης (περίπτωση 2).

- Αντίστοιχο πρόβλημα παρατηρήθηκε λόγω περιορισμού στην υπολογιστική ισχύ. Επειδή τα στοιχεία της PureData χρησιμοποιούν τον Επεξεργαστή για να κάνουν την επεξεργασία του ψηφιακού σήματος και δεν χρησιμοποιούν κατευθείαν τα ψηφιακά κυκλώματα του υλικού, σε περίπτωση μικρής επεξεργαστικής ισχύος είχαμε παραμόρφωση και απώλεια του ήχου ή/και περιπτώσεις σφάλματος. Τέτοιες παρατηρήσεις έγιναν και κατά τη διάρκεια της εξομοίωσης αλλά και κατά την απευθείας εκτέλεση στο smartphone (περιπτώσεις 2 και 3). Ιδιαίτερα αισθητό έγινε το πρόβλημα κατά τη διάρκεια πειραματισμού με συναρτήσεις μεταφοράς για φιλτράρισμα του ήχου, χρήσιμες για αμφιωτική αναπαράσταση του ήχου. Στις περιπτώσεις αυτές οι αριθμητικές μέθοδοι επεξεργασίας του σήματος και ο τρόπος που υλοποιήθηκαν υπέβαλλαν σε υπερβολικό φόρτο τους επεξεργαστές.

Αποτελέσματα χρήσης

Η ηχητική εφαρμογή που αναπτύχθηκε μας έδωσε τη δυνατότητα να εξάγουμε χρήσιμα συμπεράσματα για την ακουστική διεπαφή μεταξύ χρήστη και εφαρμογής. Αυτό επιτεύχθηκε μέσω πειραματισμού με διάφορες παραμέτρους του παιχνιδιού



όπως ένταση ήχων, ταχύτητα εξέλιξης παιχνιδιού, ευαισθησία χειριστηρίων, εύρος παραθύρου στόχευσης και άλλα. Ακολουθεί αναφορά στα εν λόγω συμπεράσματα:

- Όπως έχει αναφερθεί ήδη, το εύρος του παραθύρου επιτυχούς στόχευσης δηλαδή το εύρος της περιοχής της θέσης του στόχου στην οποία η βολή θεωρείται επιτυχής, είναι άμεσα συνδεδεμένο με την δυσκολία του παιχνιδιού. Ως αποτέλεσμα παρατηρήθηκε ότι όταν το εύρος αυτό μειωνόταν σε λιγότερο από 5% του ολικού εύρους κίνησης του στόχου, οι παίκτες είχαν δυσκολία να εντοπίσουν τότε ο στόχος έχει εισέλθει στην περιοχή του παραθύρου επιτυχούς στόχευσης με αποτέλεσμα να καταφεύγουν σε συνεχόμενες βολές ώστε να επιτύχουν τον στόχο. Αντίθετα για εύρος άνω του 12% οι παίκτες παρουσίαζαν μεγάλη επιτυχία στο να προσδιορίσουν τότε ο στόχος έχει εισέλθει στην περιοχή του παραθύρου στόχευσης, αποφεύγοντας να κάνουν άσκοπες βολές.
- Μια άλλη χαρακτηριστική παρατήρηση που έγινε ήταν η επιβεβαίωση της διαφορετικής ακουστικής αντίληψης. Οι παίκτες λοιπόν καλούνται να αντιληφθούν τη διαφορά στη θέση του ήχου με βάση τη διαφορά έντασης του ήχου στο δεξί και στο αριστερό αυτί. Συχνά λοιπόν προκειμένου να μπορέσουν να μηδενίσουν τον όποιο θόρυβο ή παραμένουσα αντίληψη για τη θέση του ήχου, προτιμούσαν να "στρίψουν" με τέτοιο τρόπο ώστε ο ήχος να βρεθεί είτε εντελώς στα αριστερά τους είτε εντελώς στα δεξιά τους. Στη συνέχεια ξεκινούσαν να "κινούνται" με τέτοιο τρόπο ώστε να φέρουν τον στόχο προς το κέντρο και εντός του παραθύρου στόχευσης.
- Επίσης αρκετά εντυπωσιακή ήταν η διαφοροποίηση της απόδοσης των παιχτών ανάλογα με το χρόνο τον οποίο είχαν παίξει. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ότι η απόδοση του παίχτη ήταν σχεδόν πάντα καλύτερη στο δεύτερο συνεχόμενο παιχνίδι, ενώ μειωνόταν δραματικά μετά το τρίτο συνεχόμενο παιχνίδι. Η συμπεριφορά αυτή μπορεί να εξηγηθεί από δύο φαινόμενα. Το πρώτο είναι η εξοικείωση (adjustment) του αυτιού με το



