



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

Ψηφιακή Επεξεργασία Φωνής

Άσκηση 2η

Στυλιανού Ιωάννης

Τμήμα Επιστήμης Υπολογιστών

ΗΥ578: 2^η Σειρά Ασκήσεων

Απορίες: yannis@csd.uoc.gr

1. (α') Σας δίδεται ο αναδρομικός αλγόριθμος Levinson για τη λύση ενός συστήματος τύπου Toeplitz:

Αρχικοποίηση:

$$\begin{aligned}a_0^0 &= 0 \\ E^0 &= r[0]\end{aligned}$$

Για $i = 1$ έως P

$$\begin{aligned}k_i &= \frac{r[i] - \sum_{j=1}^{i-1} a_j^{i-1} r[i-j]}{E^{i-1}} \\ a_i^i &= k_i \\ a_j^i &= a_j^{i-1} - k_i a_{i-j}^{i-1}, \quad 1 \leq j \leq i-1 \\ E^i &= (1 - k_i^2) E^{i-1}\end{aligned}$$

όπου $r[i]$ είναι ο συντελεστής αυτοσυσχέτισης του σήματος και E^i το ελάχιστο μέσο τετραγωνικό σφάλμα της πρόβλεψης την αναδρομή i . Στο τέλος της παραπάνω αναδρομής ($i = P$) θα έχετε τον βέλτιστο προβλέπτη τάξης P .

Έστω ότι ένας προβλέπτης έχει τάξη 4. Χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Levinson υπολογίστε σε κάθε βήμα του αλγόριθμου το πολυώνυμο της γραμμικής πρόβλεψης που προκύπτει.

- (β') Δείξτε ότι αν έχουμε τους συντελεστές a_i του προβλέπτη τάξεως P , μπορούμε να υπολογίσουμε τους συντελεστές k_i (PARCOR) με την αναδρομή:

Αρχικοποίηση : $k_P = a_P^P$

Από $i = P$ έως 2:

$$\begin{aligned}a_j^{i-1} &= \frac{1}{1 - k_i^2} (a_j^i + k_i a_{i-j}^i) \quad j = 1 \cdots i-1 \\ k_{i-1} &= a_{i-1}^{i-1}\end{aligned}$$

- (γ') Από τη σχέση:

$$E^i = (1 - k_i^2) E^{i-1}$$

και δεδομένου ότι το ελάχιστο μέσο τετραγωνικό σφάλμα της πρόβλεψης είναι πάντα ένας θετικός αριθμός, δείξτε ότι

$$|k_i| < 1 \quad \forall i$$

Η παραπάνω συνθήκη είναι μια ικανή και αναγκαία συνθήκη για την ευστάθεια ενός συστήματος (όλοι οι πόλοι μέσα στο μοναδιαίο κύκλο).

Σχολιάστε την ευστάθεια του συστήματος:

$$H(z) = \frac{1}{1 - 2z^{-1} - 6z^{-2} + z^{-3} - 2z^{-4}}$$

χρησιμοποιώντας τα παραπάνω.

Σημείωση: με την εντολή `roots` του Matlab μπορείτε να επιβεβαιώσετε αν οι πόλοι του συστήματος είναι μέσα ή έξω από τον μοναδιαίο κύκλο.

2. Αντίθετα από τη μέθοδο της αυτοσυσχέτισης, η covariance μέθοδος για τη γραμμική πρόβλεψη μπορεί να εκτιμήσει με ακρίβεια τους παραμέτρους ενός all-pole μοντέλου από ένα περιορισμένο αριθμό δεδομένων. Εστω ότι

$$s[n] = a^n u[n]$$

και ότι το παράθυρο $w[n]$ που χρησιμοποιούμε για την πρόβλεψη είναι τετραγωνικό και έχει μήκος N_w δείγματα. Χρησιμοποιώντας την covariance μέθοδο εκτιμήστε την σταθερά a του μοντέλου. Ποιο είναι το ελάχιστο σφάλμα πρόβλεψης:

