



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
(51)^{2020.01} **G10L 25/90; G10L 19/22; G10L 25/06; G10L 19/005; G10L 19/26** (13) **B**



1-0042488

-
- (21) 1-2020-03175 (22) 05/11/2018
(86) PCT/EP2018/080195 05/11/2018 (87) WO 2019/091922 A1 16/05/2019
(30) 17201091.0 10/11/2017 EP
(45) 27/01/2025 442 (43) 25/08/2020 389
(73) Fraunhofer-Gesellschaft zur Foerderung der angewandten Forschung e. V. (DE)
Hansastraße 27c, 80686 Muenchen, Germany
(72) RAVELLI, Emmanuel (FR); DIETZ, Martin (DE); SCHNABEL, Michael (DE);
TRITTHART, Arthur (AT); TSCHEKALINSKI, Alexander (DE).
(74) CÔNG TY LUẬT TRÁCH NHIỆM HỮU HẠN AMBYS HÀ NỘI (AMBYS
HANOI)
-

- (54) THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP MÃ HÓA TÍN HIỆU THÔNG TIN, HỆ THỐNG
MÃ HÓA VÀ GIẢI MÃ, PHƯƠNG PHÁP MÃ HÓA DÒNG BIT

(21) 1-2020-03175

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị và phương pháp mã hóa tín hiệu thông tin, hệ thống mã hóa và giải mã, phương pháp mã hóa dòng bit. Thiết bị (10, 60a, 110) để mã hóa tín hiệu thông tin bao gồm nhiều khung. Thiết bị có thể bao gồm bộ ước lượng thứ nhất (11) được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ nhất (14, T_1), ước lượng thứ nhất là ước lượng của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời (13). Thiết bị có thể bao gồm bộ ước lượng thứ hai (12) được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ hai (16, T_2), ước lượng thứ hai là ước lượng khác của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời (13). Bộ lựa chọn (17) có thể được tạo cấu hình để chọn (S103) giá trị được lựa chọn (19, T_{best}) bằng cách thực hiện phép lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất (14, T_1) và ước lượng thứ hai (16, T_2) trên cơ sở các số đo tương quan thứ nhất và thứ hai (23, 25). Bộ ước lượng thứ hai (12) có thể được tạo điều kiện bởi độ trễ tần số cơ bản (51, 19") được lựa chọn tại khung trước để thu được ước lượng thứ hai (16, T_2) cho khung hiện thời (13). Bộ lựa chọn (17) có thể được tạo cấu hình để thực hiện phép so sánh giữa: phiên bản được giảm tỉ lệ (24) của số đo tương quan thứ nhất (23) được kết hợp với khung hiện thời (13) và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ nhất (14, T_1); và số đo tương quan thứ hai (25) được kết hợp với khung hiện thời (13) và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai (16, T_2). Theo đó, có khả năng lựa chọn ước lượng thứ nhất (14, T_1) khi ước lượng tương quan thứ hai (25) nhỏ hơn phiên bản được giảm tỉ lệ (24) của số đo tương quan thứ nhất (23), và/hoặc lựa chọn ước lượng thứ hai (16, T_2) khi số đo tương quan thứ hai (25) lớn hơn phiên bản được giảm tỉ lệ (24) của ước lượng tương quan thứ nhất (23). Ít nhất một trong số các số đo tương quan thứ nhất và thứ hai (23, 25) có thể là số đo tự tương quan và/hoặc số đo tự tương quan được chuẩn hóa.

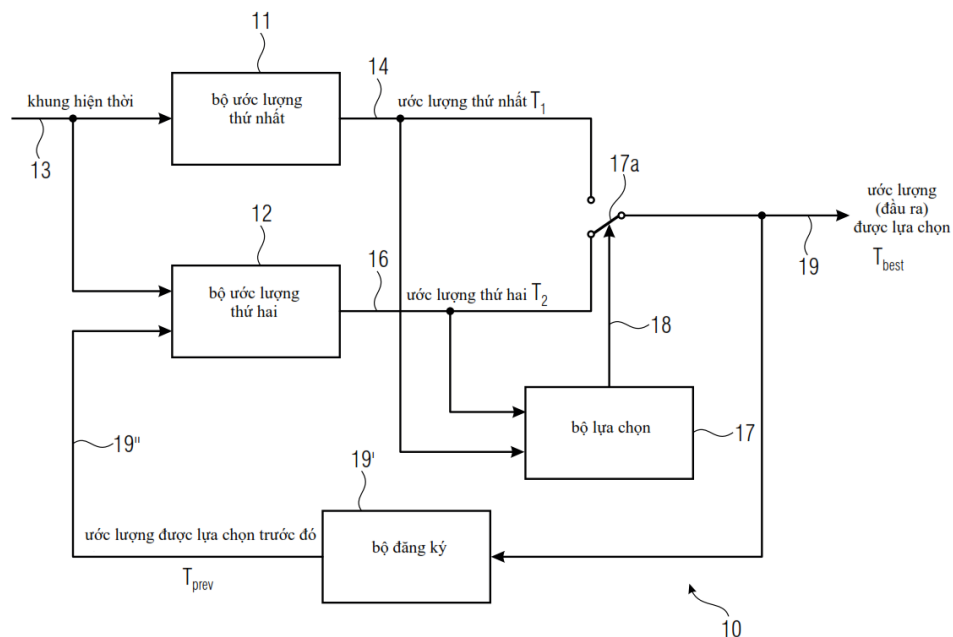


Fig. 1a

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Các ví dụ của các phương pháp và thiết bị ở đây được đề xuất, có khả năng thực hiện quy trình phát hiện tần số cơ bản có độ phức tạp, ví dụ, để mã hóa lọc sau dài hạn, (long term postfiltering, LTPF).

Ví dụ, các ví dụ có thể lựa chọn độ trễ tần số cơ bản cho tín hiệu thông tin, ví dụ, tín hiệu âm thanh, ví dụ, để thực hiện LTPF.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các bộ mã hóa-giải mã âm thanh dựa trên biến đổi nói chung đưa vào nhiều âm liên sóng hài khi xử lý các tín hiệu âm thanh sóng hài, cụ thể là tại độ trễ thấp và tốc độ bit thấp. Nhiều âm liên sóng hài này thường được nhận biết như thành phần lạ rất khó chịu, việc giảm đáng kể hiệu suất của bộ mã hóa-giải mã âm thanh trên cơ sở biến đổi khi được ước lượng một cách chủ quan trên vật liệu âm thanh có âm cao.

Lọc sau dài hạn (long term postfiltering - LTPF) là công cụ để mã hóa âm thanh trên cơ sở biến đổi trợ giúp khi giảm nhiều liên sóng hài này. Điều này phụ thuộc vào bộ lọc sau mà được sử dụng trên tín hiệu miền thời gian sau khi giải mã biến đổi. Bộ lọc sau này về cơ bản là bộ lọc đáp ứng xung vô hạn (infinite impulse response - IIR) với đáp ứng tần số tương tự rằng lọc được điều khiển bởi hai tham số; độ trễ tần số cơ bản và độ khuếch đại.

Để khả năng hoạt động tốt hơn, các tham số bộ lọc sau (độ trễ tần số cơ bản và/hoặc độ khuếch đại) được ước lượng tại phía bộ mã hóa và được mã hóa trong dòng bit khi độ khuếch đại không bằng 0. Trường hợp độ khuếch đại bằng 0 được tạo tín hiệu với một bit và tương ứng với bộ lọc sau vô hiệu hóa, được sử dụng khi tín hiệu không chứa phần sóng hài.

LTPF được đưa vào đầu tiên trong tiêu chuẩn EVS 3GPP [1] và sau đó được tích hợp với tiêu chuẩn âm thanh 3D MPEG-H [2]. Các bằng sáng chế tương ứng là [3] và [4].

Thuật toán phát hiện tần số cơ bản ước lượng một độ trễ tần số cơ bản mỗi khung. Thường điều này được thực hiện tại tốc độ lấy mẫu thấp (ví dụ, 6,4kHz) để giảm độ phức. Nên đề xuất một cách lý tưởng sự ước lượng chính xác, ổn định, và liên tục.

Khi được sử dụng để mã hóa LTPF, điều quan trọng là có đường viền tần số cơ bản liên tục, nếu không một số thành phần lạ không ổn định có thể nghe thấy trong tín hiệu đầu ra được lọc LTPF. Không có tần số cơ bản đúng F_0 (ví dụ, bằng cách có bội số của nó) là kém quan trọng, vì điều này không dẫn đến thành phần lạ xấu nhưng thay vào đó dẫn đến sự suy giảm nhẹ hiệu quả LTPF.

Đặc điểm quan trọng khác của thuật toán phát hiện tần số cơ bản là độ phức về tính toán. Khi được thực thi trong bộ mã hóa-giải mã âm thanh, các thiết bị năng lượng thấp đích hoặc thậm chí các thiết bị năng lượng siêu thấp, độ phức tính toán của nó nên càng thấp càng tốt.

Có ví dụ của bộ mã hóa LTPF mà có thể được tìm thấy trong miền công cộng. Điều này được mô tả trong tiêu chuẩn EVS 3GPP [1]. Sự thực thi này đang sử dụng thuật toán phát hiện tần số cơ bản được mô tả trong phần 5.1.10 của thông số kỹ thuật tiêu chuẩn. Thuật toán phát hiện tần số cơ bản này có hiệu suất cao và làm việc tốt với LTPF vì thuật toán này mang lại đường viền tần số cơ bản liên tục và ổn định. Tuy nhiên, hạn chế chính của thuật toán này là độ phức tương đối cao.

Thậm chí chúng chưa từng được sử dụng để mã hóa LTPF, những thuật toán phát hiện tần số cơ bản hiện có khác có thể theo lý thuyết được sử dụng cho LTPF. Một ví dụ là YIN [6], thuật toán phát hiện tần số cơ bản thường được nhận biết như một trong số thuật toán chính xác nhất. Tuy nhiên, YIN rất phức tạp, thậm chí phức tạp đáng kể so với thuật toán trong tài liệu [1].

Ví dụ khác đáng được nhắc đến là thuật toán phát hiện tần số cơ bản được sử dụng trong tiêu chuẩn AMR-WB 3GPP [7], mà có độ phức thấp hơn đáng kể so với thuật toán trong tài liệu [1], nhưng cũng là thành quả tệ, thuật toán cụ thể đưa ra đường viền tần số cơ bản ổn định và liên tục thấp.

Tài liệu tham khảo

- [1] 3GPP TS 26.445; Codec for Enhanced Voice Services (EVS); Detailed algorithmic description.
- [2] ISO/IEC 23008-3:2015; Information technology -- High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments -- Part 3: 3D audio.
- [3] Ravelli et al. "Apparatus and method for processing an audio signal using a harmonic post-filter." U.S. Patent Application No. 2017/0140769 A1. 18 May. 2017.
- [4] Markovic et al. "Harmonicity-dependent controlling of a harmonic filter tool." U.S. Patent Application No. 2017/0133029 A1. 11 May. 2017.
- [5] ITU-T G.718 : Frame error robust narrow-band and wideband embedded variable bit-rate coding of speech and audio from 8-32 kbit/s.
- [6] De Cheveigné, Alain, and Hideki Kawahara. "YIN, a fundamental frequency estimator for speech and music." The Journal of the Acoustical Society of America 111.4 (2002): 1917-1930.
- [7] 3GPP TS 26.190; Speech codec speech processing functions; Adaptive Multi-Rate - Wideband (AMR-WB) speech codec; Transcoding functions.

Tuy nhiên, có một số trường hợp, mà ước lượng độ trễ tần số cơ bản nên được cải thiện.

Các thuật toán phát hiện tần số cơ bản độ phức tạp hiện thời (như thuật toán trong tài liệu [7] có hiệu năng không thỏa mãn LTPF, cụ thể đối với các tín hiệu phức, như âm nhạc phức điệu. Đường viền tần số cơ bản có thể không ổn định, thậm chí trong suốt các âm tĩnh. Điều này có thể do cực đại cục bộ của hàm tự hiệu chỉnh được gán trọng số.

Do đó, có nhu cầu thu được các ước lượng độ trễ tần số cơ bản mà tốt hơn thích ứng với các tín hiệu phức, có độ phức giống hoặc thấp hơn so với tình trạng kỹ thuật.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất thiết bị mã hóa tín hiệu thông tin bao gồm nhiều khung, thiết bị bao gồm:

bộ ước lượng thứ nhất được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ nhất, ước lượng thứ nhất là ước lượng của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời;

bộ ước lượng thứ hai được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ hai, ước lượng thứ hai là ước lượng khác của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời,

bộ lựa chọn được tạo cấu hình để chọn giá trị được lựa chọn bằng cách thực hiện phép lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất và ước lượng thứ hai trên cơ sở các số đo tương quan thứ nhất và thứ hai,

trong đó bộ ước lượng thứ hai được tạo điều kiện bởi độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn tại khung trước để thu được ước lượng thứ hai cho khung hiện thời,

đặc trưng ở điểm bộ lựa chọn được tạo cấu hình để:

thực hiện phép so sánh giữa:

phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất được kết hợp với khung hiện thời và được thu tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ nhất; và

số đo tương quan thứ hai được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai,

để lựa chọn ước lượng thứ nhất khi số đo tương quan thứ hai nhỏ hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất, và/hoặc

để lựa chọn ước lượng khi số đo tương quan thứ hai lớn hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất,

trong đó ít nhất một trong số số đo tương quan thứ nhất và thứ hai là số đo tự tương quan và/hoặc số đo tự tương quan được chuẩn hóa.

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất thiết bị mã hóa tín hiệu thông tin bao gồm nhiều khung thành dòng bit, thiết bị bao gồm:

bộ phân phát hiện bao gồm:

bộ ước lượng thứ nhất được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ nhất, ước lượng thứ nhất là ước lượng của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời;

bộ ước lượng thứ hai được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ hai, ước lượng thứ hai là ước lượng độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời, trong đó ước lượng thứ hai được tạo điều kiện bởi độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn tại khung trước để thu được ước lượng thứ hai cho khung hiện thời;

bộ lựa chọn được tạo cấu hình để chọn giá trị được lựa chọn bằng cách thực hiện phép lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất và ước lượng thứ hai trên cơ sở ít nhất một số đo tương quan, trong đó bộ lựa chọn được tạo cấu hình để thực hiện phép so sánh giữa:

số đo tương quan thứ hai được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai; và

ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản,

để lựa chọn ước lượng thứ hai khi số đo tương quan thứ hai lớn hơn ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản; và/hoặc

để lựa chọn ước lượng thứ nhất khi số đo tương quan thứ hai nhỏ hơn ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản; và

công cụ lọc sau dài hạn (long-term post filtering - LTPF) được tạo cấu hình để mã hóa dữ liệu có ích để thực hiện LTPF tại bộ giải mã, dữ liệu có ích để thực hiện LTPF bao gồm giá trị được lựa chọn.

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất thiết bị mã hóa tín hiệu thông tin bao gồm nhiều khung, thiết bị bao gồm:

bộ ước lượng thứ nhất được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ nhất, ước lượng thứ nhất là ước lượng của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời;

bộ ước lượng thứ hai được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ hai, ước lượng thứ hai là ước lượng khác của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời,

bộ lựa chọn được tạo cấu hình để chọn giá trị được lựa chọn bằng cách thực hiện phép lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất và ước lượng thứ hai trên cơ sở ít nhất một số đo tương quan,

trong đó bộ ước lượng thứ hai được tạo điều kiện bởi độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn tại khung trước để thu được ước lượng thứ hai cho khung hiện thời.

Theo các ví dụ, bộ lựa chọn được tạo cấu hình để thực hiện phép so sánh giữa:

số đo tương quan thứ hai được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai; và

ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản,

để lựa chọn ước lượng thứ hai khi số đo tương quan thứ hai lớn hơn ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản; và/hoặc

để lựa chọn ước lượng thứ nhất khi số đo tương quan thứ hai nhỏ hơn ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản.

Theo các ví dụ, bộ lựa chọn được tạo cấu hình để thực hiện phép so sánh giữa:

số đo tương quan thứ nhất được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ nhất; và

số đo tương quan thứ hai được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai,

để lựa chọn ước lượng thứ nhất khi số đo tương quan thứ nhất ít nhất lớn hơn số đo tương quan thứ hai, và/hoặc

để lựa chọn ước lượng thứ hai khi số đo tương quan thứ nhất ít nhất nhỏ hơn số đo tương quan thứ hai.

Theo các ví dụ, bộ lựa chọn được tạo cấu hình để:

thực hiện phép so sánh giữa:

phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất được kết hợp với khung hiện thời và được thu tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ nhất; và

số đo tương quan thứ hai được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai,

để lựa chọn ước lượng thứ nhất khi số đo tương quan thứ hai nhỏ hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất, và/hoặc

để lựa chọn ước lượng khi số đo tương quan thứ hai lớn hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất.

Theo các ví dụ, trong đó ít nhất một trong số số đo tương quan thứ nhất và thứ hai là số đo tự tương quan và/hoặc số đo tự tương quan được chuẩn hóa.

Bộ mã hóa biến đổi để tạo ra phép biểu diễn của tín hiệu thông tin hoặc phiên bản đã được xử lý của tín hiệu này có thể được thực thi.

Theo các ví dụ, bộ ước lượng thứ hai được tạo cấu hình để:

thu được ước lượng thứ hai bằng cách tìm kiếm độ trễ mà tối đa hóa hàm tương quan thứ hai trong khoảng con mà chứa độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn cho khung trước.

Theo các ví dụ, khoảng con thứ hai chứa các độ trễ với khoảng cách nhỏ hơn ngưỡng số độ trễ được định trước từ độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn từ khung trước.

Theo các ví dụ, bộ ước lượng thứ hai được tạo cấu hình để:

tìm kiếm giá trị tối đa trong số các giá trị hàm tương quan thứ hai để kết hợp ước lượng thứ hai với độ trễ được kết hợp với giá trị tối đa trong số các giá trị hàm tương quan thứ hai.

Theo các ví dụ, bộ ước lượng thứ nhất được tạo cấu hình để:

thu được ước lượng thứ nhất như độ trễ mà tối đa hóa hàm hiệu chỉnh thứ nhất được kết hợp với khung hiện thời.

Theo các ví dụ, hàm tương quan thứ nhất được giới hạn đến các độ trễ trong khoảng con thứ nhất.

Theo các ví dụ, khoảng con thứ nhất chứa số các độ trễ lớn hơn khoảng con thứ hai, và/hoặc ít nhất một số độ trễ trong khoảng con thứ hai nằm trong khoảng con thứ nhất.

Theo các ví dụ, bộ ước lượng thứ nhất được tạo cấu hình để:

gán trọng số các giá trị đo tương quan của hàm tương quan thứ nhất sử dụng hàm gán trọng số giảm một cách đơn điệu mà tối đa hóa hàm tương quan thứ nhất.

Theo các ví dụ, ít nhất một trong số hàm tương quan thứ hai và thứ nhất là hàm tự tương quan và/hoặc hàm tự tương quan được chuẩn hóa.

Theo các ví dụ, bộ ước lượng thứ nhất được tạo cấu hình để ước lượng thứ nhất T_1 bằng cách thực hiện tại ít nhất một số phép toán sau đây:

$$T_1 = \operatorname{argmax}_{k=k_{\min} \dots k_{\max}} R_w(k)$$

$$R_w(k) = R(k)w(k) \text{ for } k = k_{\min} \dots k_{\max}$$

$$w(k) = 1 - 0.5 \frac{(k - k_{\min})}{(k_{\max} - k_{\min})} \text{ for } k = k_{\min} \dots k_{\max}$$

$$R(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)x(n-k) \text{ for } k = k_{\min} \dots k_{\max}$$

$w(k)$ là hàm gán trọng số, $k_{\min}$ và $k_{\max}$ được kết hợp với độ trễ tối thiểu và độ trễ tối đa, R là giá trị đo tự tương quan được ước lượng trên cơ sở tín hiệu thông tin hoặc phiên bản được xử lý của giá trị này và N là độ dài khung.

