

VỀ MỘT PHƯƠNG PHÁP ĐÁNH GIÁ THÍCH NGHI TÍN HIỆU SINUSOID

NGUYỄN NGỌC KHAI¹, ĐỒNG SĨ THIÊN CHÂU²
NGUYỄN VĂN MAI¹, TRẦN THỊ HOÀNG OANH³

¹ Đại học Bách khoa Tp. Hồ Chí Minh

² Đại học Tôn Đức Thắng

³ Trường Cao đẳng Công nghiệp 4

Abstract. In this paper, a robust adaptive algorithm, a modified form of those found in [1,2] is proposed to estimate the discrete Fourier coefficients of sinusoidal signals in additive noise. The new algorithm adapts not only with corrupting Gaussian noise but also with non-Gaussian noise.

Tóm tắt. Bài báo đề xuất một thuật toán thích nghi mới (dạng cải biên các kết quả đã có trong [1]) nhằm đánh giá các hệ số Fourier của các tín hiệu Sinusoid trong môi trường nhiễu. Thuật toán thích nghi này mang tính bền vững vì không những thích ứng với nhiễu Gauss phân bố như trong [1, 2] mà còn cả với các nhiễu có hàm phân bố đối xứng.

1. MỞ ĐẦU

Đánh giá và dò tìm các hệ số rời rạc Fourier của các tín hiệu sinusoid trong môi trường có nhiễu tìm được khá nhiều ứng dụng thuộc lĩnh vực kỹ thuật.

Để đánh giá các hệ số Fourier rời rạc, ngoài biến đổi Fourier rời rạc qui ước (DFT) một loạt phương pháp được triển khai để khắc phục tính phức tạp và khó khăn của DFT. Như được đề cập trong [1], các cấu trúc bộ lọc IIR, các thuật toán Gauss - Newton và thích nghi dựa trên Gradient được áp dụng để dò tìm các tần số của các tín hiệu sinusoid nhưng chưa có sự chú ý đánh giá các hệ số Fourier ở các tần số bất kỳ. Thuật toán được xem như phiên bản giá trị của bộ phân tích phổ LMS.

Tính mới mẻ của bài báo ở chỗ đưa ra một thuật toán thích nghi mới, dạng cải biên các kết quả trong [1].

2. THUẬT TOÁN ĐÁNH GIÁ BÌNH PHƯƠNG TỐI THIỂU

Xét hàm quan sát $d(t)$ gồm tín hiệu sinusoid $s(t)$ với nhiễu quan sát $v(t)$:

$$d(t) = \hat{s}(t) + v(t) = a \cos \omega t + b \sin \omega t + v(t)$$

$$A = \sqrt{a^2 + b^2}, \quad \phi = \arctan\left(\frac{a}{b}\right) \quad (1)$$

Với một dạng cải biên (thuật toán (2) trong [1]) chúng ta có thuật toán đánh giá bình

phương tối thiểu (hình 1).

$$\hat{A}(t+1) = \hat{A}(t) + \mu X(t)f(e(t)), \tag{2}$$

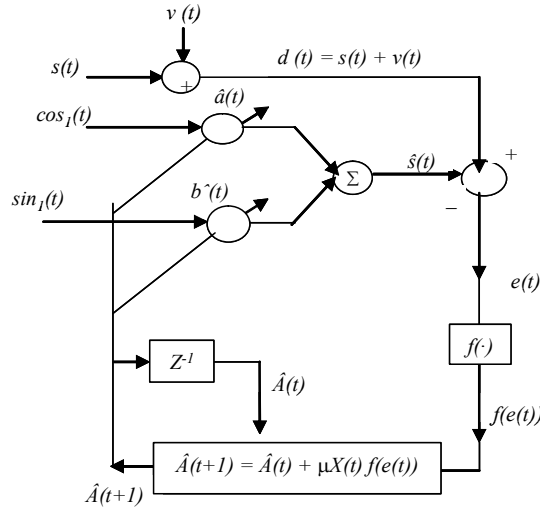
$$\hat{A}(t) = [\hat{a}(t) \ \hat{b}(t)]'.$$

