

Τμήμα Τεχνών Ήχου και Εικόνας
Ιόνιο Πανεπιστήμιο

Μάθημα: Ψηφιακή Επεξεργασία Ήχου

Εργαστηριακή Άσκηση 4
«Ψηφιακή μίξη σήματος ήχου»

Διδάσκων: Φλώρος Ανδρέας
Δρ. Ηλ/γος Μηχ/κός & Τεχνολογίας Υπολογιστών

Κέρκυρα, 2013

Πίνακας περιεχομένων

1. Εισαγωγή	3
2. Μίξη σήματος ήχου	3
2.1. Δρομολόγηση και μίξη του ηχητικού σήματος	4
2.2. Στερεοφωνική εικόνα	4
2.3. Τελικό ηχητικό αποτέλεσμα	4
3. Παρουσίαση του κώδικα	5
3.1. Κώδικας μεταβολής του κέρδους ανά στερεοφωνικό κανάλι (Fx_AmplitudePanning.m)...	5
3.2. Κώδικας μίξης ήχου (Fx_WeightedMix.m)	5
4. Υλοποίηση της άσκησης	5
4.1. Χρήση του κώδικα του αρχείου «Example_AmplitudePanning.m»	5
4.2. Επεξεργασία των αποτελεσμάτων	6
5. Παράδοση της εργασίας	6
6. Σημαντικές παρατηρήσεις	7

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ 4

«Ψηφιακή μίξη σήματος ήχου»

1. Εισαγωγή

Στις ηχητικές εφαρμογές που απαντώνται σε όλες τις σύγχρονες, ή μη, ηχητικές δημιουργίες, όπως κινηματογραφικές ταινίες, μουσικά έργα, τηλεοπτικές παραγωγές κ.α., είναι αρκετά σπάνιο να αναπαράγεται μόνο μία πηγή ήχου κατά την εξέλιξη ενός ηχητικού δρώμενου. Έτσι, συνήθως ακούγεται μία κύρια πηγή (όπως, π.χ., ομιλία) πλαισιωμένη από ήχους περιβάλλοντος, στην περίπτωση της ηχητικής επένδυσης κινούμενης, ή μη, εικόνας, ή πολλές ηχητικές πηγές (όπως, π.χ., μουσικά όργανα) συμβάλλουν για την δημιουργία ενός τελικού ηχητικού αποτελέσματος, στην περίπτωση της ηχητικής/μουσικής δημιουργίας.

Έχοντας σαν εργαλείο την δυνατότητα αναπαραγωγής διαφορετικών ηχητικών σημάτων από δύο, ή και περισσότερα ηχεία, μπορεί κάθε μία πηγή, ή μέρος εξ αυτών, να αναπαράγεται είτε από διαφορετικό ηχείο είτε και από τα δύο, ή από όλα τα ηχεία, με διαφορετικό όμως κέρδος στο καθένα, όπως, ενδεικτικά, σε ένα στερεοφωνικό ηχητικό σύστημα ή σε ένα σύστημα ηχείων 5.1. Αυτή η διαδικασία, μπορεί να προσομοιώσει είτε μία σταθερή θέση της ηχητικής πηγής είτε μία κίνηση της πηγής στο χώρο. Αν και η προαναφερθείσα διαδικασία υλοποιούνταν με αναλογικά μέσα, πλέον υλοποιείται με ψηφιακά μέσα, παρέχοντας έτσι δυνατότητες όπως του αυτοματισμού της μεταβολής του κέρδους ανά ηχείο/μέσο αναπαραγωγής, λεπτομερέστερου χειρισμού της μίξης του σήματος κ.α.

Σκοπός της παρούσας εργαστηριακής άσκησης είναι η εξοικείωση με τις βασικές τεχνικές ψηφιακής μίξης του ηχητικού σήματος καθώς και η παρατήρηση των μεταβολών τελικώς παραγόμενου ηχητικού σήματος. Για τις ανάγκες της εργαστηριακής άσκησης θα χρησιμοποιηθούν οι υπολογιστές του τμήματος «Τεχνών Ήχου και Εικόνας» καθώς και, το εγκατεστημένο σε αυτούς, λογισμικό – πλατφόρμα προγραμματισμού «MATLAB».

