ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΩΝ ΗΧΟΥ & ΕΙΚΟΝΑΣ Ιονίο Πανεπιστήμιο

Ακουστική & Ψυχοακουστική

Εργαστηριακές Ασκήσεις

 $\Delta \imath \delta \acute{a} \sigma \kappa \omega \nu$: Ανδρέας Φλώρος Δρ. Ηλ/γος Μηχ/κος & Τεχνολογίας Υπολογιστών

13 Σεπτεμβρίου 2011

Πίνακας Περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
2	Παράδοση Των Εργασιών	2
3	Σημαντικές Παρατηρήσεις	3
4	Εργαστηριαχή Άσχηση: Ποσοτιχή Εχτίμηση Ελαχίστου Κατωφλίου Α- χουστότητας 4.1 Εισαγωγή	4 4 4 4 4
5	Εργαστηριαχή Άσχηση: Φασματιχή Ανάλυση Ηχητιχών Σημάτων 5.1 Εισαγωγή	8 8 9
6	Εργαστηριαχή Άσχηση: Ποσοτιχή εχτίμηση σφάλματος απωλεστιχής συμπίεσης ηχητιχών δεδομένων 6.1 Εισαγωγή	11 11 11 12
7	Εργαστηριαχή Άσχηση: Ηχητιχή Μέτρηση Κυχλοφοριαχού Θορύβου 7.1 Εισαγωγή	 15 15 17 18 19 20
8	 Εργαστηριαχή Άσχηση: Ροή Σήματος Κονσόλας Μίξης Ήχου 8.1 Εισαγωγή 8.2 Κονσόλα μίξης ήχου χαι ροή σήματος 8.2.1 Ροή σήματος 8.2.2 Κονσόλα μίξης ήχου 8.3 Φαινόμενο Προπορείας 8.4 Παρουσίαση του λογισμιχού Logic Pro 8.5 Υλοποίηση της άσχησης 	 24 24 24 25 25 27 27 30

8.5.1	Εισαγωγή και δημιουργία αντιγράφου αρχείου ήχου	30
8.5.2	ενεργοποίηση της διεπαφής Insert στην χονσόλα μίξης ήχου	31
8.5.3	Επιλογή και εισαγωγή ψηφιακού εφέ καθυστέρησης	31
8.5.4	Αλλαγή των τιμών καθυστέρησης του αντίστοιχου ψηφιακού εφέ	32
Ευρετήριο Εικόνων		
Ευρετήριο Π	ινάχων	35

1 Εισαγωγή

Στο παρόν έγγραφο είναι οι εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος, Α΄ εξαμήνου, "Ακουστική & Ψυχοακουστική", του τμήματος Τεχνών Ήχου & Εικόνας του Ιονίου Πανεπιστημίου. Για κάθε εργαστηριακή άσκηση, παρέχεται όλη η απαραίτητη πληροφορία για την υλοποίησή της καθώς και εισαγωγικά και θεωρητικά στοιχεία στο εκάστοτε αντικείμενο.

Το υπόλοιπο έγγραφο είναι διαρθρωμένο ως εξής:

- Ενότητα "Παράδοση Των Εργασιών"
- Ενότητα "Σημαντικές Παρατηρήσεις"
- Εργαστηριακή Άσκηση "Ποσοτική Εκτίμηση Ελαχίστου Κατωφλίου Ακουστότητας"
- Εργαστηριακή Άσκηση "Φασματική Ανάλυση Ηχητικών Σημάτων"
- Εργαστηριακή Άσκηση "Ποσοτική Εκτίμηση Σφάλματος Απωλεστικής Συμπίεσης Ηχητικών Δεδομένων"
- Εργαστηριαχή Άσχηση "Ηχητική Μέτρηση Κυκλοφοριαχού Θορύβου"
- Εργαστηριακή Άσκηση "Ροή Σήματος Κονσόλας Μίξης Ήχου"
- Ευρετήριο Ειχόνων
- Ευρετήριο Πινάκων

2 Παράδοση Των Εργασιών

Παραδοτέο έκαστης εργαστηριακής άσκησης αποτελεί αναφορά σε **ηλεκτρονική μορφή τύ**που .pdf, στην οποία απαραιτήτως 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 εξηγείτε επιγραμματικά τους στόχους της άσκησης.
- **3** Ενότητα "Θεωρία" στην οποία θα δίνετε τους ορισμούς όλων των ηχητικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην άσκηση, καθώς και των λεπτομερειών που σχετίζονται με αυτούς.
- 4 Ενότητα "Υλοποίηση της άσχησησ", στην οποία θα περιγράφετε χαι θα αναλύεται την μεθοδολογία χαι την διαδιχασία εχτέλεσης της άσχησης που πραγματοποιήσατε.
- 5 Ενότητα "Αποτελέσματα" στην οποία θα δίνετε τα ζητούμενα από την άσκηση αποτελέσματα των μετρήσεων υπό μορφή πινάχων ή/χαι διαγραμμάτων.
- 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 (ειδικά σε σχέση με τα αναμενόμενα)
- 7 Ενότητα "Βιβλιογραφία" στην οποία να παρατίθενται οι αναφορές στις όποιες εργασίες ή γραπτά χείμενα χρησιμοποιήσατε για να συντάξετε την αναφορά σας.

Η κατάθεση των ηλεκτρονικών αναφορών θα γίνεται αποκλειστικά ηλεκτρονικά μέσω του e-class. Η προθεσμία υποβολής της εκάστοτε εργαστηριακής αναφοράς είναι μία εβδομάδα μετά την εκτέλεσή της αντίστοιχης εργαστηριακής άσκησης. Υπενθυμίζεται ότι όλες οι εργασίες είναι ατομικές.

3 Σημαντικές Παρατηρήσεις

- 1 Δεδομένου ότι τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την εκτέλεση εργαστηριακών ασκήσεων είναι καθορισμένα, παρακαλούνται οι συμμετέχοντες να προσέρχονται 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 των εργαστηριακών ασκήσεων στις συνθήκες του εργαστηρίου, απαραίτητη κρίνεται η τήρηση σημειώσεων που θα αφορούν στα δεδομένα των ασκήσεων. Για αυτό, παρακαλούνται όλοι οι φοιτητές να έχουν μαζί τους "χαρτί και μολύβι".
- 3 Λόγω της φύσης των εργαστηριαχών ασχήσεων, είναι απαραίτητη η τήρηση απόλυτης ησυχίας κατά την διεξαγωγή των μετρήσεων, τόσο από τα μέλη της ομάδας που διεξάγει τις μετρήσεις όσο και από τους υπόλοιπους παρευρισχόμενους. Επίσης θα πρέπει να απενεργοποιηθεί χάθε είδους εξοπλισμός (π.χ. υπολογιστές/χινητά τηλέφωνα) ο οποίος δεν χρησιμοποιείται για τους σχοπούς της άσχησης.

4 Εργαστηριακή Άσκηση: Ποσοτική Εκτίμηση Ελαχίστου Κατωφλίου Ακουστότητας

4.1 Εισαγωγή

Η παρούσα εργαστηριακή άσκηση έχει σαν στόχο την ποσοτική εκτίμηση του ατομικού απολύτου κατωφλίου ακουστότητας, με άλλα λόγια τον προσδιορισμό της ελάχιστης ηχοστάθμης που γίνεται αντιληπτή από τον άνθρωπο, για διαφορετικές συχνότητες.

Το εργαλείο λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της συγκεκριμένης άσκησης είναι η MATLAB, καθώς και το πακέτο (toolbox) MATLAB Auditory Demonstrations (MAD) και πιο συγκεκριμένα η περιλαμβανόμενη σε αυτό εφαρμογή Audiometer.

Για οποιονδήποτε ενδιαφέρεται, περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη χρήση του λογισμικού MATLAB μπορούν να βρεθούν στον ιστότοπο MATLAB - Primer, καθώς και σε μία ακόμα πληθώρα παρόμοιων ιστότοπων.

4.2 Εγκατάσταση του πακέτου MAD

Για την εγκατάσταση του πακέτου MAD, κατεβάστε αρχικά τον σχετικό κώδικα από το e-Class (κατάλογος Έγγραφα → Εργαστήρια → Εργαστηριακή άσκηση 1). Αποσυμπιέστε το συμπιεσμένο αρχείο σε ένα φάκελο της επιλογής σας. Στη συνέχεια, εκτελέστε την MATLAB. Για να εισαχθεί το πακέτο MAD στην MATLAB, θα πρέπει να δηλωθεί στο path της MATLAB ως εξής:

- Επιλέξτε File \rightarrow Set Path... \rightarrow Add With Subfolders
- Στη συνέχεια (Εικόνα 1) επιλέξτε το φάκελο στον οποίο κάνατε την αποσυμπίεση
- Στο τέλος, μην ξεχάσετε στο παράθυρο Set Path να πατήσετε το χουμπί Save για την αποθήχευση του τροποποιημένου πλέον Path. Το παχέτο MAD είναι πλέον έτοιμο προς χρήση!

4.3 Εκτέλεση της εφαρμογής audiometer

Στο δείκτη εντολών (command prompt) της MATLAB δώστε audiometer. Σε περίπτωση που εμφανιστεί κάποιο σφάλμα, επιβεβαιώστε ότι έχετε εκτελέσει σωστά και ολοκληρωμένα τα βήματα που περιγράφονται στην Ενότητα 4.2. Αυτόματα εμφανίζεται το παράθυρο της Εικόνας 2. Είμαστε έτοιμοι πλέον να εκτελέσουμε το ακουστικό πείραμα.

4.4 Εκτέλεση του ψυχοακουστικού πειράματος

Ως κατώφλι ακουστότητας ορίζεται η οριακή τιμή της στάθμης ηχητικής πίεσης που διεγείρει το ανθρώπινο ακουστικό όργανο (αυτί) και το οποίο γίνεται αντιληπτό από τον άνθρωπο. Λόγω της διαφορετικής ευαισθησίας του ανθρώπινου αυτιού στη συχνότητα, προφανώς το κατώφλι

📣 Set Path										
All changes take effect imm	All changes take effect immediately.									
	MATLAB search path:									
Add Folder	C:\Users\audioguy\Documents\MATLAB									
	🕌 C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad 🧮									
Add with Subfolders	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\audiomet									
	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\auto									
Move to Top	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\bm									
	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\bmld									
Move Up	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\ceplift									
Move Down	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\data									
	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\data\anno									
Move to Bottom	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\data\sour									
	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\data\strai									
Remove	C:\Andreas\Projects\ToolBoxes\mad\data\sws *									
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·									
Save Close Revert Default Help										
	The second second second second second									

Εικόνα 1. Προσθήκη του πακέτου ΜΑD στο path της ΜΑΤLAB



Εικόνα 2. Το παράθυρο της εφαρμογής Audiometer

ακουστότητας εξαρτάται από τη συχνότητα.

