



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0034023

(51)⁷ H03H 21/00

(13) B

(21) 1-2018-00729

(22) 25/07/2016

(86) PCT/EP2016/067653 25/07/2016

(87) WO 2017/017056 02/02/2017

(30) 15178698.5 28/07/2015 EP

(45) 25/11/2022 416

(43) 26/04/2018 361A

(73) FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (DE)

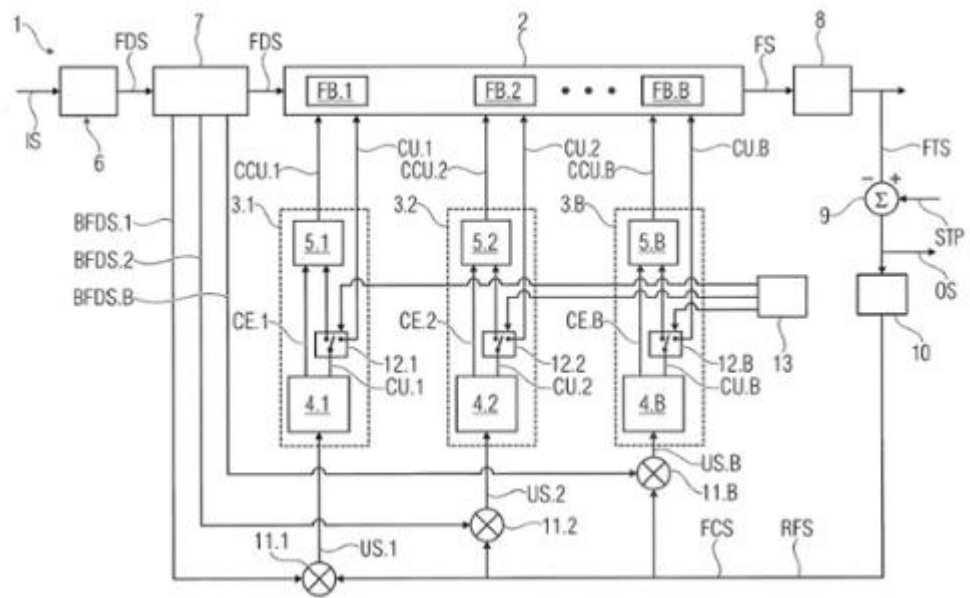
Hansastrasse 27c, 80686 Muenchen, Germany

(72) LUIS VALERO, Maria (ES); HABETS, Emanuel (NL); MABANDE, Edwin (ZW);
LOMBARD, Anthony (FR); MAHNE, Dirk (DE); BIRZER, Bernhard (DE).

(74) CÔNG TY LUẬT TRÁCH NHIỆM HỮU HẠN AMBYS HÀ NỘI (AMBYS
HANOI)

(54) THIẾT BỊ LỌC THÍCH ỨNG TRONG MIỀN TẦN SỐ CÓ KHỐI ĐƯỢC PHÂN
CHIA, THIẾT BỊ TRIỆT TIÊU TÍN HIỆU TIẾNG VỌNG CỦA TÍN HIỆU ĐẦU
VÀO TRONG MIỀN THỜI GIAN VÀ PHƯƠNG PHÁP LỌC THÍCH ỨNG

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia bao gồm: bộ lọc thích ứng trong miền tần số được tạo cấu hình để lọc phép biểu diễn trong miền tần số của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối của các hệ số bộ lọc để tạo ra tín hiệu được lọc; nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song, mỗi khối cập nhật bộ lọc được tạo cấu hình để cập nhật một trong số các khối của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối gồm tín hiệu biểu diễn trong miền tần số và tín hiệu điều khiển trong miền tần số bao gồm phép biểu diễn của tín hiệu được lọc; trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc bao gồm môđun thích ứng được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi thích ứng bao gồm các bước tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật, và tính toán sai số lũy tích được đưa ra trên bản cập nhật gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc; trong đó mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc bao gồm môđun hiệu chỉnh được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi hiệu chỉnh bao gồm các bước tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc trong miền tần số cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc và sai số lũy tích.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia. Cụ thể, sáng chế đề cập đến khái niệm ràng buộc có tính mới cho các thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số khối được phân chia (partitioned block frequency domain adaptive filter - PBFDAF).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia đã biết, ví dụ, từ tài liệu tham khảo [10]. Một nhược điểm của thiết bị theo tài liệu tham khảo [10] là độ phức tạp cao của chúng.

Tài liệu tham khảo

- [1] J. J. Shynk, "Frequency-domain and multirate adaptive filtering," IEEE Signal Process. Mag., vol. 9, no. 1, pp. 14-37, Jan. 1992.
- [2] S. Haykin, Adaptive Filter Theory, 4th ed. Prentice-Hall, 2002.
- [3] A. Oppenheim and R. W. Schaffer, Digital Signal Processing, 2nd ed. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, NJ, 1993.
- [4] J. Benesty and D. R. Morgan, "Frequency-domain adaptive filtering revisited, generalization to the multi-channel case, and application to acoustic echo cancellation," in Proc. IEEE ICASSP, vol. 2, pp. 289–292, 2000.
- [5] P. C. W. Sommen, "Partitioned frequency-domain adaptive filters," in Proc. Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers, pp. 677–681, 1989.
- [6] D. Mansour and A. J. Gray, Jr, "Unconstrained frequency-domain adaptive filter," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process., vol. 30, no. 5, pp. 726–734, Oct. 1982.

- [7] J. S. Soo and K. K. Pang, “Multidelay block frequency domain adaptive filter,” IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process., vol. 38, pp. 373–376, Feb. 1990.
- [8] M. Joho and G. S. Moschytz, “Connecting partitioned frequency-domain filters in parallel or in cascade,” IEEE Trans. Circuits Syst. II, vol. 47, no. 8, pp. 685–697, Aug. 2000.
- [9] R. M. M. Derkx, G. P. M. Engelmeers, and P. C. W. Sommen, “New constraining method for partitioned block frequency-domain adaptive filters,” IEEE Trans. Signal Process., vol. 50, no. 3, pp. 2177–2186, 2002.
- [10] “Partitioned block frequency domain adaptive filter,” Dutch European Patent PCT/EP2001/009 625, Aug. 13, 2001.
- [11] M. A. Iqbal and S. L. Grant, “A novel normalized cross-correlation based echo-path change detector,” in 2007 IEEE Region 5 Conference, Fayetteville, AR, pp. 249–251, Apr. 2007.

Mục đích của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia được cải thiện.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế đạt được nhờ thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia bao gồm:

bộ lọc thích ứng trong miền tần số được tạo cấu hình để lọc phép biểu diễn trong miền tần số của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối gồm các hệ số bộ lọc để tạo tín hiệu được lọc;

nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song, mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc được tạo cấu hình để cập nhật một trong số các khối của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối gồm tín hiệu

biểu diễn trong miền tần số và tín hiệu điều khiển trong miền tần số bao gồm phép biểu diễn của tín hiệu được lọc;

trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc bao gồm môđun thích ứng được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi thích ứng bao gồm các bước

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật, và

tính toán sai số lũy tích được đưa vào bản cập nhật gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

trong đó mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc bao gồm môđun hiệu chỉnh được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi hiệu chỉnh bao gồm các bước

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc và sai số lũy tích.

Ma trận ràng buộc là tương đương trong miền tần số của bước áp dụng hàm cửa sổ hình chữ nhật cho phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối trong miền thời gian, để lựa chọn chỉ các thành phần tuyến tính, mà có thể được xác định như:

$$g(n) = \begin{cases} 1 & \text{if } n < N \\ 0 & \text{if } M > n \geq N \end{cases}.$$

trong đó n là chỉ số thời gian, M là chiều dài của biến đổi Fourier rời rạc (discrete Fourier transform - DFT) và N là số hệ số bộ lọc trong khối.

Theo phân tích được cung cấp trong tài liệu tham khảo [4], các phần tử của ma trận ràng buộc, G , có thể được xác định theo cách sau:

$$G(k, k') = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{N-1} W_M^{(k-k')n} = \frac{1}{M} \frac{1 - W_M^{(k-k')N}}{1 - W_M^{(k-k')}} = \frac{1}{M} \frac{1 - e^{-j2\pi(k-k')N/M}}{1 - e^{-j2\pi(k-k')/M}},$$

với $G(k, k') = N/M$ nếu $k = k'$; trong đó k và k' là các chỉ số tần số rời rạc và

$W_M = e^{(-j2\pi/M)}$ là hàm cơ sở DFT.

Thuật ngữ ma trận ràng buộc được tính gần đúng đề cập đến bất kỳ phép tính gần đúng nào của ma trận ràng buộc trong miền tần số mà có cùng số hàng và số cột như ma trận ràng buộc nhưng độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc. Việc giảm độ phức tạp có thể, cụ thể, đạt được bằng cách đặt một số phần tử đến không.

Sáng chế giảm độ phức tạp của các thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia bằng cách đơn giản hóa phép toán ràng buộc. Trái ngược với các thiết bị đã được đề xuất trước đây khác, thiết bị theo sáng chế cho phép giảm độ phức tạp mà không giảm đáng kể tốc độ hội tụ của bước lọc thích ứng, có thể linh hoạt về các tham số thiết kế và có khả năng song song hoàn toàn, vì nó hiệu chỉnh phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient của một khối chỉ dựa trên sai số lũy tích của khối này.

Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo sáng chế có thể được sử dụng cho phép triệt tiêu âm vang. Hơn nữa, sáng chế có thể được sử dụng để giảm độ phức tạp của thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia một cách độc lập trong ứng dụng cụ thể. Cụ thể hơn, sáng chế có thể được sử dụng trong các ứng dụng khác như nhận dạng hệ thống, giảm tiếng ồn, cân bằng kênh, v.v..

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia bao gồm môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh được tạo cấu hình để quyết định xem có hay không và tại khối nào trong số các khối cập nhật bộ lọc chuỗi hiệu chỉnh được áp dụng sau khi thực hiện chuỗi thích ứng.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh được tạo cấu hình để quyết định xem có hay không và tại khối nào trong số các khối cập nhật bộ lọc chuỗi hiệu chỉnh được áp dụng dựa trên các sai số lũy tích của các khối cập nhật bộ lọc.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh bao gồm sơ đồ hiệu chỉnh xác định cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc số lượng chuỗi thích ứng sau khi mà chuỗi hiệu chỉnh được áp dụng tại phần chia bộ lọc tương ứng.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, với mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc, số lượng các chuỗi thích ứng mà sau đó chuỗi hiệu chỉnh được áp dụng tại phần chia bộ lọc tương ứng được rút ngắn lại để đáp ứng với sự thay đổi của tín hiệu điều khiển trong miền tần số mà vượt quá ngưỡng.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, với mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc, số lượng các chuỗi thích ứng mà sau đó chuỗi hiệu chỉnh được áp dụng tại phần chia bộ lọc tương ứng được thích ứng theo động học dựa trên số đo của tín hiệu điều khiển trong miền tần số.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia bao gồm môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng được tạo cấu hình để thích ứng theo động học độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng được tạo cấu hình để thích ứng theo động học độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng phụ thuộc vào số đo của tín hiệu điều khiển trong miền tần số.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng được tạo cấu hình để mở rộng độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng để đáp ứng với sự thay đổi của tín hiệu điều khiển trong miền tần số mà vượt quá ngưỡng.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất thiết bị triệt tiêu tín hiệu tiếng vọng của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian. Thiết bị bao gồm thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia, thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia bao gồm:

bộ lọc thích ứng trong miền tần số được tạo cấu hình để lọc phép biểu diễn trong miền tần số của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối của các hệ số bộ lọc để tạo tín hiệu được lọc;

bộ chuyển đổi từ miền tần số sang miền thời gian được tạo cấu hình để chuyển đổi tín hiệu được lọc thành tín hiệu tiếng vọng được ước lượng biểu diễn phép ước lượng của tín hiệu tiếng vọng trong miền thời gian;

môđun trừ để tạo ra tín hiệu đầu ra bằng cách trừ tín hiệu tiếng vọng được ước lượng khỏi tín hiệu sẽ được xử lý chứa tín hiệu tiếng vọng;

nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song, mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc được tạo cấu hình để cập nhật một trong số các khối của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật được lấy lại bởi phép tương quan tuần hoàn của khối gồm tín hiệu biểu diễn trong miền tần số và tín hiệu điều khiển trong miền tần số bao gồm phép biểu diễn của tín hiệu được lọc;

trong đó mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc bao gồm môđun thích ứng được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi thích ứng bao gồm các bước

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc cho cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật, và

tính toán sai số lũy tích được đưa ra trên gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc bao gồm môđun hiệu chỉnh được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi hiệu chỉnh bao gồm các bước

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc và sai số lũy tích.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp lọc thích ứng bao gồm các bước:

sử dụng bộ lọc thích ứng trong miền tần số để lọc tín hiệu biểu diễn trong miền tần số của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối của các hệ số bộ lọc để tạo ra tín hiệu được lọc;

sử dụng mỗi phần chia cập nhật bộ lọc của nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song để cập nhật một khối trong số các khối của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật được lấy lại bởi phép tương quan tuần hoàn của khối gồm tín hiệu biểu diễn trong miền tần số và tín hiệu điều khiển trong miền tần số bao gồm phép biểu diễn của tín hiệu được lọc;

thực hiện chuỗi thích ứng cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc bằng cách sử dụng môđun thích ứng của khối cập nhật bộ lọc tương ứng, chuỗi thích ứng bao gồm các bước

tính toán phép tính gần đúng của cập nhật gradient bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật, và

tính toán sai số lũy tích được đưa ra trên gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

thực hiện chuỗi hiệu chỉnh cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc bằng cách sử dụng môđun hiệu chỉnh của khối cập nhật bộ lọc tương ứng, chuỗi hiệu chỉnh bao gồm các bước

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc trong miền tần số cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc và sai số lũy tích.

Chương trình máy tính để lọc thích ứng, khi chạy trên bộ xử lý, để thực hiện phương pháp theo sáng chế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các phương án ưu tiên của sáng chế sau đây sẽ được thảo luận với các hình vẽ đi kèm, trong đó:

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ cung cấp tổng quan về kết cấu chung của thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số (frequency domain adaptive filter - FDAF) theo tình trạng kỹ thuật, lấy từ tài liệu tham khảo [1];

Fig.2 là hình vẽ dạng sơ đồ cung cấp tổng quan về kết cấu chung của thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số (PBFDAF) theo tình trạng kỹ thuật;

Fig.3 là hình minh họa dạng sơ đồ phương án thứ nhất của thiết bị lọc trong miền tần số có khối được phân chia theo sáng chế;

Fig.4 là hình minh họa dạng sơ đồ phương án thứ hai của thiết bị lọc trong miền tần số có khối được phân chia theo sáng chế ;

Fig.5 là hình minh họa dạng sơ đồ phép toán ràng buộc theo sáng chế.