2. Μίξη σήματος ήχου

Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, περί την δεκαετία του 1910 – 1920, όταν πρωτοξεκίνησαν οι πρώτες ηχογραφήσεις, σε δίσκους γραμμοφώνου, υπήρχε μία συσκευή καταγραφής του ήχου όπου ηχογραφούσε όλες τις ηχητικές πηγές ταυτόχρονα. Λίγο αργότερα, και με την εξέλιξη της τεχνολογίας, περί το 1930, έγινε και η πρώτη πατέντα με στερεοφωνικούς δίσκους βινυλίου¹. Σε κάθε μία από τις προαναφερόμενες περιπτώσεις, και χρονολογίες, η μίξη υλοποιούνταν κατά την εγγραφή, με την πηγή να ρυθμίζει το επίπεδο της καταγραφόμενης στάθμης (π.χ., ένας εκτελεστής ενός μουσικού οργάνου, θα παρήγαγε χαμηλότερη στάθμη ηχητικής πίεσης με το μουσικό όργανο, εάν ήταν επιθυμητή μία χαμηλότερη στάθμη ηχητικής πίεσης στην εγγραφή). Η μίξη του ήχου, με την μορφή που είναι γνωστή σήμερα, υλοποιήθηκε με την χρήση των πρώτων ηχητικών πολυκάναλων καταγραφικών μηχανημάτων, περί την δεκαετία του 1960.

Τα μηχανήματα αυτά χρησιμοποιούσαν μαγνητική ταινία για την αποθήκευση του καταγεγραμμένου σήματος και επέτρεπαν την ταυτόχρονη καταγραφή και αναπαραγωγή έως και 8 ηχητικών σημάτων. Έτσι, κατέστη πλέον δυνατό να γίνεται η μίξη του ήχου σε μετέπειτα στάδιο

¹ Ιστορικό στοιχείο: Ο πρώτος άνθρωπος που κατοχύρωσε την πατέντα του στερεοφωνικού δίσκου ήταν ο Alan Blumlein (29 Ιουνίου 1903 – 7 Ιουνίου 1942), και προς τιμή του μία από τις τεχνικές στέρεο ηχογράφησης ονομάζεται Blumlein.

της επεξεργασίας του ήχου και όχι κατά την καταγραφή. Για την διαχείριση όμως των καταγεγραμμένων σημάτων, απαιτείται η δρομολόγηση των ηχητικών σημάτων, μέσω ενός μίκτη/κονσόλας ήχου, σε δύο, συνήθως, κανάλια ήχου.

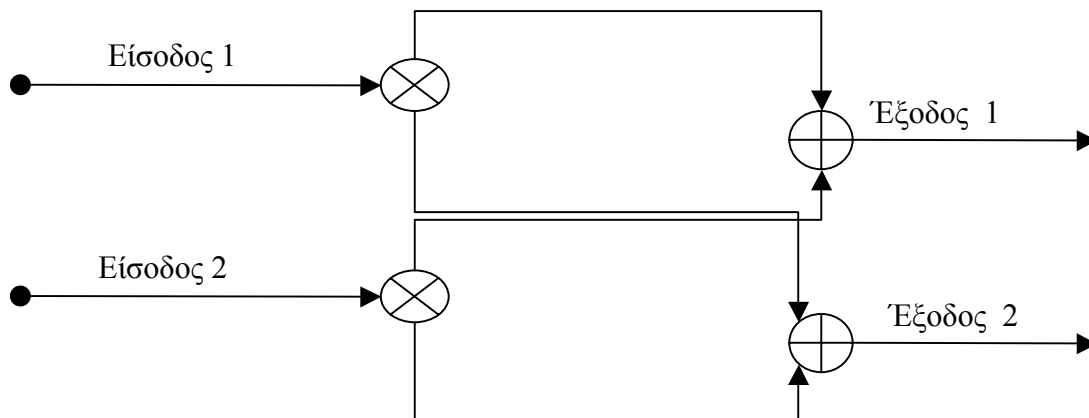
2.1. Δρομολόγηση και μίξη του ηχητικού σήματος

Η συσκευή που υλοποιεί την δρομολόγηση και την μίξη του/των ηχητικού/ηχητικών σήματος/σημάτων ονομάζεται κονσόλα μίξης ήχου. Αν και, πλέον, μπορεί να υλοποιήσει αρκετές παραπάνω λειτουργίες από μία απλή δρομολόγηση και μίξη του σήματος ήχου, για τις ανάγκες της παρούσας άσκησης θα αναφερθούν, και θα μελετηθούν, μόνο αυτές οι δύο λειτουργίες.