Επίσης, ο κάθε άνθρωπος παρουσιάζει το δικό του απόλυτο κατώφλι ακουστότητας, το οποίο μάλιστα μεταβάλλεται (πάντα προς το χειρότερο) με την πάροδο των χρόνων.

Για την μέτρηση του απολύτου κατωφλίου ακουστότητας στη συγκεκριμένη άσκηση θα ακολουθήσουμε την ακόλουθη μεθοδολογία:

1 Δημιουργούμε καθαρούς τόνους διαφορετικών συχνοτήτων (π.χ. συχνοτήτων οκτάβας) και

πολύ μιχρού πλάτους

- 2 Στη συνέχεια, αυξάνουμε σταδιακά το πλάτος των σημάτων αυτών (π.χ. κατά 1dB κάθε φορά, ανάλογα με την ακρίβεια που επιθυμούμε στην εκτίμηση του κατωφλίου ακουστότητας) έως ότου σε κάποια συγκεκριμένη συχνότητα, ο ήχος είναι μόλις ακουστός
- 3 Στην παραπάνω περίπτωση, η στάθμη της ηχητικής πίεσης που αναπαράγεται είναι ίση με την τιμή του απολύτου κατωφλίου ακουστότητας στη συγκεκριμένη συχνότητα
- 4 Η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόζεται για κάθε συχνότητα και συνολικά δύο φορές, μία για το αριστερό αυτί, και μία για το δεξί

Στην παρούσα άσκηση, για την αναπαραγωγή των διαφορετικών τόνων και τη διεξαγωγή του πειράματος, θα χρησιμοποιηθούν ακουστικά. Επειδή η μέτρηση της στάθμης ηχητικής πίεσης είναι δύσκολη, δεν θα υπάρχει βαθμονόμηση (π.χ. δεν λαμβάνεται υπόψιν το κέρδος που εισάγει η κάρτα ήχου του υπολογιστή και τα ακουστικά). Έτσι, η μέτρηση που θα κάνουμε θα μας δείξει απλά την μορφή του κατωφλίου ακουστότητας, χωρίς να μας υποδείξει τις απόλυτες τιμές αυτού.

Για την εκτέλεση του πειράματος, στο παράθυρο της εφαρμογής audiometer αρχικά επιλέξτε το αυτί για το οποίο γίνεται η μέτρηση (αριστερό - δεξί), καθώς και την μικρότερη δυνατή συχνότητα (π.χ. 250Hz). Στη συνέχεια επιλέξτε το μικρότερο δυνατό πλάτος (level) σήματος (π.χ. -20) και πατήστε play. Αυξήστε σταδιακά το πλάτος του σήματος, έως ότου ακούσετε τον αναπαραγόμενο ήχο. Σε αυτή την περίπτωση, πατήστε το κουμπί record threshold για να αποθηκεύσετε την μέτρηση και συνεχίστε με όμοιο τρόπο στην επόμενη συχνότητα (και στη συνέχεια επιλέξτε το άλλο αυτί).

Η παραπάνω διαδικασία θα πρέπει να επαναληφθεί δύο φορές συνολικά (δηλαδή, δύο για κάθε αυτί). Αυτό γίνεται διότι παράγοντες όπως π.χ. εξωτερικός θόρυβος ενδέχεται να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα της μέτρησης. Επαναλαμβάνοντας το πείραμα δύο φορές ανά αυτί, μειώνουμε την πιθανότητα επίδρασης τέτοιων παραγόντων. Για τον τελικό υπολογισμό του κατωφλίου ακουστότητας, θα υπολογιστούν οι μέσες τιμές των πλατών των σημάτων ανά συχνότητα. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να σημειώσετε τις τιμές πλάτους που λαμβάνετε σε έναν πίνακα όπως ο παρακάτω:

	Πείραμα 1		Пε	είραμα 2	
Συχνότητα	Δεξί Αριστερό		Δεξί	Αριστερό	Μέση τιμή
250 Hz					
500Hz					
1kHz					

Πίνακας 1. Ενδεικτικός πίνακας καταγραφής των μετρήσεων πλάτους

Ο Πίνακας 1 θα χρησιμοποιηθεί και για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων σας στην γραπτή αναφορά που θα παραδοθεί (βλ. Ενότητα 2). Παράλληλα, τα αποτελέσματα θα παρουσιασθούν στο παραδοτέο της άσκησης και υπό μορφή διαγραμμάτων (αντίστοιχων με αυτών που παράγει η εφαρμογή audiometer).

5 Εργαστηριακή Άσκηση: Φασματική Ανάλυση Ηχητικών Σημάτων

5.1 Εισαγωγή

Η παρούσα εργαστηριακή άσκηση έχει σαν στόχο την εμπέδωση των θεμάτων που σχετίζονται με τη φασματική ανάλυση των ηχητικών σημάτων και πιο συγκεκριμένα την ποιοτική και ποσοτική ερμηνεία των λαμβανομένων φασματικών τιμών.

Το εργαλείο λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της συγκεκριμένης άσκησης είναι η MATLAB. Για την εκτέλεση κάθε διαφορετικής ενότητας της άσκησης, απαιτείται η εγκατάσταση αρχείων κώδικα MATLAB (δίνονται σχετικές οδηγίες σε κάθε ενότητα). Η εγκατάσταση αυτή γίνεται με την τοποθέτηση των αρχείων του κώδικα (έχουν κατάληξη .m) σε ένα φάκελο, ο οποίος δηλώνεται στο Path της MATLAB σύμφωνα με τις οδηγίες που δόθηκαν στην Ενότητα 4.2.

Για οποιονδήποτε ενδιαφέρεται, περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τη χρήση του λογισμικού MATLAB μπορούν να βρεθούν στον ιστότοπο MATLAB-Primer, καθώς και σε μία ακόμα πληθώρα παρόμοιων ιστότοπων

5.2 Φασματική ανάλυση περιοδικών ηχητικών κυματομορφών

Στη ενότητα αυτή, θα υπολογιστεί το φάσμα περιοδικών τόνων. Η υλοποίηση της γεννήτριας των περιοδικών τόνων γίνεται από τα αρχεία του Πίνακα 2 (βρίσκονται όλα στο e-class):

CreateSinewave.m	Το βασικό αρχείο εκτέλεσης της γεννήτριας περιοδικών τόνων
dithmake.m	Γεννήτρια dither
find_fo.m	Εύρεση θεμελιώδους συχνότητας
quant.m	Κβαντιστής
singen.m	Γεννήτρια τιμών

Πίνακας 2. Τα αρχεία που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της γεννήτριας περιοδικών τόνων

Η δημιουργία ενός περιοδικού τόνου συχνότητας ftone και πλάτους M (όπου 0 < M < 1)γίνεται εκτελώντας την εντολή:

>> [ToneSignal] = CreateSinewave(M,ftone);

Οι τιμές του περιοδιχού τόνου αποθηχεύονται στην μεταβλητή / διάνυσμα ToneSignal. Για την εκτύπωση σε διάγραμμα των τιμών αυτών μπορούμε να δώσουμε:

```
>> plot(ToneSignal);
```

Στη συνέχεια, η ανάλυση στη συχνότητα και ο υπολογισμός του φάσματος του περιοδικού τό-

νου μπορεί να γίνει με τη χρήση του χώδιχα MATLAB στο αρχείο CalculateSpectrum.m ως εξής:

>> [P,f] = CalculateSpectrum(ToneSignal);

ενώ η αναπαράσταση των φασματικών τιμών σε διάγραμμα συχνότητας - πλάτους μπορεί να γίνει με χρήση της εντολής:

```
>> plot(f, P)
>> xlabel('Frequency');
```

Σημειώνεται ότι η εντολή CalculateSpectrum στην μεταβλητή - διάνυσμα P επιστρέφει το μέτρο του φάσματος εχφρασμένο σε dB, ενώ στην μεταβλητή διάνυσμα f επιστρέφει τις αντίστοιχες τιμές της συχνότητας.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης ενότητας, θα πρέπει να υπολογισθούν τα φάσματα περιοδικών τόνων, με τις ακόλουθες τιμές παραμέτρων (και για όλους τους συνδυασμούς τους) που υπάρχουν στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3.	Oı	τιμές	των	παραμέτρων	Μ	και	ftone
------------	----	-------	-----	------------	---	-----	-------

Πλάτος Μ	Συχνότητα ftone
1, 0.5, 0.1, 0.01	100Hz, 1kHz, 5kHz

Ζητούμενο της συγκεκριμένης ενότητας εργασίας είναι να περιγράψετε την γενική μορφή του φάσματος ενός περιοδικού ηχητικού σήματος / τόνου σα συνάρτηση του πλάτους του και της συχνότητάς του.

5.3 Φασματική ανάλυση μη περιοδικών ηχητικών κυματομορφών

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης ενότητας της άσκησης θα πραγματοποιηθεί φασματική ανάλυση σε τυπικές ηχητικές κυματομορφές, οι οποίες είναι αποθηκευμένες σε αρχεία ηχητικών δεδομένων τύπου wave (κατάληξη .wav) τα οποία βρίσκονται στο e-class. Η φασματική ανάλυση θα πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τις οδηγίες που δόθηκαν στην προηγούμενη ενότητα της άσκησης, Ενότητα 5.2.

