

Mètode

Marc Franco Meca

17 Abril 2020

1 Explicació del mètode

Coneixent el procés de la deconvolució podem prosseguir amb la implementació d'un mètode que dugui a terme aquest procediment.

El primer pas consisteix en crear el nostre senyal d'excitació a partir del qual dissenyarem el filtre invers per a obtenir la resposta impulsional. Com bé s'ha dit anteriorment utilitzarem l'escombrat logarítmic tant per les seves característiques com per la facilitat que ens proporciona per idear el filtre invers. Per tal de realitzar unes mesures acústiques en tot el rang audible, el senyal d'excitació ha de cobrir tot l'espectre audible que va des de 20Hz fins a 20kHz. Per assegurar-nos que no interfereixin possibles problemes de transitoris a l'inici i al final del senyal, la freqüència inicial escollida és $f_{inf} = 10Hz$ i la freqüència final $f_{sup} = 22000Hz$.

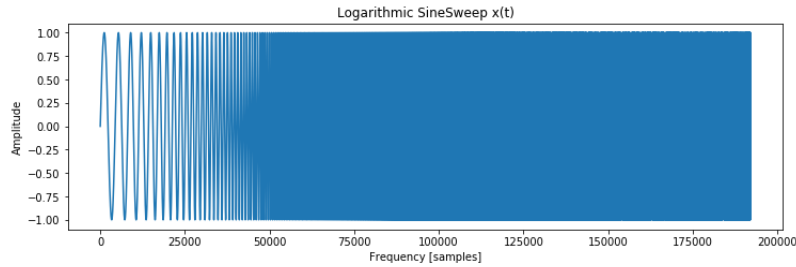


Figure 1: Gràfic del senyal d'excitació en domini temporal

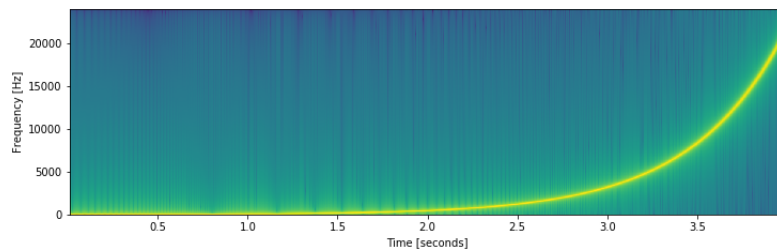


Figure 2: Espectrograma del senyal d'excitació

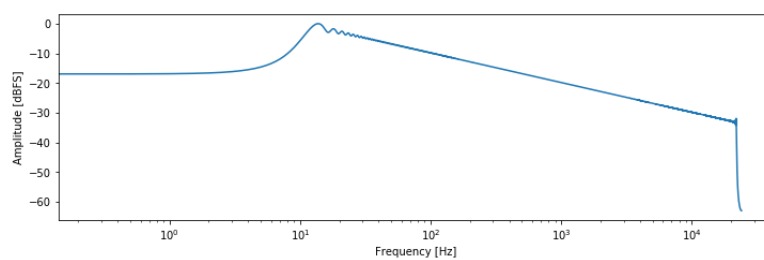


Figure 3: Espectre freqüencial del senyal d'excitació expressat en dBFS

Un cop hem creat el nostre senyal d'excitació continuem amb la implementació del filtre invers. Anteriorment hem determinat que el fet d'usar aquest senyal d'excitació ens simplifica la creació del filtre invers, essent aquest un escombrat freqüencial revertit temporalment amb una certa modulació d'amplitud. Aleshores, utilitzant els mateixos paràmetres de freqüència inferior i superior, així com la mateixa durada obtenim el filtre invers.