Theo các ví dụ, bộ ước lượng thứ hai được tạo cấu hình để ước lượng thứ hai T_2 bằng cách thực hiện:

$$T_2 = \operatorname{argmax}_{k=k'_{\min} \dots k'_{\max}} R(k)$$

với $k'_{\min} = \max(k_{\min}, T_{\text{prev}} - \delta)$, $k'_{\max} = \min(k_{\max}, T_{\text{prev}} + \delta)$, T_{prev} là ước lượng được lựa chọn trong khung trước đó, và δ là khoảng cách từ T_{prev} , $k_{\min}$ và $k_{\max}$ được kết hợp với độ trễ tối thiểu và độ trễ tối đa.

Theo các ví dụ, bộ lựa chọn được tạo cấu hình để thực hiện sự lựa chọn từ ước lượng độ trễ tần số cơ bản T_{curr} về

$$T_{\text{curr}} = \begin{cases} T_1 & \text{if } \text{normcorr}(x, N, T_2) \leq \alpha \text{normcorr}(x, N, T_1) \\ T_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

với T_1 là ước lượng thứ nhất, T_2 là ước lượng thứ hai, x là giá trị của tín hiệu thông tin hoặc phiên bản được xử lý của giá trị này, $\text{normcorr}(x, N, T)$ là số đo hiệu chỉnh được chuẩn hóa của tín hiệu x có chiều dài N tại độ trễ T , α là hệ số giảm tỉ lệ.

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất, xuôi dòng đến bộ lựa chọn, công cụ lọc sau dài hạn (long term postfiltering - LTPF) để điều khiển bộ lọc sau dài hạn tại thiết bị giải mã.

Theo các ví dụ, tín hiệu thông tin là tín hiệu âm thanh.

Theo các ví dụ, thiết bị được tạo cấu hình để thu được số đo tương quan thứ nhất như số đo độ hài hòa của khung hiện thời và số đo tương quan thứ hai như số đo độ hài hòa của khung hiện thời giới hạn ở khoảng con được định nghĩa cho khung trước.

Theo các ví dụ, thiết bị được tạo cấu hình để thu được các số đo tương quan thứ nhất và thứ hai sử dụng hàm tương quan lên đến hàm gán trọng số.

Theo các ví dụ, thiết bị được tạo cấu hình để thu được số đo tương quan thứ nhất như phiên bản được chuẩn hóa của ước lượng thứ nhất lên đến hàm gán trọng số.

Theo các ví dụ, thiết bị được tạo cấu hình để thu được số đo tương quan thứ hai như phiên bản được chuẩn hóa của ước lượng thứ hai.

Theo các ví dụ, đề xuất hệ thống bao gồm phía bộ mã hóa và phía bộ giải mã, phía bộ mã hóa như nêu trên, phía bộ giải mã bao gồm công cụ lọc sau dài hạn được điều khiển trên cơ sở ước lượng độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn bởi bộ lựa chọn.

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất phương pháp xác định độ trễ tần số cơ bản cho tín hiệu được chia thành các khung, phương pháp bao gồm:

thực hiện phép ước lượng thứ nhất cho khung hiện thời;

thực hiện phép ước lượng thứ hai cho khung hiện thời; và

lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất thu được tại phép ước lượng thứ nhất và ước lượng thứ hai thu được tại ước lượng thứ hai trên cơ sở ít nhất một số đo tương quan,

trong đó thực hiện phép ước lượng thứ hai thu được trên cơ sở kết quả của bước lựa chọn được thực hiện tại khung trước.

Theo các ví dụ, phương pháp có thể bao gồm sử dụng độ trễ được lựa chọn cho việc lọc sau dài hạn (long term postfiltering - LTPF).

Theo các ví dụ, phương pháp có thể bao gồm sử dụng độ trễ được lựa chọn cho việc che giấu tổn hao gói (packet lost concealment - PLC).

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất phương pháp xác định độ trễ tần số cơ bản cho tín hiệu được chia thành các khung, phương pháp bao gồm:

thực hiện phép ước lượng thứ nhất cho khung hiện thời;

thực hiện phép ước lượng thứ hai cho khung hiện thời; và

lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất thu được tại phép ước lượng thứ nhất và ước lượng thứ hai thu được tại ước lượng thứ hai trên cơ sở các số đo tương quan,

trong đó thực hiện phép ước lượng thứ hai thu được trên cơ sở kết quả của bước lựa chọn được thực hiện tại khung trước,

đặc trưng ở điểm lựa chọn bao gồm thực hiện phép so sánh giữa:

phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất được kết hợp với khung hiện thời và được thu tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ nhất; và

số đo tương quan thứ hai được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai; và

lựa chọn ước lượng thứ nhất khi ước lượng tương quan thứ hai nhỏ hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tương quan thứ nhất, và/hoặc lựa chọn ước lượng thứ hai khi số đo tương quan thứ hai lớn hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của ước lượng tương quan thứ nhất,

trong đó ít nhất một trong số số đo tương quan thứ nhất và thứ hai là số đo tự tương quan và/hoặc số đo tự tương quan được chuẩn hóa.

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất phương pháp mã hóa dòng bit cho tín hiệu được chia thành các khung, phương pháp bao gồm:

thực hiện phép ước lượng thứ nhất cho khung hiện thời;

thực hiện phép ước lượng thứ hai cho khung hiện thời; và

lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất thu được tại phép ước lượng thứ nhất và ước lượng thứ hai thu được tại ước lượng thứ hai trên cơ sở ít nhất một số đo tương quan, trong đó thực hiện phép ước lượng thứ hai thu được trên cơ sở kết quả của bước lựa chọn được thực hiện tại khung trước,

trong đó lựa chọn bao gồm thực hiện phép so sánh giữa:

số đo tương quan thứ hai được kết hợp với khung hiện thời và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai; và

ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản,

lựa chọn ước lượng thứ hai khi ước lượng tương quan thứ hai lớn hơn ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản và/hoặc lựa chọn ước lượng thứ nhất khi số đo tương quan thứ hai thấp hơn ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản; và

phương pháp còn bao gồm mã hóa dữ liệu có ích để thực hiện LTPF tại bộ giải mã giá trị được lựa chọn.

Theo các ví dụ, sáng chế đề xuất chương trình bao gồm các lệnh mà, khi được thực hiện bởi bộ xử lý, khiến bộ xử lý thực hiện bất kỳ phương pháp trên đây hoặc sau đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các hình vẽ Fig.1a và Fig.2 thể hiện các thiết bị theo các ví dụ.

Fig.1b thể hiện phương pháp theo ví dụ.

Fig.3 và Fig.4 thể hiện các phương pháp theo các ví dụ.

Các hình vẽ Fig.5 và Fig.5(1)-Fig.5(4) thể hiện các sơ đồ hàm tương quan.

Fig.6 thể hiện hệ thống theo ví dụ.

Các hình vẽ Fig.7 và Fig.8 thể hiện thiết bị theo sáng chế.

Fig.9 thể hiện ví dụ thuật toán tại bộ giải mã.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các ví dụ về lựa chọn và ước lượng

Các ví dụ về các quy trình, hệ thống phát hiện độ phức tạp, ví dụ, để mã hóa và/hoặc giải mã LTPF được trình bày.

Tín hiệu thông tin có thể được bọc lộ trong miền thời gian, TD, như chuỗi các mẫu (ví dụ, $x(n)$) thu được tại các nấc thời gian rời rạc khác nhau (n). Phép biểu diễn TD có thể bao gồm nhiều khung, mỗi khung được kết hợp với nhiều mẫu. Các khung có thể được thấy dưới dạng chuỗi này sau chuỗi kia, để khung hiện thời đứng trước theo thời gian khung sau, và đứng sau theo thời gian sau khung trước. Có thể làm phép toán lặp đi lặp lại, để các thuật toán được thực hiện trên khung trước được lặp lại cho khung hiện thời.

Trong phép lặp được kết hợp với khung hiện thời, có thể thực hiện ít nhất một số thuật toán (ví dụ, ước lượng thứ hai) mà được tạo điều kiện bởi lựa chọn được thực hiện tại sự lặp lại được kết hợp với khung trước đó. Do đó, lịch sử tín hiệu tại khung trước được xem xét, ví dụ, để lựa chọn độ trễ tần số cơ bản sẽ được sử dụng bởi bộ giải mã để thực hiện phép lọc sau dài hạn (long term postfiltering - LTPF).

5.1 Kết cấu và hàm chung theo các ví dụ

Fig.1a thể hiện một phần của thiết bị 10 để mã hóa tín hiệu thông tin. Thiết bị 10 có thể bao gồm bộ ước lượng thứ nhất 11 được tạo cấu hình để thực hiện quy trình ước lượng thứ nhất để thu được ước lượng thứ nhất 14 (T_1) cho khung hiện thời 13. Thiết bị 10 có thể bao gồm bộ ước lượng thứ hai 12 được tạo cấu hình để thực hiện quy trình ước lượng thứ hai để thu được ước lượng thứ hai 16 (T_2) cho khung hiện thời 13. Thiết bị 10 có thể bao gồm bộ lựa chọn 17 được tạo cấu hình để thực hiện sự lựa chọn 18 giữa ước lượng thứ nhất 14 và ước lượng thứ hai 16 trên cơ sở ít nhất một số đo tương quan (phần tử được biểu diễn bởi công tắc 17a được điều khiển bởi phần tử 17). Ước lượng (cuối cùng) đầu ra 19 (T_{best}) được lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất 14 và ước lượng thứ hai 16 và có thể, ví dụ, được cung cấp cho bộ giải mã, ví dụ, để thực hiện LTPF. Ước lượng (cuối cùng) đầu ra 19 sẽ được sử dụng như độ trễ tần số cơ bản cho LTPF.

Ước lượng cuối cùng (giá trị được lựa chọn) 19 có thể cũng được nhập vào bộ đăng ký 19' và được sử dụng, khi thực hiện phép lặp trên khung tiếp theo, như đầu vào 19'' (T_{prev}) đến bộ ước lượng thứ hai 12 xét về sự lựa chọn được vận hành trước đó. Đối với mỗi khung 13, bộ ước lượng thứ hai 12 thu được ước lượng thứ hai 16 trên cơ sở ước lượng cuối cùng trước đó 19'' cho khung trước.

Fig.1b thể hiện phương pháp 100 (ví dụ, để xác định độ trễ tần số cơ bản cuối cùng sẽ được sử dụng cho LPTF) cho tín hiệu được chia thành các khung. Phương pháp bao gồm thực hiện phép ước lượng thứ nhất (phép ước lượng độ trễ tần số cơ bản) cho khung hiện thời tại bước S101. Phương pháp bao gồm thực hiện phép ước lượng thứ hai cho khung hiện thời tại bước S102, phép ước lượng thứ hai dựa trên sự lựa chọn được vận hành tại khung trước (ví dụ, độ trễ tần số cơ bản cuối cùng được chọn cho LTPF tại khung trước). Phương pháp bao gồm lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất 14 và ước lượng thứ hai 16 trên cơ sở ít nhất một số đo tương quan tại S103.

Tiếp theo, tại bước S104, các khung được cập nhật: khung mà đã từng là “khung hiện thời” trở thành “khung trước”, trong khi khung (tiếp theo) mới trở thành “khung hiện thời” mới. Sau khi cập nhật, phương pháp có thể lặp lại.

Fig.2 thể hiện phần của thiết bị 10 (mà có thể là giống với thiết bị trên Fig.1a) để mã hóa tín hiệu thông tin. Trong bộ lựa chọn 17, bộ đo thứ nhất 21 có thể đo phép tương quan thứ nhất (ví dụ, phép tương quan được chuẩn hóa) 23 được kết hợp với khung hiện thời 13 (ví dụ, phép tự tương quan được chuẩn hóa của ước lượng thứ nhất T_1). Bộ đo thứ hai 22 có thể đo phép tương quan thứ hai (ví dụ, phép tương quan được chuẩn hóa) 25 được kết hợp với khung hiện thời 13 (ví dụ, phép tự tương quan được chuẩn hóa của ước lượng thứ hai T_2). Phép tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất 23 có thể được giảm tỉ lệ tại bộ định tỉ lệ 26 bằng giá trị được định trước α mà có thể, ví dụ, giá trị nằm trong khoảng giữa 0,8 và 0,9, cụ thể hơn nằm trong khoảng 0,84 đến 0,86, và có thể là 0,85. Phép tương quan thứ hai (ví dụ, phép tương quan được chuẩn hóa) 25 được kết hợp với khung hiện thời 13 có thể được so sánh với phép tương quan thứ nhất được định tỉ lệ 24, ví dụ, (trong các ví dụ, bộ định tỉ lệ 26 là tùy chọn và phép tương quan thứ nhất không được định tỉ lệ). Bộ lựa chọn 18 giữa ước lượng thứ nhất 14 (T_1) và ước lượng thứ hai 16 (T_2) dựa trên phép so sánh được

thực hiện tại bộ so sánh 27. Khi phép tương quan thứ hai 25 lớn hơn phép tương quan thứ nhất được định tỉ lệ 24, ước lượng thứ hai 16 được chọn như thông tin độ trễ tần số cơ bản như ước lượng đầu ra được lựa chọn 19 ($T_{best}=T_2$) sẽ được cung cấp đến bộ giải mã (ví dụ, sẽ được sử dụng như độ trễ tần số cơ bản cho LTPF). Khi phép tương quan thứ hai 25 thấp hơn phép tương quan thứ nhất được định tỉ lệ 24, ước lượng thứ nhất (T_1) được chọn như thông tin độ trễ tần số cơ bản 19 ($T_{best}=T_1$) sẽ được cung cấp đến bộ giải mã.

5.2 Ước lượng thứ nhất

Các thuật toán của bộ ước lượng thứ nhất 11 mà có thể được sử dụng, trong các ví dụ, để cung cấp ước lượng thứ nhất 14 trên cơ sở khung hiện thời 13 được thảo luận. Phương pháp 30 được thể hiện trên Fig.3.

Bước 1. Giai đoạn thứ nhất lấy mẫu lại (bước S31)

Tín hiệu đầu vào $x(n)$ tại tốc độ lấy mẫu F được lấy mẫu lại tại tốc độ lấy mẫu thấp hơn F_1 (ví dụ, $F_1 = 12.8 \text{ kHz}$). Việc lấy mẫu lại có thể được thực thi sử dụng, ví dụ, phương pháp lấy mẫu tăng cổ điển và lấy mẫu giảm thông thấp. Bước này là tùy chọn trong một số ví dụ.

Bước 2. Lọc thông cao (bước S21)

Tín hiệu được lấy mẫu lại sau đó được lọc thông cao sử dụng, ví dụ, bộ lọc IIR 2 lệnh với tần số cắt 3dB tại. Tín hiệu thu được được ghi chú $x_1(n)$. Bước này là tùy chọn trong một số ví dụ.

Bước 3. Giai đoạn thứ hai lấy mẫu lại (bước S33)

Tín hiệu $x_1(n)$ còn được lấy mẫu giảm bởi thừa số 2, sử dụng, ví dụ, bộ lọc thông thấp FIR 4 lệnh được theo sau bởi số thập phân. Tín hiệu thu được tại tốc độ lấy mẫu $F_2 = F_1/2$ (ví dụ, $F_2 = 6.4 \text{ kHz}$) được lưu ý $x_2(n)$. Bước này là tùy chọn trong một số ví dụ.

Bước 4. Phép tính toán tự tương quan (bước S34)

Quy trình tự tương quan có thể được thực hiện. Ví dụ, phép tự tương quan có thể được xử lý trên $x_2(n)$ bởi

$$R(T) = \sum_{n=0}^{N-1} x_2(n)x_2(n-T), \quad T = T_{min}, \dots, T_{max}$$

với N là kích thước khung. T_{min} và T_{max} là các giá trị cực tiểu và cực đại để truy hồi độ trễ tần số cơ bản (ví dụ $T_{min} = 32$ và $T_{max} = 228$). T_{min} và T_{max} do đó có thể cấu thành các cao độ của khoảng thứ nhất trong đó ước lượng thứ nhất (độ trễ tần số cơ bản của khung hiện thời) có thể được tìm ra.

Bước 5. Phép gán trọng số tự tương quan (bước S35)

Phép tự tương quan có thể được gán trọng số để nhấn mạnh các độ trễ tần số cơ bản thấp hơn

$$R_w(T) = R(T)w(T), \quad T = T_{min}, \dots, T_{max}$$

với $w(T)$ là hàm giảm (ví dụ, hàm giảm một cách đơn điệu, ví dụ, được cho bởi

$$w(T) = 1 - 0.5 \frac{(T - T_{min})}{(T_{max} - T_{min})}, \quad T = T_{min}, \dots, T_{max}$$

Bước 6. Phép ước lượng thứ nhất (bước S36)

Ước lượng thứ nhất T_1 là giá trị mà tối đa hóa phép tự tương quan được gán trọng số:

$$T_1 = \underset{T=T_{min}, \dots, T_{max}}{\operatorname{argmax}} R_w(T)$$

Ước lượng thứ nhất T_1 có thể được cung cấp như đầu ra 14 của bộ ước lượng thứ nhất. Điều này có thể là ước lượng của độ trễ tần số cơ bản cho khung đang có.

$R(T)$ (hoặc phiên bản được gán trọng số của mình $R_w(T)$) là ví dụ của hàm tương quan thứ nhất mà giá trị cực đại được kết hợp với ước lượng độ trễ tần số cơ bản thứ nhất 14 (T_1).

5.3 Ước lượng thứ hai

Các thuật toán của bộ ước lượng thứ hai 12 (và/hoặc bước S102) mà có thể được sử dụng, ví dụ, để cung cấp ước lượng thứ hai 16 trên cơ sở khung hiện thời 13 và ước lượng (đầu ra) được lựa chọn trước đó 19” (độ trễ bước thu được cho khung trước) được thảo luận tại đây. Phương pháp 40 được thể hiện trên Fig.4. Ước lượng thứ hai 16 có thể khác với ước lượng thứ nhất 14. Hơn nữa, độ trễ tần số cơ bản được ước lượng có thể khác, trong một số ví dụ, từ độ trễ tần số cơ bản như được ước lượng trước đó.

Viện dẫn đến Fig.5, theo các ví dụ, tại bước S41, phép tìm kiếm được giới hạn ở nhóm các độ trễ được giới hạn, mà ở trong khoảng con thứ hai 52 cụ thể. Việc tìm kiếm được dựa trên độ trễ 51 mà tương ứng với giá trị được lựa chọn (trước đó) 19". Việc tìm kiếm được giới hạn ở các độ trễ, trong khoảng con thứ hai 52, mà nằm trong giá trị δ (mà có thể, ví dụ, được chọn trong số, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 hoặc các số tự nhiên dương khác, trong một số ví dụ, δ có thể là phần trăm độ dài của khung, để, nếu khung có N mẫu, δ là phần trăm giữa 1% và 30%, cụ thể 15% và 25%, của N). δ có thể là ngưỡng số độ trễ được định trước hoặc phần trăm được định trước.

Theo các ví dụ, tại bước S42, các giá trị tự tương quan trong khoảng con 52 được tính toán, ví dụ, bằng bộ đo thứ hai 22.

Theo các ví dụ, tại bước S42, giá trị cực đại trong số các kết quả của phép tự tương quan được truy hồi. Ước lượng thứ hai T_2 là giá trị mà tối đa hóa trong vùng xung quanh độ trễ tự của khung hiện thời trong số các độ trễ trong khoảng con thứ hai được đặt giữa giá trị được lựa chọn trước đó 19", ví dụ:

$$T_2 = \underset{T=T_{prev}-\delta, \dots, T_{prev}+\delta}{\operatorname{argmax}} R(T)$$

trong đó T_{prev} là độ trễ tần số cơ bản cuối cùng 51 (19") như được lựa chọn trước đó (bởi bộ lựa chọn 17) và δ hằng số (ví dụ, $\delta = 4$) mà định nghĩa khoảng con 52. Giá trị T_2 có thể được cung cấp như đầu ra 16 của bộ ước lượng thứ hai 12.

Đáng chú ý, ước lượng 14 và ước lượng thứ hai 16 có thể khác biệt đáng kể với nhau.