Η ανάγνωση των αρχείων ηχητικών δεδομένων μπορεί να γίνει με την ακόλουθη εντολή:

```
>> y = wavread('audio.wav');
```

όπου audio.wav είναι το όνομα του αρχείου και y η μεταβλητή - διάνυσμα στην οποία αποθηκεύονται οι τιμές των ηχητικών δεδομένων. Αντίστοιχα, για την εκτύπωση της κυματομορφής μπορούμε να γράψουμε:

>> plot(y)

Τα αρχεία που θα χρησιμοποιήσετε για την εκτέλεση της συγκεκριμένης ενότητας της άσκησης είναι στον Πίνακα 4:

Πίνακας 4. Τα αρχεία που θα χρησιμοποιηθούν για την φασματική ανάλυση μη περιοδικών ηχητικών κυματομορφών

Audio01.wav	Μουσικό κομμάτι
Audio02.wav	Κρουστό (Africa Bongo)
Delta.wav	Συνάρτηση ''Δέλτα'' (Κρουστικό σήμα)
Speech01.wav	Αντρική ομιλία
Speech02.wav	Γυναικεία ομιλία

Κατά την εκτέλεση της συγκεκριμένης ενότητας της άσκησης, εστιάστε στις διαφορές που παρουσιάζουν τα λαμβανόμενα φάσματα μεταξύ ανδρικής και γυναικείας ομιλίας, απλού μουσικού οργάνου και μουσικής κ.λ.π. Εάν επιπλέον θέλετε να ακούσετε και τα παραπάνω αρχεία ηχητικών δεδομένων, τότε αρκεί να δώσετε την εντολή:

>> sound(y,44100);

6 Εργαστηριακή Άσκηση: Ποσοτική εκτίμηση σφάλματος απωλεστικής συμπίεσης ηχητικών δεδομένων

6.1 Εισαγωγή

Η παρούσα εργαστηριακή άσκηση έχει σαν στόχο την μελέτη και ποσοτική / υποκειμενική εκτίμηση του σφάλματος που δημιουργείται κατά την απωλεστική συμπίεση ηχητικών δεδομένων, σύμφωνα με το πρότυπο MPEG1- Layer III (mp3).

Το εργαλείο λογισμικού που θα χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της συγκεκριμένης άσκησης είναι η εφαρμογή λογισμικού Audacity (ελεύθερα διακινούμενη εφαρμογή, την οποία μπορείτε να την μεταφορτώσετε από τον ιστότοπο Audacity: Free Audio Editor and Recorder), ο MPEG1-Layer III κωδικοποιητής LAME (ελεύθερα διακινούμενη βιβλιοθήκη, μπορείτε να τη βρείτε στον ιστότοπο Lame MP3 Encoder Binaries) και η εφαρμογή MATLAB που έχει χρησιμοποιηθεί και στις προηγούμενες εργαστηριακές ασκήσεις.

Σημειώνεται ότι η μεθοδολογία που θα χρησιμοποιηθεί για την ποσοτική και υποκειμενική εκτίμηση του σφάλματος της κατά MPEG1-Layer III απωλεστικής συμπίεσης, μπορεί να εφαρμοσθεί για τον προσδιορισμό της ποιότητας διαφορετικών υλοποιήσεων κωδικοποιητή/αποκωδικοποιητή, καθώς και για τη σύγκριση διαφορετικών μεθόδων/προτύπων συμπίεσης (π.χ. MPEG1-Layer III και WMA).

6.2 Η έννοια του σφάλματος απωλεστικής συμπίεσης

Το σφάλμα της απωλεστικής συμπίεσης ηχητικών δεδομένων παράγεται λόγω της απόρριψης (μη κωδικοποίησης) δεδομένων από το ψυχοακουστικό μοντέλο, το οποίο στηρίζεται στο στιγμιαίο κατώφλι ακουστικής επικάλυψης που δημιουργείται στο υποσύστημα της ανθρώπινης ακοής παρουσία του ήχου που το διεγείρει. Το σφάλμα αυτό μπορεί να υπολογισθεί ποσοτικά, αφαιρώντας από τα αρχικά ηχητικά δεδομένα (τα οποία είναι ασυμπίεστα και κωδικοποιημένα κατά PCM - Pulse Code Modulation) τα αντίστοιχα δεδομένα που προκύπτουν από τη διαδικασία συμπίεσης / αποσυμπίεσης σύμφωνα με το πρότυπο MPEG1-Layer III. Η διαδικασία αυτή περιγράφεται αναλυτικά από την Εικόνα 3.

Στην Εικόνα 3, τα αρχικά ηχητικά δεδομένα (X) υπόκεινται σε συμπίεση (μέσω του mp3 coder), παράγοντας τα συμπιεσμένα ηχητικά δεδομένα X', τα οποία στη συνέχεια αποσυμπιέζονται (μέσω του mp3 decoder) λαμβάνοντας τελικά το αποσυμπιεσμένο - κωδικοποιημένο ηχητικό δείγμα Y. Στην περίπτωση αυτή, το σφάλμα απωλεστικής συμπίεσης ορίζεται ως:

$$E = X - Y \tag{1}$$

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση, το σφάλμα απωλεστικής συμπίεσης ορίζεται ως η "ποσότητα" των ηχητικών δεδομένων που εάν προστεθούν στο αποσυμπιεσμένο ηχητικό δείγμα Y, μας δίνουν το αρχικό ασυμπίεστο υλικό, δηλαδή X = E + Y.



Εικόνα 3. Η ακολουθούμενη διαδικασία ποσοτικής εκτίμησης του σφάλματος απωλεστικής συμπίεσης

Είναι προφανές ότι η τιμή του σφάλματος απωλεστικής συμπίεσης εξαρτάται σημαντικά τόσο από το χρησιμοποιούμενο ψυχοαχουστικό μοντέλο, όσο και από τον επιλεγόμενο από τον χρήστη ρυθμό κωδικοποίησης. Ειδικά για το πρότυπο MPEG1-Layer III, οι δυνατοί ρυθμοί κωδικοποίησης κυμαίνονται από 48 - 320kbps. Για την ποσοτική εκτίμηση του σφάλματος Ε, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ενέργειά του, η οποία υπολογίζεται ως το άθροισμα των τετραγώνων των τιμών του, δηλαδή:

$$E_{nergy} = \sum E^2 \tag{2}$$

6.3 Υλοποίηση της άσκησης

Για την υλοποίηση της παραπάνω μεθοδολογίας, ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

- 1 Ανοίξτε το αρχικό/ασυμπίεστο ηχητικό δείγμα (π.χ. audio01.wav) στην εφαρμογή audacity.
- 2 Επιλέξτε Export... και στη συνέχεια επιλέξτε MP3 Files για να συμπιέσετε κατά mp3 το ηχητικό σας δείγμα. Από την επιλογή Options... μπορείτε να επιλέξετε και το ρυθμό κωδικοποίησης που θα χρησιμοποιηθεί για την συμπίεση. Ως όνομα αρχείου όπου θα αποθηκευτούν τα mp3 δεδομένα επιλέξτε κάποιο της μορφής audio01@XXX.mp3, όπου XXX είναι ο χρησιμοποιούμενος ρυθμός κωδικοποίησης (π.χ. 320). Ο συγκεκριμένος αλγόριθμος ονοματολογίας των παραγόμενων αρχείων, θα σας βοηθήσει στη συνέχεια να εκτελέσετε διαδοχικά την όλη διαδικασία χωρίς προβλήματα για διάφορους ρυθμούς κωδικοποίησης.

Σημείωση: Για την συμπίεση των ηχητικών δεδομένων, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη και εγκατάσταση της βιβλιοθήκης LAME (αρχείο με κατάληξη .dll σε περιβάλλον Windows και .dylib σε περιβάλλον MAC OS X). Για το λόγο αυτό, την πρώτη φορά που θα εκτελέσετε τη διαδικασία και εφόσον η βιβλιοθήκη δεν είναι δηλωμένη στο περιβάλλον audacity, θα πρέπει να προσδιορίσετε τη διαδρομή (path) στη οποία βρίσκεται η βιβλιοθήκη.

- 3 Μετά τη διαδικασία συμπίεσης, πραγματοποιήστε την αποσυμπίεση των ηχητικών δεδομένων, ανοίγοντας το αρχείο .mp3 που δημιουργήθηκε στο προηγούμενο βήμα και επιλέγοντας Export... και στη συνέχεια WAV, AIFF and other uncompressed types. Από την επιλογή Options... επιβεβαιώστε ότι είναι επιλεγμένη η επιλογή WAV (Microsoft 16 bit PCM). Αποθηκεύστε το αποσυμπιεσμένο αρχείο ενδεικτικά ως audio01_decoded@XXX.wav, όπου και πάλι το XXX δηλώνει τον ρυθμό κωδικοποίησης που χρησιμοποιήθηκε προηγουμένως.
- 4 Στη συνέχεια, ανοίξτε την εφαρμογή MATLAB και επιλέξτε ως τρέχων φάκελο εργασίας τον φάκελο στον οποίο έχετε αποθηκεύσει τα προηγούμενα αρχεία (συνίσταται η δημιουργία ενός φακέλου στην αρχή εκτέλεσης της άσκησης).
- 5 Διαβάστε τα ηχητικά δεδομένα (αρχικά και αποσυμπιεσμένα) από τα αντίστοιχα αρχεία, χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες εντολές σε MATLAB (εδώ υποθέτουμε ρυθμό κωδικοποίησης ίσο προς 128kbps):

```
>> [X,fs,N]=wavread('audio01.wav');
>> [Y,fs,N]=wavread('audio01@128.wav');
```

6 Δίνοντας την εντολή

>> whos

παρατηρείστε ότι τα ηχητικά δεδομένα δεν έχουν ακριβώς το ίδιο μέγεθος. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο mp3 κωδικοποιητής εισάγει πρόσθετα δεδομένα στην αρχή του ηχητικού υλικού, ενώ συγχρόνως δεν κωδικοποιεί και το τελευταίο πλαίσιο (frame) των αρχικών δεδομένων. Για την μετατροπή των ηχητικών δεδομένων σε δύο μεταβλητέσ-διανύσματα της MATLAB ιδίου μεγέθους δώστε τις εντολές:

```
>> Y=Y(1106:length(Y));
>> X=X(1:length(Y));
```

και επιβεβαιώστε ότι τα δύο διανύσματα έχουν πλέον το ίδιο μέγεθος μέσω της εντολής whos.

7 Υπολογίστε το σφάλμα Ε της απωλεστικής συμπίεσης και την ενέργειά του ως

```
>> E=X-Y;
>> Energy128=sum(E.^2)
```

8 Προαιρετικά, δείτε τη μορφή του παραπάνω σφάλματος τυπώνοντας (ενδεικτικά) τα πρώτα 2500 δείγματα των τριών σημάτων (αρχικού, αποσυμπιεσμένου και σφάλματος) ως

```
>> figure
>> plot(X(1:2500));
>> hold on
```

```
>> plot(Y(1:2500),'g-');
>> plot(E(1:2500),'m-');
```

Βασικός στόχος της παρούσας άσκησης είναι α) η ποσοτική εκτίμηση του σφάλματος απωλεστικής συμπίεσης Ε συναρτήσει του χρησιμοποιούμενου ρυθμού κωδικοποίησης/συμπίεσης ηχητικών δεδομένων και β) ο υποκειμενικός προσδιορισμός του σφάλματος αυτού μέσω της ηχητικής αναπαραγωγής του. Η ποσοτική εκτίμηση θα πραγματοποιηθεί για ρυθμούς κωδικοποίησης 96, 112, 128, 192, 256 και 320kbps. Για τη διευκόλυνση της διαδικασίας εκτέλεσης των διαδοχικών επαναλήψεων, συνίσταται η αποθήκευση των εντολών που δόθηκαν προηγουμένως και αφορούν στον υπολογισμό του σφάλματος Ε και της ενέργειάς του σε ένα αρχείο με κατάληξη .m (m-file) στον τρέχοντα φάκελο εργασίας.