Fig.6 là hình cung cấp các ví dụ về cửa sổ ràng buộc trong miền thời gian tương ứng với các ma trận ràng buộc khác nhau, trong đó trùng lặp cửa sổ được giả định là 50%;

Fig.7 là hình cung cấp các ví dụ về cửa sổ ràng buộc trong miền thời gian tương ứng với các ma trận ràng buộc khác nhau, trong đó trùng lặp cửa sổ được giả định là 75%;

Fig.8 là hình thể hiện nguyên lý của phép toán của phương án thứ nhất của môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh dưới dạng sơ đồ khối;

Fig.9 là hình vẽ cung cấp ví dụ về các sơ đồ hiệu chỉnh;

Fig.10 là hình thể hiện nguyên lý của phép toán theo phương án thứ hai của môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh dưới dạng sơ đồ khối;

Fig.11 là hình cung cấp các ví dụ của các cửa sổ trong miền thời gian và các ma trận ràng buộc tương ứng của chúng trong miền tần số; và

Fig.12 là hình minh họa dạng sơ đồ phương án thứ nhất của thiết bị triệt tiêu tín hiệu tiếng vọng của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Trước khi mô tả các dấu hiệu mới của sáng chế, đầu tiên, một số hiểu biết về các vấn đề được trình bày bằng cách thực hiện các tích chập trong miền biến đổi Fourier rời rạc (miền DFT) và mô tả về phép toán ràng buộc sẽ được đưa ra. Sau đó là phần trình bày về các vấn đề của các bộ lọc thích ứng trong miền tần số và khối được phân chia của chúng dựa trên việc thực hiện trong ngữ cảnh cụ thể của phép triệt tiêu tiếng vọng (acoustic echo cancellation - AEC).

Phép triệt tiêu tiếng vọng được sử dụng để đối phó với việc ghép âm điện tử giữa các loa phát thanh và micro, ví dụ, trong các tình huống giao tiếp rảnh tay. Việc ghép âm điện tử là kết quả của loa phát thanh, hoặc đầu xa, tín hiệu được lan truyền trong phòng và thu được bởi micro. Kết quả là, tín hiệu micro không chỉ chứa tiếng nói đầu gần mong muốn và tạp âm nền, mà còn chứa tín hiệu tiếng vọng. Bộ triệt tiêu tiếng vọng sử dụng các thuật toán lọc thích ứng, xem các ví dụ tài liệu tham khảo [1] và [2], để nhận diện đường dẫn tiếng vọng mà cần thiết để ước lượng tín hiệu tiếng vọng. Tiếng vọng sau đó được trừ khỏi tín hiệu micro trước khi truyền tải.

Fig.1 cung cấp hình vẽ tổng quan về kết cấu chung của thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số (FDAF) theo tài liệu tham khảo [1]. Các thiết bị lọc thích ứng trong miền tần

số cung cấp độ phức tạp về thuật toán thấp hơn so với bản đối chiếu trong miền thời gian của chúng do thực tế là các phép tích chập (và các hệ thức) được tính toán trong miền DFT. Tuy nhiên, phép tích chập hoặc tương quan được thực hiện trong miền DFT tương ứng với phép tích chập tuần hoàn, hoặc tương quan, chiều dài M , M là chiều dài của DFT, trong miền thời gian, xem tài liệu tham khảo [3], tức là,

$$\mathbf{A}(m)\mathbf{B}(m) \xrightarrow{DFT} \mathbf{a}(m) \circledast \mathbf{b}(m) \quad (1)$$

$$\mathbf{A}(m)\mathbf{B}^H(m) \xrightarrow{DFT} \mathbf{a}(m) \circledast \mathbf{b}(-m) \quad (2)$$

trong đó m là chỉ số khung rời rạc, $\circledast$ biểu thị tích chập tuần hoàn có chiều dài M và chỉ số trên $(\bullet)^H$ biểu thị chuyển vị Hermit. Trong phần còn lại, kí hiệu sau được sử dụng, chữ viết đậm được sử dụng cho các vectơ và các chữ viết đậm, gạch chân sử dụng cho các ma trận vuông. Các chữ viết hoa được sử dụng để biểu thị các biến số trong miền DFT. Sau đây mục tiêu được thiết lập về các tương quan được thực hiện trong miền DFT, phép toán ràng buộc cho tương quan tuần hoàn sẽ được mô tả. Tương quan tuần hoàn trong miền thời gian được xác định bởi công thức, xem tài liệu tham khảo [3],

$$\mathbf{a}(m) \circledast \mathbf{b}(-m) = \sum_{n=0}^{M-1} a(n)b(((m+n))_M), \quad (3)$$

trong đó n biểu thị chỉ số thời gian rời rạc và $((\bullet))_M$ biểu thị phép toán môđun M . Nếu giả định rằng chiều dài của $\mathbf{a}(m)$ là M và $\mathbf{b}(m)$ là chiều dài $L < M$, trong tài liệu tham khảo [3] chỉ các hệ số $M - L + 1$ thứ nhất trùng với tương quan tuyến tính, trong khi đầu cuối $L-1$ là kết quả của phần bao quanh. Như đã mô tả trong tài liệu tham khảo [1], kết quả của tương quan tuần hoàn có thể được tuyến tính bằng cách lựa chọn chỉ các hệ số tuyến tính và thiết lập phần còn lại của các hệ số đến không. Phương thức này được biểu thị như là phép toán ràng buộc.

Kết cấu chung của thuật toán FDAF sử dụng phương pháp trùng lặp – lưu (overlap-save - OLS) được mô tả trên Fig.1, lấy từ tài liệu tham khảo [1]. Cần phải đề cập đến phương pháp trùng lặp - cộng (overlap-add - OLA) có thể được sử dụng, nhưng để ngăn

gọn chỉ OLS sẽ được mô tả. Các kí hiệu được sử dụng trong công thức vẫn đề như sau, $x(n)$ là tín hiệu đầu vào hoặc đầu xa mà được truyền qua phòng ở đầu gần, $d(n) = x(n) * h(n)$ là tín hiệu tiếng vọng và $y(n) = d(n) + r(n)$ là tín hiệu được thu bởi micrô - mà, trong ngữ cảnh này, được coi là nhiễu bởi tín hiệu đầu gần, mà được biểu thị là $s(n)$, và tạp âm nền, mà có thể được biểu thị là $v(n)$, sao cho $r(n) = s(n) + v(n)$. Đường đi của tiếng vọng giữa loa phát thanh và micrô, được biểu thị bởi $h(n)$, được mô hình hóa như là bộ lọc đáp ứng xung hữu hạn (finite impulse response - FIR) với chiều dài L . Thuật toán thích ứng được sử dụng để nhận biết $h(n)$, mà là cần thiết để thu được tín hiệu tiếng vọng được ước lượng, $\hat{d}(n)$, mà chỉ số trên $\hat{\cdot}$ biểu thị phép ước lượng.

Trong tài liệu tham khảo [1] đã nhấn mạnh rằng tín hiệu sai số, mà điều khiển thuật toán thích ứng, sẽ được tính toán trong miền thời gian, tức là $e(n) = y(n) - \hat{d}(n)$ hoặc là bị ràng buộc hoàn hảo nếu được tính toán trong miền DFT. Sau đây, trong suốt bản mô tả sáng chế này, thuật ngữ "bị ràng buộc" và "không bị ràng buộc" chỉ đề cập đến bản cập nhật gradient, $\Delta \hat{\mathbf{H}}(m)$, mà là kết quả của tương quan được tính toán trong miền DFT. Bộ lọc thích ứng được cập nhật bởi

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{H}}(m+1) &= \hat{\mathbf{H}}(m) + \text{DFT}\{\mathbf{g} \text{IDFT}\{\underline{\mu}(m) \mathbf{X}^H(m) \mathbf{E}(m)\}\} \\ &= \hat{\mathbf{H}}(m) + \text{DFT}\{\mathbf{g} \text{IDFT}\{\Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}(m)\}\} = \hat{\mathbf{H}}(m) + \Delta \hat{\mathbf{H}}(m), \end{aligned} \quad (4)$$

trong đó, m là chỉ số khung thời gian và $\mathbf{g} = \text{diag}\{\mathbf{g}\}$ là ma trận chéo mà các phần tử $\mathbf{g}$, $\mathbf{g}$ là cửa sổ trong miền thời gian mà khử các thành phần không mong muốn trong bản cập nhật gradient không bị ràng buộc, $\Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}(m)$, trên đường chéo chính của nó. Theo định nghĩa phương pháp OLS trong tài liệu tham khảo [1], tín hiệu đầu vào trong miền DFT là $\mathbf{X}(m) = \text{diag}\{\text{DFT}\{x(m)\}\}$ và tín hiệu sai số được biểu thị bởi

$$\mathbf{E}(m) = \text{DFT}\{[0_{1 \times L}, \mathbf{e}^T(m)]^T\}, \text{ với}$$

$$\mathbf{x}(m) = [x(mR - M + 1), \dots, x(mR)]^T \text{ và } \mathbf{e}(m) = [e(mR - V + 1), \dots, e(mR)]^T,$$

tương ứng, trong đó R là dịch chuyển khung, tín hiệu đầu vào có cùng chiều dài như DFT và $V > R$ là chiều dài của tín hiệu sai số. Ngoài ra, bản cập nhật gradient, $\Delta \hat{\mathbf{H}}(m)$, đã

bao gồm ma trận kích thước bậc, $\underline{\mu}(m)$, cho độ compac. Để có được các mũ tuyến tính L của bản cập nhật bộ lọc, chiều dài của DFT phải là $M \geq L + V - 1$. Các phương pháp OLS và OLA được mô tả trong tài liệu tham khảo [1] đã được định nghĩa cho $V=L$, và do đó $M=2L$ được chọn như là biến đổi Fourier nhanh có chiều dài chẵn (FFT) có thể được thực hiện hiệu quả hơn là có chiều dài lẻ. Với định nghĩa $\mathbf{X}(m)$ và $\mathbf{E}(m)$, kết quả $\Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}(m)$ sẽ chứa các thành phần tuyến tính $L + 1$ và các thành phần bao quanh $M - L - 1 = V - 1$. Tuy nhiên, với tính nhất quán $\hat{\mathbf{H}}(m)$ được định nghĩa là,

$$\hat{\mathbf{H}}(m) = \text{DFT}\{[\hat{\mathbf{h}}^T(m), \mathbf{0}_{1 \times V}]^T\}, \quad (5)$$

mà có thể quan sát thấy rằng vectơ đường dẫn tiếng vọng được ước lượng,

$$\hat{\mathbf{h}}(m) = [\hat{h}_m(0), \dots, \hat{h}_m(L-1)]^T. \quad (6)$$

có phần được đệm số không, và chiều dài phần đệm số không là V . Các thành phần bao quanh thường được khử trong miền thời gian, được mô tả trên Fig.1, tuy nhiên nó cũng có thể được lựa chọn các thành phần tuyến tính bằng cách nhân bản cập nhật bộ lọc không bị ràng buộc với ma trận ràng buộc trong miền tần số,

$$\Delta\hat{\mathbf{H}}(m) = \text{DFT}\{\underline{\mathbf{g}} \cdot \text{IDFT}\{\Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}(m)\}\} = \mathbf{F}\underline{\mathbf{g}}\mathbf{F}^{-1}\Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}(m) = \mathbf{G}\Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}(m), \quad (7)$$

mà $\mathbf{F}$ là ma trận DFT $M \times M$ và $\mathbf{G} = \mathbf{F}\underline{\mathbf{g}}\mathbf{F}^{-1}$ là ma trận ràng buộc trong miền tần số. Để phân tích cấu trúc của $\mathbf{G}$, đầu tiên của số ràng buộc trong miền thời gian sẽ được xác định.

$$g(n) = \begin{cases} 1 & \text{if } n < L \\ 0 & \text{if } M > n \geq L \end{cases} \quad (8)$$

Sau đây, tiếp theo việc phân tích được cung cấp trong tài liệu tham khảo [4], các phần tử của ma trận ràng buộc, $\mathbf{G}$, là

$$G(k, k') = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{L-1} W_M^{(k-k')n} = \frac{1}{M} \frac{1 - W_M^{(k-k')L}}{1 - W_M^{(k-k')}} = \frac{1}{M} \frac{1 - e^{-j2\pi(k-k')L/M}}{1 - e^{-j2\pi(k-k')/M}}, \quad (9)$$

với $G(k, k') = L/M$ nếu $k = k'$; trong đó k và k' là các chỉ số tần số rời rạc và $W_M = e^{(j2\pi / M)}$ là hàm cơ sở DFT. Biểu thức phía sau nêu bật sự thật rằng phép toán này tương đương với biến đổi miền tần số sang miền tần số (tương tự như phép toán thập phân). Có thể suy ra từ (9) rằng nếu hệ thức L/M là đủ lớn, đường chéo chính của $\mathbf{G}$ sẽ là ưu thế. Ngoài ra, nếu M đủ lớn, các giá trị trên phần ngoài đường chéo sẽ phân rã nhanh và hướng về các giá trị không đáng kể, xem tài liệu tham khảo [4].