$R(T)$ (miền của giá trị này được giới hạn giữa $T_{prev}-\delta$ và $T_{prev}+\delta$) là ví dụ của hàm tương quan thứ hai mà giá trị cực đại của hàm này được kết hợp với ước lượng độ trễ tần số cơ bản thứ hai 16 (T_2).

5.4 Các phép đo tương quan thứ nhất và thứ hai

Bộ đo thứ nhất 21 và/hoặc bộ đo thứ hai 22 có thể thực hiện các phép đo tương quan. Bộ đo thứ nhất 21 và/hoặc bộ đo thứ hai 22 có thể thực hiện các phép đo tự tương quan. Các phép đo tương quan và/hoặc tự tương quan có thể được chuẩn hóa. Ví dụ, được đề xuất ở đây.

$\text{normcorr}(T)$ có thể là phép tương quan được chuẩn hóa của tín hiệu x tại độ trễ tần số cơ bản T

$$\text{normcorr}(T) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} x(n)x(n-T)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} x^2(n) \sum_{n=0}^{N-1} x^2(n-T)}}$$

Do đó, phép đo tương thứ nhất 23 có thể là $\text{normcorr}(T_1)$, trong đó T_1 là ước lượng thứ nhất 14, và phép đo tương quan thứ hai 25 có thể là $\text{normcorr}(T_2)$, trong đó T_2 là ước lượng thứ hai 16.

Đáng chú ý, phép đo tương quan thứ nhất 23 là giá trị được chuẩn hóa $R(T_1)$ (hoặc $R_w(T_1)$), trong khi phép đo tương quan thứ hai 25 là giá trị được chuẩn hóa của $R(T_2)$.

5.5 Phép so sánh với ngưỡng

Sau đây có thể đưa ra ví dụ làm thế nào để so sánh phép tương quan để thực hiện phép lựa chọn. Ví dụ được cung cấp bởi công thức sau đây:

$$T_{\text{best}} = \begin{cases} T_1 & \text{if } \text{normcorr}(T_2) \leq \alpha \text{normcorr}(T_1) \\ T_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$\alpha \text{normcorr}(T_1)$ có thể được coi như ngưỡng lựa chọn độ trễ tần số cơ bản 24; nếu $\text{normcorr}(T_2) \leq \alpha \text{normcorr}(T_1)$, bộ lựa chọn chọn T_1 , nếu không bộ lựa chọn chọn T_2 . Giá trị T_{best} (hoặc thông tin được kết hợp với giá trị) do đó có thể là giá trị đầu ra được lựa chọn 19 (như T_1 hoặc T_2) và được cung cấp đến bộ giải mã (ví dụ, cho LTPF) và giá trị này sẽ được sử dụng, như 19", bởi bộ ước lượng thứ hai 12 để thu được ước lượng thứ hai 16.

5.6 Phương pháp 40

Phương pháp 40, được kết hợp với phương pháp 30, tăng hiệu suất đối với kỹ thuật chỉ dựa trên phương pháp 30.

Với độ phức tạp nhỏ, có thể cải thiện đáng kể hiệu suất bằng cách tạo ra đường viền tần số cơ bản ổn định và liên tục hơn.

Phương pháp 40 tìm ra cực đại thứ hai cho hàm tự tương quan. Đây không phải là cực đại toàn cục như phương pháp 30, mà là cực đại cục bộ trong vùng xung quanh

của độ trễ tần số cơ bản của khung trước đó. Độ trễ tần số cơ bản thứ hai này, nếu được lựa chọn, tạo ra đường viền tần số cơ bản bằng phẳng và liên tục. Tuy nhiên, chúng ta không lựa chọn độ trễ tần số cơ bản thứ hai này trong tất cả các trường hợp. Nếu có sự thay đổi mong muốn trong tần số cơ sở, ví dụ, tốt hơn là giữ cực đại toàn cục.

Phép lựa chọn cuối cùng liệu lựa chọn độ trễ tần số cơ bản thứ nhất T_1 14 được tìm ra với phương pháp 30 hoặc độ trễ tần số cơ bản thứ hai T_2 16 được tìm ra với phương pháp 40. Quyết định này dựa trên số đo tính chu kì. Chúng ta chọn phép tương quan được chuẩn hóa như số đo của tính chu kì. Số đo là 1 nếu tín hiệu có chu kì hoàn hảo và là 0 nếu tín hiệu không tuần hoàn. Độ trễ tần số cơ bản thứ hai T_2 sau đó được chọn nếu phép tương quan được chuẩn hóa tương ứng của độ trễ này cao hơn phép tương quan được chuẩn hóa của độ trễ tần số cơ bản thứ nhất T_1 , được định tỉ lệ bởi tham số α . Tham số này $\alpha < 1$ khiến quyết định còn suôn sẻ hơn bằng cách lựa chọn T_2 (16) ngay cả khi phép tương quan được chuẩn hóa của độ trễ này thấp hơn một chút so với phép tương quan được chuẩn hóa của độ trễ tần số cơ bản thứ nhất T_1 (14).

5.7 Các cân nhắc về kỹ thuật

Việc tham khảo được thực hiện đến các hình vẽ Fig.5(1) đến Fig.5(4).

Ví dụ của ước lượng thứ nhất được thể hiện trên Fig.5(1): đã chọn độ trễ tần số cơ bản mà tương ứng với cực đại của hàm tự tương quan.

Dựa trên thực tế rằng phép tự tương quan của tín hiệu sóng hài (với tần số cơ bản đã cho) thu được đỉnh tại vị trí của độ trễ tần số cơ bản và tất cả bội số của độ trễ tần số cơ bản này.

Để tránh lựa chọn đỉnh tương ứng với bội số của độ trễ tần số cơ bản, hàm tự tương quan được gán trọng số, như trên Fig.5(2), đặt ít sự nhấn mạnh lên các độ trễ tần số cơ bản cao hơn. Điều này là ví dụ được sử dụng trong tài liệu [7].

Cực đại toàn cục của phép tự tương quan được gán trọng số sau đó được giả định là tương ứng với độ trễ bước của tín hiệu.

Nhìn chung, phép ước lượng thứ nhất làm việc một cách hài lòng: điều này khiến tần số cơ bản chính xác trong đa số các khung.

Phép ước lượng thứ nhất có lợi ích là độ phức tạp tương đối thấp nếu số các độ trễ của hàm tự tương quan (khoảng con thứ nhất) là tương đối thấp.

Fig.5(1) thể hiện phép tự tương quan (không được gán trọng số) của tín hiệu đầu vào.

Có 5 đỉnh: đỉnh thứ nhất 53 tương ứng với độ trễ tần số cơ bản, và các đỉnh khác tương ứng với các bội số 53' của độ trễ tần số cơ bản.

Việc lấy cực đại toàn cục của phép tự tương quan (không được gán trọng số) sẽ đưa ra độ trễ tần số cơ bản sai trong trường hợp này: sẽ chọn bội số của độ trễ tần số cơ bản, trong trường hợp này, gấp 4 lần độ trễ tần số cơ bản đúng.

Tuy nhiên, cực đại toàn cục của phép tự tương quan được gán trọng số (Fig.5(2)) là độ trễ tần số cơ bản đúng.

Phép ước lượng thứ nhất vận hành trong một vài trường hợp. Tuy nhiên, có một số trường hợp mà tạo ra ước lượng không ổn định.

Một trong số các trường hợp này là tín hiệu âm nhạc phức điệu mà chứa hỗn hợp một vài âm với các tần số cơ bản khác nhau. Trong trường hợp này, khó để trích tần số cơ bản đơn từ tín hiệu đa tần số cơ bản. Bộ ước lượng thứ nhất 11 trong trường hợp đó có thể ước lượng trong một khung tần số cơ bản của một trong số nhiều âm (hoặc thậm chí có thể là bội số của nó) và trong khung tiếp theo có khả năng tần số cơ bản của âm khác (hoặc bội số của nó). Vậy nên ngay cả khi tín hiệu ổn định (tần số cơ bản của các âm khác nhau không thay đổi từ một khung sang khung tiếp theo), tần số cơ bản được phát hiện bởi ước lượng thứ nhất có thể không ổn định (tần số cơ bản thay đổi đáng kể từ một khung sang khung tiếp theo).

Hành vi không ổn định này là vấn đề lớn cho LTPF. Khi tần số cơ bản được sử dụng cho LTPF, điều quan trọng là có đường viền tần số cơ bản liên tục, nếu không một số thành phần lạ có thể nghe thấy trong tín hiệu đầu ra được lọc LTPF.

Fig.5(3) và Fig.5(4) minh họa vấn đề này.

Fig.5(3) thể hiện phép tự tương quan được gán trọng số và cực đại của phép này trong khung của tín hiệu đa tần số cơ bản ổn định. Độ trễ tần số cơ bản 19” được truy hồi chính xác tại “20” tương ứng với đỉnh 54.

Fig.5(4) thể hiện tương tự trong khung tiếp theo.

Trong trường hợp này, ba đỉnh thứ nhất 54’, 54”, và 54''' có biên độ rất gần. Vậy nên các thay đổi rất nhỏ giữa hai khung liên tiếp có thể thay đổi đáng kể cực đại toàn cục và độ trễ tần số cơ bản được ước lượng.

Giải pháp được sử dụng trong sáng chế giải quyết các vấn đề không ổn định này.

Giải pháp theo sáng chế lựa chọn, ngoài độ trễ tần số cơ bản được kết hợp với đỉnh trong khung, độ trễ tần số cơ bản mà gần với độ trễ tần số cơ bản của khung trước.

Ví dụ, Fig.5(3) tương ứng với khung trước và Fig.5(4) tương ứng với khung hiện thời. Các tác giả sáng chế dự định xác nhận liệu có tốt hơn để lựa chọn trong khung hiện thời độ trễ tần số cơ bản quanh 20 (tức là, độ trễ tần số cơ bản 19” hoặc T_{prev} của khung trước) và không phải độ trễ tần số cơ bản được đưa ra bởi bộ ước lượng thứ nhất 11.

Để làm được điều này, phép ước lượng thứ hai được thực hiện (ví dụ, bởi bộ ước lượng thứ hai 12) bằng cách ước lượng độ trễ tần số cơ bản thứ hai T_2 mà tối đa hóa hàm tự tương quan quanh khoảng con 52 độ trễ tần số cơ bản của khung trước ($T_{prev} - \delta, T_{prev} + \delta$). Trong trường hợp của Fig.5(4), độ trễ tần số cơ bản thứ hai T_2 này có thể là 20 (độ trễ tần số cơ bản thứ nhất là 40). (Ngay cả nếu trong trường hợp này, $T_2 = T_{prev}$, điều này không phải quy tắc tạo ra. Nhìn chung, $T_{prev} - \delta \leq T_2 \leq T_{prev} + \delta$). Đáng lưu ý, trong các ví dụ này, để ước lượng T_2 phép tự tương quan không được gán trọng số.

Tuy nhiên, các tác giả sáng chế không muốn lựa chọn trong tất cả các trường hợp độ trễ tần số cơ bản thứ hai T_2 . Các tác giả sáng chế muốn lựa chọn độ trễ tần số cơ bản thứ nhất T_1 hoặc độ trễ tần số cơ bản thứ hai T_2 dựa trên một số tiêu chí. Tiêu chí này dựa trên phép tương quan được chuẩn hóa (normalized correlation - NC), ví

dụ, như được đo bởi bộ lựa chọn 17, mà thường được xem là số đo tốt về việc chu kỳ sẽ là tín hiệu như thế nào tại một số độ trễ tần số cơ bản cụ thể (NC là 0 nghĩa là không có chu kỳ nào, NC là 1 nghĩa là chu kỳ hoàn hảo).

Khi đó có một số trường hợp:

- Nếu NC của ước lượng thứ hai T_2 cao hơn NC của ước lượng thứ nhất T_1 : các tác giả sáng chế có thể đảm bảo rằng ước lượng thứ hai T_2 tốt hơn ước lượng thứ nhất T_1 , vì ước lượng thứ hai T_2 có NC tốt hơn và tạo ra quyết định ổn định (tần số cơ bản của khung trước và tần số cơ bản của khung hiện thời rất gần), để các tác giả sáng chế có thể lựa chọn một cách an toàn.

- Nếu NC của ước lượng thứ hai T_2 thấp hơn nhiều so với NC của ước lượng thứ nhất: điều này biểu thị rằng tần số cơ bản 19" của khung trước không tương ứng với bất kỳ chu kỳ nào trong khung hiện thời, tín hiệu không ổn định và tần số cơ bản đã thay đổi, vậy nên điều này không hợp lý khi giữ tần số cơ bản 19" của khung trước đó và để cố tạo ra quyết định ổn định. Trong trường hợp này, ước lượng thứ hai T_2 bị bỏ đi và ước lượng thứ nhất T_1 được lựa chọn.

- Nếu NC của ước lượng thứ hai T_2 hơi thấp hơn so với NC của ước lượng thứ nhất T_1 : NC của cả hai ước lượng T_1 và T_2 gần nhau và các tác giả sáng chế trong trường hợp đó thích ước lượng mà tạo ra quyết định ổn định (tức là, ước lượng thứ hai T_2) ngay cả khi có NC hơi sai. Tham số α ($\alpha < 1$) được sử dụng cho trường hợp đó: cho phép lựa chọn ước lượng thứ hai T_2 ngay cả khi có NC hơi thấp hơn. Việc chỉnh tham số α cho phép các tác giả sáng chế thiên việc lựa chọn về phía ước lượng thứ nhất T_1 hoặc ước lượng thứ hai T_2 : giá trị thấp hơn nghĩa là ước lượng thứ hai sẽ được lựa chọn thường xuyên hơn (=quyết định sẽ ổn định hơn). 0,85 (hoặc giá trị giữa 0,8 và 0,9) là sự cân bằng tốt: lựa chọn ước lượng thứ hai T_2 đủ thường xuyên để quyết định đủ ổn định cho LTPF.

Các bước bổ sung được cung cấp trên đỉnh của phép ước lượng thứ nhất (phép ước lượng và lựa chọn thứ hai) có độ phức tạp rất thấp. Do đó, sáng chế theo đề xuất có độ phức tạp rất thấp.

6. Các ví dụ của các hệ thống mã hóa/giải mã

Fig.6 thể hiện sơ đồ khối liên quan đến các thuật toán mã hóa/giải mã. Sơ đồ thể hiện hệ thống 60 bao gồm bộ mã hóa 60a (mà có thể bao gồm thiết bị 10) và bộ giải mã 60b. Bộ mã hóa 60a thu được tín hiệu thông tin đầu vào 61 mà có thể là tín hiệu âm thanh và/hoặc có thể được chia ra giữa các khung, như khung hiện thời 13 và khung trước) và chuẩn bị dòng bit 63. Bộ giải mã 60b thu dòng bit 63 (ví dụ, theo cách không dây, sử dụng Bluetooth) để tạo ra tín hiệu đầu ra 68 (ví dụ, tín hiệu âm thanh).

Bộ mã hóa 60a có thể tạo ra, sử dụng bộ mã hóa biến đổi 62, phép biểu diễn miền tần số 63a (hoặc phiên bản được xử lý của phép biểu diễn này) của tín hiệu thông tin 61 và cung cấp cho bộ giải mã 60b trong dòng bit 63. Bộ giải mã 60b có thể bao gồm bộ giải mã biến đổi để thu tín hiệu đầu ra 64a.

Bộ mã hóa 60a có thể tạo ra bộ phận phát hiện 65, dữ liệu có ích để thực hiện LTPF tại bộ giải mã 60b. Dữ liệu này có thể bao gồm ước lượng độ trễ tần số cơ bản (ví dụ, 19) và/hoặc thông tin độ khuếch đại. Các dữ liệu này có thể được mã hóa trong dòng bit 63 như dữ liệu 63b trong các trường điều khiển. Dữ liệu 63b (mà có thể bao gồm ước lượng cuối cùng 19 của độ trễ tần số cơ bản) có thể được chuẩn bị bởi bộ mã hóa LTPF 66 (mà, trong một số ví dụ, có thể quyết định liệu có mã hóa dữ liệu 63b). Dữ liệu này có thể được sử dụng bởi bộ giải mã LTPF 67 mà có thể sử dụng chúng cho tín hiệu đầu ra 64a từ bộ giải mã biến đổi 64 để thu được tín hiệu đầu ra 68.

7. Các ví dụ cho LTPF

7.1 Các tham số (ví dụ, các tham số LTPF tại bộ mã hóa

Các ví dụ của các phép tính của các tham số LTPF (hoặc các loại tham số khác) được cung cấp ở đây.

Ví dụ chuẩn bị thông tin cho LTPF được đề xuất trong phần con tiếp theo.

7.2.1. Lấy mẫu lại

Ví dụ về kỹ thuật lấy mẫu lại (tùy chọn) được thảo luận ở đây (các kỹ thuật khác có thể được sử dụng).

Tín hiệu đầu vào tại tốc độ lấy mẫu f_s có thể được lấy mẫu lại đến tốc độ lấy mẫu cố định là 12,8kHz. Phép lấy mẫu lại được thực hiện sử dụng phương pháp không lấy mẫu + lọc thông thấp + lấy mẫu giảm mà có thể được tạo công thức như sau

$$x_{12.8}(n) = P \sum_{k=-\frac{120}{P}}^{\frac{120}{P}} x\left(\left\lfloor \frac{15n}{P} \right\rfloor + k - \frac{120}{P}\right) h_{6.4}(Pk - 15n \bmod P) \quad \text{for } n = 0..127$$

với $\lfloor \cdot \rfloor$ bao gồm giá trị được trao đổi (Được làm tròn đến số nguyên sau đây), $x(n)$ là tín hiệu đầu vào, $x_{12.8}(n)$ là tín hiệu được lấy mẫu lại tại 12,8kHz, $P = \frac{192\text{kHz}}{f_s}$ là thừa số lấy mẫu tăng và $h_{6.4}$ là phản hồi xung của bộ lọc thông thấp FIR được cho bởi

$$h_{6.4}(n) = \begin{cases} \text{tab_resamp_filter}[n + 119] & , \text{if } -120 < n < 120 \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

Ví dụ, tab_resamp_filter được cung cấp trong bảng sau:

```
double tab_resamp_filter[239] = {
-2.043055832879108e-05, -4.463458936757081e-05, -7.163663994481459e-05,
-1.001011132655914e-04, -1.283728480660395e-04, -1.545438297704662e-04,
-1.765445671257668e-04, -1.922569599584802e-04, -1.996438192500382e-04,
-1.968886856400547e-04, -1.825383318834690e-04, -1.556394266046803e-04,
-1.158603651792638e-04, -6.358930335348977e-05, +2.810064795067786e-19,
+7.292180213001337e-05, +1.523970757644272e-04, +2.349207769898906e-04,
+3.163786496265269e-04, +3.922117380894736e-04, +4.576238491064392e-04,
+5.078242936704864e-04, +5.382955231045915e-04, +5.450729176175875e-04,
+5.250221548270982e-04, +4.760984242947349e-04, +3.975713799264791e-04,
+2.902002172907180e-04, +1.563446669975615e-04, -5.818801416923580e-19,
-1.732527127898052e-04, -3.563859653300760e-04, -5.411552308801147e-04,
-7.184140229675020e-04, -8.785052315963854e-04, -1.011714513697282e-03,
```