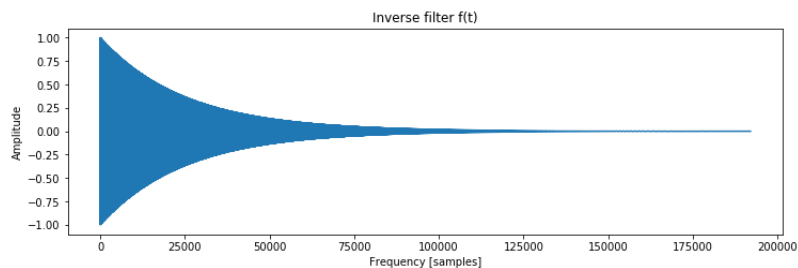


Figure 4: Gràfic del filtre invers en domini temporal

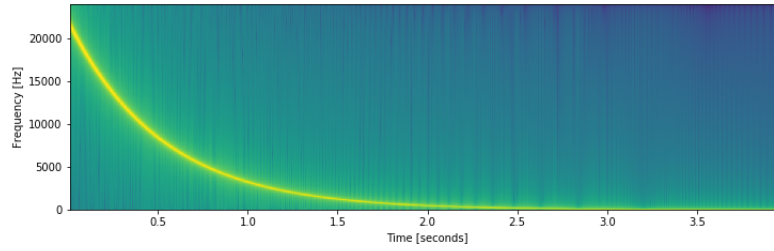


Figure 5: Espectrograma del filtre invers

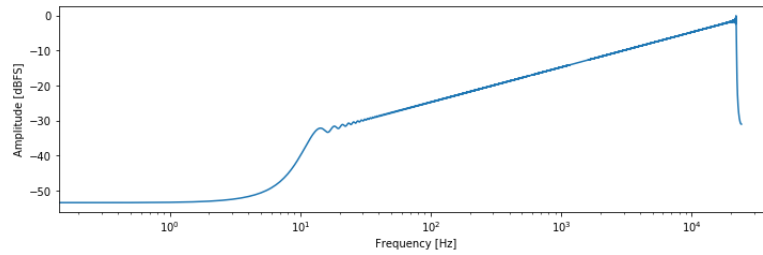


Figure 6: Espectre freqüencial del filtre invers expressat en dBFS

Recordem que un dels requeriments inicials del filtre invers és la capacitat de convertir el senyal d'excitació inicial en la funció delta de Dirac retardada. Aleshores, per a determinar si la creació del filtre invers és correcte, si aquest es convoluciona amb el senyal d'excitació obtindrem la funció delta degut a que és l'element d'identitat de la convolució.

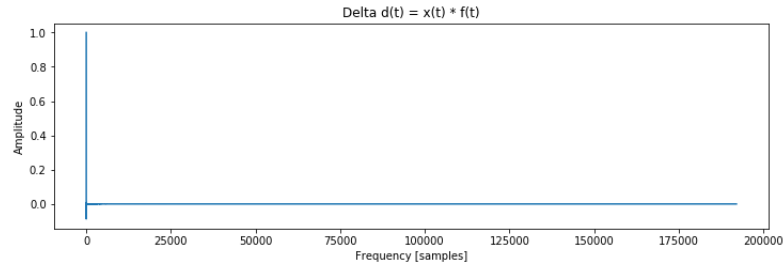


Figure 7: Gràfic del resultat de la convolució entre el senyal d'excitació i el filtre invers en domini temporal

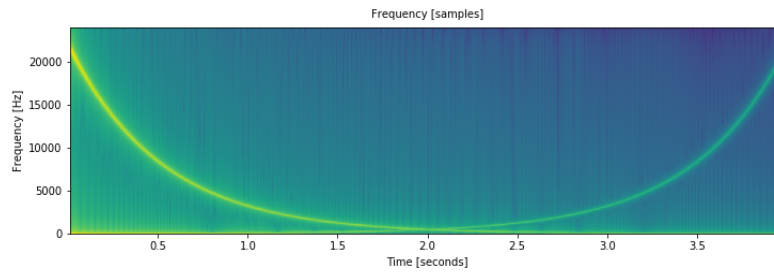


Figure 8: Espectrograma del resultat de la convolució entre el senyal d'excitació i el filtre invers

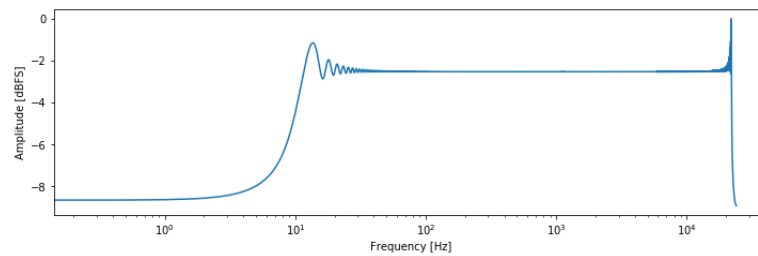


Figure 9: Espectre freqüencial del resultat de la convolució entre el senyal d'excitació i el filtre invers expressat en dBFS