Ο υποχειμενικός προσδιορισμός του σφάλματος απωλεστικής συμπίεσης συνίσταται στο εάν αυτό είναι αχουστό ή όχι, χαθώς χαι στην περιγραφή της πληροφορίας που τελικά χάνεται (στην περίπτωση όπου το σφάλμα είναι αχουστό). Ο υποχειμενικός προσδιορισμός θα πρέπει να γίνει για όλες τις παραπάνω περιπτώσεις ρυθμών χωδιχοποίησης.

7 Εργαστηριακή Άσκηση: Ηχητική Μέτρηση Κυκλοφοριακού Θορύβου

7.1 Εισαγωγή

Σαν θόρυβος ορίζεται η κατηγορία των ανεπιθύμητων ήχων, που στην πράξη ενδεικτικά περιλαμβάνει ήχους που παράγονται από: (α) καθημερινές δραστηριότητες εργασίας (μέσα μεταφοράς, βιομηχανία, εργασία, κ.λ.π.), (β) επικοινωνιακές δραστηριότητες (μουσική, φωνή, ομιλία, κ.λ.π.) που σε ορισμένους ακροατές είναι ενοχλητικές, (γ) φυσικά φαινόμενα και το περιβάλλον (αέρας, θάλασσα, ζώα κ.λ.π.). Η συνεχής επέκταση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων δημιουργεί μια συνεχή αύξηση των θορύβων που παράγονται από τις κατηγορίες (α) και (β) με σοβαρές επιπτώσεις σε μεγάλες ομάδες του πληθυσμού. Παρ΄ όλο ότι η ενόχληση από τους θορύβους μπορεί να θεωρηθεί υποκειμενικό μέγεθος, η ποσοτική εκτίμηση της συνολικής ηχητικής ρύπανσης πρέπει να μπορεί να μετρηθεί με αντικειμενικά κριτήρια που ορίζονται από τη νομοθεσία.

Η παρούσα εργαστηριαχή άσχηση έχει σαν στόχο την εξοιχείωση με τις διαδιχασίες ηχητιχής μέτρησης θορύβου, εστιάζοντας στον χυχλοφοριαχό θόρυβο, ο οποίος στην χαθημερινή ζωή των ανθρώπων αποτελεί μία χυρίαρχη μορφή θορύβου. Για πραχτιχούς λόγους, η εχπόνηση της εργαστηριαχής άσχησης θα πραγματοποιηθεί με αναπαραγωγή προ-ηχογραφημένου χυχλοφοριαχού θορύβου (το σχετιχό αρχείου ήχου μπορεί να βρεθεί στο e-class, στα αρχεία της τέταρτης εργαστηριαχής άσχησης). Έτσι, τα εργαλεία χαι συστήματα που θα χρησιμοποιηθούν είναι ένα τυπιχό σύστημα αναπαραγωγής ήχου, ένα μέτρο χαι ένα ηχόμετρο (Lutron SL4010).

7.2 Μέτρηση ηχητικής στάθμης θορύβου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα πλαίσια της διδασκαλίας του μαθήματος, η στιγμιαία τιμή της στάθμης ηχητικής πίεσης ορίζεται ως:

$$L_P = 10\log\left(\frac{p_{(t)}}{p_{ref}}\right)^2 \tag{3}$$

όπου p_{ref} είναι η στάθμη αναφοράς (ίση προς $2 \times 10^{-5} Pa$). Προφανώς, στην περίπτωση ηχητικής μέτρησης περιβαλλοντικού (κυκλοφοριακού) θορύβου, η συνεχής διακύμανση της στιγμιαίας τιμής της ηχητικής πίεσης σε συνάρτηση με το χρόνο ελαχιστοποιεί την πρακτική σημασία της παραπάνω μέτρησης. Για τον λόγο αυτό έχει ορισθεί το μέγεθος Ισοδύναμη Στάθμη Θορύβου (Leq), το οποίο ορίζεται ως η σταθερή στάθμη ηχητικής πίεσης που θα παραγόταν από την πηγή του θορύβου, εάν η συνολική ακουστική ενέργεια του ηχητικού γεγονότος ήταν ισοκατανεμημένη στην χρονική διάρκεια Τ της μέτρησης, δηλαδή:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left(\frac{p_{(t)}}{p_{ref}}\right)^2 dt \tag{4}$$

Παράλληλα, στην πράξη κρίνεται χρήσιμη η ανάλυση του θορύβου με άλλα στατιστικής φύσης κριτήρια, όπως π.χ. η εύρεση της μέγιστης τιμής της στιγμιαίας στάθμης ηχητικής πίεσης (Lmax)

για τη διάρκεια της μέτρησης, της μέσης τιμής, κ.λ.π. Επιπλέον, επειδή η επίπτωση και η ενόχληση του ανθρώπου από τους θορύβους που τον περιβάλλουν σχετίζεται άμεσα με το συχνοτικό τους περιεχόμενο, δεδομένης της μεταβλητής ως προς τη συχνότητα ευαισθησίας της ακοής, τα παραπάνω μεγέθη είτε μετριούνται "γραμμικά" (linear), όπως ορίζεται από τις Εξισώσεις 3 και 4, είτε με φιλτραρισμένη (σταθμισμένη) την τιμή της στιγμιαίας τιμής ηχητικής πίεσης $p_{(t)}$, σύμφωνα με τις σαφώς ορισμένες κλίμακες στάθμισης A, B, C και D (A-weighted, B-weighted, C-weighted και D-weighted). Π.χ., για στάθμιση σύμφωνα με την κλίμακα A ισχύει:

$$p_{A(t)} = p_{(t)} \star h_{A(t)} \tag{5}$$

όπου $p_{A(t)}(Pa)$ είναι η φιλτραρισμένη με φίλτρο ;στάθμισησ-A; μετρούμενη στιγμιαία τιμή της ηχητικής πίεσης, και $h_{A(t)}$ είναι η απόκριση του φίλτρου ;στάθμισησ-A;. Στην περίπτωση αυτή, οι ποσότητες Lp και Leq σημειώνονται σαν LpA και LeqA και μετριούνται σε dBA. Η $h_{A(t)}$ έχει συχνοτικό χαρακτήρα αντίστοιχο της συνάρτησης ευαισθησίας της ανθρώπινης ακοής. Στην Εικόνα 4 δίνεται η μορφή του μέτρου του μετασχηματισμού Fourier των αποκρίσεων του φίλτρου στάθμισης A, B, C και D.



Εικόνα 4. Φασματικές καμπύλες στάθμισης τύπου Α, Β, C και D

Εκτός της συχνοτικής στάθμισης των παραπάνω μετρήσεων, υπάρχει η ανάγκη ορισμού του χρονικού πλαισίου μέσα στο οποίο θα αναζητηθεί η τιμή της ενεργούς πιέσεως. Όπως υπάρχουν συχνοτικές σταθμίσεις της στάθμης ηχητικής πίεσης, έτσι υπάρχουν και χρονικές σταθμίσεις οι οποίες αφορούν κυρίως στις ενδείξεις και στο χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο θα αναζητηθεί μια μέση, μέγιστη ή ελάχιστη τιμή. Έτσι, όπως οι συχνοτικού χαρακτήρα σταθμίσεις επιδρούν πάνω στην στάθμη ηχητικής πίεσης που θα έχει ένα γεγονός ανάλογα με την συχνότητα, έτσι οι χρονικές σταθμίσεις αφορούν την ηχητική πίεση που θα μετρηθεί μέσα σε ένα συγκεκριμένο χρονικό πλαίσιο, ένα χρονικό "παράθυρο".

Λόγω της προγενέστερης αναλογικής φύσης των συστημάτων ηχητικών μετρήσεων τα οποία, συνήθως, είχαν ως μηχανισμό ένδειξης μια "βελόνα" η οποία με την κίνησή της υποδείκνυε κάθε

φορά την αντίστοιχη στάθμη ηχητικής πίεσης, έχουν θεσπιστεί δύο λειτουργίες για την "ταχύτητα" λήψης της μέτρησης. Η γρήγορη (fast) και η αργή λειτουργία (slow). Κατά την λειτουργία fast, το χρονικό πλαίσιο μέσα στο οποίο γίνεται η εκτίμηση της τιμής της στάθμης ηχητικής πίεσης είναι τα 125 ms. Όμως, εάν η συγκεκριμένη λειτουργία χρησιμοποιηθεί για ήχους οι οποίοι μεταβάλλονται γρήγορα με τον χρόνο, αλλά με ρυθμό πιο αργό από 125 ms (π.χ. όπως η ανθρώπινη ομιλία), οι ενδείξεις της "βελόνας" θα ήταν δύσκολο να παρακολουθηθούν με το μάτι. Έτσι, για την ευανάγνωστη παρακολούθηση τέτοιων ηχητικών συμβάντων, θεσπίστηκε ένα μεγαλύτερο χρονικό πλαίσιο, αυτό του 1 sec το οποίο υλοποιείται με την λειτουργία slow. Στη σημερινή εποχή, τα σύγχρονα μετρητικά συστήματα διαθέτουν πλέον ψηφιοποιημένες ενδείξεις και δυνατότητες αυτόματης καταγραφής πολλών τιμών στην μονάδα του χρόνου. ΚατΆ επέκταση, η προαναφερθείσα λειτουργία fast εφαρμόζεται πλέον στην παρακολούθηση και μέτρηση αρκετά σύντομων ηχητικών γεγονότων (π.χ. εκρήξεων). Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί πως η χρονική στάθμιση του μεγέθους Leq είναι γραμμική ενώ των μεγεθών Lfast και Lslow είναι εκθετική. Επίσης, κάποια ηχόμετρα εφαρμόζουν χρονικό παράθυρο ¹/4 του δευτερολέπτου και 2 δευτερολέπτων αντί 125 ms και 1 sec, για τις λειτουργίες fast και slow αντίστοιχα.



