



KHẮC PHỤC TIẾNG HÚ TRONG HỆ THỐNG TĂNG ÂM SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP DỊCH CHUYỂN TẦN SỐ

Phạm Sơn Hà¹ và Trần Thanh Hùng²

¹ Học viên lớp Cao học Kỹ thuật điện tử 2011A, Khoa Điện - Điện tử, ĐHSKPT TPHCM

² Khoa Công nghệ, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 26/03/2013

Ngày chấp nhận: 19/08/2013

Title:

Howling suppression for the sound amplification systems using frequency shifting method

Từ khóa:

Hệ thống tăng âm, tiếng hú, hiệu ứng Larsen, dịch chuyển tần số

Keywords:

Sound amplification system, howlings, Larsen effect, frequency shifting

ABSTRACT

Today, the sound amplification systems play an important and useful role in human life. It is widely used in many places such as conference rooms, lecture halls, musical theaters and recording studios as well as in telecommunication and mobile devices. However, there is a drawback of using these systems. That is the existence of howling which can be known as the Larsen effect appearing in the system, when there is audio feedback back to the microphone. This phenomenon could reduce the sound quality and cause unpleasant to the listener.

This paper presents the nature of the Larsen effect and the method to prevent the Larsen effect using frequency shifting with the aid of Matlab software.

TÓM TẮT

Hệ thống tăng âm ngày nay đóng vai trò rất quan trọng và hữu ích trong cuộc sống của con người, nó được sử dụng rất rộng rãi trong các phòng họp, giảng đường, các sân khấu âm nhạc, các phòng thu âm, cho đến các thiết bị viễn thông và di động. Tuy nhiên các hệ thống tăng âm vẫn còn tồn tại nhược điểm đó là vẫn thường xuyên xuất hiện tiếng hú trong hệ thống khi có sự phản hồi âm thanh trở lại micro. Hiện tượng này còn được gọi là hiệu ứng Larsen, làm giảm chất lượng âm thanh và gây khó chịu cho người nghe.

Bài báo này trình bày bản chất của hiệu ứng Larsen và cách ngăn chặn hiệu ứng Larsen dựa vào phương pháp dịch chuyển tần số với sự hỗ trợ của phần mềm Matlab.

1 GIỚI THIỆU

1.1 Hiệu ứng Larsen

Hiệu ứng Larsen, còn được gọi là hiện tượng phản hồi âm học, được một nhà khoa học người Đan Mạch tên là Soren Larsen (1871-1957) phát hiện ra vào giữa những năm 1920 (Wikipedia, 2013).

Hiện tượng này xảy ra khi xuất hiện vòng lặp cộng hưởng, micro thu được âm thanh do chính nó phát ra sau đó khuếch đại thêm rồi phát ra loa

và rồi tiếp tục thu lại, khuếch đại thêm nhiều lần nữa, âm thanh mỗi lúc một lớn lên cho đến khi đạt cực đại và phát ra tiếng hú (M. R. Schroeder, 1964).

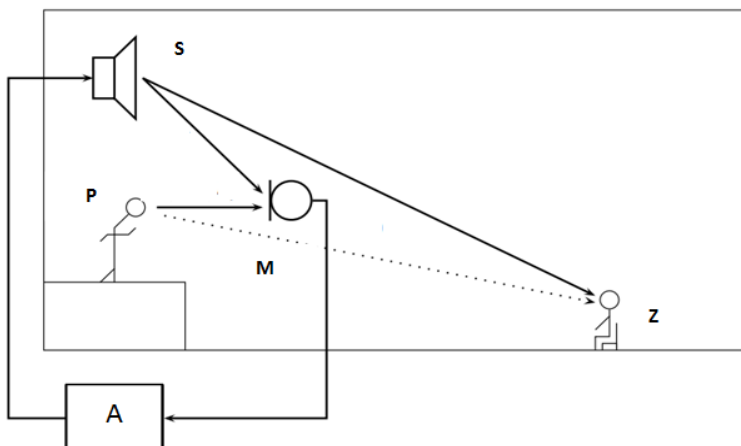
Hiệu ứng này được minh họa trên Hình 1. Âm thanh từ người nói (P) phát ra được micro (M) thu lại, đưa đến bộ khuếch đại công suất (A) khuếch đại lên và truyền đến loa (S) để phát ra. Âm thanh từ loa (S) phát ra sẽ truyền đến người nghe (Z), đồng thời một phần âm cũng truyền đến micro và được micro thu lại. Nếu âm thu lại giống âm của