Fig.2 thể hiện ví dụ về thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia. Việc lập công thức trên cơ sở khối được phân chia của FDAF, đầu tiên được đề xuất trong tài liệu tham khảo [5], cung cấp độ trễ thuật toán thấp hơn như việc thực hiện FDAF không được phân chia. Để giảm độ trễ, bộ lọc thích ứng được phân chia thành B khối với chiều dài $N = \text{ceil}(L/B)$, do đó

$$\hat{\mathbf{h}}^b(m) = [\hat{h}_m(bN), \dots, \hat{h}_m(bN + N - 1)]^T, \quad (10)$$

mà b biểu thị chỉ số khối. Chiều dài DFT bây giờ có thể cũng bị giảm, do đó, sử dụng phương pháp OLS, để thu được N hệ số tuyến tính, các khung tín hiệu đầu vào phải có chiều dài $M \geq N + V - 1$, trong đó V là chiều dài của tín hiệu sai số và của phần đệm số không của $\mathbf{h}(m)$ (như đã được xác định cho việc tạo công thức cho bài toán FDAF). Sau đây, khối của tín hiệu đầu vào được xác định là,

$$\mathbf{x}^b(m) = [x(mR - bN - M + 1), \dots, x(mR - bN)]^T, \quad (11)$$

và tín hiệu sai số thu được bằng cách trừ từ tín hiệu micro tiếng vọng được ước lượng, mà có được như là tổng tất cả các phần đóng góp của mỗi khối, $\hat{\mathbf{D}}^b(m) = \mathbf{X}^b(m)\hat{\mathbf{H}}^b(m)$, tức là,

$$\begin{aligned} [\mathbf{0}_{1 \times N}, \mathbf{e}^T(m)]^T &= [\mathbf{0}_{1 \times N}, \mathbf{y}^T(m)]^T - [\mathbf{0}_{1 \times N}, \hat{\mathbf{d}}^T(m)]^T \\ &= [\mathbf{0}_{1 \times N}, \mathbf{y}^T(m)]^T - \tilde{\mathbf{g}} \cdot \text{IDFT} \left\{ \sum_{b=0}^{B-1} \mathbf{X}^b(m) \hat{\mathbf{H}}^b(m) \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

with

$$\tilde{g}(n) = \begin{cases} 0 & \text{if } n < N \\ 1 & \text{if } M > n \geq N \end{cases} \quad \text{and } \mathbf{a}(m) = [a(mR - V + 1), \dots, a(mR)]^T, \text{ with } \mathbf{a} \in (\mathbf{e}, \mathbf{y}, \hat{\mathbf{d}})$$

trong đó $\tilde{g}$ là cửa sổ cần thiết để tuyến tính hóa phép tích chập tuần hoàn, mà, trong phần dư, được giả định là được áp dụng hoàn toàn. Cuối cùng, bản cập nhật của một khối của bộ lọc thích ứng được mô tả bởi

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \underline{\mu}(m)\mathbf{G}\mathbf{X}^{bH}(m)\mathbf{E}(m) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G}\Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^b(m). \quad (13)$$

Có thể quan sát rằng bây giờ chiều dài của FFT's được giảm, những $2B$ FFT's sẽ phải được thực hiện mỗi khung để tuyến tính hóa chính xác các tương quan tuần hoàn. Trong một số ứng dụng, mong muốn hoặc thậm chí cần thiết phải giảm hơn nữa độ phức tạp của các thuật toán thích ứng trên cơ sở khối được phân chia, và khả năng đơn giản nhất là giảm số lượng các biến đổi mỗi khung bằng cách bỏ qua phép toán ràng buộc. Một khả năng khác là để đơn giản hóa ma trận ràng buộc trong miền tần số, $\mathbf{G}$. Tuy nhiên, những đơn giản hóa này thường đi kèm với chi phí của việc mất hiệu năng của thuật toán PB-FDAF.

Một mặt, nếu việc lập công thức cho bài toán không phân chia được sử dụng chỉ cho một IFFT và một FFT mỗi khung là cần thiết, chiều dài của nó thường đủ dài để có thể bỏ qua phép toán ràng buộc mà không làm giảm đáng kể hiệu năng. Việc bỏ qua phép toán ràng buộc thường được biểu thị như phương pháp không bị ràng buộc. Mặt khác, nếu việc lập công thức trên cơ sở khối được phân chia được sử dụng, chiều dài của các FFT được giảm đi. Do đó, sai số được đưa ra bởi việc bỏ qua các phép toán ràng buộc trở nên không đáng kể, khi những sai số này tăng với việc giảm M - là liên quan đến tốc độ giảm của các giá trị trên các phần ngoài đường chéo của $\mathbf{G}$.

Trong phần này, nhiều phương pháp đã được đề xuất để giảm độ phức tạp của các thuật toán PB-FDAF mà không làm giảm hiệu năng. Các phương pháp này sẽ được mô tả ngắn gọn sau đây. Tuy nhiên, đầu tiên phải đề cập đến là phép toán ràng buộc mỗi khối có thể được thực hiện theo hai cách, tức là

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G}\Delta\hat{\mathbf{H}}^b(m) \quad (14)$$

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \mathbf{G}(\hat{\mathbf{H}}^b(m) + \Delta\hat{\mathbf{H}}^b(m)) \quad (15)$$

trong đó (14) có thể được giải thích là đối phó với các sai số bao quanh trước khi đáp ứng và (15) sau khi đáp ứng. Nếu ma trận ràng buộc $\mathbf{G}$ được sử dụng không có bất kỳ phép đơn giản hóa nào, cả hai biểu thức đều bằng nhau về toán học, nhưng là kết quả của các cách thực hiện khác nhau.

Một số phương pháp được đề xuất ở trên để giảm độ phức tạp thuật toán của các thuật toán PBFDAF là

- FDAF và PBFDAF không ràng buộc, các tài liệu tham khảo [6] và [7]
- PBFDAF không ràng buộc thay thế, tài liệu tham khảo [7]
- phương pháp ràng buộc được thay thế, tài liệu tham khảo [8]
- phương pháp ràng buộc được thay thế được biến đổi, tài liệu tham khảo [9]

Mục tiêu của tất cả các phương pháp này, cũng như của sáng chế, là làm giảm tổng số các FFT trên mỗi khung. Phương pháp không bị ràng buộc đã nêu trên như được đề xuất trong các tài liệu tham khảo [6] và [7], bỏ qua trực tiếp phép toán ràng buộc, tức là

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \Delta\hat{\mathbf{H}}^b(m), \quad \forall b. \quad (16)$$

Nó có thể cũng được áp dụng như được đề xuất trong tài liệu tham khảo [4],

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G}_{uc}\Delta\hat{\mathbf{H}}^b(m), \quad \forall b. \quad (17)$$

trong đó, $\mathbf{G}_{uc} = \frac{N}{M} \mathbf{I}_{M \times M}$ là ma trận đơn vị được định tỉ lệ, mà tương đương với việc xem xét chỉ đường chéo chính của $\mathbf{G}$. Phương pháp thay thế không bị ràng buộc được đề xuất trong tài liệu tham khảo [7], hoặc ràng buộc thay thế một khối mỗi khung sử dụng (14). Tuy nhiên, ba phương pháp này liên tục tích lũy các sai số bao quanh trong các hệ số bộ lọc được cập nhật, làm giảm tốc độ hội tụ.

Phương pháp ràng buộc được thay thế sử dụng (15) trên đầu của thuật toán không bị ràng buộc, như được đề xuất trong tài liệu tham khảo [8]. Bằng cách này, các sai số bao quanh được tích lũy giữa các phép hiệu chỉnh được khử. Phương pháp này cho phép cho

việc giảm hơn nữa độ phức tạp, mà có thể đạt được nếu khoảng cách khung giữa các phép hiệu chỉnh P , được mở rộng. Sau đó bộ lọc được cập nhật trong hai bước,

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}^b(m); \quad b = 0 : B-1 \quad (18a)$$

$$\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G} \hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) \quad b_c = ((m/P))_B, \quad (18b)$$

trong đó khối b_c sẽ chỉ được hiệu chỉnh nếu kết quả của $((m/P))_B \in \mathbb{N}^0$, tức là số tự nhiên không âm.

Trong tài liệu tham khảo [9] phương pháp ràng buộc được thay thế được cải biên được đề xuất mà dựa trên cơ sở phương pháp ràng buộc được thay thế và cũng được áp dụng trong hai bước, thích ứng và hiệu chỉnh. Tính mới chính của phương pháp được mô tả trong các tài liệu tham khảo [9] và [10] là nó sử dụng phép tính gần đúng của cửa sổ ràng buộc g để giảm các thành phần bao quanh mỗi khối trong bước thích ứng. Phép tính gần đúng được đề xuất của cửa sổ ràng buộc trong [9] là

$$G_s(k, k') = \begin{cases} 1/2 & \text{if } k = k' \\ -j/4 & \text{if } k = k' - 1 \\ j/4 & \text{if } k = k' + 1 \end{cases} \quad (19)$$

cho trùng lặp 50%. Cửa sổ thu được trong miền thời gian là cửa sổ hình sin được nâng cao, mà có thể giảm các sai số bao quanh. Tuy nhiên, các hệ số tuyến tính cũng được cải biên và sẽ phải được bù cho bước hiệu chỉnh, mà trong đó các sai số bao quanh còn lại cũng được khử.

Phương pháp ràng buộc được thay thế được cải biên sử dụng các thành phần bao quanh của các khối trước và sau, trong tài liệu [10] được biểu thị như các khối liền kề, để bù các sai số được đưa ra trên các hệ số tuyến tính của một khối. Do đó, cần hiệu chỉnh hai khối để có thể bù hoàn toàn các thành phần tuyến tính của một khối, kết quả là các khối đầu tiên và cuối cùng không được bù hoàn toàn.

Fig.3 minh họa phương án thứ nhất của thiết bị lọc trong miền tần số có khối được phân chia 1 theo sáng chế dưới dạng sơ đồ.

Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1 bao gồm:

bộ lọc thích ứng trong miền tần số 2 được tạo cấu hình để lọc phép biểu diễn trong miền tần số FDS của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian IS phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc để tạo tín hiệu được lọc FS;

nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song 3.1, 3.2, 3.B, mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B được tạo cấu hình để cập nhật một trong số các khối FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật US.1, US.2, US.B được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số và tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS bao gồm phép biểu diễn RFS của tín hiệu được lọc FS;

trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B bao gồm môđun thích ứng 4.1, 4.2, 4.B được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi thích ứng AS (xem Fig.5) bao gồm các bước

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM (xem Fig.12) có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc FCM cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật US.1, US.2, US.B, và

tính toán sai số lũy tích CE.1, CE.2, CE.B được đưa ra trên bản cập nhật gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B bao gồm môđun hiệu chỉnh 5.1, 5.2, 5.B được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi hiệu chỉnh CS (xem Fig.5) bao gồm các bước

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh CCU.1, CCU.2, CCU.B cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc

bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc trong miền tần số FCM cho tổng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B và sai số lũy tích CE.1, CE.2, CE.B.

Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1 hoạt động như sau: tín hiệu đầu vào trong miền thời gian IS được chuyển đổi thành tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS bởi bộ chuyển đổi miền thời gian sang miền tần số 6. Bộ xử lý khối 7 chiết xuất các khối BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS, mà được liên hợp để thu được các khối được liên hợp BFDS'.1, BFDS'.2, BFDS'.B, mà cần thiết để tính toán phép hiệu chỉnh trong miền DFT. Tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS được chuyển đổi bởi bộ lọc thích ứng trong miền tần số thành tín hiệu được lọc FS trong miền tần số, trong đó các khối FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc được sử dụng. Tín hiệu được lọc FS sau đó được biến đổi bởi bộ chuyển đổi từ miền tần số sang miền thời gian 8 thành tín hiệu được lọc trong miền thời gian FTS. Sau đây, tín hiệu được lọc trong miền thời gian FTS được trừ khỏi tín hiệu sẽ được xử lý STP bởi môđun trừ 9. Tín hiệu đầu ra được tạo ra như vậy OS được chuyển đổi trở lại thành miền tần số bởi bộ chuyển đổi miền thời gian sang miền tần số 10, mà xuất ra tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS mà chứa phép biểu diễn RFS của tín hiệu được lọc FS.

Môđun hiệu chỉnh tuần hoàn 11.1 thực hiện phép hiệu chỉnh tuần hoàn bằng cách nhân tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS và khối được liên hợp BFDS'.1 của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS để tạo ra tín hiệu cập nhật US.1. Tương tự, môđun hiệu chỉnh tuần hoàn 11.2 thực hiện phép hiệu chỉnh tuần hoàn bằng cách nhân tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS và khối được liên hợp BFDS'.2 của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS để tạo ra tín hiệu cập nhật US.2. Tương tự, môđun hiệu chỉnh tuần hoàn 11.B thực hiện phép hiệu chỉnh tuần hoàn bằng cách nhân tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS và khối được liên hợp BFDS'.B của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS để tạo ra tín hiệu cập nhật US.B.

Mỗi tín hiệu cập nhật US.1, US.2 và US.B được cấp cho một môđun trong số các môđun thích ứng 4.1, 4.2, 4.B. Mỗi môđun thích ứng tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B và sai số lũy tích CE.1, CE.2,

CE.B. Các sai số lũy tích CE.1, CE.2, CE.B được chuyển tiếp đến các môđun hiệu chỉnh 5.1, 5.2, 5.B hoặc phép tính gần đúng của các bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B có thể được chuyển tiếp thay thế đến các môđun hiệu chỉnh 5.1, 5.2, 5.B hoặc các khối FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc bằng cách chuyển phần chuyển tương ứng của bộ chuyển 12.1, 12.2, 12.B.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1 bao gồm môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh 13 được tạo cấu hình để quyết định xem có hay không và tại khối nào trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B mà chuỗi hiệu chỉnh CS được áp dụng sau khi thực hiện chuỗi thích ứng AS.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp lọc thích ứng bao gồm các bước:

sử dụng bộ lọc thích ứng trong miền tần số 2 để lọc phép biểu diễn trong miền tần số FDS của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc để tạo ra tín hiệu được lọc FS;

sử dụng mỗi khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B của nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song 3.1, 3.2, 3.B để cập nhật một trong số các khối FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật US.1, US.2, US.B được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS và tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS bao gồm phép biểu diễn RFS của tín hiệu được lọc FS;

thực hiện chuỗi thích ứng AS cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B bằng cách sử dụng môđun thích ứng 4.1, 4.2, 4.B của khối cập nhật bộ lọc thích ứng 3.1, 3.2, 3.B, chuỗi thích ứng AS bao gồm các bước

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc FCM cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số

bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật US.1, US.2, US.B, và

tính toán sai số lũy tích CE.1, CE.2, CE.B được đưa vào gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

thực hiện chuỗi hiệu chỉnh CS cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B bằng cách sử dụng môđun thích ứng 5.1, 5.2, 5.B của khối cập nhật bộ lọc tương ứng 3.1, 3.2, 3.B, chuỗi thích ứng CS bao gồm các bước

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh CCU.1, CCU.2, CCU.B cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc FCM cho tổng phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B và sai số lũy tích CE.1, CE.2, CE.B.

Theo khía cạnh khác, sáng chế đề xuất chương trình máy tính để lọc thích ứng thực hiện phương pháp theo sáng chế, khi chạy trên bộ xử lý.

Fig.4 minh họa dưới dạng sơ đồ phương án thứ hai của thiết bị lọc trong miền tần số có khối được phân chia theo sáng chế. Để thuận tiện chỉ có môđun thích ứng 4.B và môđun hiệu chỉnh 5.B được hiển thị.