Si ens fixem amb els espectres de cada un d'aquests senyals es pot observar com la convolució entre el senyal d'excitació i el filtre invers creat a partir d'aquest senyal presenten un espectre pla. Això es dona gràcies a la correcció d'amplitud de 6dB/oct al senyal invertit que es compensa amb la caiguda d'energia de l'escombrat logarítmic.

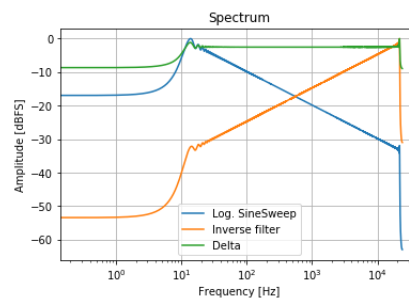


Figure 10: Espectre freqüencial del senyal d'excitació, el filtre invers i el resultat de la convolució entre ells expressat en dBFS

Un cop hem comprovat que el nostre filtre invers té les característiques requerides, el següent pas del procés consisteix en convolucionar el sweep logarítmic amb una resposta impulsional la qual coneixem. D'aquesta manera es simula el senyal obtingut per un micròfon després de l'excitació que proporciona la sala o el recinte acústic.

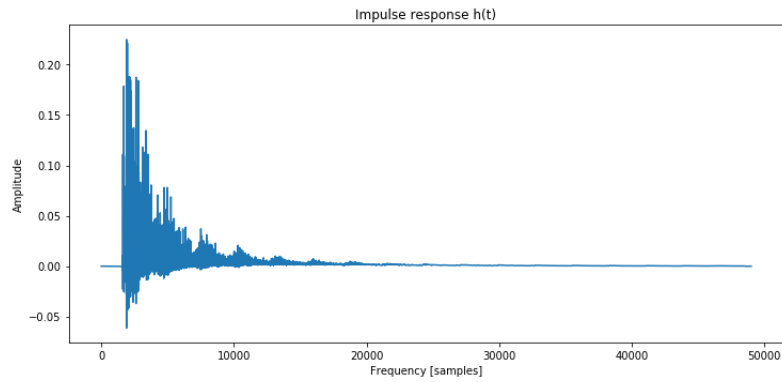


Figure 11: Gràfic de la resposta a l'impuls en domini temporal

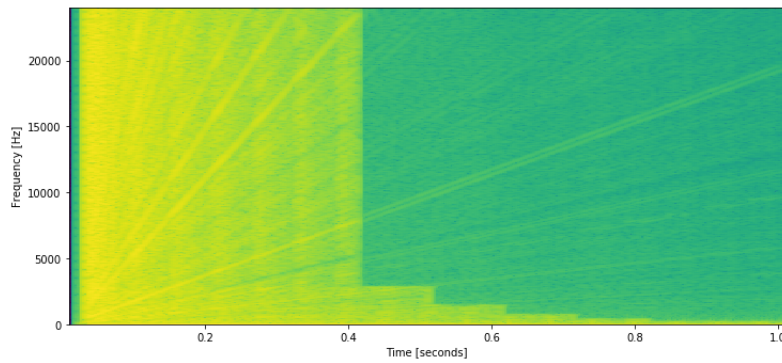


Figure 12: Espectograma de la resposta a l'impuls

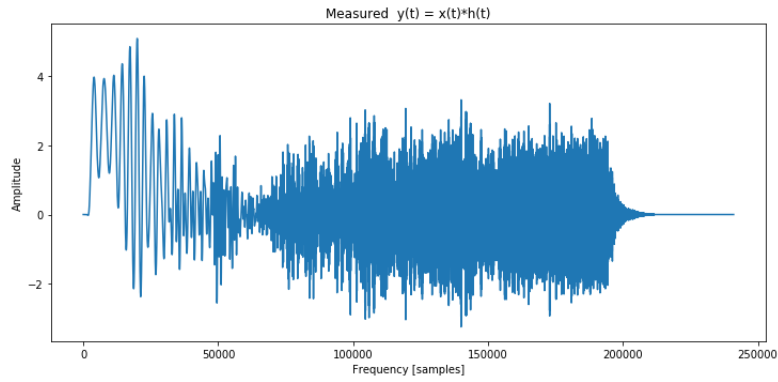


Figure 13: Gràfic del resultat de la convolució entre el senyal d'excitació i la resposta a l'impuls en domini temporal