người nói phát ra sẽ xảy ra hiện tượng cộng hưởng và dẫn đến phát sinh tiếng hú.

Hiệu ứng Larsen chịu ảnh hưởng chủ yếu do hệ số khuếch đại của hệ thống tăng âm và vị trí

tương quan giữa micro và loa. Ngoài ra khi âm thanh phát ra môi trường sẽ bị phản xạ trở lại micro theo các cách khác nhau, sự phản xạ này cũng góp phần tác động lên hiệu ứng Larsen.

Hình 1: Sơ đồ minh họa hệ thống âm thanh có hiện tượng phản hồi âm



1.2 Phương pháp khắc phục tiếng hú

Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để khắc phục tiếng hú trong hệ thống tăng âm. Trong lĩnh vực âm học, người ta nghiên cứu về sóng âm, hiện tượng phản xạ âm học, tính chất hút âm của vật kiến trúc để thiết kế hình dạng, kích thước và kiến trúc của phòng âm để tránh hiện tượng phản hồi âm của hệ thống. Hiện nay phương pháp này vẫn đang còn áp dụng rộng rãi các phòng karaoke, phòng hòa nhạc, hoặc các phòng thu hay hội trường nơi diễn ra các sự kiện âm nhạc. Tuy vậy, nhiều lúc vẫn có hiện tượng phát ra tiếng hú làm ảnh hưởng đến người hát và các khán giả.

Về lĩnh vực điện tử, người ta có thể sử dụng các bộ lọc equalizer, các bộ mixer, làm trễ hoặc giảm tín hiệu vào micro và các thiết bị chặn tần số âm thanh (Gil-Cacho, T.van Waterschoot, M.Moonen, and S. H. Jensen, 2009). Phương pháp này đạt được kết quả tốt do can thiệp trực tiếp vào hệ thống âm thanh trước khi vào hệ thống tăng âm. Tuy nhiên, cho đến nay các phương pháp này vẫn chưa thật sự phổ biến do giá thành của thiết bị còn cao và do chi phí đầu tư thiết kế các phòng âm chuyên nghiệp còn quá lớn.

Một phương pháp khác là kiểm soát pha của tất cả các thành phần tần số của sóng âm từ micro sao cho tất cả các thành phần tần số của sóng âm phản hồi tới micro sẽ có pha khác đi so với tín hiệu ban đầu, do đó tránh được hiện tượng phản hồi dương để tạo nên tiếng hú (M. R. Schroeder, 1964). Tuy nhiên nếu thay đổi pha nhiều quá sẽ

làm méo tín hiệu, mà thay đổi ít thì không triệt tiêu được tiếng hú.

Thay vì thay đổi pha, có thể dịch chuyển tần số tín hiệu. Bằng cách làm cho tần số của sóng âm phản hồi lại khác với tần số âm thanh gốc, sự cộng hưởng âm bị triệt tiêu và tiếng hú được loại trừ (Toon van Waterschoot and Marc Moonen, 2011), (Peter Svensson, 1999). Dựa vào đặc điểm của tai người là khả năng phân biệt sự thay đổi cao độ âm thanh có giới hạn nên giải pháp này sẽ dịch chuyển tất cả các thành phần tần số phát ra lên hoặc xuống một trị số Δf đủ nhỏ để tai người không nhận ra được sự thay đổi đó (Jan Scheuing and Bin Yang, 2006), (M. R. Schroeder, 1964), (Edgar Berdahl and Dan Harris, 2010).

