

Laboratori de comunicacions 2

Memòria del projecte (part 1)

David Guillen Fandos

Treball previ

Treball previ 1a part

Per aconseguir un retard de 0.3 segons cal fer ús d'un buffer o retard de:

$$0.3s \cdot \frac{8000 \text{ mostres}}{1 \text{ segon}} = 2400$$

El filtre AR tindrà el coeficient primer i el j-èssim diferents de zero. La condició d'un filtre FIR per a ser estable és que la suma dels mòduls al quadrat dels coeficients sigui menor o igual a 1.

Per a garantir l'estabilitat de tot el filtre recursiu n'hi ha prou amb aquesta condició. En cas contrari el bucle tindria una guany major que 1 en potència cosa que provocaria que la sortida fos una exponencial per a una entrada constant (principi BIBO).

El valor de G el calculem posant a l'entrada una senyal contínua la qual ens provoca una sortida de la senyal escalada G i la senyal retardada escalada els coeficients del filtre. Així tenim que:

$$G^2 + a_0^2 + a_j^2 = 1 \quad G = \sqrt{1 - a_0^2 - a_j^2}$$

Treball previ 2a part

Plantegem les equacions del primer i segon bloc i igualem la sortida a l'entrada (ja que volem recuperar la senyal d'entrada a la nostra sortida).

$$y[n] = x[n] + y[n-D] * h[n] \quad e[n] = y[n] - y[n-D] * h_e[n]$$

Volem que $e[n] = x[n]$ així:

$$x[n] = y[n] - y[n-D] * h[n] \quad y[n] - y[n-D] * h_e[n] = y[n] - y[n-D] * h[n]$$

Així doncs observem que $h = h_e$ si volem que es compleixi la igualtat. El sistema el que fa es simplement restar la senyal retardada.

El cas del filtre de Wiener és el cas particular en que $x[n] = y[n-D]$ i $d[n] = y[n]$. Sota aquestes condicions s'obté que $h_e[n] = h[n]$ és el filtre òptim.

Per a implementar l'algorisme LMS necessitem una μ que ens garanteixi la convergència. La condició que ha de complir és que $0 < \mu < 2/\lambda_{\max}$. Com que calcular λ_{\max} és difícil (computacionalment costós) fem ús de la propietat de la matriu de correlació que diu que la seva traça és la suma dels autovalors. Així doncs una fita superior de λ_{\max} és la traça de R_x , que és la potència de x multiplicada per la dimensió de la matriu. Així $0 < \mu < 2/(L \cdot P_x)$.

Com a estimador de la potència es pot fer servir un vector amb les últimes mostres del senyal i calcular-lo pas a pas o bé un filtre IIR pas baix que implementi la funció recursiva $px[n] = a \cdot px[n-1] + (1-a) \cdot x[n] \cdot x[n]$. Triant un valor de a proper a 1 (un filtre pas baix restrictiu) tenim una estimació de la potència de x que varia lentament amb el temps, mentre que si triem a proper a 0 la potència serà la potència instantània.

Per al càlcul del filtre òptim podem fer servir un filtre inicial qualsevol i anar refinat-lo fent ús del gradient de la funció d'error. Així:

$$\mathbf{h}_{k+1} = \mathbf{h}_k - \mu \cdot \nabla \xi(\mathbf{h}_k)$$

On estimem el gradient fent ús d'un estimador d'una sola mostra:

$$\nabla \xi(\mathbf{h}_k) = -\bar{e}[n] \cdot \mathbf{x}[n]$$

$e[n]$ serà la sortida del filtre (la senyal d'error és la veu sense eco) i $\mathbf{x}[n]$ l'entrada del filtre de Wiener (la $y[n-D]$). A cada pas caldrà recalculer la potència, la μ , el gradient i finalment el nou filtre a utilitzar. Així pas a pas anirem millorant el filtre.

Possibles millores serien fer ús de les mostres anteriors de $e[n]$ per a tenir una bona estimació del gradient i així poder anar més ràpidament cap a la solució òptima.

Memòria entrega 1

Objectius

L'objectiu de la primera pràctica és obtenir un programa que llegeixi l'entrada analògica i posi a la sortida la mateixa senyal més un eco. Aquest objectiu s'ha d'acomplir fent ús d'un filtre que ha de complir criteri d'estabilitat així com tenir un guany en potència de 1 (no ha d'alterar la potència de la senyal d'entrada).

Resolució

La nostra resolució proposa crear un vector de mostres de longitud 2400 (nombre de mostres de retard) i fer-lo servir com un buffer FIFO. Així cada vegada que tenim un nou buffer de dades processem les mostres més velles del vector retard i les posem a la sortida. Després afegim les noves dades de l'entrada al buffer FIFO.

El processament FIR de les dades el fa la funció *fir* de la pràctica 4, que en principi no és la més òptima degut que copia tot el vector de dades d'entrada, cosa que no hauria de ser necessària en aquest cas particular.

Problemes trobats

El primer problema trobat (derivat d'errors als previs) va ser l'estabilitat del filtre. Si el filtre no és estable (posàvem un coeficient de valor 1, al límit) aquest provoca una sortida exponencial que provoca que els valors de les mostres tendeixin a infinit amb el temps (uns pocs segons). Donat que fem ús de coma flotant IEEE-754 i que aquest té un valor reservat per a infinit, així que si en algun moment el filtre (pel fet de ser hiperestable) arriba a un valor molt alt, aquest es torna infinit i qualsevol operació que involucri el valor infinit dona com a resultat infinit (totes no però les que aquí interessen sí). Així doncs el filtre no es recuperarà mai d'aquesta sortida del rang dinàmic i no sentirem res a la sortida. De fet sentíem un eco amb soroll fins que al final el soroll col·lapsava la senyal i es sentia un silenci (tot i que el programa seguia funcionant).

Un altre problema que vam trobar va ser el fet de no inicialitzar els vectors de dades a 0. Degut a que les dades inicials prenen valors aleatoris, la sortida era imprevisible i, tot i semblar que això hauria de provocar un transitori inicial, de fet no funcionava. L'explicació és senzilla: si les dades que hi havia en aquella zona de memòria eren valors com infinit o NaN (not a number, codificació especial del IEEE-754) aleshores les operacions tenien sempre resultats no vàlids. Cal dir que és molt probable que això fos així degut a que molts processadors (especialment en mode debug) omplen la memòria de NaN (tots els bits a 1) per a poder trobar errors en el cas de llegir dades no inicialitzades.

Resultats

Esperàvem obtenir una senyal amb un eco i això ho hem aconseguit. També volíem poder variar la forma d'aquest eco i això s'aconsegueix variant els coeficients del filtre fir. Tot i que esperàvem ecos més diferents pràcticament no hi ha variació entre uns coeficients del filtre i uns altres.

Podem concloure que donat que s'ha aconseguit tots els objectius hem arribat als resultats que esperàvem obtenir.