Ở đây ta ký hiệu $X(t) = [\cos(w_1t) \ \sin(w_1t)]'$,

$$\hat{s}(t) = \hat{a}(t) \cos(w_1t) + \hat{b}(t) \sin(w_1t), \tag{3}$$

$$f(e(t)) = \begin{cases} e(t) \\ \text{sign}[e(t)] \end{cases} \tag{4}$$

$$e(t) = d(t) - \hat{s}(t); \text{sign}[e(t)] = \begin{cases} -1 \text{ nếu } e(t) < 0 \\ 0 \text{ nếu } e(t) = 0 \\ +1 \text{ nếu } e(t) > 0 \end{cases}$$



Hình 1

Thuật toán (2) có thể đưa về dạng mới

$$\hat{A}(t+1) = \hat{A}(t) + F(t)[\hat{A}(t) - \hat{A}(t-1)] + \mu X(t)f(e(t)). \tag{5}$$

Ở đây ta chọn độ lợi của thuật toán $F(t)$ như sau $0 < F(t) \ll 1$. Các ký hiệu và hệ số lập μ được chọn và giữ nguyên như trong [1].

3. PHÂN TÍCH TRƯỜNG HỢP NHIỀU TẦN SỐ

$$d(t) = s(t) + v(t) = \left\{ \sum_{t=1}^p \cos \omega_I t + \sin \omega_I t \right\} + v(t), \tag{6}$$

$$A_i = \sqrt{a_i^2 + b_i^2}, \phi_i = \arctan\left(\frac{a_i}{b_i}\right), i = 1, 2, \dots, p.$$

Lập luận tương tự như ở phần trên ta có thuật toán mới đánh giá thích nghi (được cải biên so với tài liệu [1]) như sau: (hình 2)

$$\hat{A}_p(t+1) = \hat{A}_p(t) + Uf(e(t))X(t), \quad t = 1, 2, \dots \quad (7)$$

$$\hat{A}_p(t) \equiv [\hat{a}_1(t)\hat{b}_1(t)\dots\hat{a}_p(t)\hat{b}_p(t)],$$

$$U = \text{diag}(\mu_1, \mu_1, \dots, \mu_p, \mu_p), \quad (8)$$

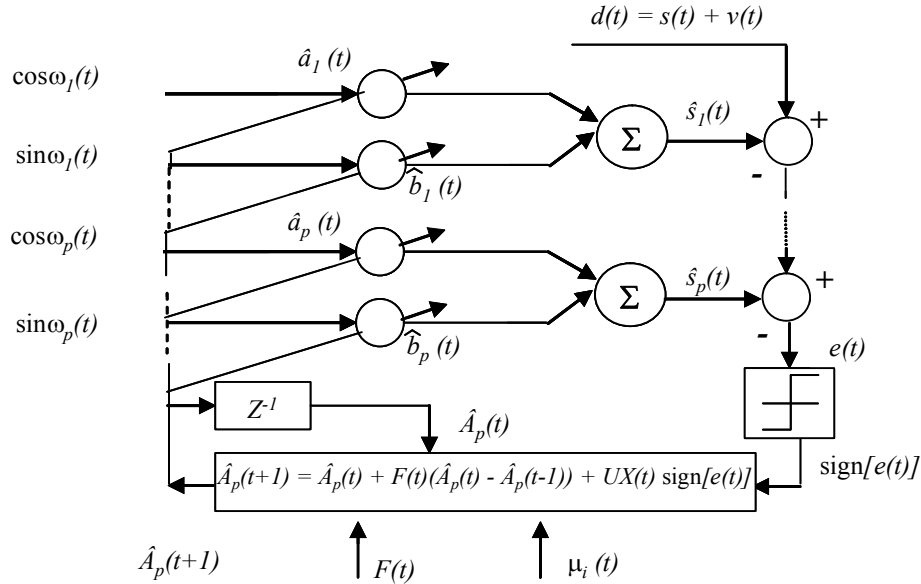
$$X(t) = [\cos\omega_1 t \sin\omega_1 t \dots \cos\omega_p t \sin\omega_p t],$$