Đáp ứng tần số của bộ dịch chuyển tần số

$$H(\omega, t) = e^{j\omega_m t} . \tag{1}$$

Giả sử tín hiệu từ micro là $m(t)$ và được lấy mẫu với tần số f_s . Sau đó tín hiệu các mẫu tín hiệu $m(n)$ sẽ được chia thành từng khối $m_b(n)$ với chiều dài L . Do đó:

$$m(n) = \sum_b m_b(n - bL) . \tag{2}$$

Biến đổi Fourier rời rạc tín hiệu chuyển tín hiệu sang miền tần số:

$$M_b(k) = \sum_{n=0}^{N-1} m_b(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk} . \tag{3}$$

Ta sẽ nhận được một khối mẫu sau:

$$\left[\frac{\omega_s}{N}, \dots, \frac{(N/2-1)\omega_s}{N}, -f_s, -\frac{(N/2-1)\omega_s}{N}, \dots, -\frac{\omega_s}{N} \right],$$

với $\omega_s = 2\pi f_s$.

Nếu $N \geq L$ thì ta phải chèn thêm “mẫu 0” (tần số bằng 0) vào ta có:

$$\left[0, \frac{\omega_s}{N}, \dots, \frac{(N/2-1)\omega_s}{N}, -f_s, -\frac{(N/2-1)\omega_s}{N}, \dots, -\frac{\omega_s}{N} \right].$$

Nếu ta dịch tất cả các thành phần tần số một giá trị $\Delta\omega = \frac{\omega_s}{N}$ thì ta sẽ nhận được

$$Q_b(k) = \left[0, M_b(0), \dots, M_b\left(\frac{N}{2}-2\right), M_b\left(\frac{N}{2}+1\right), \dots, M_b(N-1), 0 \right].$$

Khoảng dịch chuyển ứng với N mẫu là $\Delta f = \frac{f_s}{N}$. Ví dụ với $N = 4096$ mẫu,

$$\Delta f = \frac{f_s}{N} = \frac{44100}{4096} = 10,7 \text{ Hz.}$$

Điều này cho thấy rằng nếu chọn số mẫu quá nhỏ thì khoảng dịch tần số sẽ rất lớn.

Sau đó có thể dùng biến đổi Fourier ngược để chuyển tín hiệu từ miền tần số trở lại miền thời gian.

Hạn chế của phương pháp này vẫn đề thời gian trễ. Nếu số mẫu càng lớn thì làm tăng thời gian trễ của hệ thống. Thời gian trễ ứng với số lượng mẫu N như sau: $\tau = N / f_s$. Ví dụ mỗi khối có 4096

mẫu, tần số lấy mẫu $f_s=44.100\text{Hz}$ thì $\tau = N / f_s = 4096 / 44100 = 0,092s = 92ms$.

Do đó tùy thuộc vào từng hệ thống cụ thể và tín hiệu là giọng nói hay âm nhạc mà nên chọn số mẫu cho phù hợp.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Khảo sát đặc tính của hiệu ứng Larsen

Một chương trình thu thập dữ liệu tự động được xây dựng trên nền Matlab\Simulink được dùng để khảo sát đặc tính của hiệu ứng Larsen (Hình 2). Tín hiệu tương tự từ micro đưa vào sẽ được biến đổi thành tín hiệu số, được lấy mẫu với tần số 8.000Hz và được lưu vào bộ đệm, sau đó được xuất ra hệ thống tăng âm và loa.

Cách thực hiện: Cho hệ thống thu âm hoạt động sau đó đưa micro từ xa đến gần loa cho đến khi phát sinh tiếng hú.