7.3 Παρουσίαση του ηχόμετρου

Εικόνα 5. Το ηχόμετρο Lutron SL4010

Το ηχόμετρο (sound level meter) που θα χρησιμοποιηθεί (Lutron SL4010 - Type II) διαθέτει εύρος μέτρησης από 35 έως 130dB, στάθμιση Α και γρήγορη (fast) λήψη μέτρησης. Αποτελείται από δύο μέρη: Το μικρόφωνο, μαζί με τον προενισχυτή του, και το σώμα του ηχομέτρου (Εικόνα 5). Στο σώμα υπάρχουν δύο συρόμενοι διακόπτες: Ο Δ1 που απενεργοποιεί ή θέτει σε λειτουργία το ηχόμετρο και ο Δ2 που ορίζει το εύρος των τιμών της στάθμης ηχητικής πίεσης όπου θα μετρήσει το ηχόμετρο. Η επιλογή του εύρους τιμών είναι απαραίτητη και εφαρμόζεται σε όλα τα μετρητικά συστήματα στάθμης ηχητικής πίεσης, λόγω της μεγάλης δυναμικής περιοχής που πρέπει να υποστηριχθεί, η οποία δεν είναι δυνατό να καλυφθεί από τα ηλεκτρονικά των μετρητικών συστημάτων με μεγάλη ακρίβεια. Επίσης, στο σώμα του ηχόμετρου υπάρχει και η οθόνη του, στην οποία αναγράφονται οι τιμές της στάθμης ηχητικής πίεσης.

Η ένδειξη ""Hold"", αφορά στην προσωρινή αποθήκευση των τιμών της στάθμης ηχητικής πίεσης, στην οθόνη του οργάνου. Έτσι, σε περίπτωση που είναι επιθυμητό να παραμείνει η τιμή της στάθμης ηχητικής πίεσης ενός γεγονότος στην οθόνη, και να μην αντικατασταθεί από την τιμή του επομένου, τοποθετούμε τον διακόπτη Δ1 στη θέση ""Hold"" για το διάστημα που επιθυμούμε. Σημειώνεται πως δεν υπάρχει δυνατότητα ανάκλησης της τιμής της στάθμης ηχητικής πίεσης για τα ηχητικά γεγονότα τα οποία θα συμβούν όταν ο Δ1 είναι στη θέση ""Hold"".

ΠΡΟΣΟΧΗ: Η χρήση του οργάνου απαιτεί εξαιρετική προσοχή! Οποιοδήποτε χτύπημα μπορεί να καταστρέψει το μικρόφωνο. ΣΕ ΚΑΜΙΑ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΝΑ ΜΗΝ ΑΓΓΙΖΕΤΕ ΤΟ ΜΙΚΡΟ-ΦΩΝΟ ΚΑΙ ΝΑ ΑΠΟΦΕΥΓΕΤΑΙ Η ΕΚΘΕΣΗ ΤΟΥ ΟΡΓΑΝΟΥ ΣΕ ΕΞΑΙΡΕΤΙΚΑ ΥΨΗΛΕΣ ΣΤΑΘΜΕΣ ΗΧΗΤΙΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ (π.χ. μην δοκιμάσετε πόσο δυνατά μπορείτε να φωνάξετε με το όργανο). Υπάρχει κίνδυνος καταστροφής του μικροφώνου.

7.4 Υλοποίηση της άσχησης - λήψη μετρήσεων

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, για την υλοποίηση της άσκησης θα χρησιμοποιηθεί προηχογραφημένος κυκλοφοριακός θόρυβος, ο οποίος θα αναπαραχθεί από κατάλληλο σύστημα ηχητικής αναπαραγωγής με ρυθμιζόμενο κέρδος. Το συνολικό μονοφωνικό αρχείο ήχου (τύπου .wav), αποτελείται από α) έναν τόνο πλήρους κλίμακας, συχνότητας 1kHz και διάρκειας 30 δευτερολέπτων β) μία παύση διάρκειας 10 δευτερολέπτων και γ) τον καταγεγραμμένο κυκλοφοριακό θόρυβο, διάρκειας 5 λεπτών (περίπου).

Ο τόνος συχνότητας 1kHz θα χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό του κέρδους του συστήματος αναπαραγωγής, έτσι ώστε να προσομοιωθούν με ακρίβεια οι συνθήκες κάτω από τις οποίες πραγματοποιήθηκε η ψηφιακή καταγραφή του κυκλοφοριακού θορύβου. Πιο συγκεκριμένα, κατά την αναπαραγωγή του περιοδικού τόνου, το κέρδος της αναπαραγωγής θα ρυθμιστεί έτσι ώστε η ένδειξη του ηχομέτρου να είναι 85 dB.

Οι μετρήσεις οι οποίες θα ληφθούν κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής του κυκλοφοριακού θορύβου είναι οι εξής:

- 1 Οι στιγμιαίες τιμές της στάθμης ηχητικής πίεσης ανά πέντε (5) δευτερόλεπτα.
- 2 Η μέγιστη τιμή της στάθμης ηχητικής πίεσης για τα διάκριτα ηχητικά γεγονότα (όπως π.χ. κόρνα αμαξιού, μηχανή / φορτηγό κ.α.) και η αντιστοίχηση των γεγονότων με την μέγιστη στάθμη ηχητικής πίεσης που παρήγαγαν.

 Σ ημειώνεται ότι το συγκεκριμένο ηχόμετρο που χρησιμοποιείται στην παρούσα άσκηση παρέχει

μετρήσεις στάθμης ηχητικής πίεσης με στάθμιση Α.

7.5 Επεξεργασία των μετρήσεων

Μετά το πέρας της αναπαραγωγής του κυκλοφοριακού θορύβου και της λήψης των παραπάνω μετρήσεων, θα πραγματοποιηθεί επεξεργασία των μετρήσεων με σκοπό τον υπολογισμό α) της Ισοδύναμης Στάθμης Θορύβου με στάθμιση Α (LeqA) και β) της Ισοδύναμης Στάθμης Θορύβου με στάθμιση Α (LeqA) και β) της Ισοδύναμης Στάθμης Θορύβου με στάθμιση Α (LeqA) και β) της Ισοδύναμης Στάθμης Θορύβου με στάθμιση Α (LeqA) και β) της Ισοδύναμης Στάθμης Θορύβου με στάθμιση Α (LeqA) και β) της Ισοδύναμης Στάθμης Θορύβου χωρίς στάθμιση Α (γραμμική μέτρηση - Leq). Ο υπολογισμός αυτός θα γίνει με βάση την εξίσωση (2) και με χρήση της ΜΑΤLAB. Τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθηθούν για την περίπτωση υπολογισμού της LeqA είναι τα εξής:

1 Υπολογισμός της στιγμιαίας τιμής ηχητικής πίεσης πA(τ) μέσω της μετατροπής όλων των στιγμιαίων τιμών στάθμης ηχητικής πίεσης από dB σε Pascal. Θεωρώντας ότι οι τιμές της στάθμης ηχητικής πίεσης που μετρήθηκαν έχουν αποθηκευτεί στο διάνυσμα dBA_SPL, η αντίστοιχη τιμή ηχητικής πίεσης υπολογίζεται ως:

>> pA = 10 .^ (dBA_SPL / 20) * pref;

2 Εφαρμογή της Εξίσωσης 4 για τον υπολογισμό του LeqA για τη συνολική χρονική διάρκεια της μέτρησης. Με δεδομένο ότι οι τιμές της ηχητικής πίεσης έχουν ληφθεί ανά πέντε δευτερόλεπτα (σήμα διάκριτου χρόνου), η ολοκλήρωση στο χρονικό διάστημα της μέτρησης μπορεί να αναπαρασταθεί ως άθροισμα διάκριτων τιμών:

>> LeqA = 20 \star log10 ((1 / length (pA)) \star sum(pA ./ pref))

Για τον υπολογισμό της Ισοδύναμης Στάθμισης Θορύβου χωρίς στάθμιση Α (γραμμική μέτρηση - Leq), θα πρέπει να ακολουθηθεί η εξής μεθοδολογία:

1 Υπολογισμός της στιγμιαίας τιμής ηχητικής πίεσης με στάθμιση Α ανά συχνότητα. Γνωρίζοντας πλέον την ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης με στάθμιση Α (LeqA), μπορούμε να βρούμε την ισοδύναμη στάθμη ηχητικής πίεσης ανά συχνότητα. Για να γίνει αυτό, θα πρέπει να γνωρίζουμε και τις ακριβείς τιμές του φίλτρου στάθμισης Α, οι οποίες δίνονται στον Πίνακα 5 με ανάλυση ¹/₃ της οκτάβας. Έτσι, αφού αποθηκευτούν οι τιμές του φίλτρου στάθμισης Α σε μία μεταβλητή στη MATLAB, έστω Α, και χρησιμοποιώντας την εξίσωση:

$$L_{p_t} = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^{N} 10^{L_{p_i/10}} \right) \tag{6}$$

όπου Ν είναι το πλήθος των τιμών της στάθμης ηχητικής πίεσης ανά συχνότητα, Lp η στάθμη ηχητικής πίεσης και L_{p_t} η συνολική στάθμη ηχητικής πίεσης, μπορούμε να μετατρέψουμε τις τιμές του LeqA σε τιμές ισοδύναμης στάθμης ηχητικής πίεσης ανά συχνότητα. Έτσι γράφουμε στο MATLAB:

```
>> LeqAF = 10 * log10 ( 10 ^ ( LeqA / 10 ) / length ( A ) );
>> LeqAF = ones (1, length(A) ) * LeqAF;
```

2 Έχοντας τις τιμές της ισοδύναμης στάθμης ηχητικής πίεσης ανά συχνότητα με στάθμιση Α, μένει πλέον μόνο να αφαιρέσουμε την "επίδραση" του φίλτρου Α για να καταλήξουμε στις τιμές της ισοδύναμης στάθμης ηχητικής πίεσης ανά συχνότητα χωρίς στάθμιση. Έτσι, μπορούμε να γράψουμε στη MATLAB:

>> Leq = LeqAF - A;

3 Τελικά, μπορούμε να βρούμε την συνολική στάθμη ηχητικής πίεσης χρησιμοποιώντας ξανά την Εξίσωση 6 και γράφοντας στην MATLAB:

```
>> Leq_linear = 10 * log10 ( sum ( 10 .^ ( Leq ./ 10) ) );
```

