

Οι αναλυτικές σειρές ασκήσεων είναι ατομικές, και οι λύσεις που θα δώσετε πρέπει να αντιπροσωπεύουν μόνο την προσωπική σας εργασία. Αν χρησιμοποιήσετε κάποια άλλη πηγή εκτός βιβλίου για την λύση σας, πρέπει να το αναφέρετε. Παραδίδονται γραπτώς και προσωπικώς στην Γραμματεία Εργ. Ρομποτικής (Αιθ. 2.1.12, παλαιό Κτ.Ηλεκτρ.) 9.00-14.30.

Ασκηση 2.1: (LPC):

(α) Για το σχεδιασμό ενός βέλτιστου γραμμικού προβλέπτη τάξης $p = 2$ με τη μέθοδο της Αυτοσυσχέτισης, σας δίνονται οι παραθυρωμένες τιμές της αυτοσυσχέτισης του σήματος : $r_x[0] = 1.05, r_x[1] = 0.8, r_x[2] = 0.64$.

(α.1) Επαληθεύσετε ότι ο πίνακας αυτοσυσχέτισης

$$\mathbf{R}_x = \begin{bmatrix} r_x[0] & r_x[1] & r_x[2] \\ r_x[1] & r_x[0] & r_x[1] \\ r_x[2] & r_x[1] & r_x[0] \end{bmatrix}$$

που σχηματίζεται από τις ανωτέρω αριθμητικές τιμές των $r_x[k]$ είναι θετικά ορισμένος.

(α.2) Χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο Levinson-Durbin, βρείτε τους βέλτιστους LPC συντελεστές $\{\alpha_i\}$, και τους αντίστοιχους βέλτιστους συντελεστές ανάκλασης $\{k_i\}$.

(β) Για ένα γραμμικό προβλέπτη τάξης $p = 4$, εάν οι βέλτιστοι LPC συντελεστές $\{\alpha_i\}$ είναι οι

$$\alpha_1 = -0.35, \alpha_2 = 0.112, \alpha_3 = 0.014, \alpha_4 = 0.3,$$

χρησιμοποιείτε τον αλγόριθμο Levinson-Durbin για να βρείτε του αντίστοιχους συντελεστές ανάκλασης $\{k_i\}$.

Σημείωση: Ο αλγόριθμος Levinson-Durbin με τον ορθό συμβολισμό περιγράφεται στις συνοπτικές σημειώσεις (διαφάνειες) του μαθήματος.

Ασκηση 2.2: Έστω ότι μας δίνεται μια στοχαστική ανέλιξη διακριτού χρόνου

$$x[n] = A \cos(n\omega_o + \phi) + w[n]$$

όπου $w[n]$ είναι λευκός Gaussian θόρυβος με μεταβλητότητα σ_w^2 . Για κάθε μια από τις επόμενες περιπτώσεις να βρείτε την αυτοσυσχέτιση r_x του $x[n]$, και εάν η ανέλιξη είναι WSS να βρείτε και το φάσμα ισχύος της:

(α) A είναι μια Gaussian τυχαία μεταβλητή με μηδενική μέση τιμή και μεταβλητότητα σ_A^2 , ενώ ω_o και ϕ είναι σταθερές.

(β) ϕ είναι μια τυχαία μεταβλητή ομοιόμορφα κατανεμημένη στο διάστημα $[-\pi, \pi]$, ενώ A και ω_o είναι σταθερές.

(γ) ω_o είναι μια τυχαία μεταβλητή ομοιόμορφα κατανεμημένη στο διάστημα $[\omega_c - \Delta, \omega_c + \Delta]$, ενώ A και ϕ είναι σταθερές.

Ασκηση 2.3: (Τυχαία διακριτά σήματα)

(α) AR(2): Έστω ότι μας δίνεται μια AR(2) στοχαστική διαδικασία που δημιουργείται από την εξίσωση διαφορών

$$y[n] = 0.7y[n-1] - 0.1y[n-2] + w[n]$$

όπου $w[n]$ είναι λευκός θόρυβος με μηδενική μέση τιμή και μεταβλητότητα $\sigma_w^2 = 1$.