-1.108767055632304e-03, -1.161345220483996e-03, -1.162601694464620e-03,
-1.107640974148221e-03, -9.939415631563015e-04, -8.216921898513225e-04,
-5.940177657925908e-04, -3.170746535382728e-04, +9.746950818779534e-19,
+3.452937604228947e-04, +7.044808705458705e-04, +1.061334465662964e-03,
+1.398374734488549e-03, +1.697630799350524e-03, +1.941486748731660e-03,
+2.113575906669355e-03, +2.199682452179964e-03, +2.188606246517629e-03,
+2.072945458973295e-03, +1.849752491313908e-03, +1.521021876908738e-03,
+1.093974255016849e-03, +5.811080624426164e-04, -1.422482656398999e-18,
-6.271537303228204e-04, -1.274251404913447e-03, -1.912238389850182e-03,
-2.510269249380764e-03, -3.037038298629825e-03, -3.462226871101535e-03,
-3.758006719596473e-03, -3.900532466948409e-03, -3.871352309895838e-03,
-3.658665583679722e-03, -3.258358512646846e-03, -2.674755551508349e-03,
-1.921033054368456e-03, -1.019254326838640e-03, +1.869623690895593e-18,
+1.098415446732263e-03, +2.231131973532823e-03, +3.348309272768835e-03,
+4.397022774386510e-03, +5.323426722644900e-03, +6.075105310368700e-03,
+6.603520247552113e-03, +6.866453987193027e-03, +6.830342695906946e-03,
+6.472392343549424e-03, +5.782375213956374e-03, +4.764012726389739e-03,
+3.435863514113467e-03, +1.831652835406657e-03, -2.251898372838663e-18,
-1.996476188279370e-03, -4.082668858919100e-03, -6.173080374929424e-03,
-8.174448945974208e-03, -9.988823864332691e-03, -1.151698705819990e-02,
-1.266210056063963e-02, -1.333344579518481e-02, -1.345011199343934e-02,
-1.294448809639154e-02, -1.176541543002924e-02, -9.880867320401294e-03,
-7.280036402392082e-03, -3.974730209151807e-03, +2.509617777250391e-18,
+4.586044219717467e-03, +9.703248998383679e-03, +1.525124770818010e-02,

+2.111205854013017e-02, +2.715337236094137e-02, +3.323242450843114e-02,
+3.920032029020130e-02, +4.490666443426786e-02, +5.020433088017846e-02,
+5.495420172681558e-02, +5.902970324375908e-02, +6.232097270672976e-02,
+6.473850225260731e-02, +6.621612450840858e-02, +6.671322871619612e-02,
+6.621612450840858e-02, +6.473850225260731e-02, +6.232097270672976e-02,
+5.902970324375908e-02, +5.495420172681558e-02, +5.020433088017846e-02,
+4.490666443426786e-02, +3.920032029020130e-02, +3.323242450843114e-02,
+2.715337236094137e-02, +2.111205854013017e-02, +1.525124770818010e-02,
+9.703248998383679e-03, +4.586044219717467e-03, +2.509617777250391e-18,
-3.974730209151807e-03, -7.280036402392082e-03, -9.880867320401294e-03,
-1.176541543002924e-02, -1.294448809639154e-02, -1.345011199343934e-02,
-1.333344579518481e-02, -1.266210056063963e-02, -1.151698705819990e-02,
-9.988823864332691e-03, -8.174448945974208e-03, -6.173080374929424e-03,
-4.082668858919100e-03, -1.996476188279370e-03, -2.251898372838663e-18,
+1.831652835406657e-03, +3.435863514113467e-03, +4.764012726389739e-03,
+5.782375213956374e-03, +6.472392343549424e-03, +6.830342695906946e-03,
+6.866453987193027e-03, +6.603520247552113e-03, +6.075105310368700e-03,
+5.323426722644900e-03, +4.397022774386510e-03, +3.348309272768835e-03,
+2.231131973532823e-03, +1.098415446732263e-03, +1.869623690895593e-18,
-1.019254326838640e-03, -1.921033054368456e-03, -2.674755551508349e-03,
-3.258358512646846e-03, -3.658665583679722e-03, -3.871352309895838e-03,
-3.900532466948409e-03, -3.758006719596473e-03, -3.462226871101535e-03,
-3.037038298629825e-03, -2.510269249380764e-03, -1.912238389850182e-03,
-1.274251404913447e-03, -6.271537303228204e-04, -1.422482656398999e-18,

+5.811080624426164e-04, +1.093974255016849e-03, +1.521021876908738e-03,
 +1.849752491313908e-03, +2.072945458973295e-03, +2.188606246517629e-03,
 +2.199682452179964e-03, +2.113575906669355e-03, +1.941486748731660e-03,
 +1.697630799350524e-03, +1.398374734488549e-03, +1.061334465662964e-03,
 +7.044808705458705e-04, +3.452937604228947e-04, +9.746950818779534e-19,
 -3.170746535382728e-04, -5.940177657925908e-04, -8.216921898513225e-04,
 -9.939415631563015e-04, -1.107640974148221e-03, -1.162601694464620e-03,
 -1.161345220483996e-03, -1.108767055632304e-03, -1.011714513697282e-03,
 -8.785052315963854e-04, -7.184140229675020e-04, -5.411552308801147e-04,
 -3.563859653300760e-04, -1.732527127898052e-04, -5.818801416923580e-19,
 +1.563446669975615e-04, +2.902002172907180e-04, +3.975713799264791e-04,
 +4.760984242947349e-04, +5.250221548270982e-04, +5.450729176175875e-04,
 +5.382955231045915e-04, +5.078242936704864e-04, +4.576238491064392e-04,
 +3.922117380894736e-04, +3.163786496265269e-04, +2.349207769898906e-04,
 +1.523970757644272e-04, +7.292180213001337e-05, +2.810064795067786e-19,
 -6.358930335348977e-05, -1.158603651792638e-04, -1.556394266046803e-04,
 -1.825383318834690e-04, -1.968886856400547e-04, -1.996438192500382e-04,
 -1.922569599584802e-04, -1.765445671257668e-04, -1.545438297704662e-04,
 -1.283728480660395e-04, -1.001011132655914e-04, -7.163663994481459e-05,
 -4.463458936757081e-05, -2.043055832879108e-05};

7.2.2. Loại thông cao

Ví dụ của kỹ thuật loại thông cao (tùy chọn) được thảo luận sau đây (các kỹ thuật khác có thể được sử dụng).

Tín hiệu được lấy mẫu lại có thể được lọc thông cao sử dụng bộ lọc IIR 2 lệnh mà hàm chuyển của bộ lọc này có thể được đưa ra bởi

$$H_{50}(z) = \frac{0.9827947082978771 - 1.965589416595754z^{-1} + 0.9827947082978771z^{-2}}{1 - 1.9652933726226904z^{-1} + 0.9658854605688177z^{-2}}$$

7.2.3. Phát hiện tần số cơ bản

Ví dụ về kỹ thuật phát hiện tần số cơ bản được thảo luận ở đây (các kỹ thuật khác có thể được sử dụng).

Tín hiệu $x_{12.8}(n)$ có thể (tùy chọn) được lấy mẫu giảm bởi thừa số 2 sử dụng

$$x_{6.4}(n) = \sum_{k=0}^4 x_{12.8}(2n + k - 3)h_2(k) \quad \text{for } n = 0..63$$

với $h_2 = \{0.1236796411180537, 0.2353512128364889, 0.2819382920909148, 0.2353512128364889, 0.1236796411180537\}$.

Phép tự tương quan của $x_{6.4}(n)$ có thể được tính toán bởi

$$R_{6.4}(k) = \sum_{n=0}^{63} x_{6.4}(n)x_{6.4}(n-k) \quad \text{for } k = k_{\min}..k_{\max}$$

với $k_{\min} = 17$ và $k_{\max} = 114$ là các độ trễ cực tiểu và cực đại mà định nghĩa khoảng con thứ nhất (các giá trị cho $k_{\min}$ và $k_{\max}$ có thể được cung cấp).

Phép tự tương quan có thể được gán trọng số sử dụng

$$R_{6.4}^w(k) = R_{6.4}(k)w(k) \quad \text{for } k = k_{\min}..k_{\max}$$

với $w(k)$ được định nghĩa như sau

$$w(k) = 1 - 0.5 \frac{(k - k_{\min})}{(k_{\max} - k_{\min})} \quad \text{for } k = k_{\min}..k_{\max}$$

Ước lượng thứ nhất 14 của độ trễ tần số cơ bản T_1 có thể là độ trễ mà tối đa hóa phép tự tương quan được gán trọng số

$$T_1 = \underset{k=k_{\min}..k_{\max}}{\operatorname{argmax}} R_{6.4}^w(k)$$

Ước lượng thứ hai 16 của độ trễ tần số cơ bản T_2 có thể là độ trễ mà tối đa hóa phép tự tương quan không được gán trọng số trong vùng xung quanh của độ trễ tần số cơ bản (19'') được ước lượng trong khung trước

$$T_2 = \underset{k=k'_{\min} \dots k'_{\max}}{\operatorname{argmax}} R_{6.4}(k)$$

với $k'_{\min} = \max(k_{\min}, T_{\text{prev}} - 4)$, $k'_{\max} = \min(k_{\max}, T_{\text{prev}} + 4)$ và T_{prev} là độ trễ tần số cơ bản cuối cùng trong khung trước (và sự lựa chọn do đó được tạo điều kiện bởi độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn trước đó).

Ước lượng cuối cùng 19 của độ trễ tần số cơ bản trong khung hiện thời 13 có thể được đưa ra bởi

$$T_{\text{curr}} = \begin{cases} T_1 & \text{if } \text{normcorr}(x_{6.4}, 64, T_2) \leq 0.85 \cdot \text{normcorr}(x_{6.4}, 64, T_1) \\ T_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

với $\text{normcorr}(x, L, T)$ là phép tương quan được chuẩn hóa của tín hiệu x có độ dài L tại độ trễ T

$$\text{normcorr}(x, L, T) = \frac{\sum_{n=0}^{L-1} x(n)x(n-T)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{L-1} x^2(n) \sum_{n=0}^{L-1} x^2(n-T)}}$$

Mỗi phép tương quan được chuẩn hóa 23 hoặc 25 có thể ít nhất là một trong số các phép đo thu được bởi bộ đo tín hiệu thứ nhất hoặc thứ hai 21 hoặc 22.

7.2.4. Dòng bit LTPF

Trong một số ví dụ, bit thứ nhất của các tín hiệu dòng bit LTPF tạo tín hiệu sự có mặt của tham số độ trễ tần số cơ bản trong dòng bit. Điều này thu được bởi

$$\text{pitch_present} = \begin{cases} 1 & \text{if } \text{normcorr}(x_{6.4}, 64, T_{\text{curr}}) > 0.6 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

(Thay vì là 0,6, ngưỡng khác, ví dụ, giữa 0,4 và 0,8, hoặc 0,5 và 0,7, hoặc 0,55 và 0,65 có thể được sử dụng, ví dụ.)

Nếu pitch_present bằng 0, không còn bit nào được mã hóa, dẫn đến trong dòng bit LTPF chỉ có một bit.

Nếu `pitch_present` bằng 1, hai tham số nữa được mã hóa, một tham số độ trễ tần số cơ bản được mã hóa trên 9 bit, và một bit để tạo tín hiệu phép kích thích của LTPF. Trong trường hợp đó, dòng bit LTPF được cấu thành từ 11 bit.

$$nbits_{LTPF} = \begin{cases} 1 & , \text{if } pitch_present = 0 \\ 11 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

7.2.5. Các tham số độ trễ tần số cơ bản LTPF

Ví dụ để thu được các tham số độ trễ tần số cơ bản LTPF được thảo luận sau đây (các kỹ thuật khác có thể được sử dụng).

Phần nguyên của tham số độ trễ tần số cơ bản LTPF có thể được cho bởi

$$ltpf_pitch_int = \underset{k=k''_{min} \dots k''_{max}}{\operatorname{argmax}} R_{12.8}(k)$$

với

$$R_{12.8}(k) = \sum_{n=0}^{127} x_{12.8}(n)x_{12.8}(n-k)$$

và $k''_{min} = \max(32, 2T_{curr} - 4)$, $k''_{max} = \min(228, 2T_{curr} + 4)$.

Phần phân số của độ trễ tần số cơ bản LTPF khi đó có thể được cho bởi

$$pitch_fr = \begin{cases} 0 & \text{if } pitch_int \geq 157 \\ \underset{d=-2,0,2}{\operatorname{argmax}} \operatorname{interp}(R_{12.8}, pitch_int, d) & \text{if } 157 > pitch_int \geq 127 \\ \underset{d=-3 \dots 3}{\operatorname{argmax}} \operatorname{interp}(R_{12.8}, pitch_int, d) & \text{if } 127 > pitch_int > 32 \\ \underset{d=0 \dots 3}{\operatorname{argmax}} \operatorname{interp}(R_{12.8}, pitch_int, d) & \text{if } pitch_int = 32 \end{cases}$$

với

$$\operatorname{interp}(R, T, d) = \sum_{k=-4}^4 R(T+k)h_4(4k-d)$$

và h_4 là đáp ứng xung của bộ lọc thông thấp FIR được cho bởi

$$h_4(n) = \begin{cases} \text{tab_ltpf_interp_R}(n+15) & , \text{if } -16 < n < 16 \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases}$$

`tab_ltpf_interp_R` có thể, ví dụ:

```
double tab_ltpf_interp_R[31] = {
```

-2.874561161519444e-03, -3.001251025861499e-03, +2.745471654059321e-03
+1.535727698935322e-02, +2.868234046665657e-02, +2.950385026557377e-02
+4.598334491135473e-03, -4.729632459043440e-02, -1.058359163062837e-01
-1.303050213607112e-01, -7.544046357555201e-02, +8.357885725250529e-02
+3.301825710764459e-01, +6.032970076366158e-01, +8.174886856243178e-01
+8.986382851273982e-01, +8.174886856243178e-01, +6.032970076366158e-01
+3.301825710764459e-01, +8.357885725250529e-02, -7.544046357555201e-02
-1.303050213607112e-01, -1.058359163062837e-01, -4.729632459043440e-02
+4.598334491135473e-03, +2.950385026557377e-02, +2.868234046665657e-02
+1.535727698935322e-02, +2.745471654059321e-03, -3.001251025861499e-03
-2.874561161519444e-03};

Nếu $\text{pitch_fr} < 0$ khi đó cả pitch_int và pitch_fr được biến đổi theo

$$\begin{aligned}\text{pitch_int} &= \text{pitch_int} - 1 \\ \text{pitch_fr} &= \text{pitch_fr} + 4\end{aligned}$$

Cuối cùng, chỉ số tham số tần số cơ bản được cho bởi

$$\text{pitch_index} = \begin{cases} \text{pitch_int} + 283 & \text{if } \text{pitch_int} \geq 157 \\ 2\text{pitch_int} + \frac{\text{pitch_fr}}{2} + 126 & \text{if } 157 > \text{pitch_int} \geq 127 \\ 4\text{pitch_int} + \text{pitch_fr} - 128 & \text{if } 127 > \text{pitch_int} \end{cases}$$

7.2.6 Bit kích hoạt LTPF

Phép tương quan được chuẩn hóa được tính toán thứ nhất như sau

$$nc = \frac{\sum_{n=0}^{127} x_i(n, 0)x_i(n - \text{pitch_int}, \text{pitch_fr})}{\sqrt{\sum_{n=0}^{127} x_i^2(n, 0) \sum_{n=0}^{127} x_i^2(n - \text{pitch_int}, \text{pitch_fr})}}$$

với

$$x_i(n, d) = \sum_{k=-2}^2 x_{12.8}(n+k)h_i(4k-d)$$

và h_i là đáp ứng xung của bộ lọc thông thấp FIR được cho bởi

$$h_i(n) = \begin{cases} \text{tab_ltpf_interp_x12k8}(n + 7) & , \text{ if } -8 < n < 8 \\ 0 & , \text{ otherwise} \end{cases}$$

với tab_ltpf_interp_x12k8 được cho bởi:

```
double tab_ltpf_interp_x12k8[15] = {
+6.698858366939680e-03, +3.967114782344967e-02, +1.069991860896389e-01
+2.098804630681809e-01, +3.356906254147840e-01, +4.592209296082350e-01
+5.500750019177116e-01, +5.835275754221211e-01, +5.500750019177116e-01
+4.592209296082350e-01, +3.356906254147840e-01, +2.098804630681809e-01
+1.069991860896389e-01, +3.967114782344967e-02, +6.698858366939680e-03};
```

Bit kích hoạt LTPF khi đó được thiết lập theo:

```
if (
(mem_ltpf_active==0 && mem_nc>0.94 && nc>0.94) ||
(mem_ltpf_active==1 && nc>0.9) ||
(mem_ltpf_active==1 && abs(pitch-mem_pitch)<2 && (nc-mem_nc)>-0.1 &&
nc>0.84)
)
{
ltpf_active = 1;
}
else
{
ltpf_active = 0;
}
```

với mem_ltpf_active là giá trị của ltpf_active trong khung trước (sẽ là 0 nếu pitch_present=0 trong khung trước), mem_nc là giá trị của nc trong khung trước (sẽ là 0 nếu pitch_present=0 trong khung trước), pitch=pitch_int+pitch_fr/4 và

mem_pitch là giá trị của tần số cơ bản trong khung trước (sẽ là 0 nếu pitch_present=0 trong khung trước).

7.3 LTPF tại bộ giải mã

Tín hiệu được giải mã trong miền tần số (frequency domain - FD), ví dụ, sau khi tổng hợp phép biến đổi cosin rời rạc cải biên (Modified Discrete Cosine Transformation - MDCT), tổng hợp phép biến đổi sin rời rạc cải biên (Modified Discrete Sine Transformation - MDST), hoặc tổng hợp dựa trên phép biến đổi khác, có thể được lọc sau trong miền thời gian sử dụng bộ lọc IIR mà các tham số có thể phụ thuộc vào dữ liệu dòng bit LTPF “pitch_index” và “ltpf_active”. Để tránh sự gián đoạn khi các tham số thay đổi từ một khung sang khung tiếp theo, cơ cấu chuyển tiếp có thể được áp dụng cho phần tư thứ nhất của khung hiện thời.

Trong các ví dụ, bộ lọc IIR LTPF có thể được thực thi sử dụng

$$\widehat{x_{ltpf}}(n) = \widehat{x}(n) - \sum_{k=0}^{L_{num}} c_{num}(k) \widehat{x}(n-k) + \sum_{k=0}^{L_{den}} c_{den}(k, p_{fr}) \widehat{x_{ltpf}}\left(n - p_{int} + \frac{L_{den}}{2} - k\right)$$

trong đó $\widehat{x}(n)$ là tín hiệu đầu vào bộ lọc (tức là, tín hiệu được giải mã sau phép tổng hợp MDCT) và $\widehat{x_{ltpf}}(n)$ là tín hiệu đầu vào bộ lọc.

Phần nguyên p_{int} và phần phân số p_{fr} của độ trễ tần số cơ bản LTPF có thể được tính toán như sau. Độ trễ tần số cơ bản thứ nhất tại 12,8kHz được phục hồi sử dụng

$$pitch_int = \begin{cases} pitch_index - 283 & \text{if } pitch_index \geq 440 \\ \left\lfloor \frac{pitch_index}{2} \right\rfloor - 63 & \text{if } 440 > pitch_index \geq 380 \\ \left\lfloor \frac{pitch_index}{4} \right\rfloor + 32 & \text{if } 380 > pitch_index \end{cases}$$

$$pitch_fr = \begin{cases} 0 & \text{if } pitch_index \geq 440 \\ 2 * pitch_index - 4 * pitch_int + 508 & \text{if } 440 > pitch_index \geq 380 \\ pitch_index - 4 * pitch_int + 128 & \text{if } 380 > pitch_index \end{cases}$$

$$pitch = pitch_int + \frac{pitch_fr}{4}$$

Độ trễ tần số cơ bản có thể sau đó được định tỉ lệ đến tốc độ lấy mẫu đầu ra f_s và được chuyển thành các phân số nguyên và phân số sử dụng

$$\text{pitch}_{f_s} = \text{pitch} * \frac{f_s}{12800}$$

$$p_{\text{up}} = \text{nint}(\text{pitch}_{f_s} * 4)$$

$$p_{\text{int}} = \left\lfloor \frac{p_{\text{up}}}{4} \right\rfloor$$

$$p_{\text{fr}} = p_{\text{up}} - 4 * p_{\text{int}}$$

trong đó f_s là tốc độ lấy mẫu.