ηχητικό περιβάλλον (ένταση, χροιά, διαφορετικές πηγές). Ο ανθρώπινος εγκέφαλος χρειάζεται κάποια λεπτά προκειμένου να προσαρμοστεί πλήρως στο ηχητικό του περιβάλλον εξηγώντας έτσι τη βελτιωμένη απόδοση κατά το δεύτερο συνεχόμενο παιχνίδι [9]. Το δεύτερο φαινόμενο είναι η ακουστική κόπωση (ear fatigue), όπου η ακουστική αντίληψη μειώνεται καθώς το αυτί προσαρμόζεται όλο και περισσότερο στο ηχητικό περιβάλλον και ο εγκέφαλος αναζητά νέες συχνότητες ή ακουστικά γεγονότα για να αναλύσει [8]. Είναι χαρακτηριστικό ότι οι παίκτες μετά από παρατεταμένη χρήση του παιχνιδιού αντιδρούσαν σαν να ήταν ζαλισμένοι χωρίς να μπορούν να προσδιορίσουν από ποια μεριά ακούγεται ο ήχος ακόμα και σε περιπτώσεις που ο ήχος ήταν αρκετά μακριά από το κέντρο.

- Τέλος είναι σημαντικό το γεγονός ότι με τη συγκεκριμένη εφαρμογή είναι δυνατόν να επικεντρωθούμε στη ακουστική αντίληψη του χρήστη χωρίς να υπάρχει ο "θόρυβος" της οπτικής αντίληψης. Χαρακτηριστική ήταν η αντιδιαστολή της επίδοσης των παιχτών μεταξύ της ηχητικής εφαρμογής και παράλληλης εφαρμογής όπου η ηχητική αναπαράσταση συνοδευόταν και από οπτικό ερέθισμα (αριθμητική αναπαράσταση). Συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε μια εφαρμογή όπου η αριθμητική αναπαράσταση της θέσης του στόχου δινόταν στο χρήστη μέσω δύο αριθμητικών ενδείξεων (x,y). Η επίδοση των παιχτών ήταν σαφώς βελτιωμένη με την παράλληλη ύπαρξη της ηχητικής αναπαράστασης και αυτή της στοιχειώδους οπτικής ένδειξης. Αντιθέτως, χρησιμοποιώντας μόνο την αριθμητική ένδειξη οι παίκτες είχαν παρόμοια επίδοση με τη χρήση μόνο της ακουστικής ένδειξης, δείχνοντας έτσι ότι η αμεσότητα της ακουστικής ένδειξη είναι εξίσου αποτελεσματική με την ακρίβεια που παρέχει μια έμμεση οπτική ένδειξη.



6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ και ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας την αξιολόγηση του ηχητικού παιχνιδιού «Σκότωσε την ώρα σου» μπορούμε βλέπουμε ότι το παιχνίδι αυτό πέρασε από όλα τα κύρια στάδια σχεδιασμού και υλοποίησης επιτυχώς. Το τελικό αποτέλεσμα που βασίζεται στην εξερεύνηση και εφαρμογή καινούριων τεχνολογιών σε έναν αρκετά εξειδικευμένο τομέα, θεμελιώνει την επιτυχή χρήση μεθόδων και πρακτικών ανάπτυξης ηχητικών παιχνιδιών.