(α.1) Να βρείτε την κρουστική απόκριση $h[n]$ του φίλτρου που συνθέτει το $y[n]$ από το $w[n]$.

(α.2) Να βρείτε το φάσμα ισχύος $P_y(e^{j\omega})$ του $y[n]$.

(α.3) Να βρείτε την αυτοσυσχέτιση $r_y[k]$ του $y[n]$.

(β) (Φάσμα Ισχύος)

Έστω ότι μας δίνεται μια στοχαστική ανέλιξη $x[n]$ με μηδενική μέση τιμή και αυτοσυσχέτιση :

$$r_x[k] = 10 \left(\frac{1}{2}\right)^{|k|} + 3 \left(\frac{1}{2}\right)^{|k-1|} + 3 \left(\frac{1}{2}\right)^{|k+1|}$$

(β.1) Να βρείτε το φάσμα ισχύος $P_x(z)$ ως συνάρτηση της μιγαδικής συχνότητας z .

(β.2) Να βρείτε το φάσμα ισχύος $P_x(e^{j\omega})$ ως πραγματική συνάρτηση της συχνότητας ω .

(β.3) Με φασματική παραγοντοποίηση του $P_x(z)$, να βρείτε ένα αιτιατό και ευσταθές φίλτρο $H(z)$ το οποίο με είσοδο λευκό θόρυβο $v[n]$ μηδενικής μέσης τιμής και μοναδιαίας μεταβλητότητας θα δώσει μια στοχαστική ανέλιξη με τη δεδομένη αυτοσυσχέτιση.

Εξηγήστε την εργασία σας.

Ασκηση 2.4: Σχεδιασμός και Υλοποίηση Ψηφιακών Φίλτρων με MATLAB

Χρησιμοποιώντας όλες τις παρακάτω μεθόδους σχεδιάστε με το MATLAB εργαλείο fdatool:

1. IIR με αναλογικό Butterworth.
2. IIR με αναλογικό Chebyshev II.
3. IIR με αναλογικό Elliptic.
4. FIR με Kaiser window.

Σχεδιάστε ένα ψηφιακό φίλτρο που να έχει την ακόλουθη επιθυμητή απόκριση :

Bandreject: Stopband: $[0.35, 0.70]\pi$, attenuation: 60dB,

Passbands: $[0, 0.33]\pi$, $[0.72, 1]\pi$, ripple: 1dB.

Αναπαραστήστε γραφικά το πλάτος, τη φάση και το group-delay στο $[0, 1]\pi$ και γύρω από το transition band. Συγκρίνετε την τάξη και το μήκος του φίλτρου για όλες τις ανωτέρω μεθόδους σχεδιασμού.

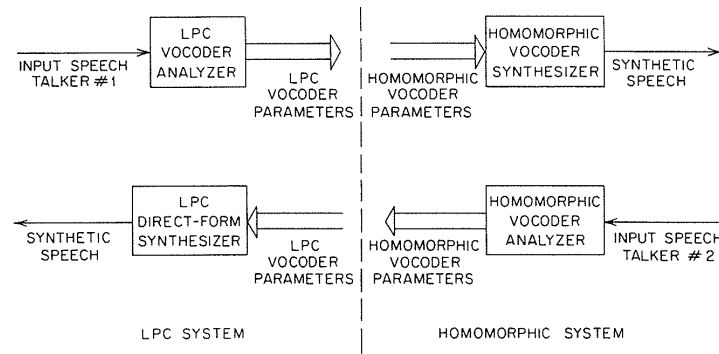
ΠΑΡΑΔΟΤΕΑ: Γραφικές παραστάσεις, σύγκριση των αποτελεσμάτων από τις διάφορες μεθόδους σχεδίασης, κώδικας MATLAB.