Các hệ số bộ lọc $c_{\text{num}}(k)$ và $c_{\text{den}}(k, p_{\text{fr}})$ có thể được tính toán như sau

$$c_{\text{num}}(k) = 0.85 * \text{gain_ltpf} * \text{tab_ltpf_num_fs}[\text{gain_ind}][k] \quad \text{for } k = 0..L_{\text{num}}$$

$$c_{\text{den}}(k, p_{\text{fr}}) = \text{gain_ltpf} * \text{tab_ltpf_den_fs}[p_{\text{fr}}][k] \quad \text{for } k = 0..L_{\text{den}}$$

với

$$L_{\text{den}} = \max\left(4, \frac{f_s}{4000}\right)$$

$$L_{\text{num}} = L_{\text{den}} - 2$$

và gain_ltpf và gain_ind có thể thu được theo

```
fs_idx = min(4, (f_s/8000-1));
if (nbits < 320 + fs_idx*80)
{
    gain_ltpf = 0.4;
    gain_ind = 0;
}
else if (nbits < 400 + fs_idx*80)
{
    gain_ltpf = 0.35;
    gain_ind = 1;
}
else if (nbits < 480 + fs_idx*80)
{
```

```

    gain_ltpf = 0.3;
    gain_ind = 2;
}
else if (nbits < 560 + fs_idx*80)
{
    gain_ltpf = 0.25;
    gain_ind = 3;
}
else
{
    gain_ltpf = 0;
}

```

và các bảng `tab_ltpf_num_fs[gain_ind][k]` và `tab_ltpf_den_fs[pfr][k]` được định trước.

Các ví dụ của `tab_ltpf_num_fs[gain_ind][k]` được cung cấp ở đây (thay vì “fs”, tốc độ lấy mẫu được chỉ rõ):

```

double tab_ltpf_num_8000[4][3] = {
{6.023618207009578e-01,4.197609261363617e-01,-1.883424527883687e-02},
{5.994768582584314e-01,4.197609261363620e-01,-1.594928283631041e-02},
{5.967764663733787e-01,4.197609261363617e-01,-1.324889095125780e-02},
{5.942410120098895e-01,4.197609261363618e-01,-1.071343658776831e-02}};

double tab_ltpf_num_16000[4][3] = {
{6.023618207009578e-01,4.197609261363617e-01,-1.883424527883687e-02},
{5.994768582584314e-01,4.197609261363620e-01,-1.594928283631041e-02},
{5.967764663733787e-01,4.197609261363617e-01,-1.324889095125780e-02},
{5.942410120098895e-01,4.197609261363618e-01,-1.071343658776831e-02}};

double tab_ltpf_num_24000[4][5] = {

```

```

{3.989695588963494e-01,5.142508607708275e-01,1.004382966157454e-01,-
1.278893956818042e-02,-1.572280075461383e-03},

{3.948634911286333e-01,5.123819208048688e-01,1.043194926386267e-01,-
1.091999960222166e-02,-1.347408330627317e-03},

{3.909844475885914e-01,5.106053522688359e-01,1.079832524685944e-01,-
9.143431066188848e-03,-1.132124620551895e-03},

{3.873093888199928e-01,5.089122083363975e-01,1.114517380217371e-01,-
7.450287133750717e-03,-9.255514050963111e-04}};

double tab_ltpf_num_32000[4][7] = {

{2.982379446702096e-01,4.652809203721290e-01,2.105997428614279e-
01,3.766780380806063e-02,-1.015696155796564e-02,-2.535880996101096e-03,-
3.182946168719958e-04},

{2.943834154510240e-01,4.619294002718798e-01,2.129465770091844e-
01,4.066175002688857e-02,-8.693272297010050e-03,-2.178307114679820e-03,-
2.742888063983188e-04},

{2.907439213122688e-01,4.587461910960279e-01,2.151456974108970e-
01,4.350104772529774e-02,-7.295495347716925e-03,-1.834395637237086e-03,-
2.316920186482416e-04},

{2.872975852589158e-01,4.557148886861379e-01,2.172126950911401e-
01,4.620088878229615e-02,-5.957463802125952e-03,-1.502934284345198e-03,-
1.903851911308866e-04}};

double tab_ltpf_num_48000[4][11] = {

{1.981363739883217e-01,3.524494903964904e-01,2.513695269649414e-
01,1.424146237314458e-01,5.704731023952599e-02,9.293366241586384e-03,-
7.226025368953745e-03,-3.172679890356356e-03,-1.121835963567014e-03,-
2.902957238400140e-04,-4.270815593769240e-05},

{1.950709426598375e-01,3.484660408341632e-01,2.509988459466574e-
01,1.441167412482088e-01,5.928947317677285e-02,1.108923827452231e-02,-
6.192908108653504e-03,-2.726705509251737e-03,-9.667125826217151e-04,-
2.508100923165204e-04,-3.699938766131869e-05},

```

```
{1.921810055196015e-01,3.446945561091513e-01,2.506220094626024e-
01,1.457102447664837e-01,6.141132133664525e-02,1.279941396562798e-02,-
5.203721087886321e-03,-2.297324511109085e-03,-8.165608133217555e-04,-
2.123855748277408e-04,-3.141271330981649e-05},
{1.894485314175868e-01,3.411139251108252e-01,2.502406876894361e-
01,1.472065631098081e-01,6.342477229539051e-02,1.443203434150312e-02,-
4.254449144657098e-03,-1.883081472613493e-03,-6.709619060722140e-04,-
1.749363341966872e-04,-2.593864735284285e-05}};
```

Các ví dụ của $\text{tab_ltpf_den_fs}[p_{fr}][k]$ được cung cấp ở đây (thay vì “fs”, tốc độ lấy mẫu được chỉ rõ):

```
double_tab_ltpf_den_8000[4][5] = {
{0.0000000000000000e+00, 2.098804630681809e-01, 5.835275754221211e-01,
2.098804630681809e-01, 0.0000000000000000e+00},
{0.0000000000000000e+00, 1.069991860896389e-01, 5.500750019177116e-01,
3.356906254147840e-01, 6.698858366939680e-03},
{0.0000000000000000e+00, 3.967114782344967e-02, 4.592209296082350e-01,
4.592209296082350e-01, 3.967114782344967e-02},
{0.0000000000000000e+00, 6.698858366939680e-03, 3.356906254147840e-01,
5.500750019177116e-01, 1.069991860896389e-01}};

double_tab_ltpf_den_16000[4][5] = {
{0.0000000000000000e+00, 2.098804630681809e-01, 5.835275754221211e-01,
2.098804630681809e-01, 0.0000000000000000e+00},
{0.0000000000000000e+00, 1.069991860896389e-01, 5.500750019177116e-01,
3.356906254147840e-01, 6.698858366939680e-03},
{0.0000000000000000e+00, 3.967114782344967e-02, 4.592209296082350e-01,
4.592209296082350e-01, 3.967114782344967e-02},
{0.0000000000000000e+00, 6.698858366939680e-03, 3.356906254147840e-01,
5.500750019177116e-01, 1.069991860896389e-01}};

double_tab_ltpf_den_24000[4][7] = {
```

```

{0.0000000000000000e+00,    6.322231627323796e-02,    2.507309606013235e-01,
3.713909428901578e-01,    2.507309606013235e-01,    6.322231627323796e-02,
0.0000000000000000e+00},

{0.0000000000000000e+00,    3.459272174099855e-02,    1.986515602645028e-01,
3.626411726581452e-01,    2.986750548992179e-01,    1.013092873505928e-01,
4.263543712369752e-03},

{0.0000000000000000e+00,    1.535746784963907e-02,    1.474344878058222e-01,
3.374259553990717e-01,    3.374259553990717e-01,    1.474344878058222e-01,
1.535746784963907e-02},

{0.0000000000000000e+00,    4.263543712369752e-03,    1.013092873505928e-01,
2.986750548992179e-01,    3.626411726581452e-01,    1.986515602645028e-01,
3.459272174099855e-02}};

double_tab_ltpf_den_32000[4][9] = {

{0.0000000000000000e+00,    2.900401878228730e-02,    1.129857420560927e-01,
2.212024028097570e-01,    2.723909472446145e-01,    2.212024028097570e-01,
1.129857420560927e-01, 2.900401878228730e-02, 0.0000000000000000e+00},

{0.0000000000000000e+00,    1.703153418385261e-02,    8.722503785537784e-02,
1.961407762232199e-01,    2.689237982237257e-01,    2.424999102756389e-01,
1.405773364650031e-01, 4.474877169485788e-02, 3.127030243100724e-03},

{0.0000000000000000e+00,    8.563673748488349e-03,    6.426222944493845e-02,
1.687676705918012e-01,    2.587445937795505e-01,    2.587445937795505e-01,
1.687676705918012e-01, 6.426222944493845e-02, 8.563673748488349e-03},

{0.0000000000000000e+00,    3.127030243100724e-03,    4.474877169485788e-02,
1.405773364650031e-01,    2.424999102756389e-01,    2.689237982237257e-01,
1.961407762232199e-01, 8.722503785537784e-02, 1.703153418385261e-02}};

double_tab_ltpf_den_48000[4][13] = {

{0.0000000000000000e+00,    1.082359386659387e-02,    3.608969221303979e-02,
7.676401468099964e-02,    1.241530577501703e-01,    1.627596438300696e-01,
1.776771417779109e-01,    1.627596438300696e-01,    1.241530577501703e-01,

```

7.676401468099964e-02,	3.608969221303979e-02,	1.082359386659387e-02,
0.000000000000000e+00},		
{0.000000000000000e+00,	7.041404930459358e-03,	2.819702319820420e-02,
6.547044935127551e-02,	1.124647986743299e-01,	1.548418956489015e-01,
1.767122381341857e-01,	1.691507213057663e-01,	1.352901577989766e-01,
8.851425011427483e-02,	4.499353848562444e-02,	1.557613714732002e-02,
2.039721956502016e-03},		
{0.000000000000000e+00,	4.146998467444788e-03,	2.135757310741917e-02,
5.482735584552816e-02,	1.004971444643720e-01,	1.456060342830002e-01,
1.738439838565869e-01,	1.738439838565869e-01,	1.456060342830002e-01,
1.004971444643720e-01,	5.482735584552816e-02,	2.135757310741917e-02,
4.146998467444788e-03},		
{0.000000000000000e+00,	2.039721956502016e-03,	1.557613714732002e-02,
4.499353848562444e-02,	8.851425011427483e-02,	1.352901577989766e-01,
1.691507213057663e-01,	1.767122381341857e-01,	1.548418956489015e-01,
1.124647986743299e-01,	6.547044935127551e-02,	2.819702319820420e-02,
7.041404930459358e-03}}		

Viện dẫn đến việc xử lý chuyên tiếp, năm trường hợp khác nhau được xem xét.

Trường hợp thứ nhất: ltpf_active = 0 và mem_ltpf_active = 0

$$\widehat{x}_{ltpf}(n) = \hat{x}(n) \quad \text{for } n = 0.. \frac{N_F}{4}$$

Trường hợp thứ hai: ltpf_active = 1 và mem_ltpf_active = 0

$$\widehat{x}_{ltpf}(n) = \hat{x}(n) - \frac{n}{\frac{N_F}{4}} \left[\sum_{k=0}^{L_{num}} c_{num}(k) \hat{x}(n-k) + \sum_{k=0}^{L_{den}} c_{den}(k, p_{fr}) \widehat{x}_{ltpf} \left(n - p_{int} + \frac{L_{den}}{2} - k \right) \right]$$

for $n = 0.. \frac{N_F}{4}$

Trường hợp thứ ba: ltpf_active = 0 và mem_ltpf_active = 1

$$\widehat{x_{\text{ltpf}}}(n) = \widehat{x}(n) - \left(1 - \frac{n}{\frac{N_F}{4}}\right) \left[\sum_{k=0}^{L_{\text{num}}} c_{\text{num}}^{\text{mem}}(k) \widehat{x}(n-k) + \sum_{k=0}^{L_{\text{den}}} c_{\text{den}}^{\text{mem}}(k, p_{\text{fr}}^{\text{mem}}) \widehat{x_{\text{ltpf}}}\left(n - p_{\text{int}}^{\text{mem}} + \frac{L_{\text{den}}}{2} - k\right) \right]$$

for $n = 0.. \frac{N_F}{4}$

với $c_{\text{num}}^{\text{mem}}$, $c_{\text{den}}^{\text{mem}}$, $p_{\text{int}}^{\text{mem}}$ và $p_{\text{fr}}^{\text{mem}}$ là các tham số bộ lọc được tính toán trong khung trước.

Trường hợp thứ tư: $\text{ltpf_active} = 1$ và $\text{mem_ltpf_active} = 1$ và $p_{\text{int}} = p_{\text{int}}^{\text{mem}}$ và $p_{\text{fr}} = p_{\text{fr}}^{\text{mem}}$

$$\widehat{x_{\text{ltpf}}}(n) = \widehat{x}(n) - \sum_{k=0}^{L_{\text{num}}} c_{\text{num}}(k) \widehat{x}(n-k) + \sum_{k=0}^{L_{\text{den}}} c_{\text{den}}(k, p_{\text{fr}}) \widehat{x_{\text{ltpf}}}\left(n - p_{\text{int}} + \frac{L_{\text{den}}}{2} - k\right)$$

for $n = 0.. \frac{N_F}{4}$

Trường hợp thứ năm: $\text{ltpf_active} = 1$ và $\text{mem_ltpf_active} = 1$ và ($p_{\text{int}} \neq p_{\text{int}}^{\text{mem}}$ hoặc $p_{\text{fr}} \neq p_{\text{fr}}^{\text{mem}}$)

$$\widehat{x_{\text{ltpf}}}'(n) = \widehat{x}(n) - \left(1 - \frac{n}{\frac{N_F}{4}}\right) \left[\sum_{k=0}^{L_{\text{num}}} c_{\text{num}}^{\text{mem}}(k) \widehat{x}(n-k) + \sum_{k=0}^{L_{\text{den}}} c_{\text{den}}^{\text{mem}}(k, p_{\text{fr}}^{\text{mem}}) \widehat{x_{\text{ltpf}}}'\left(n - p_{\text{int}}^{\text{mem}} + \frac{L_{\text{den}}}{2} - k\right) \right]$$

for $n = 0.. \frac{N_F}{4}$

$$\widehat{x_{\text{ltpf}}}'(n) = \widehat{x_{\text{ltpf}}}'(n) - \frac{n}{\frac{N_F}{4}} \left[\sum_{k=0}^{L_{\text{num}}} c_{\text{num}}(k) \widehat{x_{\text{ltpf}}}'(n-k) + \sum_{k=0}^{L_{\text{den}}} c_{\text{den}}(k, p_{\text{fr}}) \widehat{x_{\text{ltpf}}}'\left(n - p_{\text{int}} + \frac{L_{\text{den}}}{2} - k\right) \right]$$

for $n = 0.. \frac{N_F}{4}$

với N_F là số lượng các mẫu trong một khung.

7.4 Các lợi ích khác

Như có thể được hiểu, giải pháp theo các ví dụ nêu trên là rõ ràng đối với bộ giải mã. Không cần tạo tín hiệu bộ giải mã, ví dụ, rằng ước lượng thứ nhất hoặc ước lượng thứ hai đã được lựa chọn.

Theo đó, không có tải trọng tăng trong dòng bit 63.

Hơn nữa, không có nhu cầu cải biên các bộ giải mã để thích ứng với quy trình mới được thực thi tại bộ mã hóa. Bộ mã hóa không cần biết sáng chế đã được thực thi. Do đó, sáng chế cho phép tăng khả năng tương thích với các hệ thống kế thừa.

8. Che giấu tổn hao gói

Độ trễ tần số cơ bản T_{best} (19) thu được bởi thiết bị 10, 60a, hoặc 110 nêu trên có thể được sử dụng, tại bộ giải mã (ví dụ, 60b) để thực thi phép che giấu tổn hao gói (packet loss concealment - PLC) (đã biết như che giấu lỗi). PLC được sử dụng trong bộ mã hóa-giải mã âm thanh để che giấu tổn hao hoặc các gói hỏng trong suốt phép truyền dẫn từ bộ mã hóa đến bộ giải mã. Trong tình trạng kỹ thuật, PLC có thể được thực thi tại phía bộ giải mã và ngoại suy tín hiệu được giải mã trong miền biến đổi hoặc trong miền thời gian.

Độ trễ tần số cơ bản có thể là tham số chính được sử dụng trong PLC trên cơ sở tần số cơ bản. Tham số có thể được ước lượng tại phía bộ mã hóa và được mã hóa thành dòng bit. Trong trường hợp này, độ trễ tần số cơ bản của khung tốt cuối cùng được sử dụng để che giấu khung tổn hao hiện thời.

Khung hỏng không cung cấp đầu ra có thể nghe được chính xác và có thể bị bỏ.

Đối với mỗi khung được giải mã tại bộ giải mã, độ hợp lệ có thể được kiểm tra. Ví dụ, mỗi khung có thể có trường mang mã dư theo chu kỳ (cyclical redundancy code - CRC) mà được kiểm tra bằng cách thực hiện các thuật toán được định trước được cung cấp bởi thuật toán được định trước. Quy trình có thể được lặp lại để kiểm tra liệu kết quả được tính toán tương ứng với giá trị trên trường CRC. Nếu khung không được giải mã một cách phù hợp (ví dụ, về sự cản trở trong phép truyền dẫn), giả định rằng một số lỗi cũng ảnh hưởng khung. Do đó, nếu sự kiểm tra cung cấp kết quả của phép giải mã không chính xác, khung được giữ được mã hóa không thích hợp (không hợp lệ, bị hỏng).

Khi khung được thừa nhận là được giải mã không thích hợp, chiến lược che giấu có thể được sử dụng để cung cấp đầu ra có thể nghe được: nếu không, có thể nghe thấy điều gì đó như lỗ có thể nghe được nhiều. Do đó, cần thiết tìm ra dạng khung mà “điền đầy khoảng trống” được duy trì mở bởi khung âm thanh được giải mã không thích hợp. Mục đích của quy trình che giấu tổn hao khung là để che giấu hiệu quả của khung không khả dụng hoặc bị hỏng để giải mã.

8.1 Các chiến lược để che giấu

Quy trình che giấu tổn hao khung có thể bao gồm các phương pháp che giấu cho các loại tín hiệu khác nhau. Sự vận hành bộ mã hóa-giải mã khả thi nhất trong các tình huống lỗi dễ bị hư với các tổn hao khung có thể thu được qua việc lựa chọn phương pháp thích hợp nhất. Một trong số các phương pháp che giấu tổn hao gọi có thể, ví dụ, phép che giấu miền thời gian TCX.

8.2 Che giấu miền thời gian TCX

Phương pháp che giấu miền thời gian TCX là kỹ thuật PLC trên cơ sở tần số cơ bản vận hành trong miền thời gian. Thích hợp nhất cho các tín hiệu với kết cấu sóng hài chủ yếu. Ví dụ của quy trình là như sau: tín hiệu được tổng hợp của các khung được giải mã cuối cùng được lọc nghịch đảo với bộ lọc LP như được mô tả trong Phần 8.2.1 để thu được tín hiệu theo chu kỳ như được mô tả trong Phần 8.2.2. Tín hiệu ngẫu nhiên được tạo ra bởi bộ tạo ngẫu nhiên với sự phân bố gần như đồng đều trong Phần 8.2.3. Hai tín hiệu kích thích được cộng tổng để tạo ra tổng tín hiệu kích thích như được mô tả trong Phần 8.2.4, mà được giảm dần cường độ một cách thích ứng với thừa số suy giảm được mô tả trong Phần 8.2.6 và cuối cùng được lọc với bộ lọc LP để thu được tín hiệu thời gian được che giấu được tổng hợp. Nếu LTPF đã được sử dụng trong khung tốt cuối cùng, LTPF có thể cũng được sử dụng trên tín hiệu thời gian được che giấu được tổng hợp như được mô tả trong Phần 8.3. Để chồng lấp phù hợp với khung tốt sau khung tổn hao, tín hiệu triệt tiêu răng cưa trong miền thời gian được tạo ra trong Phần 8.2.5.