Αν θέλαμε να κάνουμε μια αξιολόγηση του τελικού αποτελέσματος με βάση τα ποιοτικά κριτήρια των ηχητικών παιχνιδιών θα μπορούσαμε να πούμε τα εξής:

- Συγκέντρωση. Το παιχνίδι ήταν σε θέση να πετύχει τη συγκέντρωση των παιχτών σε κάθε επανάληψη.
- Πρόκληση και Ικανότητες του Παίκτη. Η πρόκληση που παρουσιάζει το παιχνίδι στους παίκτες είναι σαφής χωρίς όμως να δοκιμάζει τα όρια των ικανοτήτων τους. Φυσικά ο βαθμός δυσκολίας μπορεί να μεταβληθεί μέσω των παραμέτρων του παιχνιδιού κάνοντας το ευέλικτο να ανταποκριθεί σε διαφορετικά επίπεδα παιχτών.
- Έλεγχος. Οι παίκτες αισθάνονταν ότι έχουν τον έλεγχο των πράξεών τους.
- Ξεκάθαροι στόχοι. Το παιχνίδι παρέχει απόλυτα ξεκάθαρους στόχους στον παίκτη.
- Ανάδραση. Ο παίκτης έχει την κατάλληλη ανάδραση την κατάλληλη στιγμή χάρη στον λεπτομερή σχεδιασμό του χρονοισμού.
- Βύθιση. Το παιχνίδι δεν προσφέρει ένα πλήρες ακουστικό περιβάλλον. Στην περίπτωση αυτή η βύθιση εκδηλώθηκε ως αντίληψη ότι ο ήχος του παιχνιδιού ήταν μέρος του πραγματικού περιβάλλοντος.



Προοπτικές Ανάπτυξης

Η έως τώρα ανάπτυξη της ηχητικής εφαρμογής αποτελεί ένα σταθερό και σημαντικό πρώτο βήμα. Οι ορίζοντες που ανοίγονται από αυτά τα πρώτα αποτελέσματα καθώς και από την ανάπτυξη και οργάνωση των καινοτόμων εργαλείων είναι ιδιαίτερα ενδιαφέροντες. Είναι σημαντικό για κάθε βήμα που γίνεται να υπάρχει και το όραμα και η κατεύθυνση για το επόμενο. Σε αυτό το πνεύμα, παρατίθενται παρακάτω μερικές από τις προοπτικές που θα μπορούσαν να αποτελέσουν αντικείμενο συνέχειας της έρευνας της παρούσας εργασίας.

- Πλήρης Ηχητική Διεπαφή. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενες ενότητες, η PD αποτελεί ένα πολύ δυνατό εργαλείο για την επεξεργασία ηχητικών σημάτων. Αυτό ισχύει τόσο για την σύνθεση εξερχομένων σημάτων όσο και την ανάλυση εισερχομένων. Θα ήταν λοιπόν πολύ ενδιαφέρον να γίνει μια προσπάθεια για την ανάπτυξη μιας διεπαφής πλήρως βασισμένης σε ηχητικά σήματα, εισάγοντας την ανάλυση φωνητικών εντολών. Μια τέτοια μέθοδος εισαγωγής εντολών θα μπορούσε να αντικαταστήσει την χρήση χειριστηρίων στην οθόνη αφής.
- Επικοινωνία μέσω δικτύου και παιχνίδι με πολλούς παίκτες. Δεδομένης της απλότητας του σεναρίου θα ήταν ενδιαφέρουσα η επικοινωνία μεταξύ χρηστών μέσω της εφαρμογής ώστε να αποτελούν ο ένας στόχο για τον άλλο. Τα δεδομένα που θα πρέπει να μεταδοθούν μέσω δικτύου είναι αρκετά περιορισμένα εντούτοις παραμένουν οι προκλήσεις που έχει κάθε διαδικτυακό παιχνίδι όπως ο χρονισμός των εφαρμογών των δύο παιχτών.
- Γεωεντοπισμός. Η κινητή πλατφόρμα στην οποία έχει αναπτυχθεί το παιχνίδι δίνει πάρα πολλές δυνατότητες χρήσης εφαρμογών γεωεντοπισμού. Μάλιστα μια από τις πιο καινοτόμες περιοχές στις οποίες κινείται η αιχμή της έρευνας είναι η εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Σε αυτές τις εφαρμογές ο χρήστης δέχεται ενδείξεις από την εφαρμογή του οι οποίες έχουν να κάνουν με την τοποθεσία του. Θα



ήταν εξαιρετικά ενδιαφέρον λοιπόν να μελετήσει κανείς τις δυνατότητες συνδυασμού του γεωεντοπισμού με αυτές της ηχητικής διεπαφής για να δημιουργήσει παιχνίδια ή άλλες εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας.