Συχνότητα Hz	Τιμές φίλτρου στάθμισης Α (dB)	Συχνότητα Hz	Τιμές φίλτρου στάθμισης Α (dB)
20	-50.5	800	-0.8
25	-44.7	1000	0
31.5	-39.4	1250	+0.6
40	-34.6	1600	+1.0
50	-30.2	2000	+1.2
63	-26.2	2500	+1.3
80	-22.5	3150	+1.2
100	-19.1	4000	+1.0
125	-16.1	5000	+0.5
160	-13.4	6300	-0.1
200	-10.9	8000	-1.1
250	-8.6	10000	-2.5
315	-6.6	12500	-4.3
400	-4.8	16000	-6.6
500	-3.2	20000	-9.3
630	-1.9		

Πίνακας 5. Πίνακας τιμών φίλτρου στάθμισης Α

7.6 Φασματική ανάλυση

Έχοντας υπολογίσει τις τιμές των ισοδύναμων σταθμών ηχητικής πίεσης, με στάθμιση Α και χωρίς, επόμενο βήμα είναι η φασματική ανάλυση του κυκλοφοριακού θορύβου συνολικά αλλά και μεμονωμένων γεγονότων. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να εισαχθούν στη MATLAB οι τιμές του σήματος του κυκλοφοριακού θορύβου και να υπολογισθεί το φάσμα του κυκλοφοριακού θορύβου συνολικά. Στη συνέχεια, θα πρέπει να βρεθούν τα τμήματα του αρχείου ήχου τα οποία εμπεριέχουν τα προς ανάλυση ηχητικά γεγονότα και να βρεθεί το φάσμα του καθενός από αυτά. Το αρχείο ήχου μπορεί να βρεθεί στον σύνδεσμο: . Για την αποθήκευσή του, από τον web browser Firefox, αφού κατευθυνθείτε στον παραπάνω σύνδεσμο επιλέξτε ''Αποθήκευση σελίδας ως, ή File -> Save page as).

Τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθηθούν για τον υπολογισμό του φάσματος του συνολικού κυκλοφοριακού θορύβου είναι:

1 Εισαγωγή των τιμών του σήματος στην MATLAB: Για την εισαγωγή των τιμών του σήματος στην MATLAB, καθώς και χρήσιμων δεδομένων του σήματος όπως η συχνότητα δειγματοληψίας του, μπορούμε να γράψουμε:

>> [X, Fs, NBits] = wavread ('TrafficNoise.wav');

2 Αποκοπή του αρχικού τόνου 1 kHz από το σήμα: Για να αφαιρεθεί από το σήμα ο αρχικός τόνος του 1kHz, θα πρέπει καταρχάς να γνωρίζουμε την διάρκειά του, η οποία είναι 30 δευτερόλεπτα (και 10 δευτερόλεπτα η παύση, σύνολο 40 δευτερόλεπτα), και εν συνέχεια να σβήσουμε τις αντίστοιχες τιμές από την μεταβλητή στην οποία έχουμε αποθηκεύσει τις τιμές του σήματός μας. Έτσι, μπορούμε να γράψουμε στην MATLAB:

>> X = X'; >> Xnotone = X (40 * Fs : length (X));

3 Υπολογισμός του φάσματος του κυκλοφοριακού θορύβου: Για να υπολογίσουμε το φάσμα του κυκλοφοριακού θορύβου (διάρκειας ενός μόνο λεπτού για πρακτικούς λόγους ταχύτητας υπολογισμών), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την διαδικασία που ακολουθήθηκε στην δεύτερη εργαστηριακή άσκηση (τα σχετικά αρχεία της MATLAB μπορούν να βρεθούν στο φάκελο της άσκησης αυτής στο e- class). Έτσι μπορούμε να γράψουμε στη MATLAB:

```
>> [ P, F ] = CalculateSpectrum (Xnotone (1 : 60 * Fs );
```

Στη συνέχεια, η απεικόνιση του φάσματος του κυκλοφοριακού θορύβου, γίνεται με χρήση της εντολής:

>> plot (F, P)

Τα μεμονωμένα ηχητικά γεγονότα για τα οποία θα πραγματοποιηθεί φασματική ανάλυση περιγράφονται στον παρακάτω Πίνακα 6.

Για τον υπολογισμό του φάσματος των παραπάνω μεμονωμένων ηχητικών γεγονότων θα πρέπει

		Χρόνος έναρξης, επί	Χρόνος λήξης, επί του	
a/a	Ηχητικό γεγονός	του συνολικού αρχείου	συνολικού αρχείου	
		ήχου (minutes:seconds)	ήχου (minutes: seconds)	
1	Κόρνα	00:49.3	00:49.5	
	Δ ιερχόμενη μηχανή			
2	μικρού/μεσαίου	$04{:}47.6$	04:51.1	
	χυβισμού			
	Δ ιερχόμενο αμάξι με,			
3	πιθανώς, χαλασμένη	05:32.7	05:34.3	
	εξάτμιση			

Π'	Π'	/	1 7	215	/	/	,
Π Λ	Πιναχας	γρονου	EVAPCINC	Xai Nnene	των μεμονωμενων	ηγητιχων	γεγονοτων
•	2	N1	1 2 1 2	1212			1 1

να ακολουθηθεί η εξής διαδικασία:

1 Αποθήκευση των μεμονωμένων ηχητικών γεγονότων σε διαφορετικές μεταβλητές: Για να καταστεί δυνατή η επεξεργασία των μεμονωμένων ηχητικών γεγονότων, θα πρέπει να αποθηκευτούν σε ξεχωριστές μεταβλητές στη MATLAB. Έτσι, και σύμφωνα με τον Πίνακα ;;, μπορούμε να αποθηκεύσουμε τους χρόνους έναρξης και λήξης σε μεταβλητές γράφοντας:

```
>> HornStart = 49.3 * Fs;
>> HornEnd = 49.5 * Fs;
>> BikeStart = ( (4 * 60) + 47.6 ) * Fs;
>> BikeEnd = ( ( 4 * 60 ) + 51.1 ) * Fs;
>> CarStart = ( (5*60) + 32.7) * Fs;
>> CarEnd = ( (5 * 60 ) + 34.3 )* Fs;
```

και εν συνέχεια να αποθηκεύσουμε σε μεταβλητές τα μεμονωμένα ηχητικά γεγονότα γράφοντας στη MATLAB:

```
>> XHorn = X ( HornStart : HornEnd );
>> XBike = X ( BikeStart : BikeEnd );
>> XCar = X ( CarStart : CarEnd );
```

2 Υπολογισμός του φάσματος των μεμονωμένων ηχητικών γεγονότων: Έχοντας αποθηκεύσει τα μεμονωμένα ηχητικά γεγονότα σε ξεχωριστές μεταβλητές, είναι πλέον δυνατή η εύρεση του φάσματός τους. Για να βρούμε το φάσμα τους, θα χρησιμοποιήσουμε ξανά την εντολή CalculateSpectrum. Έτσι, μπορούμε να γράψουμε στο MATLAB:

>> [PHorn, FHorn] = CalculateSpectrum (XHorn);
>> [PBike, FBike] = CalculateSpectrum (XBike);

>> [PCar, FCar] = CalculateSpectrum (XCar);

8 Εργαστηριακή Άσκηση: Ροή Σήματος Κονσόλας Μίξης Ήχου

8.1 Εισαγωγή

Παρόλο που η ''ύπαρξη'' ήχου προϋποθέτει ''χρόνο'', σε αντίθεση με την, σταθερή, εικόνα - φωτογραφία, με την μετατροπή, σε μία άλλη μορφή, και αποθήκευση της ακουστικής ενέργειας είναι δυνατή η αναπαραγωγή, η επεξεργασία και εν γένει οποιαδήποτε ενέργεια πάνω στην πληροφορία που μεταφέρει το ηχητικό σήμα, σε μη πραγματικό χρόνο. Η πρώτη συσκευή ικανή να ηχογραφήσει και να αναπαράγει τον ηχογραφημένο ήχο , ήταν ο μηχανικός φωνόγραφος που εφευρέθηκε από τον T. Edison , όπου αποθήκευε την ηχητική πληροφορία ως αναπαράσταση των διαταραχών μίας μεμβράνης, η οποία μετακινιόταν με την πρόσπτωση του ήχου. Οι πρώτες ηλεκτρικές συσκευές κατάλληλες για την επεξεργασία ήχου δημιουργήθηκαν περί το 1920, στις οποίες συμπεριλαμβανόταν οι ηλεκτροακουστικοί μετατροπείς και οι κονσόλες μίξης ήχου, δίνοντας έτσι την δυνατότητα για τις πρώτες πολυκάναλες ηχογραφήσεις με την χρήση επεξεργασίας ήχου, σε μη πραγματικό χρόνο, που πραγματοποιήθηκαν μετέπειτα.

Μία από τις κύριες ενέργειες κατά την επεξεργασία μίας πολυκάναλης ηχογράφησης είναι η δρομολόγηση των ηχογραφημένων καναλιών, όπου υλοποιείται με την χρήση συσκευής ικανής για την διαχείριση και δρομολόγηση περισσοτέρων του ενός τέτοιων καναλιών. Στις μέρες μας, συνήθως, αυτές οι συσκευές μπορούν να πραγματοποιήσουν βασικές λειτουργίες επεξεργασίας σήματος, να δρομολογήσουν τα ηχητικά κανάλια τόσο σε βοηθητικές εξόδους όσο και σε δύο κύριες εξόδους, όπου αντιπροσωπεύουν το δεξί και αριστερό κανάλι αναπαραγωγής ενός τυπικού στερεοφωνικού συστήματος. Αυτές οι συσκευές ονομάζονται κονσόλες μίξης ήχου.

Η παρούσα εργαστηριαχή άσχηση έχει σαν στόχο την εξοιχείωση με την ροή σήματος σε μία χονσόλα μίξης ήχου κατά την επεξεργασία ; μίξη ήχου, χρησιμοποιώντας σαν διαδικασία πειραματισμού την δημιουργία του φαινομένου της προπορείας. Για την διεξαγωγή της εργαστηριαχής άσχησης θα χρησιμοποιηθούν το ηχητικό υλικό που βρίσκεται στον αντίστοιχο κατάλογο στο e-Class, οι υπολογιστές του τμήματος " Τεχνών Ήχου & Ειχόνας " καθώς και το εγκατεστημένο σε αυτούς λογισμικό Logic Pro.

8.2 Κονσόλα μίξης ήχου και ροή σήματος

Αν και, πλέον, υπάρχουν παραπάνω του ενός είδη κονσόλων μίξης ήχου, όλα μοιράζονται κάποια βασικά στοιχεία. Ίσως το πιο βασικό εξ αυτών είναι η ροή σήματος σε μία κονσόλα μίξης ήχου. Έτσι, μία οποιαδήποτε κονσόλα μίξης ήχου έχει εισόδους και πολλαπλές επιλογές για την ροή του σήματος.