Εάν υποθεθεί ότι υπάρχουν δύο ηχητικά σήματα τα οποία θα πρέπει να συνδυαστούν, με το επιθυμητό κέρδος το κάθε ένα, σε δύο κανάλια, για την παραγωγή δύο τελικών ηχητικών σημάτων, τότε θα πρέπει για κάθε σήμα:

- να δημιουργηθεί ένα αντίγραφο του,
- να ρυθμιστεί το επιθυμητό κέρδος ανά στερεοφωνικό κανάλι, για το αρχικό σήμα και για το αντίγραφο,
- να δρομολογηθεί προς τα δύο κανάλια, και
- να προστεθεί με το άλλο σήμα, το οποίο θα έχει υποστεί την αντίστοιχη επεξεργασία.

Η παραπάνω διαδικασία υλοποιείται μέσα στη κονσόλα μίξης ήχου, και μία σχηματική της αναπαράσταση παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Σχηματική αναπαράσταση της δρομολόγησης και μίξης ήχου για δύο σήματα εισόδου

2.2. Στερεοφωνική εικόνα

Ως στερεοφωνική εικόνα του ήχου, νοείται η αναπαράσταση της θέσης των ηχητικών πηγών στον χώρο, όταν ο ήχος είναι στερεοφωνικός και αναπαράγεται από δύο ηχεία – μεγάφωνα. Η βέλτιστη στερεοφωνική εικόνα μπορεί να επιτευχθεί με την κατάλληλη μίξη των ηχητικών πηγών, πλευρική – πλάγια στερεοφωνική εικόνα, αλλά και την χρήση του εφέ της αντήχησης, στερεοφωνική εικόνα βάθους - απόστασης.

2.3. Τελικό ηχητικό αποτέλεσμα

Το τελικώς παραγόμενο ηχητικό αποτέλεσμα από την μίξη ήχου είναι, συνήθως, ένα ηχητικό σήμα δύο καναλιών. Το ηχητικό αυτό σήμα, περιέχει σε κάθε κανάλι του την αναλογία των ηχητικών σημάτων εισόδου που προσδιορίστηκε κατά την μίξη ήχου. Έτσι, κάθε κανάλι του

τελικού ηχητικού σήματος είναι ένα αυτόνομο ηχητικό σήμα, ασχέτως από πόσα ηχητικά σήματα δημιουργήθηκε.

3. Παρουσίαση του κώδικα

Για την υλοποίηση της άσκησης, θα χρησιμοποιηθεί ο παρεχόμενος κώδικας (που βρίσκεται αναρτημένος στον αντίστοιχο κατάλογο στο e-class). Αυτός, αποτελείται από δύο αρχεία «.m» (m files) το «Fx_AmplitudePanning.m» και το «Fx_WeightedMix.m».

3.1. Κώδικας μεταβολής του κέρδους ανά στερεοφωνικό κανάλι (Fx_AmplitudePanning.m)

Με τον κώδικα του αρχείου «Fx_AmplitudePanning.m», επιτυγχάνεται η δημιουργία αντιγράφου ενός μονοφωνικού ηχητικού σήματος καθώς και η ρύθμιση του κέρδους ανά στερεοφωνικό κανάλι και για τα δύο σήματα. Ο κώδικας, εκμεταλλεύεται την ιδιαιτερότητα της συνάρτησης του συνημίτονου, όπου για γωνία 0° έχει την τιμή 1 ενώ για γωνία 90° έχει την τιμή 0, θεωρώντας την αναλογία του κέρδους ανά στερεοφωνικό κανάλι ως μία απόσταση 90° μεταξύ των δύο αυτών καναλιών.

Έτσι, ο χρήστης καλείται να εισάγει ως πρώτο όρισμα της συνάρτησης `Fx_AmplitudePanning` την γωνία, σε μοίρες, που θα θέλει να έχει ο προς επεξεργασία ήχος/αρχείο ήχου από το αριστερό ηχείο στην στερεοφωνική εικόνα της μίξης και, ως δεύτερο όρισμα, τον ήχο που επιθυμεί να επεξεργαστεί. Έπειτα, η συνάρτηση εκμεταλλεύεται την προαναφερθείσα ιδιότητα της συνάρτησης του συνημίτονου, και υπολογίζει το κέρδος που θα πρέπει να έχουν τα δύο ηχητικά σήματα, το αρχικό και το αντίγραφό του. Τέλος, εφαρμόζει το υπολογισθέν κέρδος στα δύο σήματα και παράγει ένα τελικό στερεοφωνικό ηχητικό σήμα.