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả. Phương pháp được đề xuất được áp dụng theo hai bước, như là phương pháp ràng buộc thay thế, và sử dụng phép rút gọn tùy ý của ma trận ràng buộc, trong các ký hiệu sau đây như cửa sổ ràng buộc tùy ý $\mathbf{G}_{arb}$, để giảm các thành phần bao quanh trong quá trình thích ứng. Ngoài ra, có thể linh hoạt về việc trùng lặp giữa các khung và thiết kế của phép tính gần đúng cửa sổ ràng buộc - nó có giá trị cho bất kỳ bước tính gần đúng cửa sổ ràng buộc nào. Ngoài ra, các phép hiệu chỉnh giữa khoảng cách khung, P , có thể được lựa chọn khác nhau cho mỗi khối, mà sẽ được ký hiệu là P_b , như bước hiệu chỉnh chỉ phụ thuộc vào trạng thái đã qua của khối được hiệu chỉnh và không phụ thuộc vào các khối liền kề. Để bắt đầu với (18b) có thể được lập công thức lại

$$\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G}(\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m) + \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m)) = \mathbf{G}\left(\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m - P_b B + 1) + \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m - p)\right) \quad (20)$$

làm nổi bật sự thật là giữa các lần hiệu chỉnh, các bản cập nhật gradient được tích lũy. Sau đây, nếu phép tính gần đúng tùy ý của ma trận ràng buộc, $\mathbf{G}_{arb}$, được áp dụng trong suốt quá trình thích ứng, bản cập nhật bộ lọc được hiệu chỉnh được xác định bởi,

$$\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G}\left(\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m - P_b B + 1) + \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \mathbf{G}_{arb} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m - p)\right). \quad (21)$$

Bằng cách này sai số được đưa ra trên mỗi khung và khối trên các thành phần tương quan tuyến tính, mà sẽ phải được bù trước bước hiệu chỉnh, tức là

$$\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G}\left(\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m - P_b B + 1) + \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \mathbf{G}_{arb} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m - p) + \mathbf{\Lambda}_{arb}^{b_c}\right). \quad (22)$$

Do đó, bằng các lập phương trình (20) và (21), thừa số bù $\mathbf{\Lambda}_{arb}^{b_c}$ thu được.

$$\sum_{p=0}^{P_b B - 1} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m - p) = \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \mathbf{G}_{arb} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m - p) + \mathbf{\Lambda}_{arb}^{b_c} \quad (23a)$$

$$\mathbf{\Lambda}_{arb}^{b_c} = \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \left(\Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m - p) - \mathbf{G}_{arb} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{b_c}(m - p) \right). \quad (23b)$$

Do đó $\mathbf{\Lambda}_{arb}^{b_c}$ có thể được thể hiện như sai số lũy tích được đưa ra trên bản cập nhật gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng. Phương pháp được đề xuất được tóm tắt trong Bảng 2.

Phương thức như sau. Đầu tiên, phép tính gần đúng tùy ý của ma trận ràng buộc trong miền tần số được sử dụng, để nâng cao quy trình thích ứng, và chênh lệch lũy tích $\mathbf{\Lambda}_{arb}^{b_c}$, được cập nhật. Sau đó, ví dụ với mỗi khung P_b , $\mathbf{\Lambda}_{arb}^{b_c}$ được sử dụng để khôi phục bản cập nhật bộ lọc không bị ràng buộc, trước khi khử các thành phần bao quanh. Cuối cùng, chênh lệch lũy tích được đặt lại bằng không. Sau đây, các thành phần tuyến tính tốt hơn là

được hiệu chỉnh chỉ sử dụng sai số được đưa ra trên khối sẽ được hiệu chỉnh, b_c , trong quá khứ. Do đó, việc thực hiện của phương pháp ràng buộc được đề xuất có thể được làm song song dễ dàng. Bảng 2 cung cấp mã giả cho việc thực hiện chuỗi thích ứng và chuỗi hiệu chỉnh theo sáng chế. Phương pháp ràng buộc theo sáng chế có thể cũng được gọi là phương pháp ràng buộc thay thế được nâng cao.

Bảng 2. Phương pháp ràng buộc thay thế được nâng cao

for $b = 0 : B - 1$:
$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G}_{\text{arb}} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}^b(m)$
$\mathbf{\Lambda}_{\text{arb}}^b = \mathbf{\Lambda}_{\text{arb}}^b + \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}^b(m) - \mathbf{G}_{\text{arb}} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}^b(m)$
if $((m/P_b))_B = b_c$:
$\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G}(\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) + \mathbf{\Lambda}_{\text{arb}}^{b_c})$
$\mathbf{\Lambda}_{\text{arb}}^{b_c} = \mathbf{0}$

Fig.5 minh họa dưới dạng sơ đồ phép toán ràng buộc theo sáng chế. Mặc dù chuỗi thích ứng AS và chuỗi hiệu chỉnh CS đều được thực hiện trong miền tần số, các đồ thị thể hiện các phần tử tạo cửa sổ tương đương trong miền thời gian.

Phương pháp được đề xuất được miêu tả dưới dạng sơ đồ cho một khối trên Fig.5, với $\mathbf{G}_{\text{arb}} = \mathbf{G}_s$ và trùng lặp khung 50% (trùng lặp khối trong miền thời gian). Việc lựa chọn cửa sổ ràng buộc và P_b sẽ dĩ nhiên ảnh hưởng đến hiệu năng của thuật toán thích ứng và độ phức tạp của thuật toán cuối cùng.

Thiết kế của phép tính gần đúng cửa sổ ràng buộc có thể được thực hiện linh hoạt. Ví dụ, số lượng bị giới hạn T của các cặp của phần ngoài đường chéo của $\mathbf{G}$ có thể được tính đến. Bằng việc làm điều này, phần đếm trong miền thời gian có thể trở thành âm. Điều này có thể tránh được, nếu muốn, bằng cách cộng độ lệch vào cửa sổ miền thời gian, và bằng cách cải biến $\mathbf{G}_{\text{arb}}$ cho phù hợp. Khả năng khác là để thiết kế cửa sổ trong miền thời gian, và sử dụng phần đếm trong miền tần số của nó.

Fig.6 cung cấp các ví dụ về các cửa sổ ràng buộc trong miền thời gian tương ứng với các ma trận ràng buộc khác nhau, trong đó trùng lặp cửa sổ được giả định là 50%.

Fig.7 cung cấp các ví dụ về cửa sổ ràng buộc trong miền thời gian tương ứng với các ma trận ràng buộc khác nhau, trong đó trùng lặp cửa sổ được giả định là 75%.

Các hình vẽ Fig. 6a và 7a mô tả các cửa sổ được tính gần đúng thu được bằng cách đưa số lượng bị giới hạn của phần ngoài đường chéo của $\mathbf{G}$ vào xem xét, mà tương đương với việc xem xét các tương quan liên băng. Các hình vẽ Fig. 6b và 7b mô tả các phần mở rộng của $\mathbf{G}_s$, như được định nghĩa trong (19), cộng $T-1$ cặp ngoài đường chéo vào $\mathbf{G}_s$. Để rõ ràng, phải đề cập đến rằng G_s^2 thay cho $(\mathbf{G}_s)^2$.

Độ phức tạp được đưa ra bởi ứng dụng của các cửa sổ này là tỷ lệ với số lượng cặp ngoài đường chéo T , được sử dụng cho thiết kế của $\mathbf{G}_{arb}$. Ngoài ra, độ phức tạp thấp nhất thu được nếu các giá trị trên các phần ngoài đường chéo là thực hoặc chỉ là ảo. Cuối cùng, phương pháp được đề xuất không chỉ là linh hoạt đối với phép tính gần đúng của các cửa sổ và sự trùng lặp giữa các khung, mà còn cho sự trùng lặp được cố định, $\mathbf{G}_{arb}$ có thể được biến đổi trực tuyến. Điều này có thể được mong muốn nếu hiệu năng nhất định đạt được, nếu có nhu cầu giảm đột ngột thêm nữa độ phức tạp - ví dụ nếu thiết bị được sử dụng đi vào chế độ tiết kiệm năng lượng- hoặc nếu quy trình lọc thích ứng được khởi tạo lại, ví dụ do phát hiện sự thay đổi đường đi của tiếng vọng.

Fig.8 thể hiện nguyên lý của phép toán của phương án thứ nhất của môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh dưới dạng sơ đồ khối.

Cần lưu ý rằng thứ tự và tần số trong đó các khối được hiệu chỉnh có thể được thiết kế linh hoạt, và có thể được cải biên trực tuyến. Do đó, một phương án của sáng chế được đề xuất với tiến trình cập nhật gradient AS và tiến trình hiệu chỉnh CS như được mô tả trong bảng 3 và được miêu tả trên Fig.8.

Bảng 3. Phép thực hiện được điều khiển của phương pháp EAC

$$\begin{aligned}
& \text{for } b = 0 : B - 1: \\
& \quad \hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G}_{\text{arb}} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}^b(m) \\
& \quad \mathbf{A}_{\text{arb}}^b = \mathbf{A}_{\text{arb}}^b + \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}^b(m) - \mathbf{G}_{\text{arb}} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}^b(m) \\
& \quad \text{if } ((S_b + f(m)/P_b))_B = b_c: \\
& \quad \quad \hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G}(\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) + \mathbf{A}_{\text{arb}}^{b_c}) \\
& \quad \quad \mathbf{A}_{\text{arb}}^{b_c} = 0
\end{aligned}$$

Sau đây quyết định liệu có hay không khối và khối nào sẽ được hiệu chỉnh được đưa ra bởi $((S_b + f(m)/P_b))_B = b_c$, với $b_c = (0, 1, \dots, B-1)$; trong đó S_b là thừa số độ lệch mà xác định thứ tự trong số các hiệu chỉnh bắt đầu, và $f(m)$ là hàm đếm. Hàm đếm có thể được điều khiển hoặc thiết lập lại bởi, ví dụ, đầu ra của bộ phát hiện sự thay đổi đường đi tiếng vọng (echo path change - EPC), xem ví dụ tài liệu tham khảo [11], như được minh họa trên Fig.10, hoặc dựa trên số đo của tín hiệu sai số, ví dụ, sai số toàn phương trung bình đã chuẩn hóa (normalized mean squared error - NMSE). Như đã đề cập, P_b xác định tần số trong đó mỗi khối được hiệu chỉnh. Một số sơ đồ khả thi cho các khoảng hiệu chỉnh, cho $S_b = 0 \forall b$, được miêu tả trên Fig.11.

Fig.9 cung cấp các ví dụ về các sơ đồ hiệu chỉnh CSC.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh 13 được tạo cấu hình để quyết định xem có hay không và tại khối nào trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B mà chuỗi hiệu chỉnh CS được áp dụng dựa trên các sai số lũy tích của các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh 13 bao gồm sơ đồ hiệu chỉnh CSC xác định cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B số lượng chuỗi thích ứng AS sau khi mà chuỗi hiệu chỉnh CS được áp dụng tại phần chia bộ lọc tương ứng 3.1, 3.2, 3.B.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, với mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B, số lượng các chuỗi thích ứng AS mà sau đó chuỗi hiệu chỉnh CS được áp dụng tại phân chia bộ lọc tương ứng 3.1, 3.2, 3.B được rút ngắn lại để đáp ứng với sự thay đổi của tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS mà vượt quá ngưỡng.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, với mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B, số lượng các chuỗi thích ứng AS mà sau đó chuỗi hiệu chỉnh CS được áp dụng tại phân chia bộ lọc tương ứng 3.1, 3.2, 3.B được thích ứng theo động học dựa trên số đo của tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS.

Thứ tự trong đó các khối được hiệu chỉnh có thể được thiết kế linh hoạt, ví dụ, dựa trên năng lượng của chênh lệch lũy tích của mỗi khối, ví dụ, Λ_{arb}^b . Cần phải lưu ý rằng năng lượng của chênh lệch lũy tích của một khối càng lớn, sai số được đưa vào các thành phần tuyến tính càng lớn. Sau đây, độ khuếch đại trong hiệu năng có thể thu được bằng cách hiệu chỉnh đầu tiên các khối FB.1, FB.2, FB.B với các chênh lệch lũy tích cao nhất.

Fig.10 là hình thể hiện nguyên lý của phép toán của phương án thứ hai của môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh dưới dạng sơ đồ khối.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1 bao gồm môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng 14 được tạo cấu hình để thích ứng theo động học độ phức tạp của ma trận ràng buộc tùy ý.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng 14 được tạo cấu hình để thích ứng theo động học độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM phụ thuộc vào số đo của tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng 14 được tạo cấu hình để mở rộng độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM khi đáp ứng sự thay đổi của tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS mà vượt quá ngưỡng.

Cần phải nhấn mạnh rằng với phương pháp được đề xuất không phải quy định về phép tính gần đúng của của sổ ràng buộc cũng như trùng lặp khung, vì chúng có thể được thiết kế tùy ý. Ngoài ra, thậm chí có thể sử dụng các phép tính gần đúng khác nhau của các ma trận ràng buộc và các khoảng cách khung giữa các chuỗi hiệu chỉnh CS cho mỗi khối FB.1, FB.2, FB.B (số lượng các chuỗi thích ứng AS mà sau đó chuỗi hiệu chỉnh CS được áp dụng tại khối bộ lọc tương ứng). Các tham số này có thể được cải biến trực tuyến, phụ thuộc vào, ví dụ, bộ phát hiện sự thay đổi đường đi của tiếng vọng 16 (bộ phát hiện EPC) hoặc số đo của tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS, như ví dụ, sai số toàn phương trung bình đã chuẩn hóa (NMSE) như được mô tả trên Fig.12.

Sáng chế đề xuất tính linh hoạt về gần như tất cả các tham số thiết kế, tức là, ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM, trùng lặp khung, thứ tự của các hiệu chỉnh và khoảng cách khác nhau giữa các hiệu chỉnh cho mỗi khối. Ngoài ra, với trùng lặp khung cố định, tất cả các tham số thiết kế khác có thể được cải biến trực tuyến mà không phải khởi tạo lại thuật toán thích ứng. Điều này cho phép kiểm soát sự cân bằng giữa độ phức tạp thuật toán và tốc độ hội tụ của thiết bị PBFDAF. Tuy nhiên, độ phức tạp thuật toán sẽ phụ thuộc cao vào cả thiết kế của ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM và sơ đồ hiệu chỉnh cho mỗi khối.

Fig.11 cung cấp các ví dụ của các cửa sổ trong miền thời gian và các ma trận ràng buộc tương ứng của chúng trong miền tần số. Fig.11 (a) minh họa ma trận ràng buộc FCM, nhưng ngược lại Fig.11 (b) và Fig.11 (c) mỗi hình minh họa ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc FCM. Các trị số tỷ lệ màu xám tương ứng với các giá trị của các phần tử của ma trận tương ứng.

Fig.12 là hình minh họa dạng sơ đồ phương án thứ nhất của thiết bị triệt tiêu tín hiệu tiếng vọng của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian theo sáng chế. Thiết bị 16 bao gồm thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1, thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1 bao gồm:

bộ lọc thích ứng trong miền tần số 2 được tạo cấu hình để lọc tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian IS phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối FB.1, FB.2, FB.B gồm các hệ số bộ lọc để tạo tín hiệu được lọc FS;

bộ chuyển đổi từ miền tần số sang miền thời gian 8 được tạo cấu hình để chuyển đổi tín hiệu được lọc FS thành tín hiệu tiếng vọng được ước lượng EES biểu diễn phép ước lượng của tín hiệu tiếng vọng ES trong miền thời gian;

môđun trừ 9 để tạo ra tín hiệu đầu ra OS bằng cách trừ tín hiệu tiếng vọng được ước lượng EES khỏi tín hiệu sẽ được xử lý STP chứa tín hiệu tiếng vọng ES;

nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song 3.1, 3.2, 3.B, mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B được tạo cấu hình để cập nhật một trong số các khối FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật US.1, US.2, US.B được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số FDS và tín hiệu điều khiển trong miền tần số FCS bao gồm phép biểu diễn RFS của tín hiệu được lọc FS;

trong đó mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B bao gồm môđun thích ứng 4.1, 4.2, 4.B được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi thích ứng AS (xem Fig.5) bao gồm các bước

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc FCM cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật US.1, US.2, US.B, và

tính toán sai số lũy tích CE.1, CE.2, CE.B được đưa ra trên gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng ACM cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc 3.1, 3.2, 3.B bao gồm môđun hiệu chỉnh 5.1, 5.2, 5.B được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi hiệu chỉnh CS bao gồm các bước

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh CCU.1, CCU.2, CCU.B cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng FB.1, FB.2, FB.B của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc trong miền tần số FCM cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc CU.1, CU.2, CU.B và sai số lũy tích CE.1, CE.2, CE.B.

Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1 của Fig.12 là tương đương với thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia 1 đã thảo luận ở trên. Trong ví dụ của Fig.12, tín hiệu âm vọng SES, mà có thể bao gồm tiếng nói ở đầu xa, được tạo ra bởi loa phát thanh LS mà tín hiệu đầu vào IS được cấp đến. Micrô MI có được tín hiệu âm vọng SES cũng như tín hiệu âm mong muốn SWS, mà có thể bao gồm tiếng nói đầu gần và tạp âm nền, sao cho tín hiệu sẽ được xử lý STP bao gồm tín hiệu tiếng vọng ES dựa trên tín hiệu âm vọng SES và của tín hiệu mong muốn WS dựa trên tín hiệu cũng được mong muốn SWS. Khi tín hiệu tiếng vọng được ước lượng EES được trừ khỏi tín hiệu sẽ được xử lý STP, tín hiệu tiếng vọng ES bị triệt tiêu hiệu quả trong tín hiệu đầu ra OS.

Đối với các thiết bị và các phương pháp của các phương án được mô tả, phần sau đây được đề cập:

Mặc dù một số khía cạnh đã được mô tả trong phạm vi của thiết bị, rõ ràng rằng các khía cạnh này cũng thể hiện phần mô tả của phương pháp tương ứng, trong đó khối hoặc thiết bị tương ứng với bước phương pháp hoặc dấu hiệu của bước phương pháp. Tương tự, các khía cạnh được mô tả trong phạm vi của bước phương pháp cũng biểu diễn phần mô tả của khối hoặc mục hoặc dấu hiệu tương ứng của thiết bị tương ứng.

Phụ thuộc vào các yêu cầu thực hiện nhất định, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện trong phần cứng hoặc trong phần mềm. Việc thực hiện có thể được thực hiện sử dụng vật ghi lưu trữ dạng số, ví dụ, đĩa mềm, DVD, CD, ROM, PROM, EPROM,

EEPROM hoặc bộ nhớ FLASH, có các tín hiệu điều khiển có thể đọc được bằng điện tử được lưu trữ trên đó, mà kết hợp (hoặc có thể kết hợp) với hệ thống máy tính có thể lập trình được sao cho phương pháp tương ứng được thực hiện.

Một số phương án theo sáng chế bao gồm vật mang dữ liệu có các tín hiệu điều khiển có thể đọc được bằng điện tử, mà có khả năng kết hợp với hệ thống máy tính có thể lập trình được, sao cho một trong số các phương pháp được mô tả ở đây được thực hiện.

Nói chung, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện như sản phẩm chương trình máy tính với mã chương trình, mã chương trình có tác dụng để thực hiện một trong số các phương pháp khi sản phẩm chương trình máy tính chạy trên máy tính. Mã chương trình có thể ví dụ được lưu trữ trên vật mang có thể đọc được bằng máy.

Các phương án khác bao gồm chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây, được lưu trữ trên vật mang có thể đọc được bằng máy hoặc vật ghi lưu trữ không chuyển tiếp.

Do đó, nói cách khác, phương án của phương pháp theo sáng chế là chương trình máy tính có mã chương trình để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây, khi chương trình máy tính chạy trên máy tính.

Do đó, phương án khác của các phương pháp theo sáng chế là vật mang dữ liệu (hoặc vật ghi lưu trữ dạng số, hoặc vật ghi có thể đọc được bằng máy tính) gồm có, đã được ghi lại trên đó, chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây.

Do đó, phương án khác của phương pháp theo sáng chế là dòng dữ liệu hoặc chuỗi các tín hiệu biểu diễn chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây. Dòng dữ liệu hoặc dãy các tín hiệu có thể được tạo cấu hình, ví dụ, để được truyền thông qua kết nối truyền thông dữ liệu, ví dụ thông qua Internet.

Phương án khác gồm có phương tiện xử lý, ví dụ máy tính, hoặc thiết bị logic lập trình được, được tạo cấu hình hoặc được làm thích ứng để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây.

Phương án khác bao gồm máy tính có chương trình máy tính được cài đặt trên máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây.

Theo một số phương án, thiết bị logic lập trình được (ví dụ, mảng công lập trình được dạng trường) có thể được sử dụng để thực hiện một số hoặc tất cả các chức năng của các phương pháp được mô tả ở đây. Trong một số phương án, mảng công lập trình được dạng trường có thể kết hợp với bộ vi xử lý để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây. Thông thường, các phương pháp được thực hiện một cách có lợi bởi thiết bị phân cứng bất kỳ.

Trong khi sáng chế này đã được mô tả dưới dạng một vài phương án, có các phép biến đổi, phép hoán vị và tương đương nằm trong phạm vi của sáng chế này. Cũng nên được lưu ý rằng có nhiều cách thay thế để thực hiện các phương pháp và các thành phần của sáng chế. Do đó các tác giả sáng chế dự định rằng các yêu cầu bảo hộ được đi kèm sau đây được hiểu là bao gồm tất cả các thay đổi, biến thể và tương đương như vậy đều nằm trong phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia bao gồm:

bộ lọc thích ứng trong miền tần số (2) được tạo cấu hình để lọc phép biểu diễn trong miền tần số (FDS) của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian (IS) phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc để tạo ra tín hiệu được lọc (FS);

nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song (3.1, 3.2, 3.B), mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) được tạo cấu hình để cập nhật một trong số các khối (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật (US.1, US.2, US.B) được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối (BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B) của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số (FDS) và tín hiệu điều khiển trong miền tần số (FCS) bao gồm phép biểu diễn (RFS) của tín hiệu được lọc (FS);

trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) bao gồm môđun thích ứng (4.1, 4.2, 4.B) được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi thích ứng (AS) bao gồm các bước:

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc (CU.1, CU.2, CU.B) cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc (FCM) cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật (US.1, US.2, US.B), và

tính toán sai số lũy tích (CE.1, CE.2, CE.B) được đưa ra trên bản cập nhật gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

trong đó mỗi khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) bao gồm môđun hiệu chỉnh (5.1, 5.2, 5.B) được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi hiệu chỉnh (CS) bao gồm các bước:

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh (CCU.1, CCU.2, CCU.B) cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc (FCM) cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc (CU.1, CU.2, CU.B) và sai số lũy tích (CE.1, CE.2, CE.B).

2. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo điểm nêu trên, trong đó thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia (1) bao gồm môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh (13) được tạo cấu hình để quyết định xem có hay không và tại khối nào trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) mà chuỗi hiệu chỉnh (CS) được áp dụng sau khi thực hiện chuỗi thích ứng (AS).

3. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo điểm nêu trên, trong đó môđun kiểm soát chuỗi hiệu chỉnh (13) được tạo cấu hình để quyết định xem có hay không và tại khối nào trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) mà chuỗi hiệu chỉnh (CS) được áp dụng dựa trên các sai số lũy tích của các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B).

4. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo điểm 2 hoặc điểm 3, trong đó môđun điều khiển chuỗi hiệu chỉnh (13) bao gồm sơ đồ hiệu chỉnh (CSC) xác định cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) số lượng chuỗi thích ứng (AS) sau khi mà chuỗi hiệu chỉnh (CS) được áp dụng tại phần chia bộ lọc tương ứng (3.1, 3.2, 3.B).

5. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo điểm nêu trên, trong đó với mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B), số lượng các chuỗi thích ứng (AS) mà sau đó chuỗi hiệu chỉnh (CS) được áp dụng tại khối bộ lọc tương ứng

(3.1, 3.2, 3.B) được rút ngắn lại để đáp ứng với sự thay đổi của tín hiệu kiểm soát trong miền tần số (FCS) mà vượt quá ngưỡng.

6. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo điểm 4 hoặc điểm 5, trong đó với mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B), số lượng các chuỗi thích ứng (AS) mà sau đó chuỗi hiệu chỉnh (CS) được áp dụng tại khối bộ lọc tương ứng (3.1, 3.2, 3.B) được thích ứng theo động học dựa trên số đo của tín hiệu kiểm soát trong miền tần số (FCS).

7. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo một điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia (1) bao gồm môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng (14) được tạo cấu hình để thích ứng theo động học độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng.

8. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo điểm nêu trên, trong đó môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng (14) được tạo cấu hình để thích ứng theo động học độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) phụ thuộc vào số đo của tín hiệu kiểm soát trong miền tần số (FCS).

9. Thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia theo điểm 7 hoặc điểm 8, trong đó môđun cập nhật ma trận ràng buộc được tính gần đúng (14) được tạo cấu hình để mở rộng độ phức tạp của ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) để đáp ứng với sự thay đổi của tín hiệu kiểm soát trong miền tần số (FCS) mà vượt quá ngưỡng.

10. Thiết bị triệt tiêu tín hiệu tiếng vọng (ES) của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian (IS), thiết bị (16) bao gồm thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia (1), thiết bị lọc thích ứng trong miền tần số có khối được phân chia (1) bao gồm:

bộ lọc thích ứng trong miền tần số (2) được tạo cấu hình để lọc phép biểu diễn trong miền tần số (FDS) của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian (IS) phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc để tạo ra tín hiệu được lọc (FS);

bộ chuyển đổi từ miền tần số sang miền thời gian (8) được tạo cấu hình để chuyển đổi tín hiệu được lọc (FS) thành tín hiệu tiếng vọng được ước lượng (EES) biểu diễn phép ước lượng của tín hiệu tiếng vọng (ES) trong miền thời gian;

môđun trừ (9) để tạo ra tín hiệu đầu ra (OS) bằng cách trừ tín hiệu tiếng vọng được ước lượng (EES) khỏi tín hiệu sẽ được xử lý (STP) chứa tín hiệu tiếng vọng (ES);

nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song (3.1, 3.2, 3.B), mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) được tạo cấu hình để cập nhật một trong số các khối (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật (US.1, US.2, US.B) được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối (BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B) của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số (FDS) và tín hiệu kiểm soát trong miền tần số (FCS) bao gồm phép biểu diễn của tín hiệu được lọc (FS);

trong đó mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) bao gồm môđun thích ứng (4.1, 4.2, 4.B) được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi thích ứng (AS) bao gồm các bước;

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc (CU.1, CU.2, CU.B) cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc (FCM) cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng gồm các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật (US.1, US.2, US.B), và

tính toán sai số lũy tích (CE.1, CE.2, CE.B) được đưa ra trên gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

trong đó mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) bao gồm môđun hiệu chỉnh (5.1, 5.2, 5.B) được tạo cấu hình để thực hiện chuỗi hiệu chỉnh (CS) bao gồm các bước:

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh (CCU.1, CCU.2, CCU.B) cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc (FCM) cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc (CU.1, CU.2, CU.B) và sai số lũy tích (CE.1, CE.2, CE.B).

11. Phương pháp lọc thích ứng bao gồm các bước:

sử dụng bộ lọc thích ứng trong miền tần số (2) để lọc phép biểu diễn trong miền tần số (FDS) của tín hiệu đầu vào trong miền thời gian phụ thuộc vào tập hợp gồm các hệ số bộ lọc chứa nhiều khối (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc để tạo ra tín hiệu được lọc (FS);

sử dụng mỗi khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) của nhiều khối cập nhật bộ lọc được sắp xếp song song (3.1, 3.2, 3.B) để cập nhật một trong số các khối (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc dựa trên tín hiệu cập nhật (US.1, US.2, US.B) được lấy lại bởi phép hiệu chỉnh tuần hoàn của khối (BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B) của tín hiệu biểu diễn trong miền tần số (FDS) và tín hiệu điều khiển trong miền tần số (FCS) bao gồm phép biểu diễn (RFS) của tín hiệu được lọc (FS);

thực hiện chuỗi thích ứng (AS) cho mỗi khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) bằng cách sử dụng môđun thích ứng (4.1, 4.2, 4.B) của khối cập nhật bộ lọc tương ứng (3.1, 3.2, 3.B), chuỗi thích ứng (AS) bao gồm các bước:

tính toán phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc (CU.1, CU.2, CU.B) cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) có độ phức tạp ít hơn so với ma trận ràng buộc (FCM) cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng của các hệ số bộ lọc, trong đó bản cập nhật gradient không bị ràng buộc được suy ra từ tín hiệu cập nhật (US.1, US.2, US.B), và

tính toán sai số lũy tích (CE.1, CE.2, CE.B) được đưa ra trên gradient không bị ràng buộc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc được tính gần đúng (ACM) cho bản cập nhật gradient không bị ràng buộc;

thực hiện chuỗi hiệu chỉnh (CS) cho mỗi khối trong số các khối cập nhật bộ lọc (3.1, 3.2, 3.B) bằng cách sử dụng môđun hiệu chỉnh (5.1, 5.2, 5.B) của khối cập nhật bộ lọc tương ứng (3.1, 3.2, 3.B), chuỗi hiệu chỉnh (CS) bao gồm các bước:

tính toán bản cập nhật gradient bị ràng buộc được hiệu chỉnh (CCU.1, CCU.2, CCU.B) cho các hệ số bộ lọc của khối tương ứng (FB.1, FB.2, FB.B) của các hệ số bộ lọc bằng cách áp dụng ma trận ràng buộc trong miền tần số (FCM) cho tổng của phép tính gần đúng của bản cập nhật gradient bị ràng buộc (CU.1, CU.2, CU.B) và sai số lũy tích (CE.1, CE.2, CE.B).

12. Vật ghi có thể đọc được bằng máy tính bao gồm chương trình máy tính để lọc thích ứng, thực hiện phương pháp theo điểm nêu trên khi chạy trên bộ xử lý.