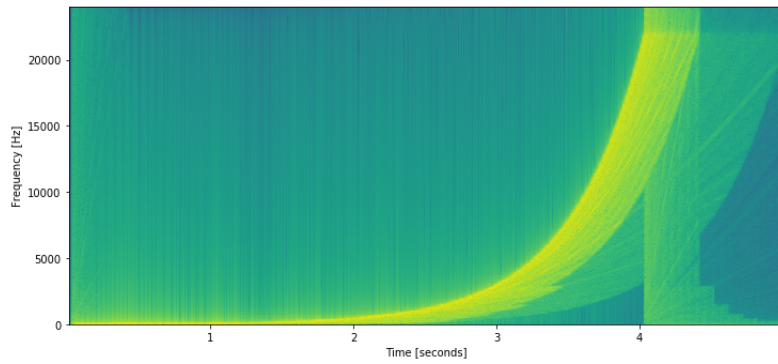


Figure 14: Espectrograma del resultat de la convolució entre el senyal d'excitació i la resposta a l'impuls

El darrer pas consisteix en l'obtenció d'una estimació de la resposta impulsional. Aquesta estimació s'obté mitjançant la convolució de la simulació del senyal mesurat amb el filtre invers dissenyat inicialment.

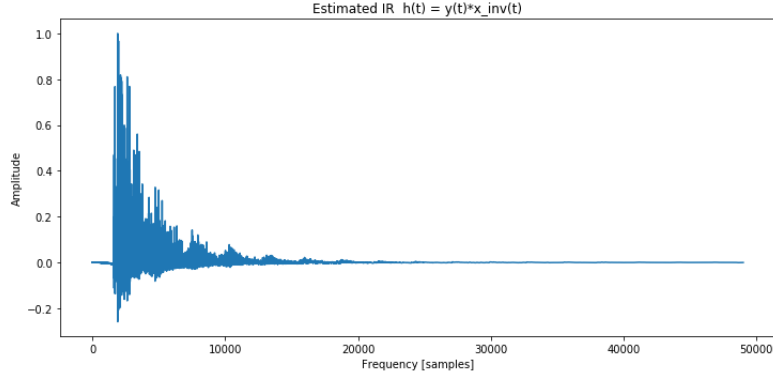


Figure 15: Gràfic de l'estimació de la resposta a l'impuls utilitzant el mètode en domini temporal

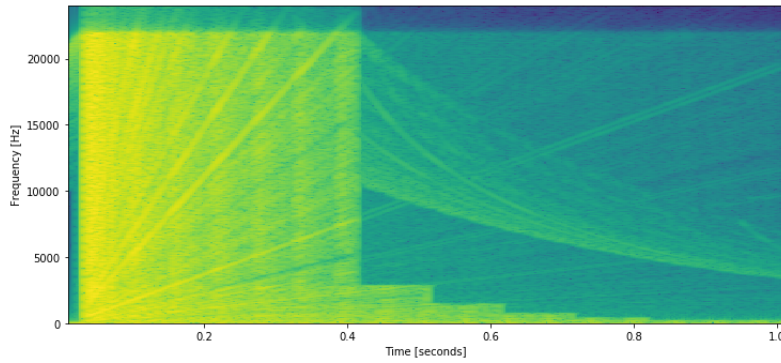


Figure 16: Espectrograma de l'estimació de la resposta a l'impuls utilitzant el mètode

2 Validació del mètode

El fet que coneguem la resposta impulsional ens permet fer una comparació amb l'estimació de la resposta impulsional obtinguda després de tot el procés. Per a quantificar la similitud entre les respostes a l'impuls s'ha utilitzat l'error quadràtic mig (EQM), conegut com Mean Squared Error (MSE) en anglès. Aquest quantificador mesura la mitjana dels errors al quadrat d'un estimador, és a dir, la diferència entre l'estimador i el que s'estima. Donat un vector d' n prediccions, i essent Y el vector de valors d'observació i \hat{Y} el vector dels valors predits, es pot determinar la mesura del MSE com,

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (1)$$

Per a interpretar el valor obtingut d'aquesta mesura cal saber que un valor de zero és l'ideal i es correspon amb una exactitud perfecta entre els valors predits i els de l'estimador.