8.2.1 Ροή σήματος

Ως ροή σήματος καλείται η διαδρομή του ηλεκτρικού σήματος, ή των ψηφιακών ηχητικών δεδομένων, από μία αρχική κατάσταση σε μία τελική. Η αρχική κατάσταση είναι η έξοδος από την πρώτη συσκευή που συμμετέχει στην επεξεργασία του ηχητικού σήματος, ενώ τελική κατάσταση είναι η είσοδος ή έξοδος της τελευταίας συσκευής. Έτσι, σε μία υποτιθέμενη χρήση ενός μικροφώνου για την αναπαραγωγή μίας ομιλίας η ροή σήματος αναπαρίσταται στην Εικόνα 6.



Εικόνα 6. Ροή σήματος σε μία υποτιθέμενη χρήση μικροφώνου για την αναπαραγωγή ομιλίας

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως, και σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε για την ροή σήματος, αναλόγως την εκάστοτε εφαρμογή η βαθμίδες επεξεργασίας του σήματος, κατά την ροή του, ενδέχεται να διαφέρουν. Επίσης, στην περίπτωση της ροής σήματος σε ένα ηλεκτροακουστικό σύστημα ενδέχεται κάθε βαθμίδα επεξεργασίας του σήματος να έχει, εσωτερικά, την δική της ροή σήματος.

8.2.2 Κονσόλα μίξης ήχου

Μία κονσόλα μίξης ήχου δέχεται στην είσοδό της ένα ή περισσότερα ηχητικά σήματα και μπορεί να δρομολογήσει ή/ και να δημιουργήσει ένα τελικό ηχητικό σήμα, μονοφωνικό ή στερεοφωνικό, όπως φαίνεται στην Εικόνα 7.



Εικόνα 7. Σχηματική αναπαράσταση της δρομολόγησης σήματος μίας κονσόλας ήχου

Ένας από τους βασικούς διαχωρισμούς των κονσόλων ήχου είναι βάσει του τύπου σήματος που διαχειρίζονται. Έτσι, υπάρχουν οι αναλογικές κονσόλες, όπου διαχειρίζονται αναλογικό σήμα, και

οι ψηφιαχές χονσόλες, όπου διαχειρίζονται ψηφιαχό σήμα. Μία τυπιχή αναλογιχή χονσόλα μίξης ήχου είναι στην Ειχόνα 8.



Εικόνα 8. Κονσόλα ήχου της εταιρείας Yamaha

Πέρα από το κοινό χαρακτηριστικό της δρομολόγησης σήματος, η πλειοψηφία των κονσόλων μίξης ήχου έχουν τις μονάδες εισόδου και τις μονάδες εξόδου, οι οποίες λόγω του μακρόστενου σχήματός τους στην αργκό συχνά αναφέρονται και ως "φέτεσ" (modules). Κάποιες από τις μονάδες εξόδου, και σε ορισμένες κονσόλες, χρησιμοποιούνται για την αποστολή σήματος σε εξωτερικές μονάδες επεξεργασίας σήματος. Αυτές οι μονάδες ονομάζονται βοηθητικές (auxiliary). Επίσης, στις περισσότερες κονσόλες μίξης ήχου, υπάρχουν δύο κύριες μονάδες εξόδου ήχου, έκαστη αντιπροσωπεύει το αντίστοιχο κανάλι από το στερεοφωνικό σήμα, από τις οποίες τροφοδοτείται, συνήθως, ο τελικός ενισχυτής για να οδηγήσει τα ηχεία. Μία σχηματική αναπαράσταση μιας τυπικής απλής μονάδας εισόδου είναι στην Εικόνα 9.



Εικόνα 9. Σχηματική αναπαράσταση απλής μονάδας εισόδου κονσόλας μίξης ήχου

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί πως, στις περισσότερες χονσόλες μίξης ήχου, η αχριβής θέση του επιλογέα δρομολόγησης σε βοηθητιχές εξόδου μπορεί να αλλαχθεί από έναν ειδιχό διαχόπτη στην

μονάδα εισόδου της κονσόλας, έτσι ώστε να μετατεθεί μετά τον ισοσταθμιστή ή και μετά τον ρυθμιστή κέρδους εξόδου. Εκτός από τις μονάδες που εικονίζονται στην Εικόνα 9, συνήθως, και αμέσως μετά, ή, σε μερικές κονσόλες, αμέσως πριν από τον ρυθμιστή κέρδους του σήματος εισόδου, υπάρχει μία ειδική διασύνδεση για την παρεμβολή στην ροή σήματος εξωτερικής μονάδας επεξεργασίας σήματος. Αυτή η διασύνδεση ονομάζεται Insert. Ακόμα, αν και πάνω στην μονάδα εισόδου, στις περισσότερες κονσόλες μίξης ήχου, ο επιλογέας δρομολόγησης σε μία από τις δύο κύριες εξόδου (συνήθως ονομάζεται Pan ή Balance) είναι πριν από τον ρυθμιστή κέρδους εξόδου, λειτουργικά βρίσκεται έπειτα από αυτόν.

8.3 Φαινόμενο Προπορείας

Όταν ένας ακροατής βρίσκεται σε έναν χώρο στον οποίο αναπαράγεται ένας ήχος, λόγω των ανακλάσεων του χώρου, στο σύστημα ακοής του καταφθάνουν ήχοι με καθυστέρηση, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από το ίδιο συχνοτικό περιεχόμενο και ίδια διάρκεια. Κατά την περίπτωση που ο ανακλώμενος ήχος λαμβάνεται με χρονική καθυστέρηση από 5 έως και 50 msec για ομιλία ή 80 msec για μουσική, δημιουργείται η εντύπωση ότι προέρχεται από την ίδια κατεύθυνση με το απευθείας διαδιδόμενο ηχητικό κύμα το οποίο καταφθάνει πρώτο στο ανθρώπινο ακουστικό όργανο. Έτσι ο ανθρώπινος εγκέφαλος αντιλαμβάνεται δύο όμοιους ήχους, όχι σαν δυο εντελώς ανεξάρτητους, αλλά ως κάποιον ενιαίο ήχο όπου εντοπίζεται στο σημείο από όπου προέρχεται το απευθείας ηχητικό κύμα.

Ο ανθρώπινος εγκέφαλος εστιάζει στον απευθείας λαμβανόμενο ήχο, ο οποίος υπερισχύει από τους καθυστερημένους ήχους, ίδιου συχνοτικού περιεχομένου και χρονικής διάρκειας, ακόμη και όταν ο πρώτος είναι ασθενέστερος έως και 10 dB. Όταν υπάρχει τέτοιου είδους καθυστέρηση, είτε τεχνητά μέσω φίλτρων είτε λόγω των χαρακτηριστικών του χώρου, γίνεται λάθος εκτίμηση της απόστασης αλλά και της κατεύθυνσης της ηχητικής πηγής ενώ, παράλληλα, παρέχεται η αίσθηση της αντίληψης του χώρου ακρόασης. Το ψυχοακουστικό φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως φαινόμενο προπορείας (Precedence ή Hass effect).

Εάν ο ανακλώμενος ήχος καθυστερήσει περισσότερο από 50 ή 80 msec, για ομιλία ή μουσική αντίστοιχα, τότε εκλαμβάνεται ως ανεξάρτητο ηχητικό γεγονός και δημιουργείται ηχώ.

8.4 Παρουσίαση του λογισμικού Logic Pro

Το Logic Pro είναι ένα λογισμικό το οποίο λειτουργεί κυρίως σε λειτουργικό σύστημα Mac OS και παρέχει την δυνατότητα ηχογράφησης, επεξεργασίας και μίξης ήχου. Επίσης δυνατή είναι η επεξεργασία σημάτων/μυνημάτων M.I.D.I., δημιουργία και επεξεργασία παρτιτούρας. Το κύριο παράθυρο του περιβάλλοντος εργασίας του Logic χωρίζεται σε 2 βασικά μέρη τα οποία φαίνονται στην Εικόνα 10 και είναι: α) το βασικό παράθυρο εργασίας, και β) ο Inspector, όπου ο χρήστης μπορεί να "εποπτεύσει" κάθε φορά τα χαρακτηριστικά για το επιλεγμένο κανάλι ή ηχητικό δείγμα και να τα τροποποιήσει.

Στο περιβάλλον του Logic η κονσόλα μίξης ήχου που υπάρχει είναι μια ψηφιακή απεικόνιση μίας



Εικόνα 10. Το κύριο παράθυρο του περιβάλλοντος εργασίας του Logic Pro

πραγματικής κονσόλας μίξης ήχου και, ως εκ τούτου, έχει την ίδια οργάνωση και υποστηρίζει, τουλάχιστον, τις ίδιες λειτουργίες. Η κονσόλα μίξης ήχου του λογισμικού Logic Pro είναι στην Εικόνα 11.



Εικόνα 11. Η κονσόλα μίξης ήχου του λογισμικού Logic Pro

Κατά την εκκίνηση του προγράμματος συνήθως ζητείται στον χρήστη η δημιουργία ενός καινούργιου μοντέλου εργασίας (ή new project). ΚατΆ αυτό τον τρόπο ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα χενό μοντέλο στο όποιο μπορεί να επιλέξει ο ίδιος το πλήθος χαι το είδος των χαναλιών που επιθυμεί ή να επιλέξει από προχαθορισμένα μοντέλα τα οποία υπάρχουν διαθέσιμα.



Εικόνα 12. Η αρχική εικόνα του λογισμικού Logic Pro



Εικόνα 13. Η επιλογή εισαγωγής αρχείου ήχου στο λογισμικό Logic Pro

Για την κατάλληλη εισαγωγή κάποιου εφέ ή εξωτερικού ψηφιακού επεξεργαστή σήματος, ο χρήστης, έχοντας επιλέξει το συγκεκριμένο κανάλι στο οποίο επιθυμεί να εισάγει το εφέ, μπορεί να πλοηγηθεί στην κονσόλα μίξης ήχου του λογισμικού, να επιλέξει μία από τις διαθέσιμες Insert διεπαφές και εισάγει το εφέ της επιλογής του.