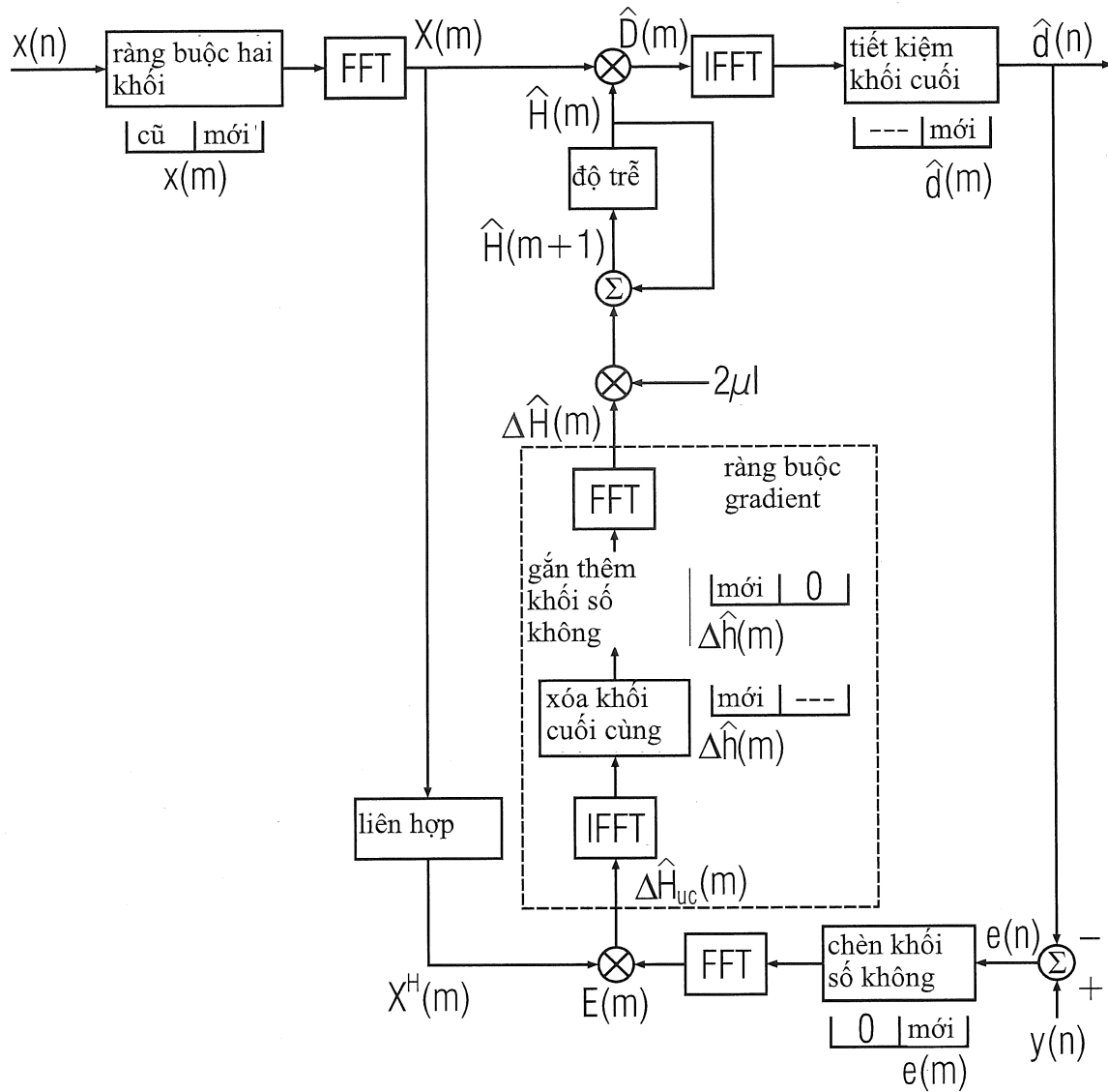


FIG 1

(Tình trạng kỹ thuật)

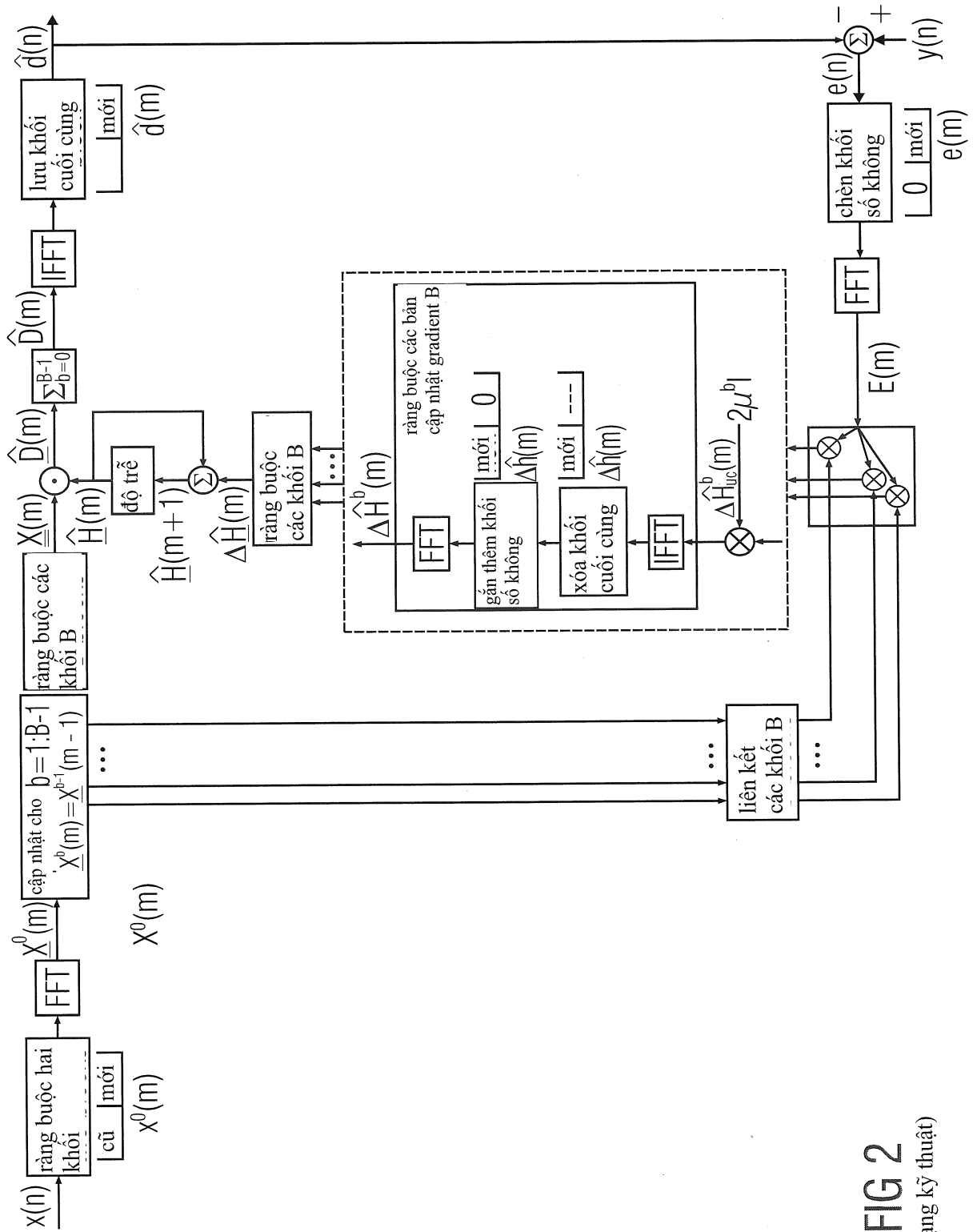


FIG 2

(Tình trạng kỹ thuật)