Ασκηση 2.5: (Vocoders): Υποθέτουμε πως δύο ομιλητές προσπαθούν να συνομιλήσουν χρησιμοποιώντας διαφορετικά συστήματα κωδικοποίησης/σύνθεσης όπως φαίνεται στο Σχήμα 1. Ο Ομιλητής #1 χρησιμοποιεί έναν LPC κωδικοποιητή (vocoder) όπως αυτός που φαίνεται στο Σχήμα 2 και έναν ευθείας μορφής LPC συνθέτη όπως αυτός του Σχήματος 3. Ο Ομιλητής #2 χρησιμοποιεί ομομορφικό κωδικοποιητή και συνθέτη όπως αυτός στο Σχήμα 4.

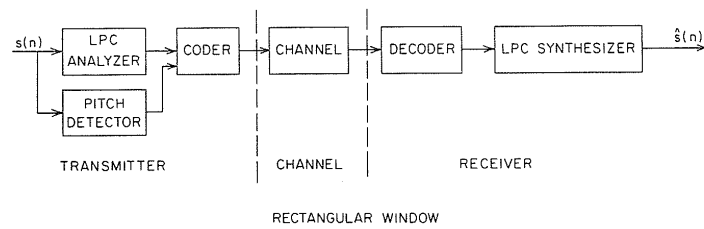
(α) Για να μπορέσει ο Ομιλητής #1 να συνομιλήσει με τον Ομιλητή #2, πρέπει η LPC πληροφορία να μετατραπεί σε Cepstrum έτσι ώστε να γίνει σύνθεση της ομιλίας χρησιμοποιώντας τον ομομορφικό συνθέτη. Προτείνετε μία μέθοδο για την μετατροπή αυτή.

(β) Προτείνετε μία μέθοδο μετατροπής της Cepstrum πληροφορίας σε LPC έτσι ώστε ο Ομιλητής #2 να μπορεί να συνομιλήσει με τον Ομιλητή #1.

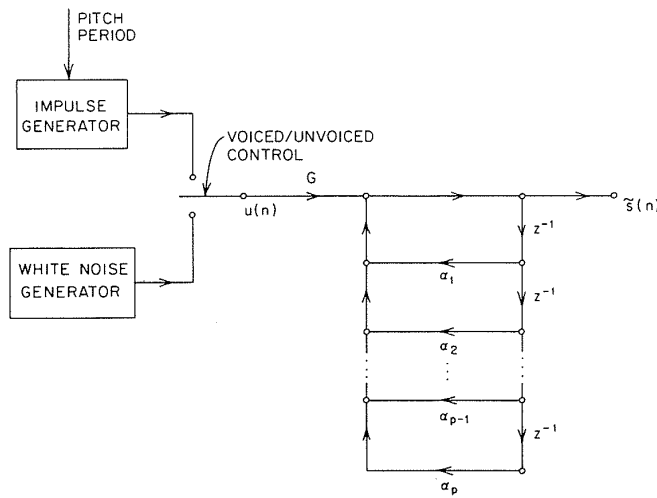
Εξηγήστε επαρκώς.



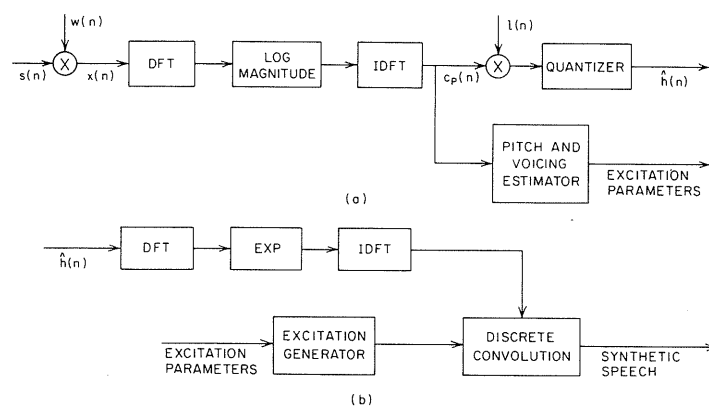
Σχήμα 1: Συστήματα Κωδικοποίησης/Σύθεσης Φωνής για Επικοινωνία Λόγου.



Σχήμα 2: LPC vocoder.



Σχήμα 3: Συνθέτης γραμμικής πρόβλεψης



Σχήμα 4: Ομομορφικός vocoder: (α) ανάλυση, και (β) σύνθεση.