En la simulació realitzada anteriorment el valor obtingut al fer el càlcul del MSE entre la resposta impulsional i la seva estimació ha estat de $4.75 \cdot 10^{-4}$, el qual és un valor que ens afirma que la implementació del mètode és correcte.

Tot i així, per a validar el mètode es pot emprar una base de dades amb gravacions d'escombrats logarítmics a partir de les quals es pot aplicar el procés de deconvolució per obtenir la resposta impulsional. Per a fer la validació del mètode, Angelo Farina [1] proporciona una gravació tant del sweep com del filtre invers, així com de la convolució entre ells dos. Aplicant el mètode i mitjançant el MSE podem determinar si el mètode funciona correctament.

Primerament s'observa com el sweep logarítmic proporcionat difereix tant en les freqüències inferior i superior, així com la durada. En aquest cas la freqüència inferior es correspon amb un valor de 20Hz, la freqüència superior a 1kHz i tenen una durada d'un segon.

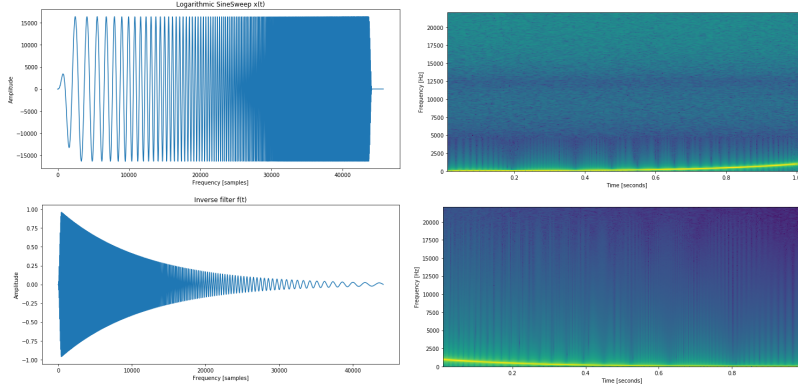


Figure 17: Gràfics corresponents a l'escombrat logarítmic i el filtre invers proporcionats per la base de dades de Farina en domini temporal i espectral

Com hem dit anteriorment, en aquesta base de dades es facilita la convolució entre el senyal d'excitació i el filtre invers, el qual ens ha de mostrar una funció delta de Dirac. Aleshores, amb el mètode es pot realitzar aquesta operació i mitjançant el MSE podem determinar la similitud entre la convolució proporcionada per Farina i l'obtinguda amb el mètode. La mesura de similitud ens mostra un valor $7.78 \cdot 10^{-13}$ amb el qual podem determinar que els primers passos del mètode funcionen correctament.

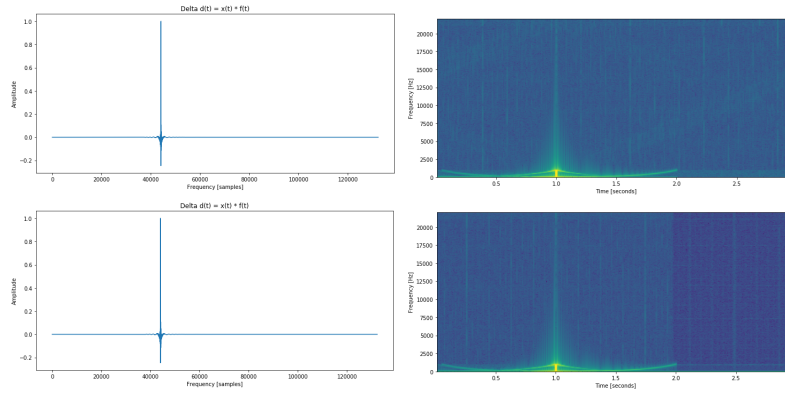


Figure 18: Gràfic en domini temporal i espectrograma corresponent al resultat de la convolució l'escombrat logarítmic i el filtre invers proporcionats per la base de dades de Farina i la convolució ja proporcionada per la base de dades

Per a continuar amb la validació del mètode cal convolucionar el senyal d'excitació subministrat per la base de dades i convolucionar-lo amb una resposta impulsional coneguda.