3.2. Κώδικας μίξης ήχου (Fx_WeightedMix.m)

Ο κώδικας του αρχείου «Fx_WeightedMix.m», υλοποιεί την συνάρτηση `Fx_WeightedMix`, η οποία δέχεται σαν πρώτο όρισμα έναν πίνακα που περιέχει τα όλα τους προς μίξη ήχους/ηχητικά αρχεία και σαν δεύτερο όρισμα το κέρδος που επιθυμεί να έχει κάθε ένας ήχος/αρχείο ήχου στην μίξη. Πρέπει να σημειωθεί, πως η συνάρτηση `Fx_WeightedMix` λειτουργεί ανά στερεοφωνικό κανάλι και όχι και για τα δύο στερεοφωνικά κανάλια ταυτόχρονα.

Έτσι, η συνάρτηση αντλεί από τα ορίσματά της τις τιμές των δειγμάτων κάθε μονοφωνικού αρχείου ήχου, εφαρμόζει σε αυτό το επιλεγμένο κέρδος και κατόπιν προσθέτει όλα τα επεξεργασμένα αρχεία, φροντίζοντας έτσι ώστε το πλάτος του σήματος που θα παραχθεί να μην ξεπερνάει την μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή, την τιμή 1.

4. Υλοποίηση της άσκησης

Για την υλοποίηση της άσκησης θα πρέπει να μεταφορτωθεί το ηχητικό υλικό, καθώς και ο κώδικας, από τον αντίστοιχο κατάλογο του μαθήματος στο e-class. Το ηχητικό υλικό συνίσταται στα απαραίτητα αρχεία ήχου για την λειτουργία του παρεχόμενου κώδικα και ο κώδικας της άσκησης συνίσταται στα δύο προαναφερθέντα, στην ενότητα 3, αρχεία και το αρχείο «Example_AmplitudePanning.m» το οποίο θα χρησιμοποιηθεί για την επεξεργασία των αρχείων ήχου.

4.1. Χρήση του κώδικα του αρχείου «Example_AmplitudePanning.m»

Ο κώδικας του αρχείου «Example_AmplitudePanning.m» κάνει χρήση του ηχητικού υλικού και του κώδικα της τρίτης εργαστηριακής άσκησης. Συγκεκριμένα, επεξεργάζεται πρώτα το κέρδος

ανά στερεοφωνικό κανάλι για κάθε αρχείο ήχου και έπειτα συνθέτει το τελικό στερεοφωνικό αρχείο ήχου από τα επεξεργασμένα αρχεία ήχου.

Τροποποιώντας την τιμή της μεταβλητής `theta_left`, πριν την επεξεργασία έκαστου αρχείου ήχου, μπορεί να μεταβληθεί το κέρδος ανά στερεοφωνικό κανάλι για τα αντίστοιχα αρχεία ήχου. Επίσης, τροποποιώντας την τιμή του ορίσματος της συνάρτησης `Fx_WeightedMix` μπορεί να μεταβληθεί το κέρδος για κάθε αρχείο ήχου το οποίο μετέχει στην μίξη ανά κανάλι. Έτσι, εάν οριστεί μία μεταβλητή `mixing_weights_left` και, αντίστοιχα, μία μεταβλητή `mixing_weight_right` μπορούν να αντικαταστήσουν την μεταβλητή `mixing_weights`.

Συνεπώς, για κάθε αρχείο ήχου χρησιμοποιήστε της γωνίες που δίνονται στον Πίνακα 1 ως τιμές για την μεταβλητή `theta_left` και τους συνδυασμούς κέρδους μίξης που δίνονται στον Πίνακα 1. Για την χρήση των συνδυασμών του κέρδους μίξης, θα πρέπει να οριστεί ένα πίνακας/μεταβλητή ανά στερεοφωνικό κανάλι (`mixing_weights_left` και `mixing_weight_right`) ο οποίος θα έχει τις αντίστοιχες τιμές.