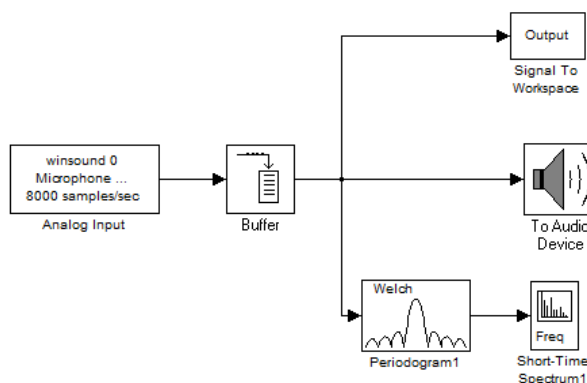
Thời gian thu âm 20 s, âm thanh đưa vào trực tiếp từ micro là một đoạn âm ngắn khoảng 5 s.

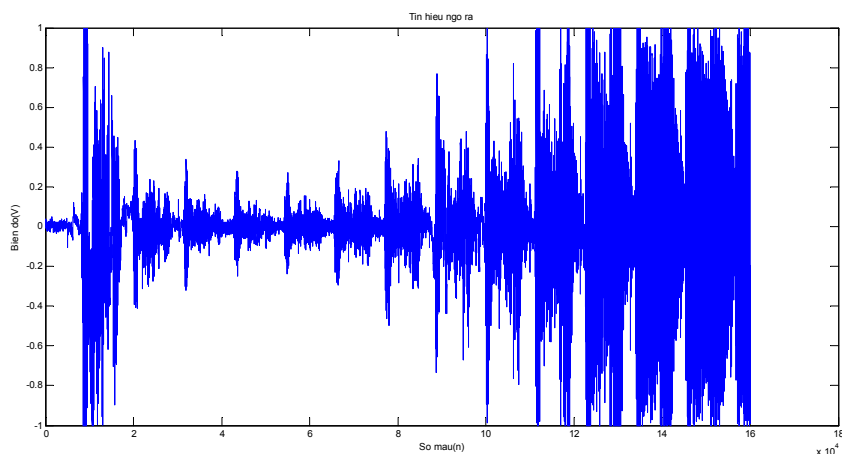
Tiếp tục thực hiện các thực nghiệm tương tự nhưng đối với các môi trường và hệ thống âm thanh có công suất khác nhau như các hệ thống âm thanh trong các phòng học đến các hội trường với diện tích từ 200 đến hơn 2000 m²,... ta rút ra được đặc tính của hiệu ứng Larsen như sau:

Hiệu ứng Larsen làm hệ thống phát sinh tiếng hú. Tiếng hú ban đầu xuất hiện với âm lượng nhỏ sau đó lớn dần và đạt giá trị cực đại (Hình 3).

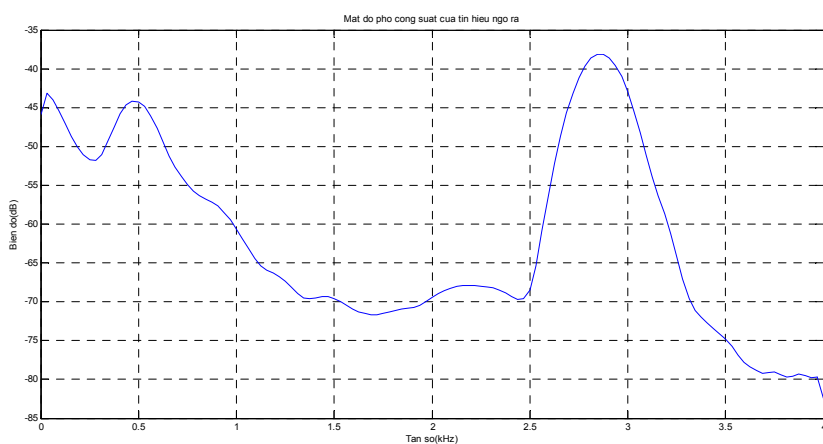
Thời điểm phát sinh tiếng hú đối với các hệ thống là khác nhau, tùy thuộc vào âm phản hồi là lớn hay nhỏ.