Các hệ số lặp $\mu_i, i = 1, \dots, p$ được chọn như trong [1] hay cách khác

$$\mu_i = \min \left\{ \frac{1}{p+1}, \frac{1}{t+1} \right\}. \quad (9)$$

Lập luận tương tự như ở phần trước ta có dạng cải biên thuật toán (7)

$$\hat{A}_p(t+1) = \hat{A}_p(t) + F(t)[\hat{A}_p(t) - \hat{A}_p(t-1)] + Uf(e(t))X(t), \quad t = 1, 2, \dots \quad (10)$$



Hình 2

Ta xét tiêu chuẩn đánh giá vectơ có tín hiệu chứa p tần số:

$$J(A_p) = E[\|A_p^T X(t) - d\|_Q^2]$$

Ở đây ta ký hiệu $\|d\|_Q^2 = d^H Q d$ và

$$Q = Q_{\text{blind}} \Delta \text{diag}(\underbrace{1 \dots 1}_{M \text{ lần}} 0 \dots 0), \quad M > p,$$

$E[\cdot]$ là kỳ vọng toán học.

Có nhiều cách chọn ma trận Q để nâng cao chất lượng. Tuy nhiên việc chọn hợp lý ma trận này sẽ được đề cập đến trong một công trình tiếp theo.

Đánh giá giá trị véctor A_p của tín hiệu chứa p tần số có thể được thực hiện nhờ sử dụng phương pháp bình phương cực tiểu đồng thời với phương pháp chỉnh hóa Tixônôp:

$$\hat{A}_p = E[X(t)QX^T(t) + \alpha I]^{-1}(E[X(t)Qd]) \quad (12)$$

Trong (12), ta ký hiệu $0 < \alpha$ là hệ số chỉnh hóa Tixônôp và I là ma trận đơn vị

Kết luận

Đánh giá tín hiệu là vấn đề được nhiều nhà khoa học quan tâm [1–7]. Trong công trình này, thông qua việc đề xuất các thuật toán cải biên, chúng ta xét các phương án phát triển tiếp các kết quả đã công bố trong tài liệu [1] và [2] bao gồm việc phân tích và đánh giá các hệ số của chuỗi Fourier của các tín hiệu Sinusoid trong môi trường có nhiễu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Y. Xiao, Y. Tado Coro, LMS-based notch filter for the estimation of sinusoidal signals in noise, *Signal Processing* (46) (1995) 223–231.
- [2] R. L. Campbell Jr., N. H. Younan, J. Gu, Performance analysis of the adaptive line enhancer with multiple sinusoids in noisy environment, *Signal Processing* (82) (2002) 93–101.
- [3] J. R. Zeidler, E. H. Satorius, D. M. Chabries, H. T. Wexler, Adaptive enhancement of multiple sinusoids in uncorrelated noise, *IEEE Trans, Acoust, Speech Signal Process. ASSP* (26) (1978) 240–254.
- [4] T. R. Albert, H. Abusalem, M. D. Juniper, Experimental results: Detection and tracking of low SNR sinusoids using real-time LMS and RLS lattice adaptive line enhancers, *Proc. IEEE Int. Conf. Acoust. Speech Signal Process* **3** (May 1991) 1875–1860.
- [5] P. M. Ghogho, M. Ibnkahla, J. N. Bershad, Analytic behavior of the LMS adaptive line enhancer for sinusoids corrupted by multiplicative and additive noise, *IEEE Trans, Signal Process* **46** (9) (September 1998) 2386–2393.
- [6] S. V. Raghavan, S. K. Tripathi, *Networked Multimedia Systems: Concepts, Architecture, and Design*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 1998.
- [7] E. Watanabe, Y. Okamura, A. Nishihara, Adaptive line enhancers with discriminated structures, *Electron, Commun, Jpn, Part III: Fundam, Electron. Sci.* **79** (11) (November 1996) 57–68.

Nhận bài ngày 22 - 12 - 2003