Τέλος, ελπίζω η παρούσα εργασία να παρέχει ιδέες και λύσεις στους αναγνώστες της καθώς και να αποτελέσει γόνιμο ερέθισμα για την προώθηση της έρευνας στον τομέα των ηχητικών εφαρμογών σε κινητές πλατφόρμες μέσα από τα συμπεράσματα και τις προτάσεις της αλλά κυρίως μέσα από τις απορίες που δημιούργησε.



7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] P. Brinkmann, "Making Musical Apps: Real-time audio synthesis on Android and iOS", 1st Edition, O'Reilly, 2012.
- [2] M. Puckette, "The Theory and Technique of Electronic Music", World Scientific Publishing Co. , 2007.
- [3] T. Hermann, A. Hunt, J. G. Neuhoff, "The Sonification Handbook", Logos Verlag Berlin, 2011.
- [4] J.Kreidler, "Loadbang: Programming Electronic Music in Pd", 1st Edition, Wolke Publishing, 2009.
- [5] W.W. Gaver, "Auditory Interfaces. Handbook of Human-Computer Interaction", Elsevier Science, 1997.
- [6] A. Floros, N.A. Tatlas, S. Potirakis, "Sonic Perceptual Crossings: A tic-tac-toe Audio Game ", ACM, 2011.
- [7] T. Hermann, H. Ritter, "Sound and Meaning in Auditory Data Display", IEEE Proceedings, 2004.
- [8] Π. Κουτλεμάνης, Δ. Ντινιάς, "Ηχητική καθοδήγηση σε τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα: Το παιχνίδι «Ο ηχητικός μίτος της Αριάδνης»", Πτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας & Ακουστικής, ΤΕΙ Κρήτης 2006.
- [9] S. Garzonis, S. Jones, T. Jay, E. O'Neill, " Auditory Icon and Earcon Mobile Service Notifications: Intuitiveness, Learnability, Memorability and Preference ", CHI, 2009.
- [10] Audio game - Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Audio_games
- [11] Human-computer interaction - Wikipedia, the free encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Human-Computer_Interaction
- [12] Andie Farnell, Puredata tutorials and sample code <http://www.obiwannabe.co.uk/>
- [13] M. Puckette, PureData Documentation <http://puredata.info/docs>



- [14] Android Open Source Project, Developer documentation
<http://developer.android.com>
- [15] Chris McCormick, Introduction to Pd Droid Party
<http://droidparty.net/>
- [16] Article on audio game "Soundvoyager"
<http://en.wikipedia.org/wiki/Soundvoyager#Soundvoyager>
- [17] Official Site of the audio game "Papa Sangre"
<http://www.papasangre.com/blog/>
- [18] Sound - Wikipedia, the free encyclopedia,
<http://en.wikipedia.org/wiki/Sound>
- [19] Καλουμπιτσίδης Νίκος, Σήματα Συστήματα και Αλγόριθμοι, εκδ. Δίαυλος, 1994.
- [20] Andie Farnell, "Designing Sound", MIT Press, 2010.
- [21] Harmonic - Wikipedia, the free encyclopedia
<http://en.wikipedia.org/wiki/Harmonic>
- [22] Noise - Wikipedia, the free encyclopedia
<http://en.wikipedia.org/wiki/Noise>
- [23] Επ. Κατρίτσης, Δ. Κελέκης, «Ανατομία Φυσιολογία», Ίδρυμα Ευγενίδου, 1985
- [24] Loudness - Wikipedia, the free encyclopedia
<http://en.wikipedia.org/wiki/Loudness>
- [25] G. Elert, "The Nature of Sound", The Physics Hyper-Text book
<http://physics.info/sound>
- [26] Information Resources on Audio Games
<http://audiogames.net/>
- [27] H. Welte, "Anatomy of Contemporary Smartphone Hardware", CCC, 2008
- [28] iOS developer documentation
<http://developer.apple.com>
- [29] K. Noyes, Article « Mobile Linux : It's not just Android anymore » ,
PCWorld, 2012
http://www.pcworld.com/article/250899/mobile_linux_its_not_just_android_anymore.html



- [30] R. Nickerson, U. Varshney, J. Muntermann, H. Isaac, "Towards a Taxonomy of Mobile Applications", AMCIS Proceedings, 2007
- [31] H. Faridani, "Guide to Selecting Software Development Methodologies", Ryerson University, 2011



8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στο παράρτημα αυτό δίνονται αναλυτικές οδηγίες για τα βήματα που χρειάζονται ώστε να γίνει η εγκατάσταση του ηχητικού παιχνιδιού είτε σε εικονικό είτε σε πραγματικό περιβάλλον Android. Η προτεινόμενη μέθοδος εγκατάστασης της εφαρμογής είναι με τη βοήθεια της εργαλειοθήκης του Android (Android SDK).