Hình 2: Sơ đồ mô phỏng thu thập dữ liệu liên tục





Hình 3: Tín hiệu được biểu diễn theo thời gian



Hình 4: Mật độ phổ công suất của tín hiệu trên miền tần số

Tiếng hú trong hệ thống tăng âm được đặc trưng bởi tần số Larsen, nơi có biên độ lớn nhất trên phổ tần số (Hình 4). Tần số Larsen phụ thuộc vào từng hệ thống tăng âm và các môi trường khác nhau.

Đối với các hệ thống tăng âm có công suất nhỏ thì thường chỉ có một tần số Larsen nhưng đối với các hệ thống công suất lớn và môi trường phức tạp thì có thể có nhiều tần số Larsen.

2.2 Thực hiện ngăn chặn hiệu ứng Larsen

Chương trình ngăn chặn hiệu ứng Larsen theo phương pháp dịch chuyển tần số được xây dựng trên Matlab/Simulink như trong Hình 5. Tín hiệu tương tự từ micro đưa vào sẽ được biến đổi thành tín hiệu số, được lấy mẫu với tần số 8000 Hz, sau đó tín hiệu được chuyển sang miền tần số và được

dịch đi một giá trị Δf , cuối cùng được chuyển ngược trở lại miền thời gian và xuất ra hệ thống tăng âm và loa.

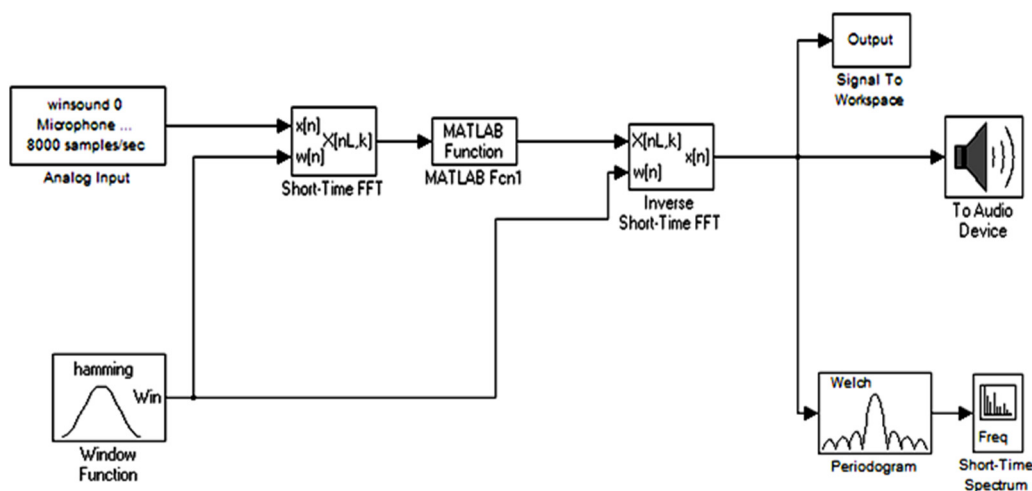
Khoảng dịch chuyển ứng với $N=512$ mẫu

$\Delta f = \frac{f_s}{N}$. Tần số lấy mẫu $f_s=8000\text{Hz}$. Vậy

$$\Delta f = \frac{f_s}{N} = \frac{8000}{512} = 15,625 \text{ Hz}$$

Tuy nhiên tín hiệu thu âm là tiếng nói nên khoảng tần số dịch chuyển và bị trễ do quá trình xử lý là khó nhận ra và có thể chấp nhận được.

Do có hiện tượng rò rỉ âm phổ khi tiến hành biến đổi DFT tín hiệu và IDFT khôi phục tín hiệu nên cửa sổ Hamming được sử dụng để hạn chế việc này.