$$E = \sum_{n=0}^{N_w-1} e^2[n]$$

3. Εστω ένα από τα σήματα φωνής που ήδη έχετε (συχν. δειγματοληψίας $16kHz$). Στο σήμα που θα επιλέξετε θα εφαρμόσετε την μέθοδο της αυτοσυσχέτισης για τον υπολογισμό των συντελεστών γραμμικής πρόβλεψης. Η ανάλυση θα γίνει σε παράθυρα (επιλογή σας η διάρκεια του παραθύρου). Χρησιμοποιήστε το `hamming` παράθυρο για την ανάλυσή σας και σε κάθε παράθυρο να αφαιρείτε τη μέση τιμή του σήματος προς ανάλυση.

Σε κάθε παράθυρο ανάλυσης εκτιμήστε το κέρδος και τους συντελεστές γραμμικής πρόβλεψης με τη μέθοδο της αυτοσυσχέτισης. Χρησιμοποιήστε τάξη 20 για ηχογράφηση με $16000 Hz$.

Εχοντας εκτιμήσει το φίλτρο σε κάθε παράθυρο:

- (α') Χρησιμοποιώντας την εντολή `plot`, σχεδιάστε το φάσμα πλάτους του μετ. Fourier του σήματος καθώς και την απόκριση σε συχνότητα του εκάστοτε all-pole συστήματος που

εκτιμήσατε. Για τη σχεδίαση, χρησιμοποιήστε τη λογαριθμική κλίμακα. Γράψτε τις παρατηρήσεις σας για τις διάφορες κατηγορίες ήχων (έμφωνων, άφωνων, stops κ.λ.π.) Τυπώστε και παραδώστε 5 σχήματα από διάφορους ήχους από το σήμα σας.

(β') Χρησιμοποιώντας το εκτιμώμενο φίλτρο, υπολογίστε το σήμα διέγερσης του συστήματος:

$$u_g[n] = s[n] - \sum_{k=1}^p a_k s[n - k]$$

Χρησιμοποιώντας το σήμα διέγερσης που υπολογίσατε και το εκτιμώμενο φίλτρο, υπολογίστε (ξανά) το αρχικό σήμα της φωνής στο παράθυρο ανάλυσης. Υπάρχει διαφορά μεταξύ του αρχικού σήματος και της εξόδου που υπολογίσατε;

Ακολουθώντας τα παραπάνω, θα μπορείτε σε κάθε παράθυρο να συνθέσετε με αρκετή ακρίβεια το αρχικό σήμα φωνής. Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Overlap and Add - OLA, συνδέστε όλα τα σήματα που έχετε συνθέσει ώστε να συνθέσετε το αρχικό σήμα φωνής.

4. Σε κάθε ένα από τα φίλτρα που έχετε εκτιμήσει παραπάνω μπορείτε να μεταβάλετε τα χαρακτηριστικά του φίλτρου αλλάζοντας τη συχνότητα στην οποία βρίσκονται οι πόλοι με την μεγαλύτερη απόλυτη τιμή. Αλλάξτε τους τρεις μεγαλύτερους κατά πλάτος πόλους και συνθέστε ξανά το σήμα. Ο τρόπος αλλαγής αφήνετε σε εσάς. Παραδώστε τα σήματα που έχετε παράγει.
5. Αν αντί για το σήμα διέγερσης χρησιμοποιήσετε λευκό θόρυβο (Matlab: rand) με μέση τιμή 0 και συνδιασπορά 1, μπορείτε να συνθέσετε την ψυθιριστή έκδοση του αρχικού σήματος. Παραδώστε το σήμα.

Σημειώματα

Σημείωμα αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Κρήτης, **Στυλιανού Ιωάννης**. «Ψηφιακή Επεξεργασία Φωνής. Άσκηση 2η». Έκδοση: 1.0. **Ηράκλειο/Ρέθυμνο** 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://www.csd.uoc.gr/~hy578>.

Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση, Όχι Παράγωγο Έργο 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Κρήτης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