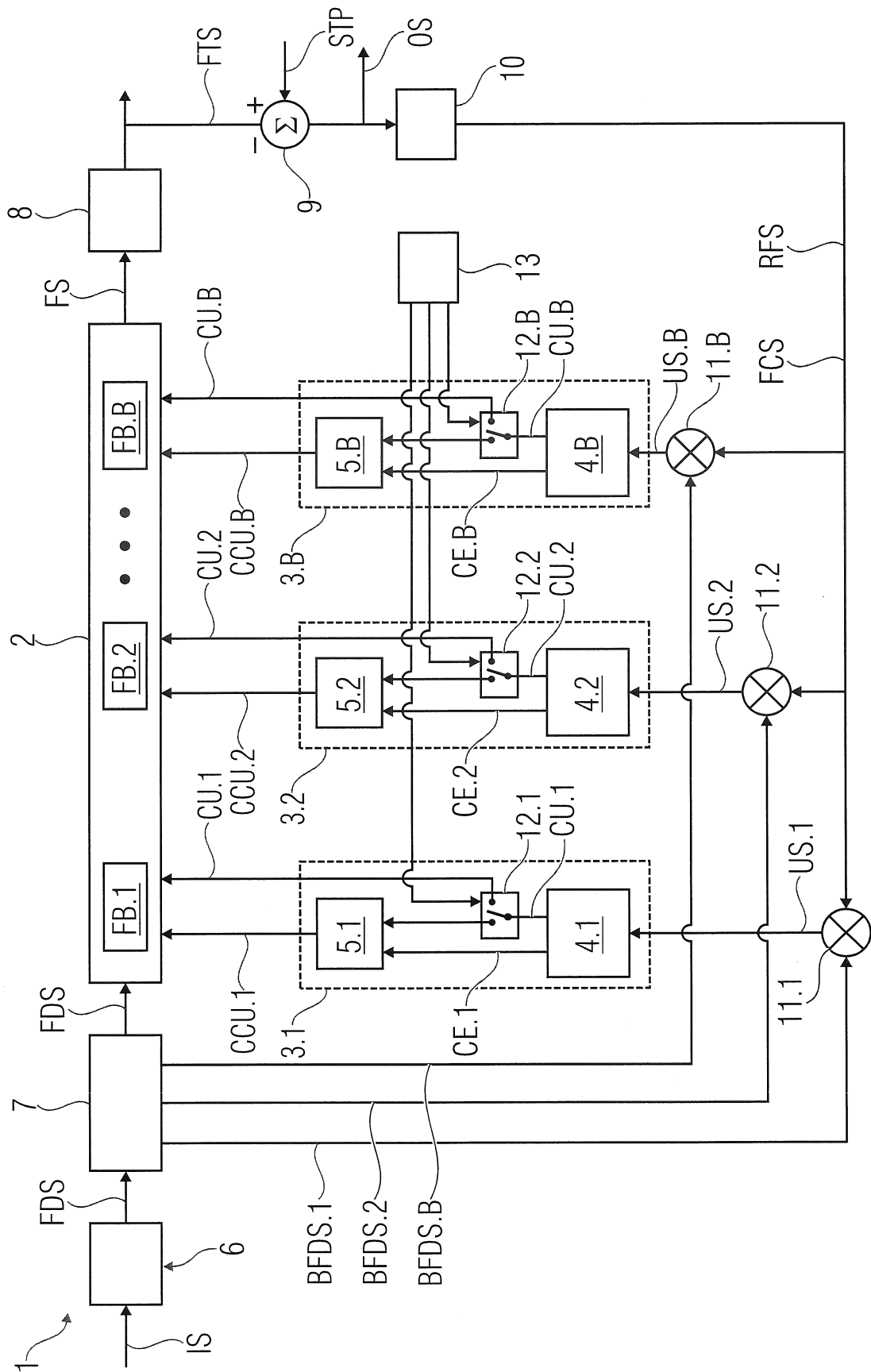


FIG 3

4/13

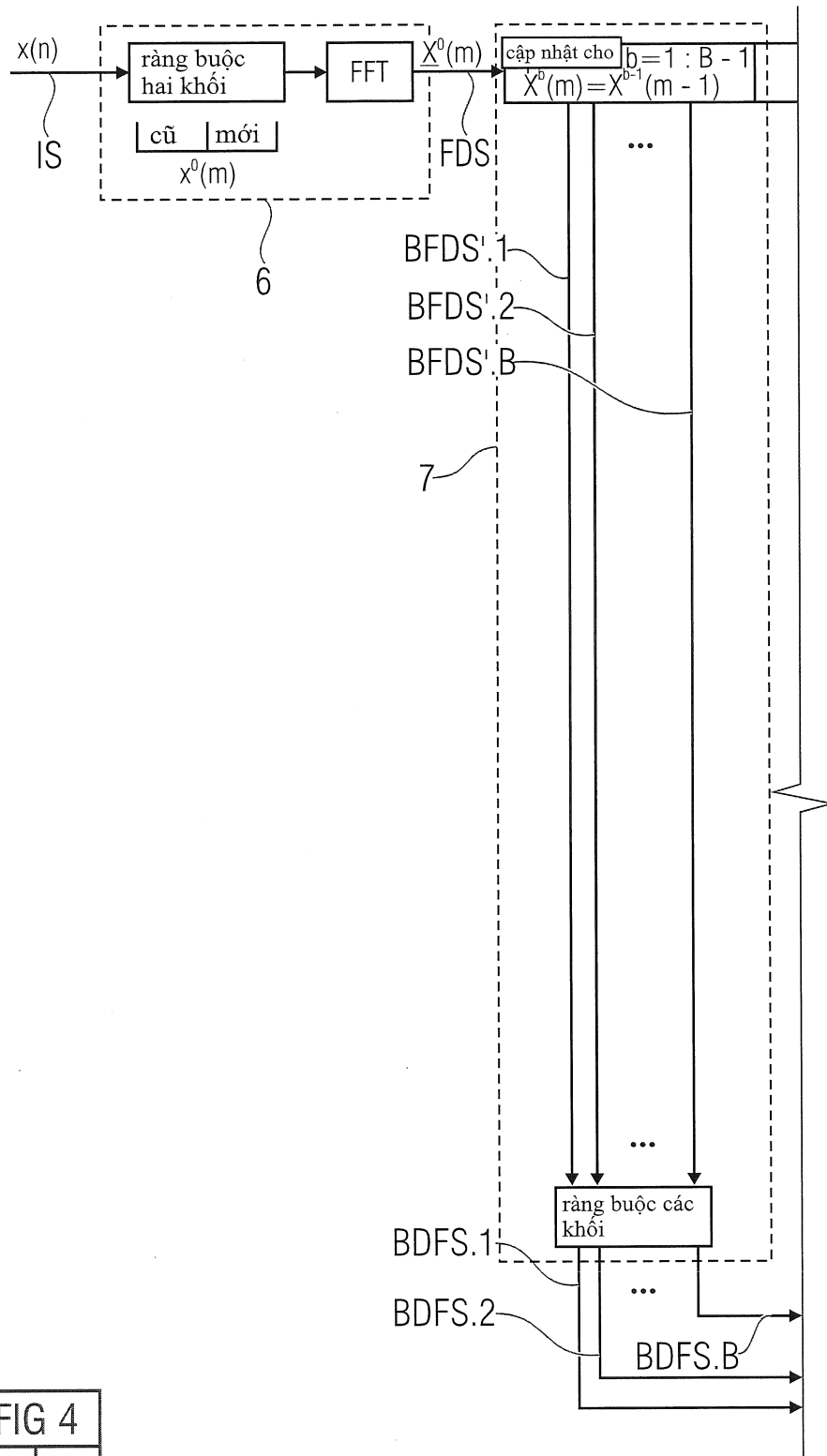


FIG 4	
FIG 4A	FIG 4B

FIG 4A



-42-

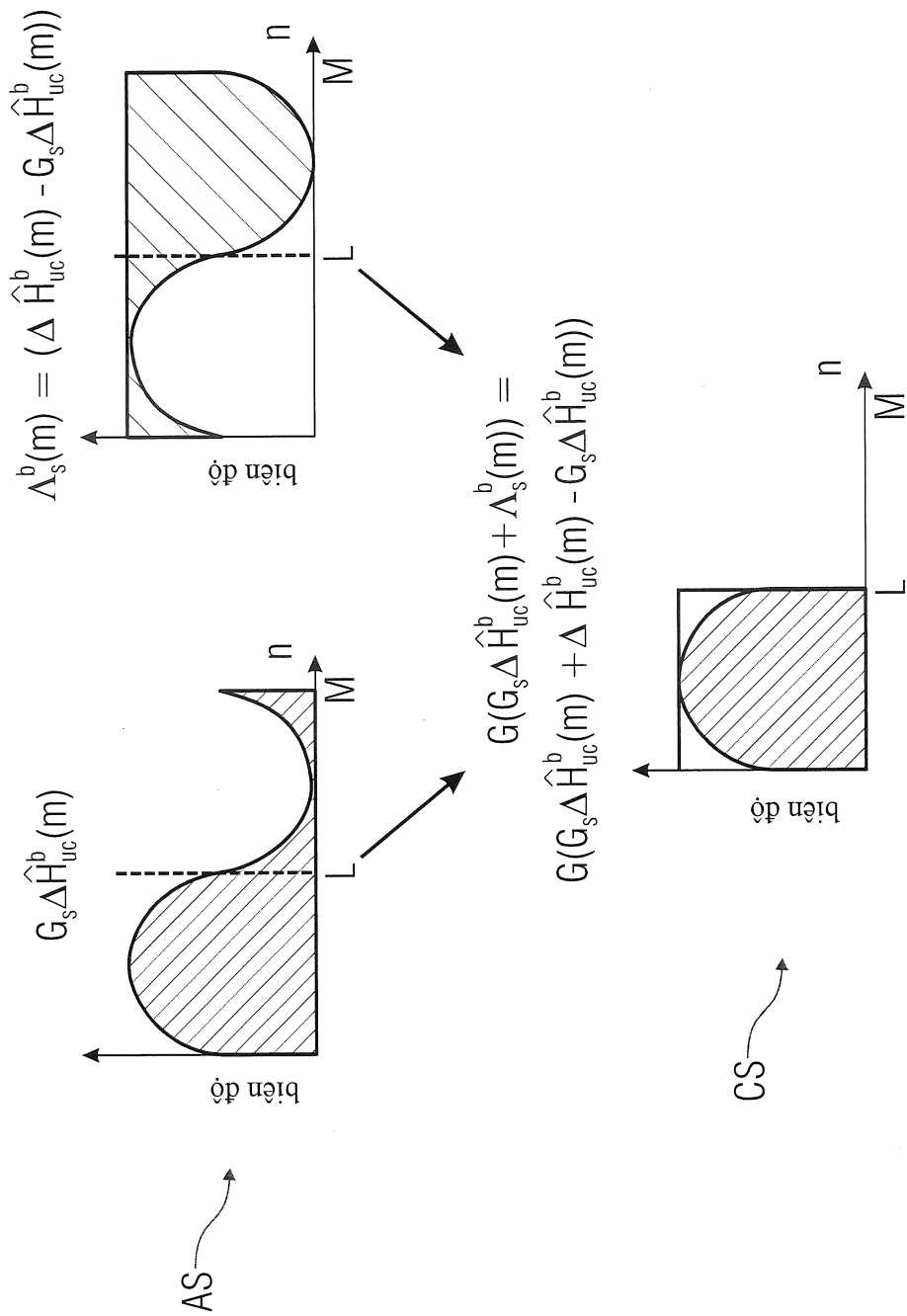


FIG 5

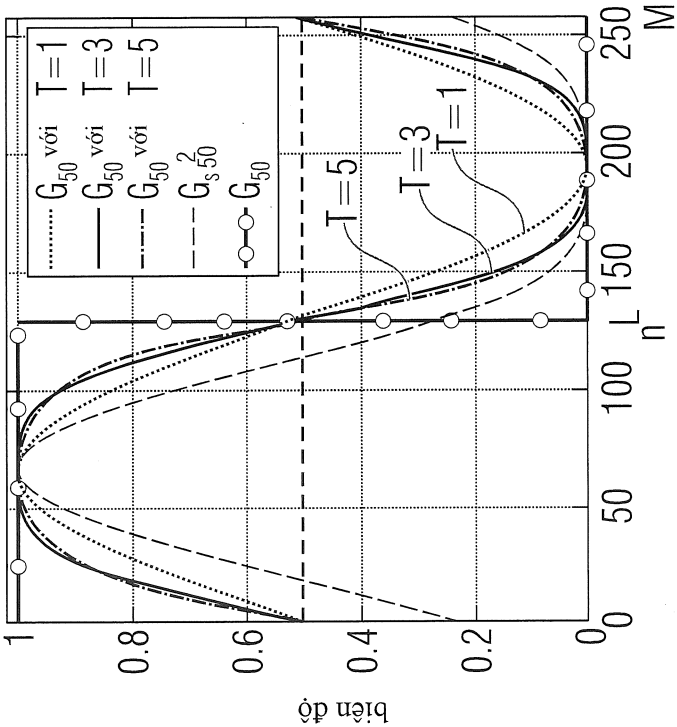


FIG 6B

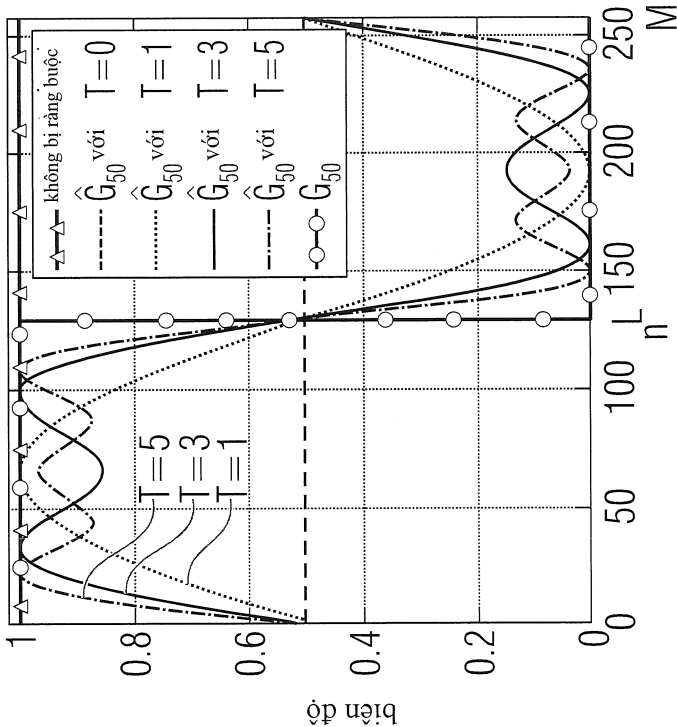


FIG 6A

8/13

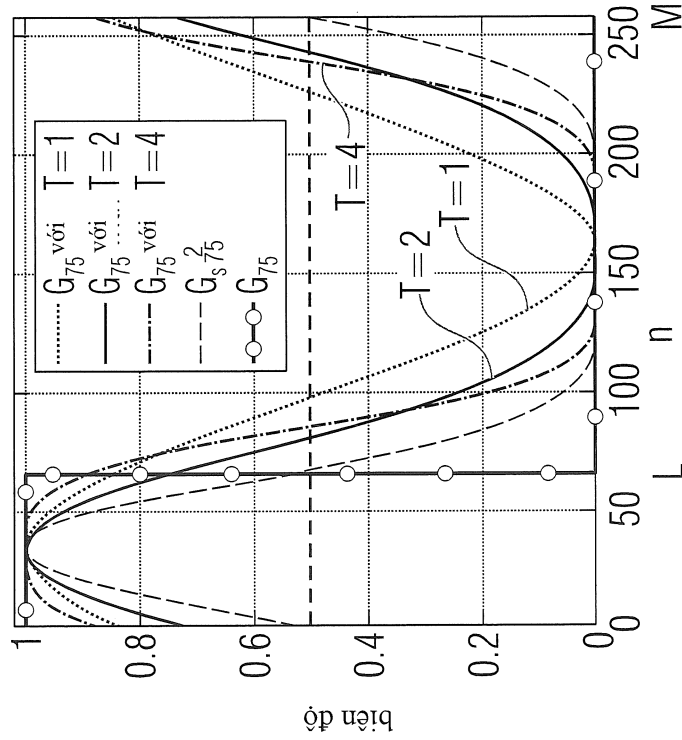