Hình 5: Sơ đồ mô phỏng sử dụng phương pháp dịch chuyển tần số

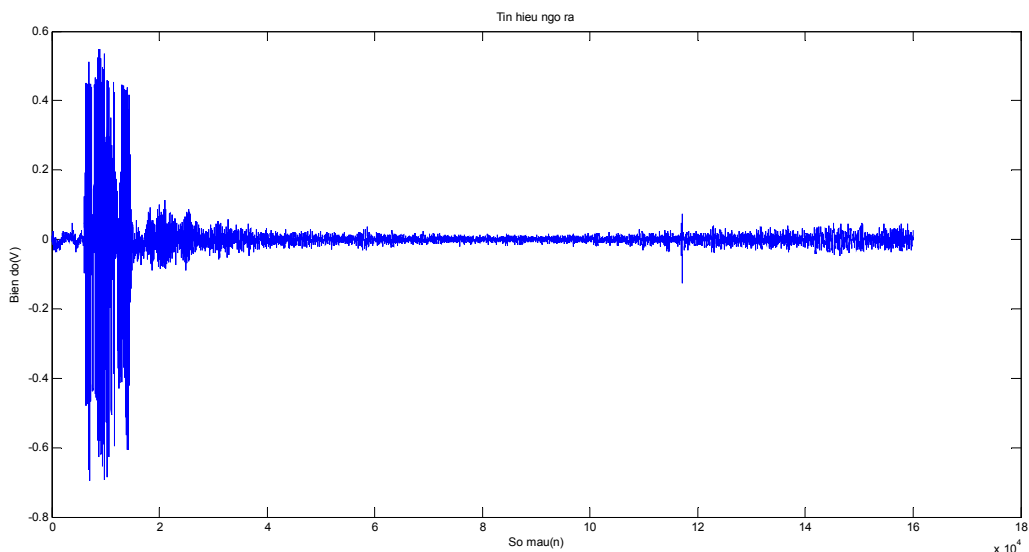
3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Rất nhiều thực nghiệm đã được thực hiện bằng chương trình ngăn chặn hiệu ứng Larsen, trong nhiều điều kiện khác nhau. Kết quả đều có chung một đặc điểm là tín hiệu phản hồi âm rất nhỏ và nhanh chóng biến mất, thể hiện rõ trên tín hiệu âm thanh theo thời gian (Hình 6) và trên cả phổ tín hiệu (Hình 7). Tiếng hú hoàn toàn không phát sinh, thậm chí khi giảm khoảng cách giữa micro và loa. Biên độ của một số tần số bị giảm nhưng không đáng kể và không làm giảm chất lượng của tín hiệu.

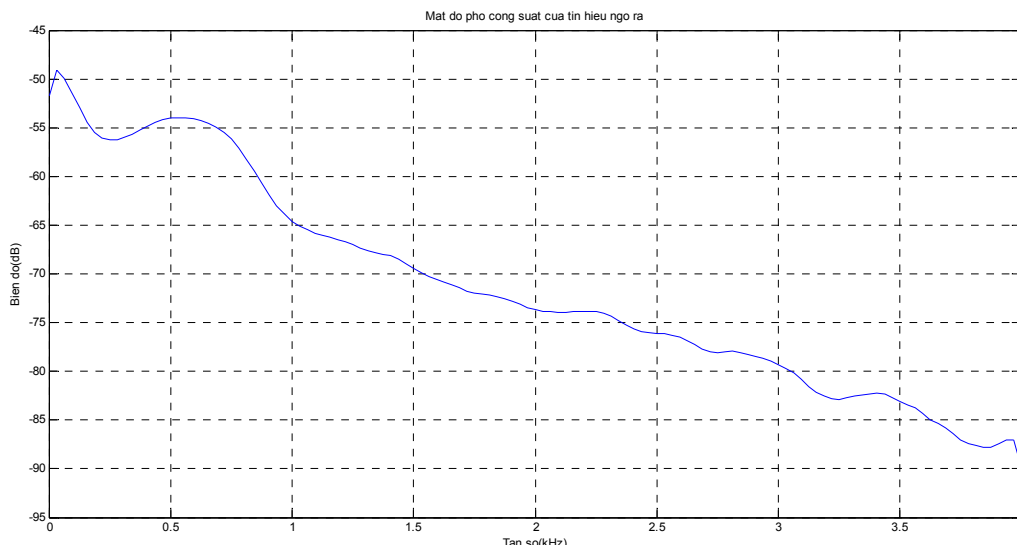
Phương pháp dịch chuyển tần số làm cho tần