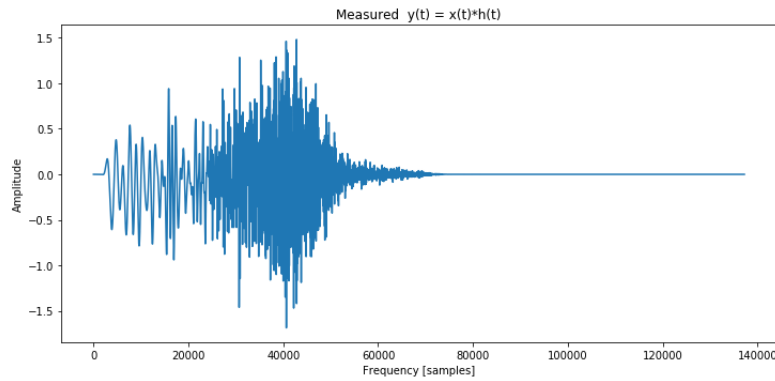


Figure 19: Gràfic del resultat de la convolució entre la resposta impulsional i el senyal d'excitació en domini temporal

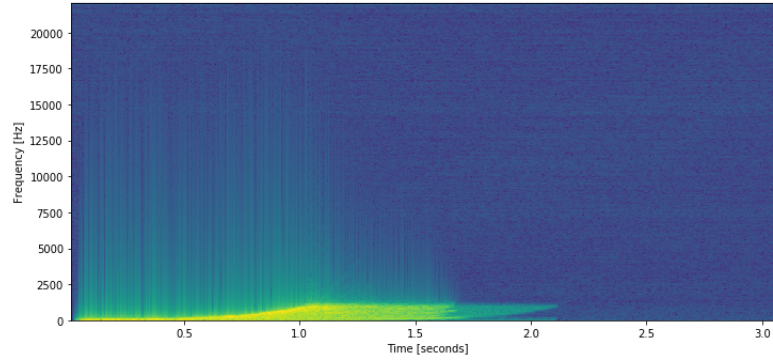


Figure 20: Espectograma del resultat de la convolució entre la resposta impulsional i el senyal d'excitació

Un cop obtingut aquest senyal cal fer l'operació de convolució amb el filtre invers, també proporcionat per Farina, i d'aquesta manera obtenir una estimació de la resposta impulsional. Aplicant de nou la mesura del MSE entre la resposta impulsional coneguda i l'estimada mitjançant el mètode amb les gravacions proporcionades per la base de dades de Farina. En aquest cas el valor obtingut és de $8.85 \cdot 10^{-3}$, per tant, s'ha validat el mètode i es pot afirmar que el mètode implementat funciona correctament.

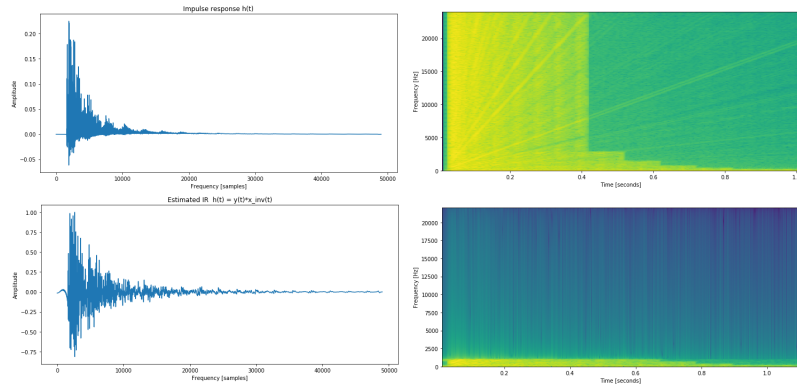


Figure 21: Gràfic en domini temporal i espectograma corresponent a la resposta a l'impuls i la seva estimació utilitzant el mètode

References

- [1] Angelo Farina. Public directory, 2010.