Βήμα 1ο: Εγκαθιστούμε στον υπολογιστή την εργαλειοθήκη του Android την οποία μπορούμε να κατεβάσουμε κατευθείαν από το διαδίκτυο στη διεύθυνση <http://code.google.com/android/intro/installing.html>. Ανάλογα με το λειτουργικό που διαθέτουμε επιλέγουμε και τη κατάλληλη διανομή.

Βήμα 2ο: Συνδέουμε το κινητό στον υπολογιστή μέσω θύρας USB. Παράλληλα στις ρυθμίσεις του κινητού ενεργοποιήστε τη δυνατότητα εγκατάστασης από "άγνωστες πηγές" (Μενού -> Ρυθμίσεις -> Εφαρμογές επιλέξτε "Άγνωστες πηγές"). Σε περίπτωση που θέλουμε να κάνουμε την εγκατάσταση σε εικονικό περιβάλλον το βήμα αυτό αντικαθίσταται με τη εκκίνηση μια εικονικής συσκευής στον εξομοιωτή του Android (Adroid Virtual Device Manager)²

Βήμα 3ο: Εγκαθιστούμε το PddroidParty³. Για να εγκαταστήσουμε την εφαρμογή αυτή ανοίγουμε μια γραμμή εντολών και τρέχουμε την εντολή "adb install [τοποθεσία στον υπολογιστή μας]/PdDroidParty-debug-179.apk". Επίσης πριν τρέξουμε την παραπάνω εντολή μπορούμε να τρέξουμε και την εντολή "adb devices" για να σιγουρευτούμε ότι το σύστημα μας έχει αναγνωρίσει τη συνδεδεμένη συσκευή. Σε περίπτωση που χρησιμοποιούμε Linux οι παραπάνω εντολές πρέπει να πάρουν το πρόθεμα "./" και να εκτελεστούν ενώ βρισκόμαστε στο φάκελο που έχουν εγκατασταθεί τα platform tools της εργαλειοθήκης του Android (.../android-sdks/platform-tools).

Βήμα 4ο: Εγκατάσταση του patch του ηχητικού παιχνιδιού. Στην κάρτα μνήμης της κινητής συσκευής (SD card) δημιουργούμε έναν καινούριο φάκελο με ονομασία "Killing Time". Στη συνέχεια αντιγράφουμε το αρχείο (patch)

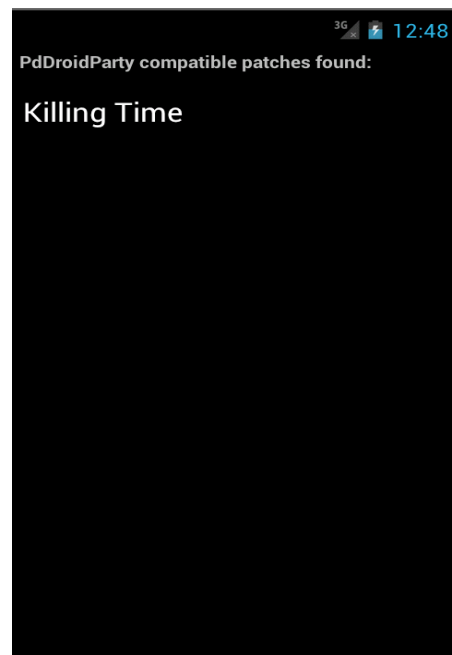
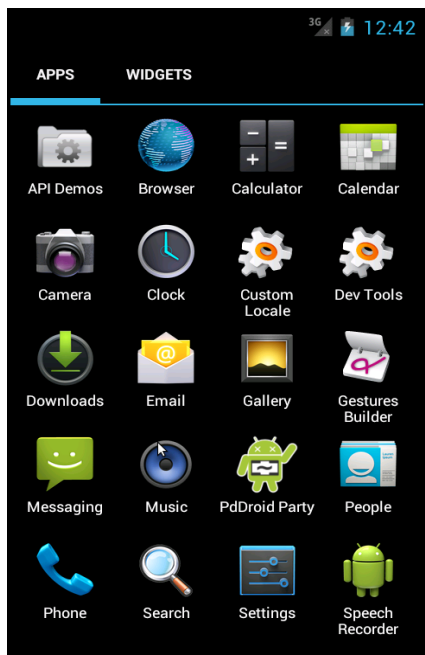
² Για τις ανάγκες προσομοίωσης της παρούσας εργασίας χρησιμοποιήθηκε το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης Eclipse μέσα από το οποίο ενεργοποιήθηκε το Android SDK και VDM