FIG 7B

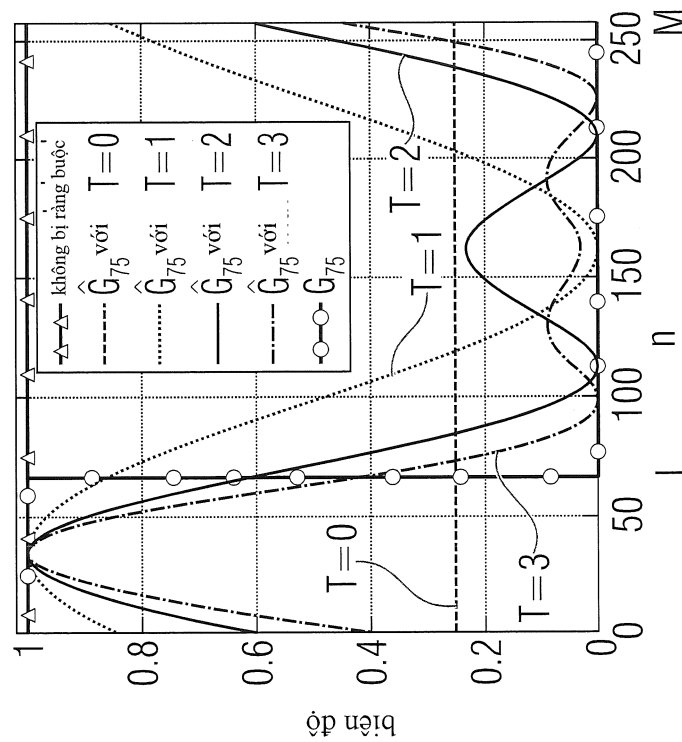


FIG 7A

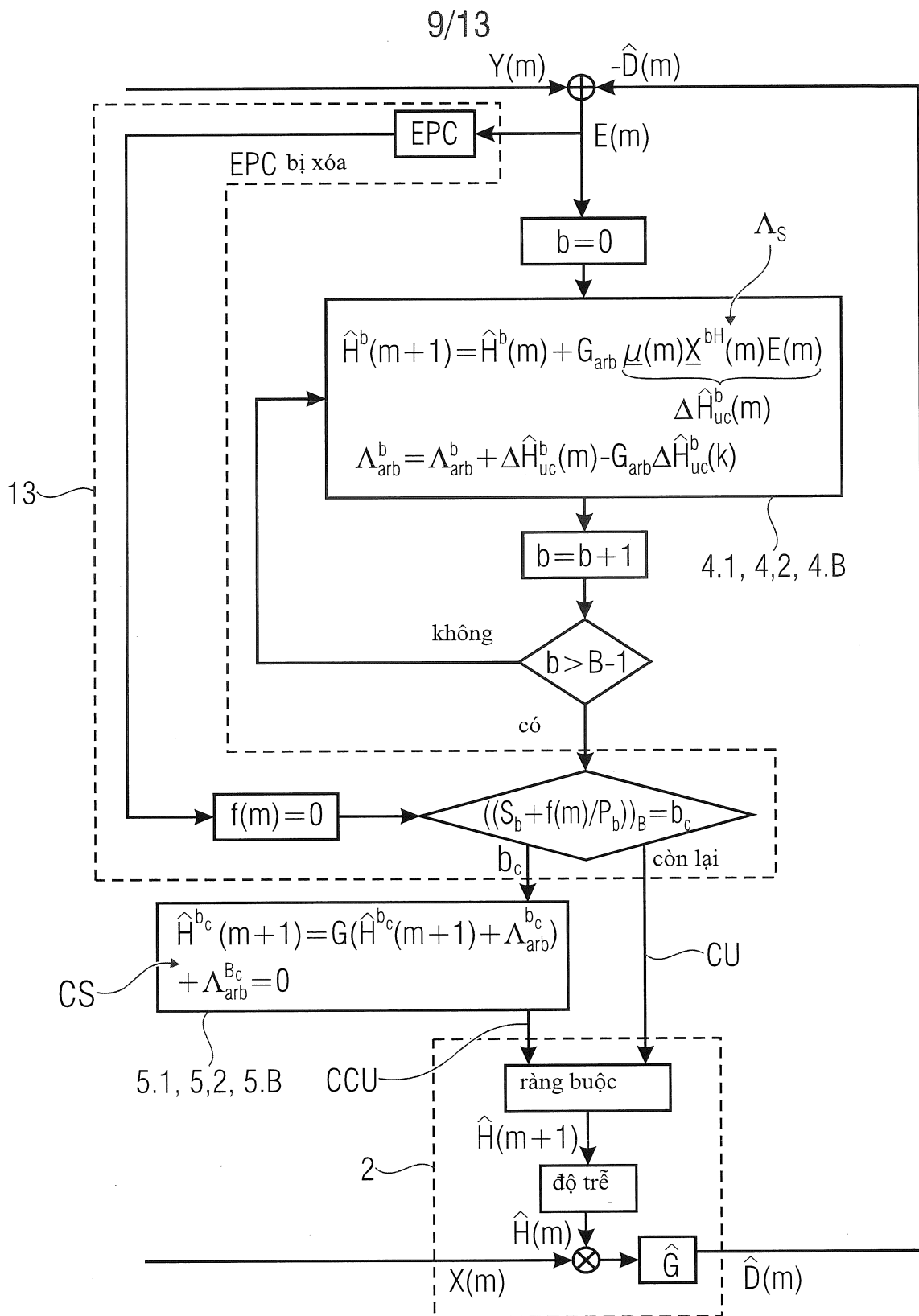


FIG 8

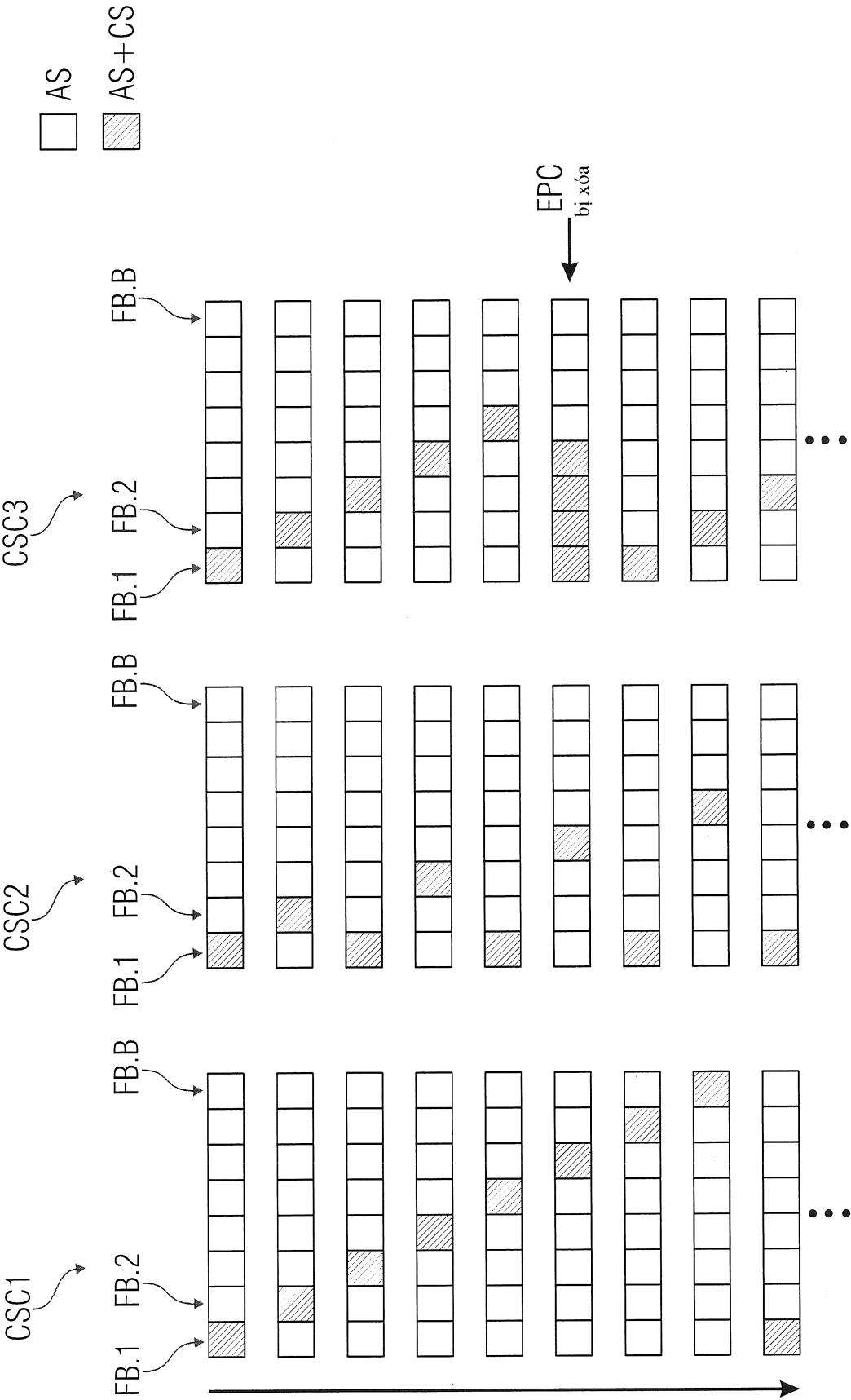


FIG 9

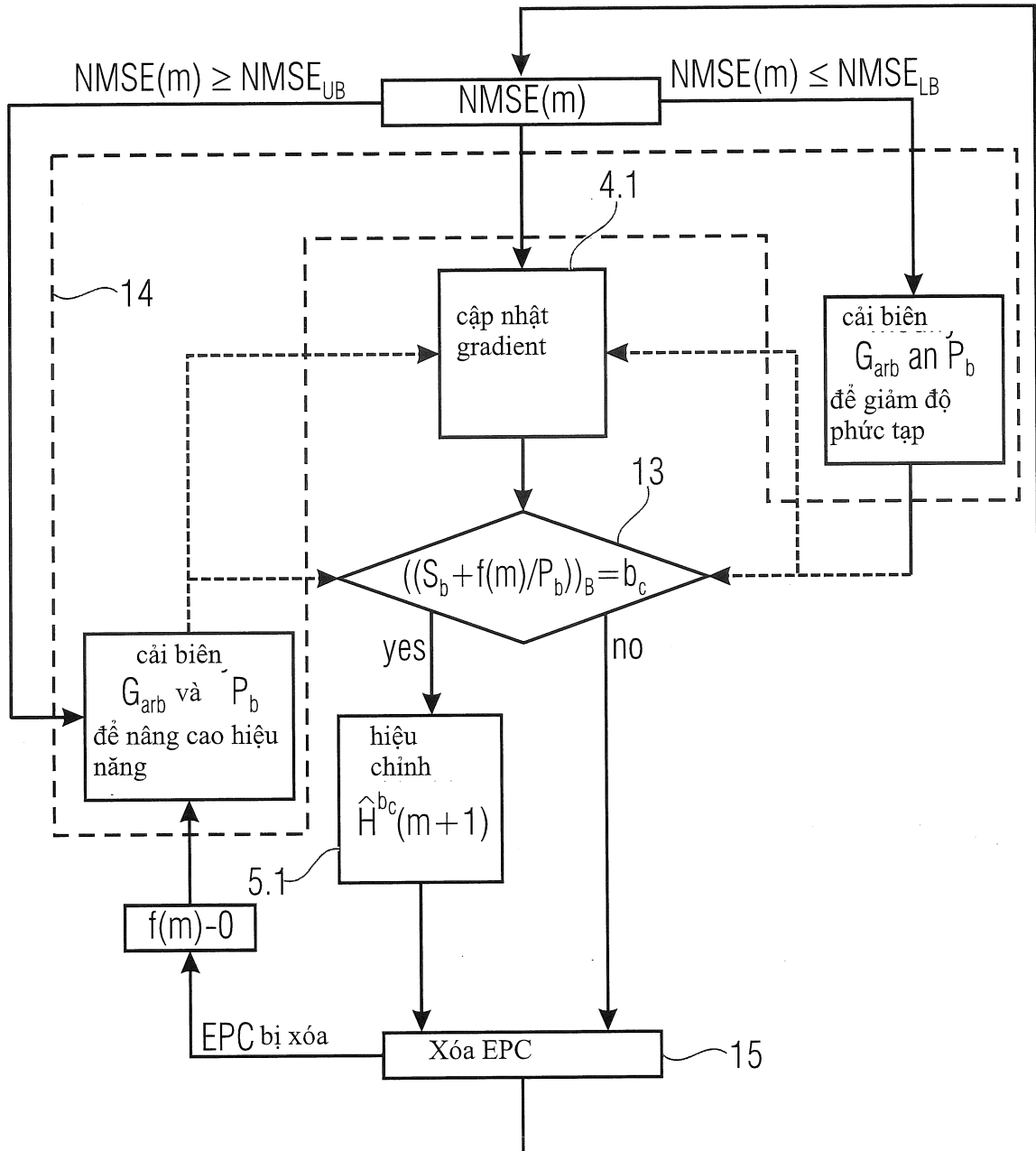


FIG 10

12/13

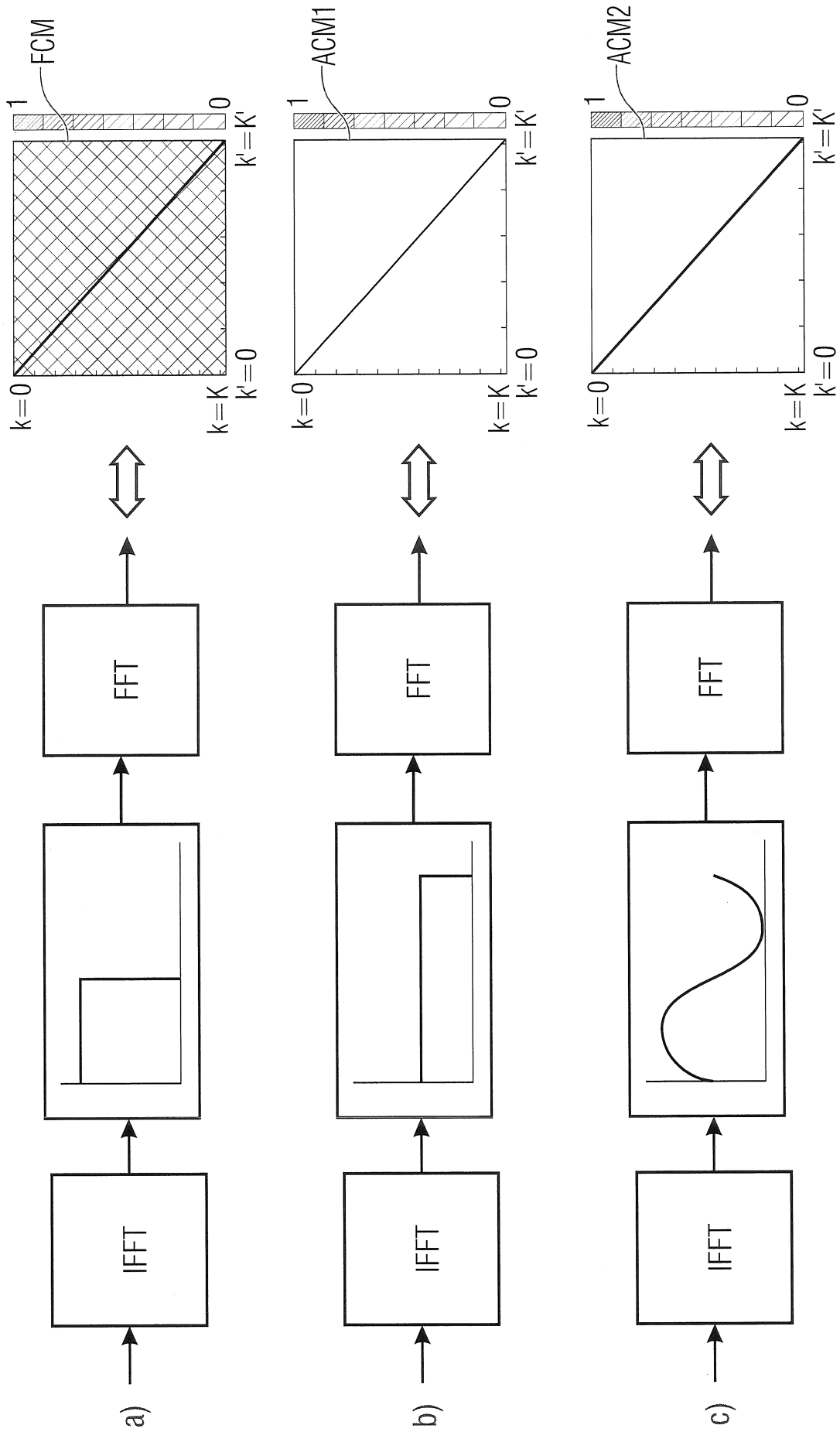


FIG 11

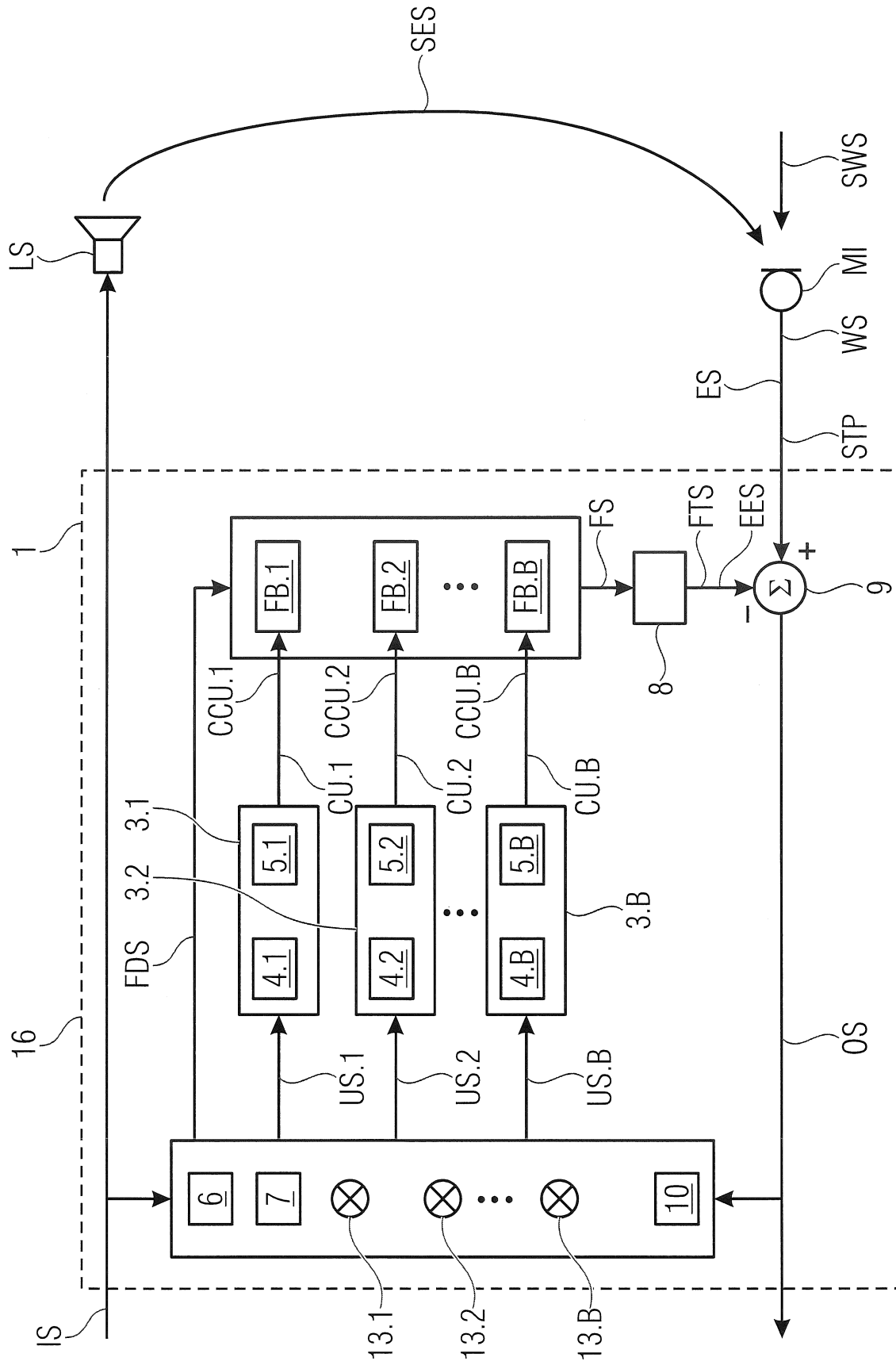


FIG 12