8.2.1 Tính toán tham số LPC

Phương pháp che giấu miền thời gian TCX vận hành trong miền kích thích. Hàm tự tương quan có thể được tính toán trên 80 băng miền tần số cách đều. Năng lượng được chỉnh tăng với thừa số chỉnh tăng μ

f_s	μ
8000	0,62
16000	0,72
24000	0,82
32000	0,92
48000	0,92

Hàm tự tương quan là độ trễ được tạo cửa sổ sử dụng cửa sổ sau

$$w_{\text{lag}}(i) = \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{120\pi i}{f_s} \right)^2 \right], \quad \text{for } i = 1 \dots 16$$

trước khi được biến đổi thành miền thời gian sử dụng DFT được xếp chồng đều nghịch đảo. Cuối cùng, thuật toán Levinson Durbin có thể được sử dụng để thu được bộ lọc LP, $a_c(k)$, cho khung được che giấu. Ví dụ được cung cấp như sau:

$$\begin{aligned}
 e &= R_L(0) \\
 a^0(0) &= 1 \\
 \text{for } k &= 1 \text{ to } N_L \text{ do} \\
 rc &= \frac{-\sum_{n=0}^{k-1} a^{k-1}(n) R_L(k-n)}{e} \\
 a^k(0) &= 1 \\
 \text{for } n &= 1 \text{ to } k-1 \text{ do} \\
 a^k(n) &= a^{k-1}(n) + rc \cdot a^{k-1}(k-n) \\
 a^k(k) &= rc \\
 e &= (1 - rc^2)e
 \end{aligned}$$

Bộ lọc LP có thể được tính toán chỉ trong khung tổn hao thứ nhất sau khung tốt và duy trì trong các khung tổn hao tiếp theo.

8.2.2 Kết cấu của phân theo chu kì của phép kích thích

Các mẫu thời gian được giải mã $N_L + T_c + \frac{N}{2}$ cuối cùng được chỉnh tăng đầu tiên với thừa số chỉnh tăng từ Phần 8.2.1 sử dụng bộ lọc

$$H_{\text{pre-emph}}(z) = 1 - \mu z^{-1}$$

để thu được tín hiệu $x_{\text{pre}}(k)$, trong đó T_c là giá trị độ trễ tần số cơ bản pitch_int hoặc $\text{pitch_int} + 1$ nếu $\text{pitch_fr} > 0$. Các giá trị pitch_int và pitch_fr là các giá trị độ trễ tần số cơ bản được truyền dẫn trong dòng bit.

Tín hiệu được chỉnh tăng, $x_{\text{pre}}(k)$, còn được lọc với bộ lọc LP nghịch đảo được tính toán để thu được tín hiệu kích thích trước $\text{exc}'_p(k)$. Để tạo thành tín hiệu kích thích, $\text{exc}_p(k)$, đối với khung bị tổn hao hiện thời, $\text{exc}'_p(k)$ được sao chép lặp lại với T_c như sau

$$\text{exc}_p(k) = \text{exc}'_p(E - T_c + k), \quad \text{for } k = 0 \dots N - 1$$

trong đó E tương ứng với mẫu cuối cùng trong $\text{exc}'_p(k)$. Nếu thừa số độ ổn định θ thấp hơn 1, chu kì tần số cơ bản thứ nhất của $\text{exc}'_p(k)$ là thông thấp thứ nhất được lọc với bộ lọc đáp ứng xung hữu hạn (finite impulse response - FIR) pha tuyến tính 11 nhánh được mô tả trong bảng sau đây

f_s	Các hệ số bộ lọc FIR thông thấp
8000 - 16000	{0.0053, 0.0000, -0.0440, 0.0000, 0.2637, 0.5500, 0.2637, 0.0000, -0.0440, 0.0000, 0.0053}
24000 - 48000	{-0.0053, -0.0037, -0.0140, 0.0180, 0.2668, 0.4991, 0.2668, 0.0180, -0.0140, -0.0037, -0.0053}

Độ khuếch đại của tần số cơ bản, g'_p , có thể được tính toán như sau

$$g'_p = \frac{\sum_{k=0}^{N/2} x_{\text{pre}}(N_L + k) \cdot x_{\text{pre}}(N_L + T_c + k)}{\sum_{k=0}^{N/3} x_{\text{pre}}(N_L + k)^2}$$

Nếu $\text{pitch_fr} = 0$ thì $g_p = g'_p$. Nếu không, độ khuếch đại thứ hai của tần số cơ bản, g''_p , có thể được tính toán như sau

$$g_p'' = \frac{\sum_{k=0}^{N/2} x_{pre}(N_L+1+k) \cdot x_{pre}(N_L+T_c+k)}{\sum_{k=0}^{N/3} x_{pre}(N_L+1+k)^2}$$

và $g_p = \max(g_p', g_p'')$. Nếu $g_p'' > g_p'$ sau đó T_c được giảm 1 cho sự xử lý khác.

Cuối cùng, g_p được bao bởi $0 \leq g_p \leq 1$.

Phép kích thích chu kì được tạo ra, $exc_p(k)$, được suy giảm từng mẫu xuyên suốt khung bắt đầu với 1 và kết thúc bởi thừa số suy giảm, α , để thu được $\widehat{exc_p}(k)$. Độ khuếch đại của tần số cơ bản, được tính toán chỉ trong khung tổn hao thứ nhất sau khung tốt và được thiết lập là α đối với các tổn hao khung liên tiếp khác.

8.2.3 Kết cấu của phần ngẫu nhiên của phép kích thích

Phần ngẫu nhiên của phép kích thích có thể được tạo ra với bộ tạo ngẫu nhiên với sự phân bố gần như đồng đều như sau

$$exc_{n,FB}(k) = \text{extract}(exc_{n,FB}(k-1) \cdot 12821 + 16831), \quad \text{for } k = 0 \dots N-1$$

trong đó $exc_{n,FB}(-1)$ được khởi tạo với 24607 cho khung thứ nhất được che giấu bằng phương pháp này và $\text{extract}()$ trích 16 LSB của giá trị. Đối với các khung khác, $exc_{n,FB}(N-1)$ được lưu trữ và sử dụng như $exc_{n,FB}(-1)$ tiếp theo.

Để dịch chuyển nhiều nhiều hơn đến tần số cao hơn, tín hiệu kích thích được lọc thông cao với bộ lọc FIR pha tuyến tính 11 nhánh được mô tả trong bảng sau để có $exc_{n,HP}(k)$.

f_s		Các hệ số bộ lọc FIR thông cao
8000	-	{0, -0.0205, -0.0651, -0.1256, -0.1792, 0.8028, -0.1792, -0.1256, -0.0651, -0.0205, 0}
16000	-	
24000	-	{-0.0517, -0.0587, -0.0820, -0.1024, -0.1164, 0.8786, -0.1164, -0.1024, -0.0820, -0.0587, -0.0517}
48000	-	

Để đảm bảo rằng nhiễu có thể biến dần đến nhiễu âm băng đầy đủ với vận tốc biến dần phụ thuộc vào thừa số suy giảm α , phần ngẫu nhiên của phép kích thích,

$\text{exc}_n(k)$, được tạo thành qua phép nội suy tuyến tính của băng đầy đủ, $\text{exc}_{n,\text{FB}}(k)$, và phiên bản được lọc thông cao, $\text{exc}_{n,\text{HP}}(k)$, như

$$\text{exc}_n(k) = (1 - \beta) \cdot \text{exc}_{n,\text{FB}}(k) + \beta \cdot \text{exc}_{n,\text{HP}}(k), \quad \text{for } k = 0 \dots N - 1$$

trong đó $\beta = 1$ đối với khung tổn hao thứ nhất sau khung tốt và

$$\beta = \beta_{-1} \cdot \alpha$$

đối với tổn hao khung thứ hai và liên tục, trong đó β_{-1} là β của khung được che giấu trước đó.

Để điều chỉnh mức nhiễu, độ khuếch đại nhiễu, g'_n , được tính như sau

$$g'_n = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^{N/2-1} \left(\text{exc}'_p(E - N/2 + 1 + k) - g_p \cdot \text{exc}'_p(E - N/2 + 1 - T_c + k) \right)^2}{N/2}}$$

Nêu $T_c = \text{pitch_int}$ sau Phần 8.2.2, khi đó $g_n = g'_n$. Nếu không, độ khuếch đại thứ hai của nhiễu âm, g''_n , được tính toán như trong phương trình nêu trên, nhưng với T_c là pitch_int . Sau đây, $g_n = \min(g'_n, g''_n)$.

Đối với quy trình khác, g_n được chuẩn hóa thứ nhất, và khi đó được nhân với $(1.1 - 0.75g_p)$ để thu được $\widehat{g_n}$.

Phép kích thích ngẫu nhiên được tạo ra, $\text{exc}_n(k)$, được suy giảm một cách đồng đều với $\widehat{g_n}$ từ mẫu thứ nhất đến mẫu thứ năm và theo sau từng mẫu xuyên suốt khung bắt đầu với $\widehat{g_n}$ và kết thúc với $\widehat{g_n} \cdot \alpha$ để thu được $\widehat{\text{exc}_n}(k)$. Độ khuếch đại nhiễu âm, g_n , được tính toán chỉ trong khung tổn hao thứ nhất sau khung tốt và được thiết lập là $g_n \cdot \alpha$ đối với các tổn hao khung liên tiếp khác.

8.2.4 Kết cấu của tổng phép kích thích, tổng hợp và xử lý sau

Phép kích thích ngẫu nhiên, $\widehat{\text{exc}_n}(k)$, được thêm vào phép kích thích theo chu kỳ, $\widehat{\text{exc}_p}(k)$, để tạo ra tổng tín hiệu kích thích $\text{exc}_t(k)$. Tín hiệu được tổng hợp cuối cùng cho khung được che giấu thu được bằng cách lọc tổng phép kích thích với bộ lọc LP từ Phần 8.2.1 và được xử lý sau với bộ lọc chỉnh giảm.

8.2.5 Triệt tiêu răng cưa trong miền thời gian

Để có phép chồng lắp-cộng phù hợp trong trường hợp khung tiếp theo là khung tốt, phần triệt tiêu răng cưa trong miền thời gian, $x_{\text{TDAC}}(k)$, có thể được tạo ra. Đối với điều này, $N - Z$ mẫu bổ sung được tạo ra cùng lúc như được mô tả trên đây để thu được tín hiệu $x(k)$ for $k = 0 \dots 2N - Z$. Trên đó, phần triệt tiêu răng cưa trong miền thời gian được tạo ra bởi các bước sau:

Điền 0 vùng đệm miền thời gian được tổng hợp $x(k)$

$$\hat{x}(k) = \begin{cases} 0, & 0 \leq k < Z \\ x(k - Z), & Z \leq k < 2N \end{cases}$$

Tạo cửa sổ $\hat{x}(k)$ với cửa sổ MDCT $w_N(k)$

$$\widehat{x}_w(k) = w_N(k) \cdot \hat{x}(k), \quad 0 \leq k < 2N$$

Tái tạo hình từ $2N$ thành N

$$y(k) = \begin{cases} -\widehat{x}_w\left(\frac{3N}{2} + k\right) - \widehat{x}_w\left(\frac{3N}{2} - 1 - k\right), & 0 \leq k < \frac{N}{2} \\ \widehat{x}_w\left(-\frac{N}{2} + k\right) - \widehat{x}_w\left(\frac{3N}{2} - 1 - k\right), & \frac{N}{2} \leq k < N \end{cases}$$

Tái tạo hình từ N thành $2N$

$$\hat{y}(k) = \begin{cases} y\left(\frac{N}{2} + k\right), & 0 \leq k < \frac{N}{2} \\ -y\left(\frac{3N}{2} - 1 - k\right), & \frac{N}{2} \leq k < N \\ -y\left(\frac{3N}{2} - 1 - k\right), & N \leq k < \frac{3N}{2} \\ -y\left(-\frac{3N}{2} + k\right), & \frac{3N}{2} \leq k < 2N \end{cases}$$

Tạo cửa sổ $\hat{y}(k)$ với cửa sổ phép biến đổi cosin rời rạc cải biên (Modified Discrete Cosine Transformation - MDCT) được lật lại (hoặc phép biến đổi sin rời rạc cải biên (Modified Discrete Sine Transformation - MDST) trong các ví dụ khác $w_N(k)$

$$x_{\text{TDAC}}(k) = w_N(2N - 1 - k) \cdot \hat{y}(k), \quad 0 \leq k < 2N$$

8.2.6 Xử lý nhiễu tồn hao khung

Tín hiệu được hình thành giảm dần cường độ đến 0. Tốc độ giảm dần cường độ được điều khiển bởi thừa số suy giảm, α , mà phụ thuộc vào thừa số suy giảm trước, α_{-1} , độ khuếch đại của tần số cơ bản, g_p , được tính toán trên khung nhận được chính

xác cuối cùng, số lượng các khung được xóa liên tục, $nbLostCmpt$, và độ ổn định, θ . Quy trình sau đây có thể được sử dụng để tính toán thừa số suy giảm, α

```

if ( $nbLostCmpt == 1$ )
 $\alpha = \sqrt{g_p}$ 
if ( $\alpha > 0.98$ )
 $\alpha = 0.98$ 
else if ( $\alpha < 0.925$ )
 $\alpha = 0.925$ 
else if ( $nbLostCmpt == 2$ )
 $\alpha = (0.63 + 0.35 \theta) \cdot \alpha_{-1}$ 
if  $\alpha < 0.919$ 
 $\alpha = 0.919$ ;
else if ( $nbLostCmpt == 3$ )
 $\alpha = (0.652 + 0.328 \theta) \cdot \alpha_{-1}$ 
else if ( $nbLostCmpt == 4$ )
 $\alpha = (0.674 + 0.3 \theta) \cdot \alpha_{-1}$ 
else if ( $nbLostCmpt == 5$ ) {
 $\alpha = (0.696 + 0.266 \theta) \cdot \alpha_{-1}$ 
else
 $\alpha = (0.725 + 0.225 \theta) \cdot \alpha_{-1}$ 
 $g_p = \alpha$ 

```

Thừa số θ (độ ổn định của hai vectơ thừa số định tỉ lệ liên kế cuối cùng $scf_{-2}(k)$ và $scf_{-1}(k)$) có thể thu được, ví dụ, như:

$$\theta = 1.25 - \frac{1}{25} \sum_{k=0}^{15} (scf_{-1}(k) - scf_{-2}(k))^2$$

trong đó $scf_{-2}(k)$ và $scf_{-1}(k)$ là vectơ thừa số định tỉ lệ của hai khung liên kế cuối cùng. Thừa số θ được bao bởi $0 \leq \theta \leq 1$, với các giá trị lớn hơn là θ tương ứng với các tín hiệu ổn định hơn. Điều này hạn chế dao động năng lượng và đường bao phổ. Nếu không có hai vectơ thừa số định tỉ lệ liên kế, thừa số θ được thiết lập là 0,8.

Để ngăn ngừa năng lượng cao nhanh tăng, phổ được lọc thông thấp với $X_s(0) = X_s(0) \cdot 0.2$ và $X_s(1) = X_s(1) \cdot 0.5$.

9. LTPF và PLC với thông tin độ trễ tần số cơ bản giống nhau.

Fig.9 thể hiện ví dụ chung của phương pháp 100' mà có thể được sử dụng để vận hành bộ giải mã 60b. Tại bước S101', phiên bản được mã hóa của tín hiệu có thể được giải mã. Trong các ví dụ, khung có thể thu được (ví dụ, qua kết nối Bluetooth) và/hoặc thu được từ bộ phận lưu trữ. Độ trễ tần số cơ bản T_{best} (được lựa chọn giữa T_1 và T_2 như được thảo luận trên đây có thể được sử dụng cho cả PLC và LTPF.

Tại bước S102', tính hiệu lực của khung được kiểm tra (ví dụ, với CRC, tính chẵn lẻ, v.v.). Nếu tính hiệu lực của khung được thừa nhận, phép che giấu được thực hiện (xem sau đây).

Nếu không, nếu khung được giữ có hiệu lực, tại bước S103', sẽ được kiểm tra liệu thông tin tần số cơ bản được mã hóa trong khung hay không. Trong một số ví dụ, thông tin tần số cơ bản được mã hóa chỉ khi độ hài hòa đã được thừa nhận là vượt quá ngưỡng cụ thể (mà có thể biểu thị, ví dụ, độ hài hòa tương đối cao để thực hiện LTPF và/hoặc PLC, ví dụ).

Nếu tại S103', thừa nhận rằng thông tin tần số cơ bản thực sự được mã hóa, khi đó thông tin tần số cơ bản được giải mã và được lưu trữ tại bước S104'. Nếu không, chu kỳ kết thúc và khung mới có thể được giải mã tại S101'.

Tiếp theo, tại bước S105', được kiểm tra liệu LTPF có được cho phép hay không. Nếu được kiểm tra rằng LTPF được cho phép, khi đó LTPF được thực hiện tại bước S106. Nếu không, LTPF được bỏ qua; chu kỳ kết thúc; và khung mới có thể được giải mã tại S101'.

Viện dẫn đến phép che giấu, phương pháp sau có thể được chia nhỏ thành các bước. Tại bước S107', được kiểm tra liệu thông tin tần số cơ bản của khung trước (hoặc thông tin tần số cơ bản của một trong số các khung trước đó) được lưu trữ trong bộ nhớ (tức là, thông tin này được loại bỏ).

Nếu được kiểm tra rằng thông tin tần số cơ bản được lưu trữ, khi đó phép che giấu lỗi có thể được thực hiện tại bước S108. Sự lặp lại độ phân giải khung MDCT (hoặc MDST) với việc xáo trộn tín hiệu, và/hoặc phép che giấu miền thời gian TCX, và/hoặc ECU pha có thể được thực hiện.

Nếu không, nếu tại S107' được kiểm tra rằng không có thông tin tần số cơ bản mới được lưu trữ (là kết quả rằng bộ giải mã không truyền dẫn độ trễ tần số cơ bản, ví dụ) kỹ thuật che giấu khác, về bản chất đã biết và không ngụ ý việc sử dụng thông tin tần số cơ bản được cung cấp bởi bộ mã hóa, có thể được sử dụng tại bước S109'. Một số kỹ thuật này có thể được sử dụng cho việc ước lượng thông tin tần số cơ bản và/hoặc thông tin độ hài hòa tại bộ giải mã. Trong một số ví dụ, không có kỹ thuật che giấu nào có thể được thực hiện trong trường hợp này.

Sau khi thực hiện che giấu lỗi, chu kỳ kết thúc; và khung mới có thể được giải mã tại S101'.

Lưu ý rằng độ trễ tần số cơ bản được sử dụng bởi PLC là giá trị $19 (t_{best})$ được chuẩn bị tại thiết bị 10 và/hoặc 60b, trên cơ sở phép lựa chọn giữa các ước lượng T_1 và T_2 , như được thảo luận trên đây.

10. Các ví dụ khác

Fig.7 thể hiện thiết bị 110 mà có thể thực thi thiết bị 10 và/hoặc 60a thực hiện ít nhất một số bước của các phương pháp nêu trên. Thiết bị 110 có thể bao gồm bộ xử lý 111 và bộ phận vật ghi không tạm thời 112 chứa các lệnh (ví dụ, chương trình) mà, khi được thực thi bởi bộ xử lý 111, có thể khiến bộ xử lý 111 thực hiện phép ước lượng thứ nhất 112a (ví dụ, như để thực thi bộ ước lượng thứ nhất 11), bộ ước lượng thứ hai 112b (ví dụ, như thực thi bộ ước lượng thứ hai 112b (ví dụ, như để thực thi bộ ước lượng thứ hai 12), và/hoặc phép lựa chọn 112c (ví dụ, như thực thi bộ lựa chọn 18). Thiết bị 110 có thể bao gồm bộ phận đầu vào 116, mà có thể thu được tín hiệu thông tin đầu vào (ví dụ, tín hiệu âm thanh). Thiết bị có thể lưu trữ dòng bit, ví dụ, trong không gian lưu trữ 128.