³ Πριν κάνουμε το βήμα αυτό θα πρέπει να έχουμε αποθηκεύσει κάπου στον υπολογιστή μας το αρχείο "PdDroidParty-debug-179.apk" το οποίο βρίσκεται στο συνοδευτικό υλικό της εργασίας ή στην διεύθυνση <http://droidparty.net/>.



του ηχητικού παιχνιδιού με όνομα "droidparty_main.pd" εντός του φακέλου αυτού.

Βήμα 5ο: Εκτέλεση του παιχνιδιού. Στο μενού εφαρμογών της κινητής συσκευής πλέον πρέπει να βλέπουμε το εικονίδιο της εφαρμογής PdDroidParty. Αφού επιλέξουμε την εφαρμογή, σύντομα μετά την εκκίνησή της θα μας εμφανίσει το όνομα του παιχνιδιού "Killing Time". Επιλέγοντας το όνομα το παιχνίδι ξεκινάει αμέσως.

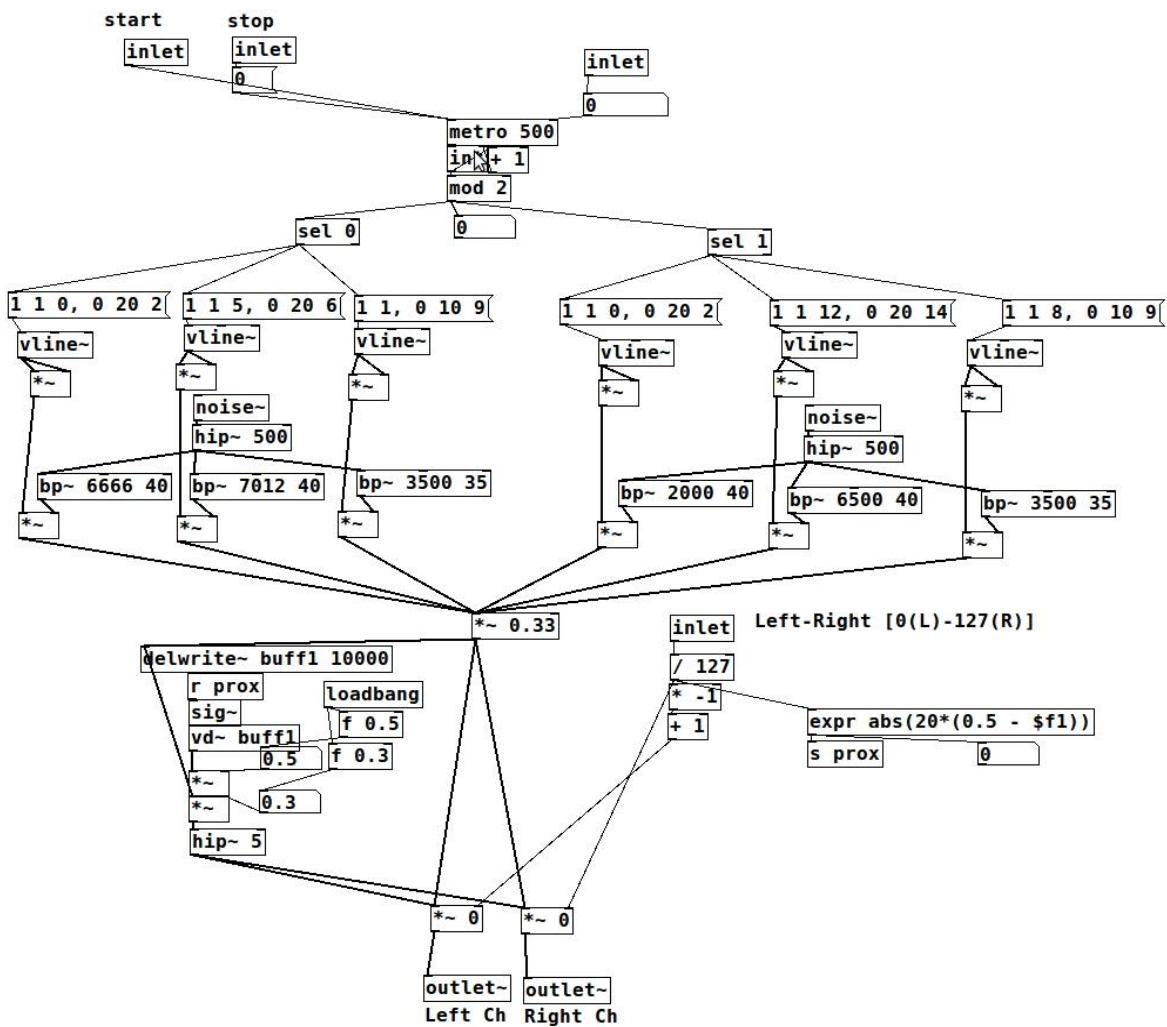




9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

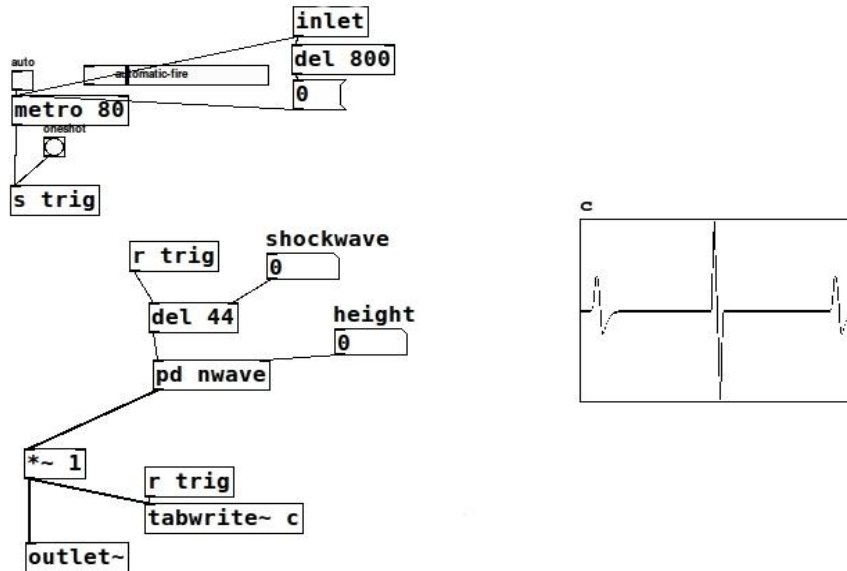
Στο παράρτημα αυτό παρουσιάζονται τα διαγράμματα της μοντελοποίησης των διαφόρων ήχων που ενσωματώθηκαν στο ηχητικό παιχνίδι, με την μορφή που αυτά διαμορφώθηκαν σε γλώσσα PureData.

Ρολόι

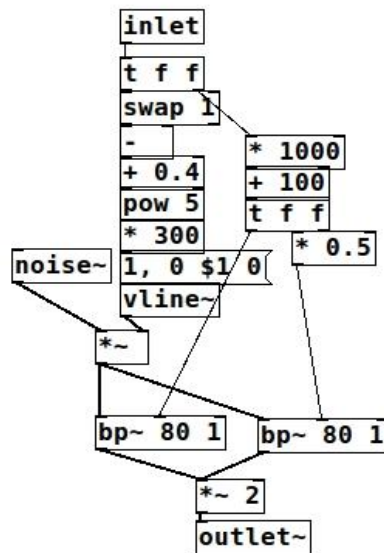




Όπλο



Έκρηξη





Αποτυχία