số tín hiệu bị lệch đi một giá trị Δf nên tín hiệu phản hồi sẽ có tần số khác đi và tránh được hiện tượng cộng hưởng dương, do đó ngăn chặn được tiếng hú phát sinh trong hệ thống. Tín hiệu sau mỗi vòng phản hồi sẽ giảm đi một lượng Δf nên sau vài vòng phản hồi sẽ giảm xuống dưới mức nghe thấy.

Nếu chọn Δf càng lớn thì càng có hiệu quả tuy nhiên sẽ làm giảm chất lượng của tín hiệu, do đó khi áp dụng phương pháp này thì tùy theo tín hiệu là giọng nói hay âm nhạc mà ta chọn giá trị Δf phù hợp.



Hình 6: Tín hiệu ngõ ra theo thời gian dùng phương pháp dịch chuyển tần số



Hình 7: Mật độ phổ công suất của tín hiệu dùng phương pháp dịch chuyển tần số

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Bài báo đã trình bày được bản chất của hiệu ứng Larsen làm phát sinh tiếng hú không mong muốn trong các hệ thống tăng âm và cách thức ngăn chặn điều này sử dụng phương pháp dịch chuyển tần số.

Phương pháp ngăn chặn hiệu ứng Larsen với giải pháp phần mềm Matlab đã được cài đặt trên máy tính. Kết quả thực nghiệm cho thấy phương pháp này có thể ngăn chặn hiệu quả tiếng hú. Tuy nhiên, giải pháp này cũng chỉ áp dụng cho hệ thống tăng âm đơn kênh. Để có thể ứng dụng rộng rãi hơn trong thực tế có thể thực hiện phương pháp này bằng cách cài đặt chương trình trên các vi điều khiển và các kit DSP và có thể mở rộng cho các hệ thống tăng âm đa kênh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Wikipedia, 2013. Audio feedback. http://en.wikipedia.org/wiki/Audio_feedback, truy cập ngày 15/1/2013.
2. Gil-Cacho, T.van Waterschoot, M.Moonen, and S. H. Jensen, 2009. Regularized adaptive notch filters for acoustic howling suppression. *Proceedings of the 17th European Signal Processing Conference (EUSIPCO '09)*, Glasgow, Scotland, UK, pp.2574–2578.
3. M. R. Schroeder, 1964. Improvement of acoustic-feedback stability by frequency shifting. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 36, no. 9, pp. 1718-1724.
4. Toon van Waterschoot and Marc Moonen, 2011. Fifty years of Acoustis Feedback Control: State of the Art and Future Challenges. *Proceedings of the IEEE*, vol. 99, no. 2, pp. 288 – 327.
5. Peter Svensson, 1999. Performance of some linear time-varying systems in control of acoustic feedback. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 106, Issue 1, pp. 240-254.
6. Jan Scheuing and Bin Yang, 2006. Frequency shifting for acoustic feedback reduction. *European DSP Education and Research Symposium (EDERS)*, Munchen.
7. M. R. Schroeder, 1964. Improvement of acoustic-feedback stability by frequency shifting. *Journal of the Acoustical Society of America*, vol. 36, no. 9 pp. 1718-1724.
8. Edgar Berdahl and Dan Harris, 2010. Frequency shifting for acoustic howling suppression. *Proceeding of the 13th International Conference on Digital Audio Effects (DAFx-10)*, September 6-10, 2010, Graz, Austria.