8.5 Υλοποίηση της άσκησης

Για την υλοποίηση της παρούσας εργαστηριαχής άσχησης θα πρέπει να αχολουθηθούν τα εξής βήματα:

- 1 Εισαγωγή του αρχείου ήχου στο λογισμικό Logic Pro
- 2 Δημιουργία ενός αντίγραφου του αρχείου ήχου
- 3 Ενεργοποίηση της διεπαφής Ινσερτ στην χονσόλα μίξης ήχου του λογισμιχού Logic Pro
- 4 Επιλογή και εισαγωγή, στην διεπαφή Insert, ψηφιακού εφέ καθυστέρησης (Delay)
- 5 Αλλαγή των τιμών της καθυστέρησης του Delay για τον εντοπισμό του φαινομένου της προπορείας

Τα παραπάνω βήματα αναλύονται στις ακόλουθες υποενότητες.

8.5.1 Εισαγωγή και δημιουργία αντιγράφου αρχείου ήχου

Για την εκκίνηση της εργασίας με το λογισμικό Logic Pro θα πρέπει να επιλεχθεί είτε κάποιο προϋπάρχον μοντέλο εργασίας ή να δημιουργηθεί ένα καινούργιο. Έτσι, στην αρχική εικόνα του λογισμικού Logic Pro, που φαίνεται και στην Εικόνα 12, θα πρέπει να επιλεχθεί το "Empty Project" από τα πρότυπα ("Template") που είναι στην συλλογή ("Collection") προτύπων "Explore", όπως φαίνεται στην Εικόνα 12. Κατόπιν, στο παράθυρο που εμφανίζεται, και είναι στην Εικόνα 14, εισάγετε τον αριθμό των καναλιών που επιθυμείτε στο πεδίο "Number" και επιλέγετε τον τύπο των καναλιών από την επιλογή "Type".

Έτσι, θα πρέπει να επιλεγούν για εισαγωγή δύο κανάλια τύπου "Audio", εισάγοντας τον αριθμό 2 στο πεδίο "Number" και επιλέγοντας τον τύπο "Audio" από την επιλογή "Type". Οι άλλες επιλογές θα πρέπει να μείνουν ως έχουν.

Επιπλέον, και όπως φαίνεται στην Εικόνα 14, υπάρχουν και επιπρόσθετες επιλογές όπως η επιλογή για το εάν θα είναι μονοφωνικό ή όχι το κανάλι (επιλογή "Format") το κανάλι της κάρτας ήχου του υπολογιστή από όπου θα μπορεί να λάβει είσοδο το συγκεκριμένο κανάλι του λογισμικού (επιλογή "Input") κ.α. Το αμέσως επόμενο παράθυρο είναι το κύριο παράθυρο εργασίας, παρόμοιο με αυτό στην Εικόνα 11.

Η εισαγωγή αρχείου ήχου γίνεται με την επιλογή του καναλιού στο οποίο θα εισαχθεί το αρχείο ήχου και την επιλογή του "Import Audio File" από την επιλογή "File", όπως φαίνεται στην Εικόνα ;;. Αυτή η διαδικασία θα πρέπει να γίνει και για τα δύο κανάλια, επιλέγοντας διαδοχικά και τα δύο και εκτελώντας την προαναφερθείσα διαδικασία εισαγωγής αρχείου ήχου και για τα δύο κανάλια. Το αρχείο που θα εισαχθεί είναι αυτό που έχει μεταφορτωθεί από τον κατάλογο με το υλικό της παρούσας εργαστηριακής άσκησης στο e-Class.

000		Untitled - A	mange			C	5
MOD Tave Mode Tave Mode Tave Mode Tave Generate off (1840) Generate off (1840) Generate off (1840) Generate off Generate of Mode Tave Mode Tave Mode Tave Mode Tave Sover (2) Sover (2)	Acto Dam Accountion from	New Tracks Number Type: @ Audio Software Instrument Gasened MED Fermat: Mano Impet Insert I I Outpet Overal I I Outpet Overal I I Impet Recert Enable Impet Recert Enable	According	Roman Region Seage Search	E Originality	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1.
No Output	Nov Sangh Sifter	Plane field Some Page					1-0-ml Y
	01 100 100 00.00	1 1 1 1 120.000 5 1 1 1 13	10 414 No In 10 115 No Out	:	A040		

Εικόνα 14. Οι επιλογές εισαγωγής καναλιών σε κενό μοντέλο εργασίας

8.5.2 ενεργοποίηση της διεπαφής Insert στην χονσόλα μίξης ήχου

Λόγω ότι απαιτείται η εισαγωγή μίας βαθμίδας επεξεργασίας στην ροή του σήματος στην μονάδα εισόδου, θα πρέπει να επιλεχθεί η διεπαφή "Insert", στην οποία θα συνδεθεί εικονικά η μονάδα επεξεργασίας. Στο λογισμικό Logic Pro, ο χρήστης έχει πρόσβαση σε αυτή την διεπαφή από την κονσόλα μίξης ήχου του λογισμικού. Για την εμφάνιση της κονσόλας μίξης ήχου απαιτείται η επιλογή της ένδειξης "Mixer" που καταδεικνύεται στην Εικόνα 15.

Η χονσόλα μίξης ήχου του λογισμιχού είναι ένα ειχονιχό αντίγραφο μίας "πραγματιχήσ" χονσόλας. Έτσι, χαι όπως φαίνεται στην Ειχόνα 15, υπάρχουν μονάδες εισόδου για τα χανάλια που έχουν δημιουργηθεί στο μοντέλο εργασίας. Η διεπαφή "Insert" βρίσχεται στην χορυφή χάθε μονάδας εισόδου. Με την επιλογής της εμφανίζεται το μενού επιλογής των μονάδων επεξεργασίας ήχου.

8.5.3 Επιλογή και εισαγωγή ψηφιακού εφέ καθυστέρησης

Από τις επιλογές που εμφανίζονται κατά την ενεργοποίηση της διεπαφής "Insert", θα πρέπει να γίνουν οι εξής επιλογές: Delay Delay Designer -> Stereo, για κάθε ένα από τα δύο κανάλια που έχουν δημιουργηθεί στο μοντέλο εργασίας.

Η παραπάνω διαδικασία εμφανίζει το παράθυρο ελέγχου της μονάδας επεξεργασίας που επιλέχθηκε και φαίνεται στην Εικόνα 16.



Εικόνα 15. Η επιλογή "Mixer" για την εμφάνιση της κονσόλας μίξης ήχου

8.5.4 Αλλαγή των τιμών καθυστέρησης του αντίστοιχου ψηφιακού εφέ

Προχειμένου να μελετηθεί η χρονική διάρχεια της καθυστέρησης, έτσι ώστε τα δυο διαφορετικά ηχητικά δείγματα στα δυο διαφορετικά ηχητικά κανάλια να αχούγονται ως δύο διαφορετικά διαχριτά ηχητικά γεγονότα, θα πρέπει να μεταχινηθεί κατάλληλα ο δείχτης Α μέσα στο παράθυρο του Delay Designer έτσι ώστε με αυτό τον τρόπο να μεταβληθεί η διάρχεια, σε msec, της καθυστέρησης (delay).



Εικόνα 16. Εισαγωγή καθυστέρησης μέσω του Delay Designer

Όμως, λόγω περιορισμών στην ελάχιστη καθυστέρηση που μπορεί να επιλεχθεί από την συγκεκριμένη μονάδα επεξεργασίας, θα ακολουθηθεί η παρακάτω διαδικασία έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι και για τα δύο κανάλια υπάρχει μία, αρχική, κοινή καθυστέρηση:

1 Ελαχιστοποίηση της στάθμης αναπαραγωγής του μη επεξεργασμένου ήχου και από τις δύο

μονάδες επεξεργασίας (μία για έκαστο κανάλι ήχου), με την τοποθέτηση του δείκτη "Dry", από την επιλογή "Mix" που φαίνεται στην Εικόνα 16, στην ελάχιστη τιμή.

- 2 Απενεργοποίηση της επιλογής "Sync", που φαίνεται στην Εικόνα 16
- **3** Επιλογή χρονικής καθυστέρησης 5 msec, είτε γράφοντας την τιμή στο αντίστοιχο πεδίο είτε μετακινώντας τον δείκτη "A".

Με την ολοκλήρωση των παραπάνω βημάτων, θα πρέπει να αρχίσει η αναπαραγωγή και των δύο καναλιών, επιλέγοντας το πεδίο με το σύμβολο της λειτουργίας "►" που βρίσκεται χαμηλά στο κύριο παράθυρο εργασίας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 11, και να μεταβάλλονται οι τιμές της χρονικής καθυστέρησης ενός εκ των δύο καναλιών, είτε με την πληκτρολόγηση των τιμών είτε με την μετακίνηση του δείκτη A.

Ευρετήριο Ειχόνων

1	Προσθήκη του πακέτου MAD στο path της MATLAB	5
2	Το παράθυρο της εφαρμογής Audiometer	5
3	Η ακολουθούμενη διαδικασία ποσοτικής εκτίμησης του σφάλματος απωλεστικής	
	συμπίεσης	12
4	Φασματικές καμπύλες στάθμισης τύπου Α, Β, C και D	16
5	Το ηχόμετρο Lutron SL4010	17
6	Ροή σήματος σε μία υποτιθέμενη χρήση μιχροφώνου για την αναπαραγωγή ομιλίας	25
7	Σ χηματική αναπαράσταση της δρομολόγησης σήματος μίας κονσόλας ήχου \ldots	25
8	Κονσόλα ήχου της εταιρείας Yamaha	26
9	Σ χηματική αναπαράσταση απλής μονάδας εισόδου κονσόλας μίξης ήχου \ldots	26
10	Το χύριο παράθυρο του περιβάλλοντος εργασίας του Logic Pro	28
11	Η χονσόλα μίξης ήχου του λογισμιχού Logic Pro	28
12	Η αρχική εικόνα του λογισμικού Logic Pro	29
13	Η επιλογή εισαγωγής αρχείου ήχου στο λογισμικό Logic Pro	29
14	Οι επιλογές εισαγωγής καναλιών σε κενό μοντέλο εργασίας	31
15	Η επιλογή "Mixer" για την εμφάνιση της κονσόλας μίξης ήχου	32
16	Εισαγωγή καθυστέρησης μέσω του Delay Designer	32

Ευρετήριο Πινάχων

1	Ενδεικτικός πίνακας καταγραφής των μετρήσεων πλάτους	6
2	Τα αρχεία που χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση της γεννήτριας περιοδικών τόνων	8
3	Οι τιμές των παραμέτρων Μ και ftone	9
4	Τα αρχεία που θα χρησιμοποιηθούν για την φασματική ανάλυση μη περιοδικών	
	ηχητικών κυματομορφών	10
5	Πίναχας τιμών φίλτρου στάθμισης Α	20
6	Πίναχας χρόνου έναρξης και λήξης των μεμονωμένων ηχητικών γεγονότων	22