Κάθε φορά που θα τροποποιούνται οι τιμές των μεταβλητών, θα πρέπει να τροποποιείται και η ονομασία του τελικώς παραγόμενου αρχείου, π.χ. από `Final.wav` σε `Final02.wav` κ.ο.κ.

Πίνακας 1. Πίνακας με τις τιμές των γωνιών και τους συνδυασμούς κέρδους

Τιμές γωνιών		
90°	45°	0°
Συνδυασμοί κέρδους μίξης		
Αριστερό κανάλι	4 3 2 2 1	3 3 3 4 5
Δεξί κανάλι	3 3 3 4 5	4 3 2 2 1

4.2. Επεξεργασία των αποτελεσμάτων

Όταν δημιουργηθούν τα αντίστοιχα τελικά αρχεία, θα πρέπει να σχεδιαστούν στο πεδίο του χρόνου. Συνεπώς, θα πρέπει να δημιουργηθεί μία μεταβλητή που θα αντιπροσωπεύει τις χρονικές στιγμές κατά τις οποίες υπάρχουν δείγματα για το αρχείο ήχου. Έτσι, και εάν υποθεθεί ότι το αρχείο ήχου λέγεται `Final.wav` θα πρέπει να δοθούν οι εξής εντολές στη MATLAB:

```
>> [Y, Fs, NBits] = wavread('Final.wav');
>> t = 0 : 1/Fs : length(Y) - ( 1/Fs );
```

Έπειτα, μπορεί να γίνει χρήση της εντολής `plot`, έχοντας ως μεταβλητή για τον άξονα του χρόνου την μεταβλητή `t`, για την σχεδίαση έκαστου καναλιού.

5. Παράδοση της εργασίας

Παραδοτέο της συγκεκριμένης άσκησης αποτελεί αναφορά σε ηλεκτρονική μορφή (τύπου `.doc` ή `.pdf`), στην οποία απαραίτητως θα περιλαμβάνονται οι παρακάτω ενότητες:

1. Εξώφυλλο με τα στοιχεία της εργασίας, τα προσωπικά σας στοιχεία (ονοματεπώνυμο, έτος σπουδών και αριθμός μητρώου) και η ομάδα / ημερομηνία εκτέλεσης της άσκησης.
2. Ενότητα «Εισαγωγή» στην οποία θα εξηγήτε επιγραμματικά τους στόχους της άσκησης.
3. Ενότητα «Θεωρία» στην οποία θα αναπτύσσετε το θεωρητικό υπόβαθρο των αποτελεσμάτων της επεξεργασίας και της ανάλυσής σας.
4. Ενότητα «Υλοποίηση της άσκησης», στην οποία θα περιγράψετε τη διαδικασία εκτέλεσης της άσκησης που πραγματοποιήσατε.

5. Ενότητα «Αποτελέσματα» στην οποία θα δίνετε τα ζητούμενα από την άσκηση αποτελέσματα υπό μορφή πινάκων ή / και διαγραμμάτων συχνότητας ή / και διαγραμμάτων χρόνου.
6. Ενότητα «Συμπεράσματα» στην οποία θα συνοψίζετε σε μία-δύο παραγράφους τις εργασίες που εκτελέσατε και θα ερμηνεύετε ποιοτικά και ποσοτικά τα αποτελέσματα που λάβατε.

Η κατάθεση της ηλεκτρονικής αναφοράς θα γίνει ηλεκτρονικά μέσω του e-class. Η προθεσμία υποβολής είναι αυστηρή και ορίζεται ως μία εβδομάδα μετά την εκτέλεση της άσκησης στο εργαστήριο. Υπενθυμίζεται ότι η εργασία είναι ατομική.

6. Σημαντικές παρατηρήσεις

1. Δεδομένου ότι τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την εκτέλεση της εργαστηριακής άσκησης είναι καθορισμένα, παρακαλούνται οι συμμετέχοντες να προσέλθουν χωρίς καθυστέρηση την προβλεπόμενη ώρα, καθώς θα είναι αδύνατη η προς τα πίσω εξήγηση, η ερμηνεία επιμέρους λεπτομερειών και η παροχή πρόσθετων διευκρινίσεων.
2. Για την εκτέλεση της άσκησης στις συνθήκες του εργαστηρίου, απαραίτητη κρίνεται η χρήση ακουστικών. Για το λόγο αυτό παρακαλούνται όλοι οι φοιτητές να φέρουν μαζί τους το προσωπικό τους ζευγάρι ακουστικών.