Fig.8 thể hiện thiết bị 120 mà thực thi bộ giải mã 60b, và/hoặc thực hiện lọc LTPF, ví dụ. Thiết bị 120 có thể bao gồm bộ xử lý 121 và bộ ghi không tạm thời 122

lưu trữ các lệnh 122a (ví dụ, chương trình) mà, khi được thực thi bởi bộ xử lý 121, có thể khiến bộ xử lý 121 thực hiện, không kể đến những điều khác, thuật toán lọc LTPF, ví dụ, trên cơ sở tham số thu được từ bộ mã hóa. Thiết bị 120 có thể bao gồm bộ phận đầu vào 126, mà có thể thu được phép biểu diễn được giải mã của tín hiệu thông tin (ví dụ, tín hiệu âm thanh). Do đó, bộ xử lý 121 có thể thực hiện các xử lý để thu được phép biểu diễn được giải mã của tín hiệu thông tin. Phép biểu diễn được giải mã có thể được cung cấp cho các bộ phận ngoại vi sử dụng bộ phận đầu ra 127. Bộ phận đầu ra 127 có thể bao gồm, ví dụ, bộ phận truyền thông để truyền thông đến các thiết bị ngoại vi (ví dụ, sử dụng truyền thông không dây, như Bluetooth) và/hoặc các không gian lưu trữ bên ngoài. Bộ xử lý 121 có thể lưu trữ phép biểu diễn được giải mã của tín hiệu âm thanh trong không gian lưu trữ cục bộ 128.

Trong các ví dụ, các hệ thống 110 và 120 có thể là thiết bị tương tự.

Phụ thuộc vào các yêu cầu thực thi nhất định, các ví dụ có thể được thực thi trong phần cứng. Phương án có thể được thực hiện sử dụng vật ghi lưu trữ số, ví dụ, đĩa mềm, đĩa đa năng kỹ thuật số (Digital Versatile Disc - DVD), đĩa Blu-ray, đĩa rút gọn (compact disc - CD), bộ nhớ chỉ đọc (Read-only Memory - ROM), bộ nhớ chỉ đọc khả trình (Programmable Read-only Memory - PROM), bộ nhớ chỉ đọc có thể xóa và có thể lập trình *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory - EEPROM) hoặc bộ nhớ flash, có các tín hiệu điều khiển có thể đọc bằng điện tử được lưu trữ trên đó, mà kết hợp (hoặc có thể kết hợp) với hệ thống máy tính khả trình sao cho phương pháp tương ứng được thực hiện. Do đó, vật ghi lưu trữ kỹ thuật số có thể đọc được bằng máy tính.

Nói chung, các ví dụ có thể được thực thi như sản phẩm chương trình máy tính với các lệnh chương trình, các lệnh chương trình hoạt động để thực hiện một trong các phương pháp khi sản phẩm chương trình máy tính chạy trên máy tính. Các lệnh chương trình có thể, ví dụ, được lưu trữ trên vật ghi có thể đọc được bằng máy.

Các ví dụ 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. Do đó, nói cách khác, ví dụ của phương pháp, chương trình máy tính có các

lệnh 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.

Ví dụ khác của các phương pháp theo sáng chế là, vật ghi dữ liệu (hoặc vật ghi lưu trữ số, vật ghi đọc được bằng máy tính) gồm có, đã được ghi lại trên đó, chương trình máy tính để thực hiện một trong các phương pháp được mô tả ở đây. Vật ghi mang dữ liệu, vật ghi lưu trữ số hoặc vật ghi được ghi là hữu hình và không tạm thời, tốt hơn là các tín hiệu mà không hữu hình và tạm thời.

Ví dụ khác gồm có phương tiện xử lý, ví dụ máy tính, hoặc thiết bị logic lập trình được, thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây.

Ví dụ 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.

Ví dụ khác gồm có thiết bị hoặc hệ thống để truyền tải (ví dụ, bằng điện tử hoặc quang học) chương trình máy tính để thực hiện một trong số các phương pháp được mô tả ở đây đến bộ nhận. Bộ nhận có thể là, ví dụ, máy tính, thiết bị di động, thiết bị nhớ hoặc tương tự. Thiết bị hoặc hệ thống có thể, ví dụ, bao gồm máy chủ tệp tin để truyền tải chương trình máy tính đến bộ nhận.

Theo một số ví dụ, thiết bị logic khả trình (ví dụ, mảng cổng 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 ví dụ, mảng cổng khả trình 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 có thể được thực hiện bởi thiết bị phần cứng bất kỳ.

Các ví dụ nêu trên được mô tả bên trên chỉ mang tính minh họa cho các nguyên lý được thảo luận trên đây. Cần hiểu rằng các cải biên và biến đổi của các phương án và các chi tiết được mô tả ở đây sẽ là rõ ràng. Do đó, mục đích của sáng chế là chỉ được giới hạn bởi phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ sắp đưa ra dưới đây và không bị giới hạn bởi các chi tiết cụ thể được biểu diễn bằng bản mô tả và giải thích của các ví dụ ở đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị mã hóa tín hiệu thông tin bao gồm nhiều khung (10, 60a, 110), thiết bị bao gồm:

bộ ước lượng thứ nhất (11) được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ nhất (14, T_1), ước lượng thứ nhất là ước lượng độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời (13), trong đó ước lượng thứ nhất (14) thu được như độ trễ (T_1) mà tối đa hóa hàm tương quan thứ nhất được kết hợp với khung hiện thời (13);

bộ ước lượng thứ hai (12) được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ hai (16, T_2), ước lượng thứ hai là ước lượng khác của độ trễ tần số cơ bản cho khung hiện thời (13), trong đó bộ ước lượng thứ hai được tạo điều kiện bởi độ trễ tần số cơ bản (51, 19") được lựa chọn tại khung phía trước để thu được ước lượng thứ hai (16, T_2) cho khung hiện thời (13), trong đó bộ ước lượng thứ hai (12) được tạo cấu hình để thu được ước lượng thứ hai (16, T_2) bằng cách tìm kiếm độ trễ mà tối đa hóa hàm tương quan thứ hai trong khoảng con thứ hai (52) mà chứa độ trễ tần số cơ bản (51, 19") được lựa chọn cho khung trước đó,

bộ lựa chọn (17) được tạo cấu hình để chọn (S103) giá trị được lựa chọn (19, T_{best}) bằng cách thực hiện phép lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất (14, T_1) và ước lượng thứ hai (16, T_2) trên cơ sở các số đo tương quan thứ nhất và thứ hai (23, 25), trong đó bộ lựa chọn (17) được tạo cấu hình để thực hiện phép so sánh giữa:

phiên bản được giảm tỉ lệ (24) của số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất (23) được kết hợp với khung hiện thời (13) và được thu tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ nhất (14, T_1); và

số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ hai (25) được kết hợp với khung hiện thời (13) và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai (16, T_2),

để lựa chọn ước lượng thứ nhất (14, T_1) khi số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ hai (25) nhỏ hơn phiên bản được giảm tỉ lệ (24) của số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất (23), và/hoặc

để lựa chọn ước lượng (16, T_2) khi số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ hai (25) lớn hơn phiên bản được giảm tỉ lệ (24) của số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất (23).

2. Thiết bị (60a) theo điểm 1, thiết bị còn bao gồm:

bộ phát hiện (10, 65) bao gồm bộ ước lượng thứ nhất, bộ ước lượng thứ hai và bộ lựa chọn (17); và

công cụ lọc sau dài hạn (long-term post filtering - LTPF) (66) được tạo cấu hình để mã hóa dữ liệu có ích để thực hiện LTPF tại bộ giải mã (60b), dữ liệu có ích để thực hiện LTPF bao gồm giá trị được lựa chọn (19, T_{best}).

3. Thiết bị theo điểm 1, thiết bị còn bao gồm, xuôi dòng đến bộ lựa chọn (17), công cụ lọc sau dài hạn (long term postfiltering - LTPF) (66) để điều khiển bộ lọc sau dài hạn (67) tại thiết bị giải mã (60b).

4. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, thiết bị được tạo cấu hình để so sánh độ hài hòa của giá trị được lựa chọn (19, T_{best}) với ngưỡng LTPF được định trước (19, T_{best}) trong trường hợp độ hài hòa của giá trị được lựa chọn (19, T_{best}) là thấp hơn ngưỡng được định trước.

5. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó:

khoảng con thứ hai (52) chứa các độ trễ (T) với khoảng cách nhỏ hơn ngưỡng số độ trễ được định trước từ độ trễ tần số cơ bản (51, 19") được lựa chọn từ khung trước.

6. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bộ ước lượng thứ hai (12) được tạo cấu hình để:

tìm kiếm giá trị tối đa trong số các giá trị hàm tương quan thứ hai để kết hợp ước lượng thứ hai (16) với độ trễ (T_2) được kết hợp với giá trị tối đa trong số các giá trị hàm tương quan thứ hai.

7. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó hàm tương quan thứ nhất được giới hạn đến các độ trễ trong khoảng con thứ nhất.

8. Thiết bị theo điểm 7, trong đó khoảng con thứ nhất chứa số các độ trễ lớn hơn khoảng con thứ hai (52), và/hoặc ít nhất một số độ trễ trong khoảng con thứ hai (52) nằm trong khoảng con thứ nhất.

9. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bộ ước lượng thứ nhất (11) được tạo cấu hình để:

gán trọng số các giá trị đo tương quan của hàm tương quan thứ nhất sử dụng hàm gán trọng số giảm một cách đơn điệu (T_1) mà tối đa hóa hàm tương quan thứ nhất.

10. Theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bộ ước lượng thứ nhất (11) được tạo cấu hình để ước lượng thứ nhất T_1 bằng cách thực hiện tại ít nhất một số phép toán sau đây:

$$T_1 = \underset{k=k_{min} \dots k_{max}}{\operatorname{argmax}} R_w(k)$$

$$R_w(k) = R(k)w(k) \text{ for } k = k_{min} \dots k_{max}$$

$$w(k) = 1 - 0.5 \frac{(k - k_{min})}{(k_{max} - k_{min})} \text{ for } k = k_{min} \dots k_{max}$$

$$R(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)x(n-k) \text{ for } k = k_{min} \dots k_{max}$$

$w(k)$ là hàm gán trọng số, k_{min} và k_{max} được kết hợp với độ trễ tối thiểu và độ trễ tối đa, R là giá trị đo tự tương quan được ước lượng trên cơ sở tín hiệu thông tin hoặc phiên bản được xử lý của giá trị này và N là độ dài khung, x là tín hiệu thông tin.

11. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bộ ước lượng thứ hai (12) được tạo cấu hình để thu ước lượng thứ hai T_2 bằng cách thực hiện:

$$T_2 = \underset{k=k'_{min} \dots k'_{max}}{\operatorname{argmax}} R(k)$$

với $k'_{min} = \max(k_{min}, T_{prev} - \delta)$, $k'_{max} = \min(k_{max}, T_{prev} + \delta)$, T_{prev} là ước lượng được lựa chọn trong khung trước đó, δ là khoảng cách từ T_{prev} , k_{min} và k_{max} được kết hợp đến độ trễ tối thiểu và độ trễ tối đa, R là giá trị đo tự tương quan được ước lượng trên cơ sở tín hiệu thông tin hoặc phiên bản được xử lý của giá trị này.

12. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó bộ lựa chọn (17) được tạo cấu hình để thực hiện sự lựa chọn từ ước lượng độ trễ tần số cơ bản T_{curr} về

$$T_{curr} = \begin{cases} T_1 & \text{if } \text{normcorr}(x, N, T_2) \leq \alpha \text{normcorr}(x, N, T_1) \\ T_2 & \text{otherwise} \end{cases}$$

với T_1 là ước lượng thứ nhất, T_2 là ước lượng thứ hai, x là giá trị của tín hiệu thông tin hoặc phiên bản được xử lý của giá trị này, $\text{normcorr}(x, N, T)$ là số đo hiệu chỉnh được chuẩn hóa của tín hiệu x có chiều dài N tại độ trễ T , α là hệ số giảm tỉ lệ.

13. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó tín hiệu thông tin là tín hiệu âm thanh.

14. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số điểm nêu trên, thiết bị được tạo cấu hình để thu được các số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất và thứ hai sử dụng hàm tương quan lên đến hàm gán trọng số.

15. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số điểm nêu trên, thiết bị được tạo cấu hình để thu được số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất như phiên bản được chuẩn hóa của ước lượng thứ nhất lên đến hàm gán trọng số.

16. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số điểm nêu trên, thiết bị được tạo cấu hình để thu được số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ hai như phiên bản được chuẩn hóa của ước lượng thứ hai.

17. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số điểm nêu trên, thiết bị còn bao gồm bộ mã hóa biến đổi (62) được tạo cấu hình để tạo ra phép biểu diễn (63a) của tín hiệu thông tin (61) hoặc phiên bản được xử lý của tín hiệu này.

18. Hệ thống mã hóa và giải mã (60) bao gồm phía bộ mã hóa (10, 60a) và phía bộ giải mã (60b), phía bộ mã hóa bao gồm thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, phía bộ giải mã bao gồm công cụ lọc sau dải hạn (67) được điều khiển trên cơ sở ước lượng độ trễ tần số cơ bản được lựa chọn bởi bộ lựa chọn (17).

19. Phương pháp xác định độ trễ tần số cơ bản cho tín hiệu được chia thành các khung (100), phương pháp bao gồm:

thực hiện phép ước lượng thứ nhất cho khung hiện thời (S101) để thu được ước lượng thứ nhất (14) như độ trễ (T_1) mà tối đa hóa hàm hiệu chỉnh thứ nhất được kết hợp với khung hiện thời (13);

thực hiện phép ước lượng thứ hai cho khung hiện thời (S102) thu được bằng cách tìm kiếm độ trễ (T_2) mà tối đa hóa hàm tương quan thứ hai trong khoảng con thứ hai (52) mà chứa độ trễ bước (51, 19") được lựa chọn cho khung trước, trong đó thực hiện phép ước lượng thứ hai thu được trên cơ sở kết quả của bước lựa chọn được thực hiện tại khung trước ; và

lựa chọn giữa ước lượng thứ nhất (14, T_1) thu được tại phép ước lượng thứ nhất và ước lượng thứ hai (16, T_2) thu được tại ước lượng thứ hai trên cơ sở các số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất và thứ hai (S103),

trong đó lựa chọn bao gồm thực hiện phép so sánh giữa:

phiên bản được giảm tỉ lệ (24) của số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất (23), được kết hợp với khung hiện thời (13) và thu được độ trễ tương ứng với ước lượng thứ nhất (14, T_1);

số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ hai (25) được kết hợp với khung hiện thời (13) và thu được tại độ trễ tương ứng với ước lượng thứ hai (16, T_2); và

lựa chọn ước lượng thứ nhất (14, T_1) khi ước lượng tự tương quan được chuẩn hóa thứ hai (25) là nhỏ hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất (23), và/hoặc lựa chọn ước lượng thứ hai (16, T_2) khi số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ hai (25) lớn hơn phiên bản được giảm tỉ lệ của số đo tự tương quan được chuẩn hóa thứ nhất (23).

20. Phương pháp theo điểm 19, phương pháp còn bao gồm sử dụng độ trễ được lựa chọn để lọc sau dài hạn (long term postfiltering - LTPF).

21. Phương pháp theo điểm 19 hoặc 20, phương pháp còn bao gồm sử dụng độ trễ được lựa chọn cho phép che giấu tổn hao gói (packet lost concealment - PLC).

22. Phương pháp (100) mã hóa dòng bit cho tín hiệu được chia thành các khung, phương pháp bao gồm:

thực hiện phương pháp theo điểm 19 hoặc 20; và

mã hóa dữ liệu có ích để thực hiện LTPF tại bộ giải mã (60b), dữ liệu có ích để thực hiện LTPF bao gồm giá trị được lựa chọn (19, T_{best}).

23. Phương pháp theo điểm 22, phương pháp còn bao gồm sử dụng độ trễ được lựa chọn cho phép che giấu tổn hao gói (packet lost concealment - PLC).

24. Vật ghi có thể đọc được bằng máy tính bao gồm chương trình máy tính bao gồm các lệnh mà, khi được thực thi bởi bộ xử lý (111), khiến bộ xử lý thực hiện phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 19 đến 21.

25. Vật ghi có thể đọc được bằng máy tính bao gồm chương trình máy tính bao gồm các lệnh mà, khi được thực thi bởi bộ xử lý (111), khiến bộ xử lý thực hiện phương pháp theo điểm 22 hoặc 23.

1/13

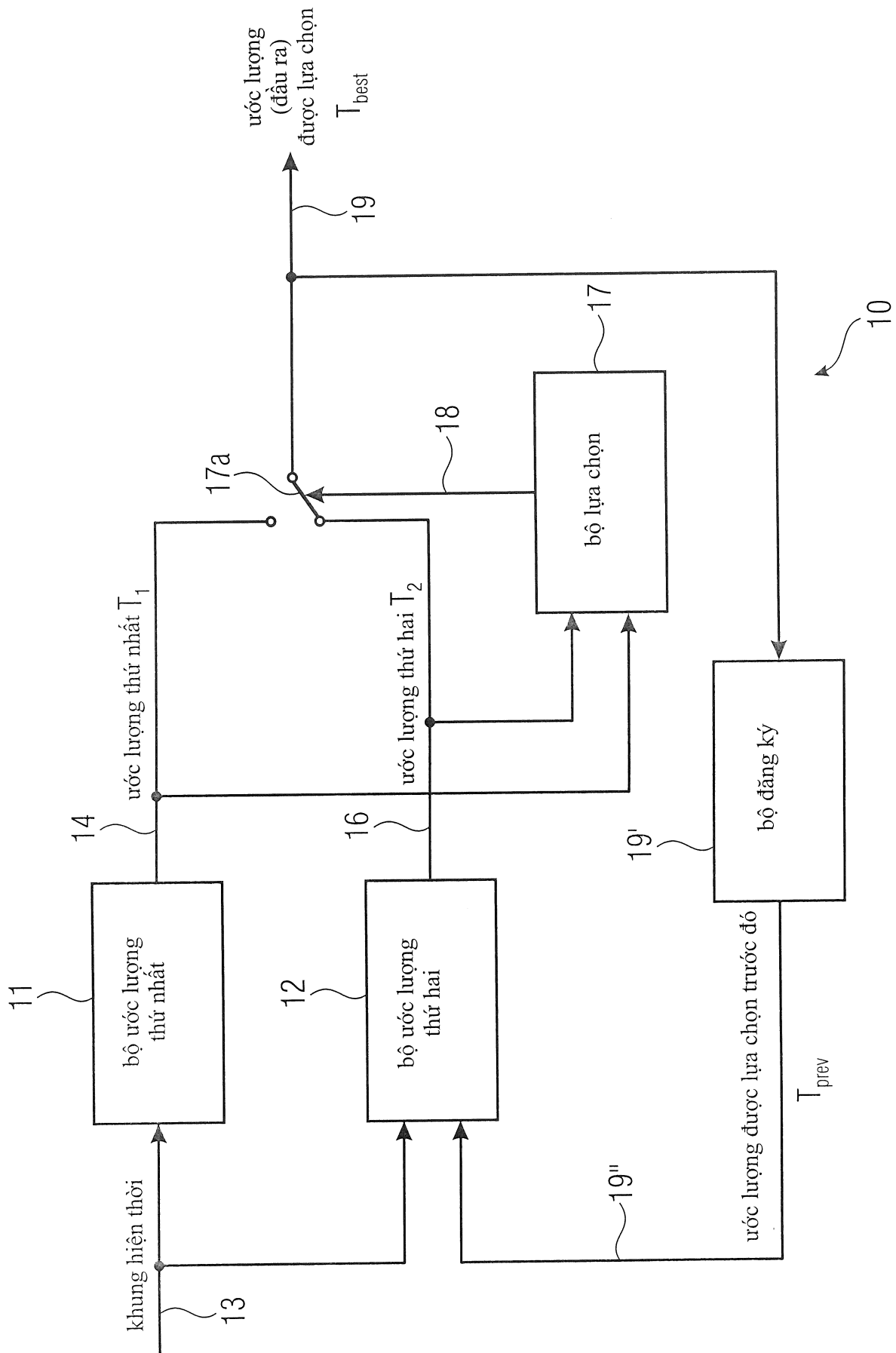


Fig. 1a

2/13

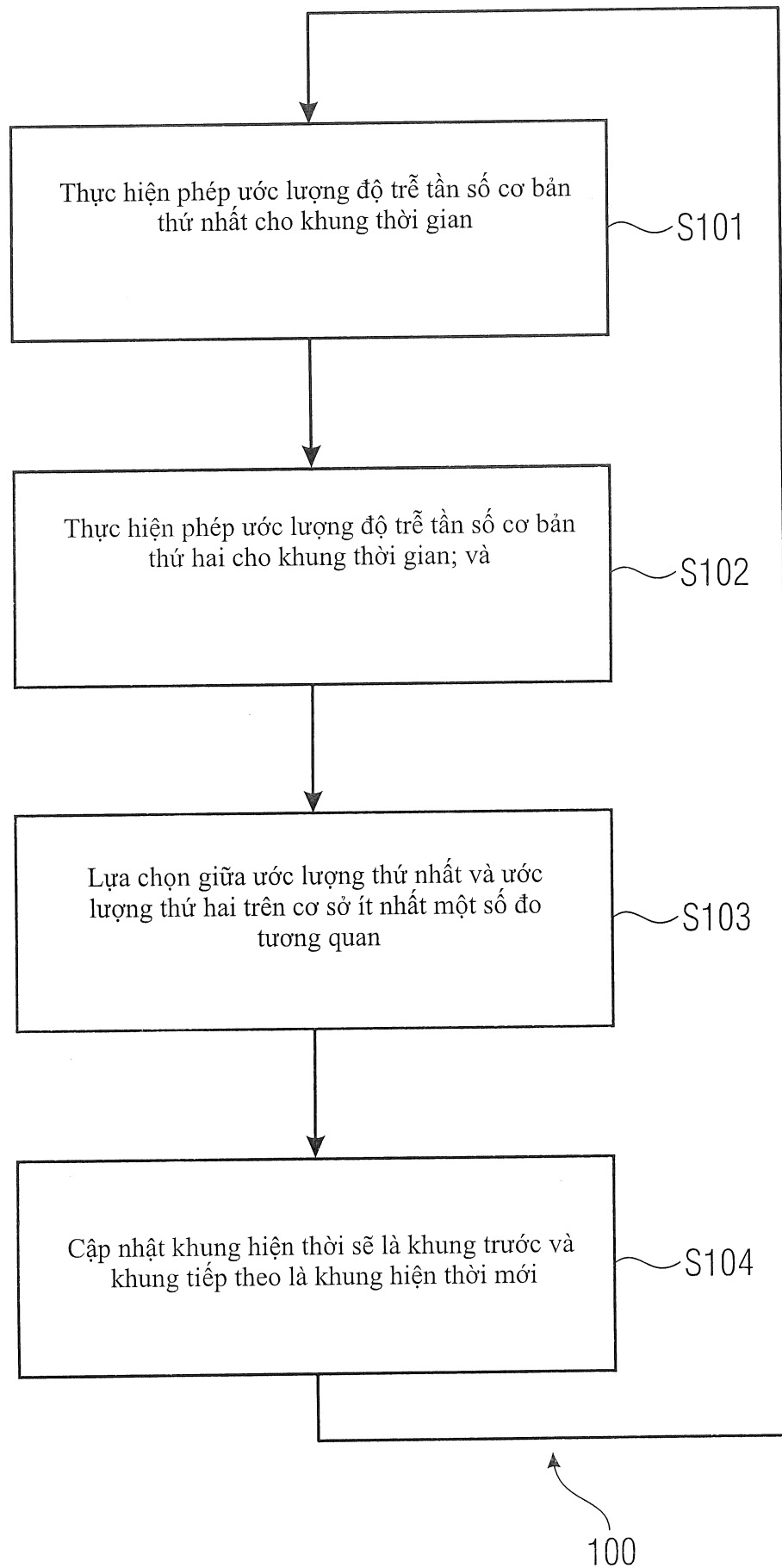


Fig. 1b

3/13

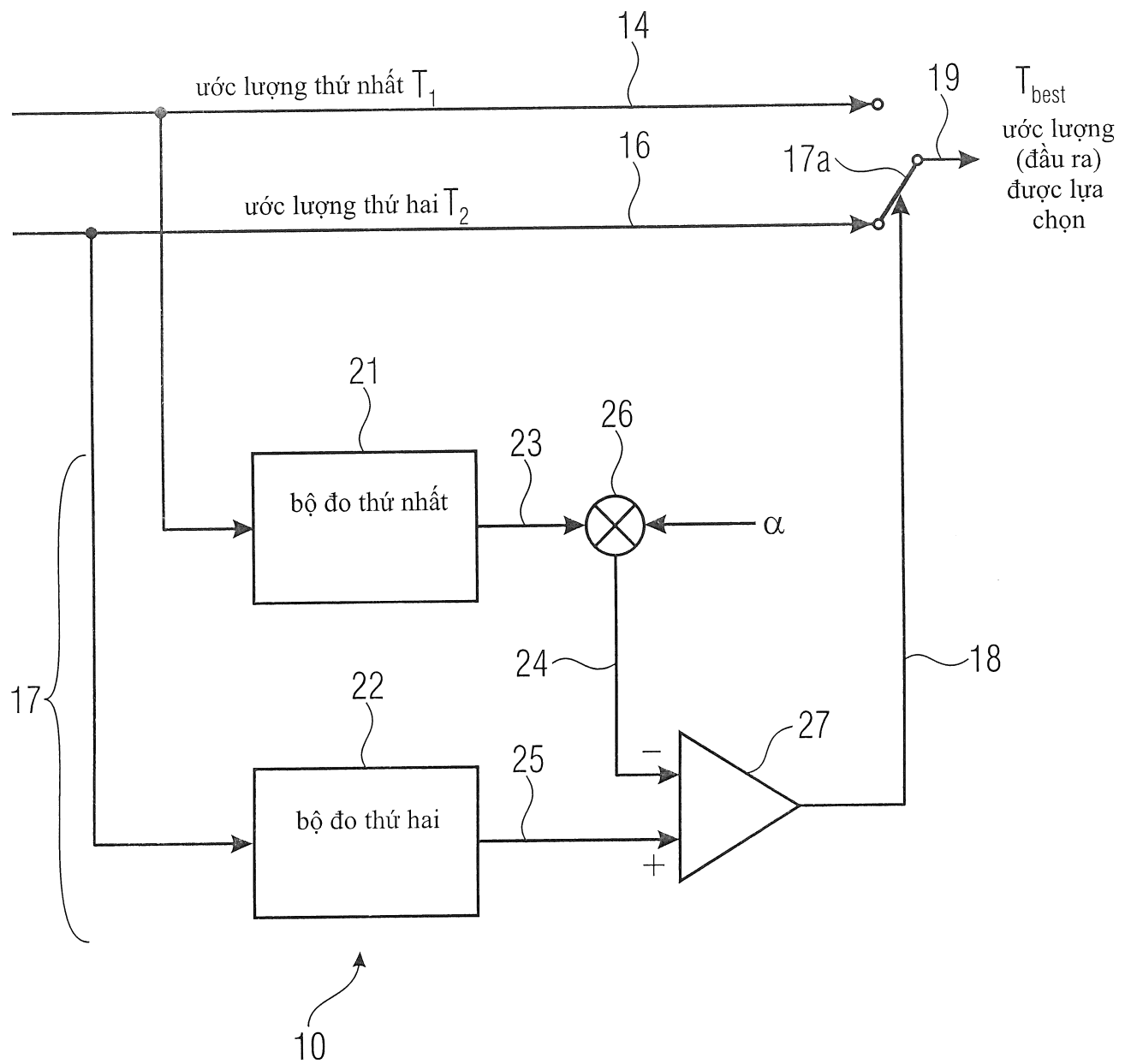


Fig. 2

4/13

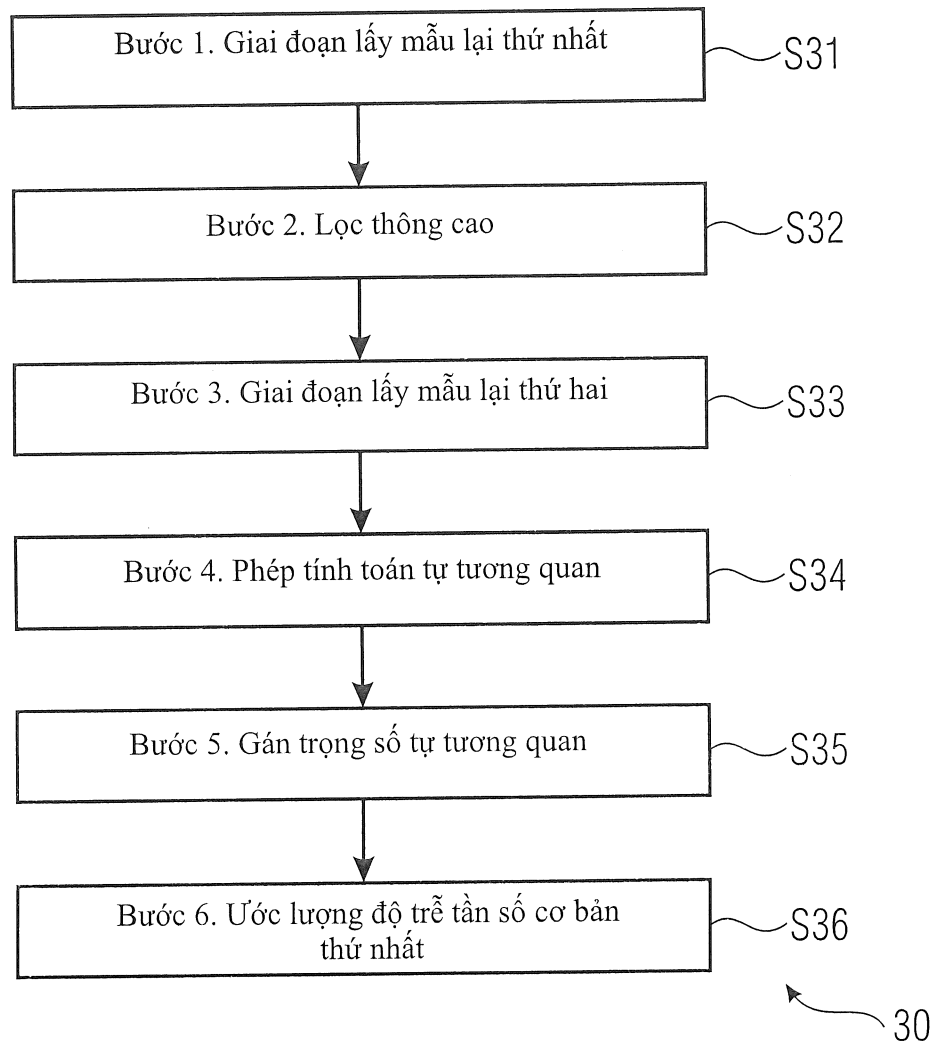


Fig. 3

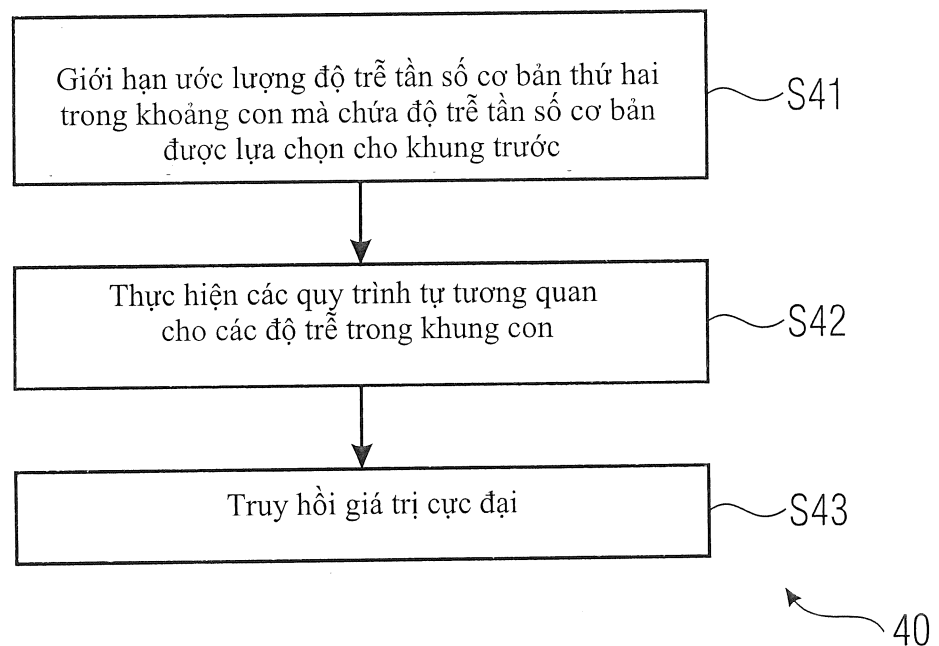


Fig. 4

5/13

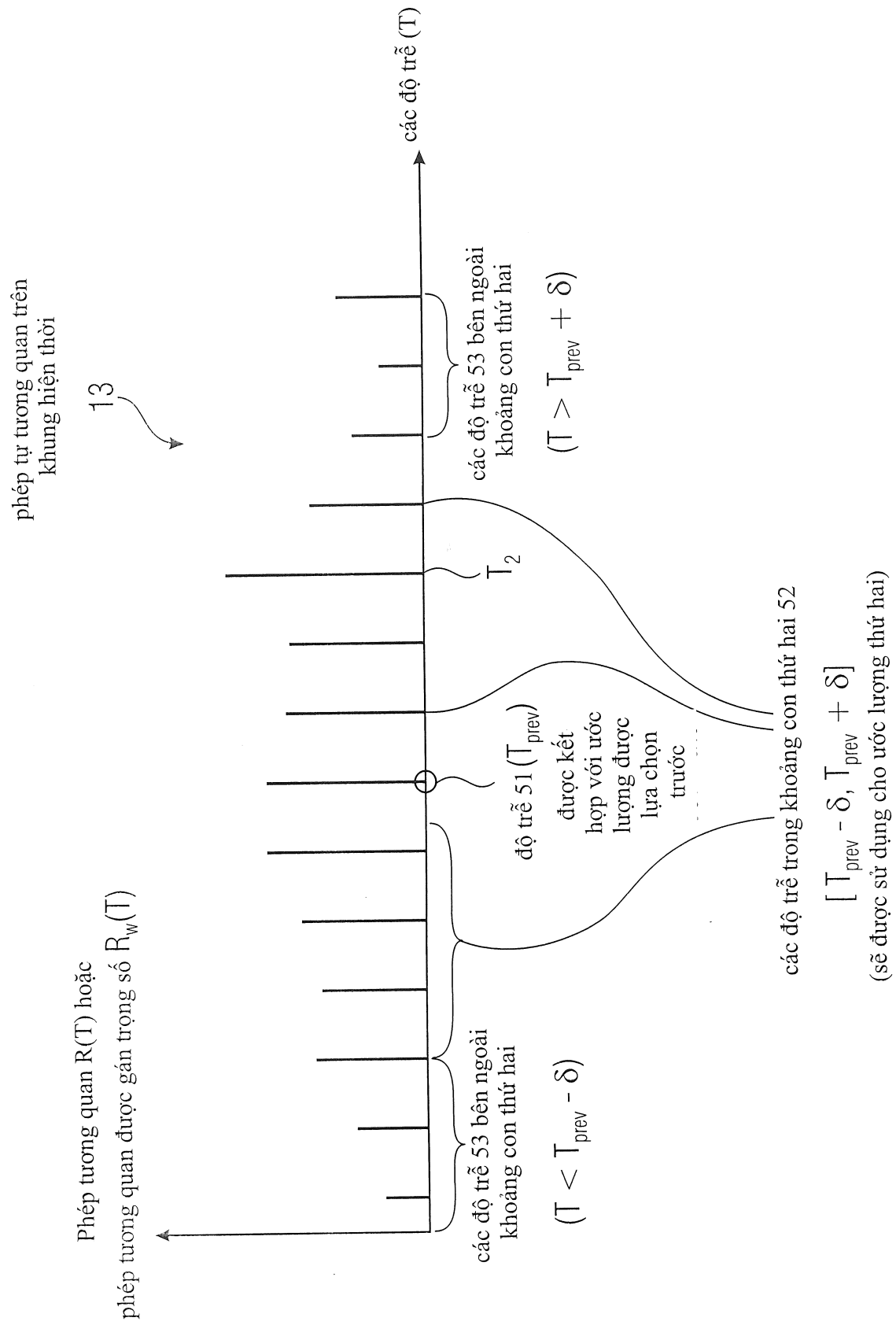


Fig. 5

6/13

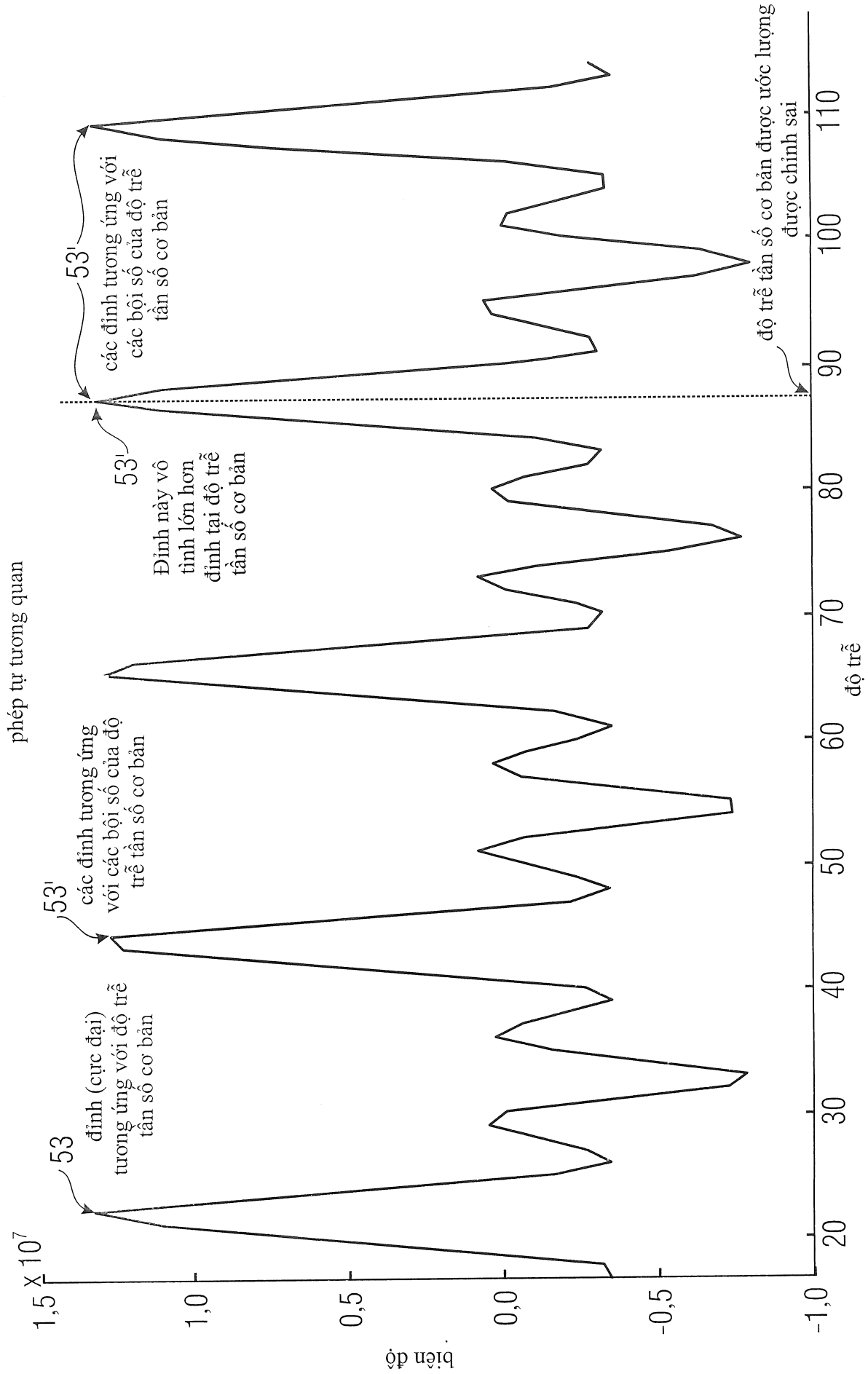


Fig. 5(1)

7/13

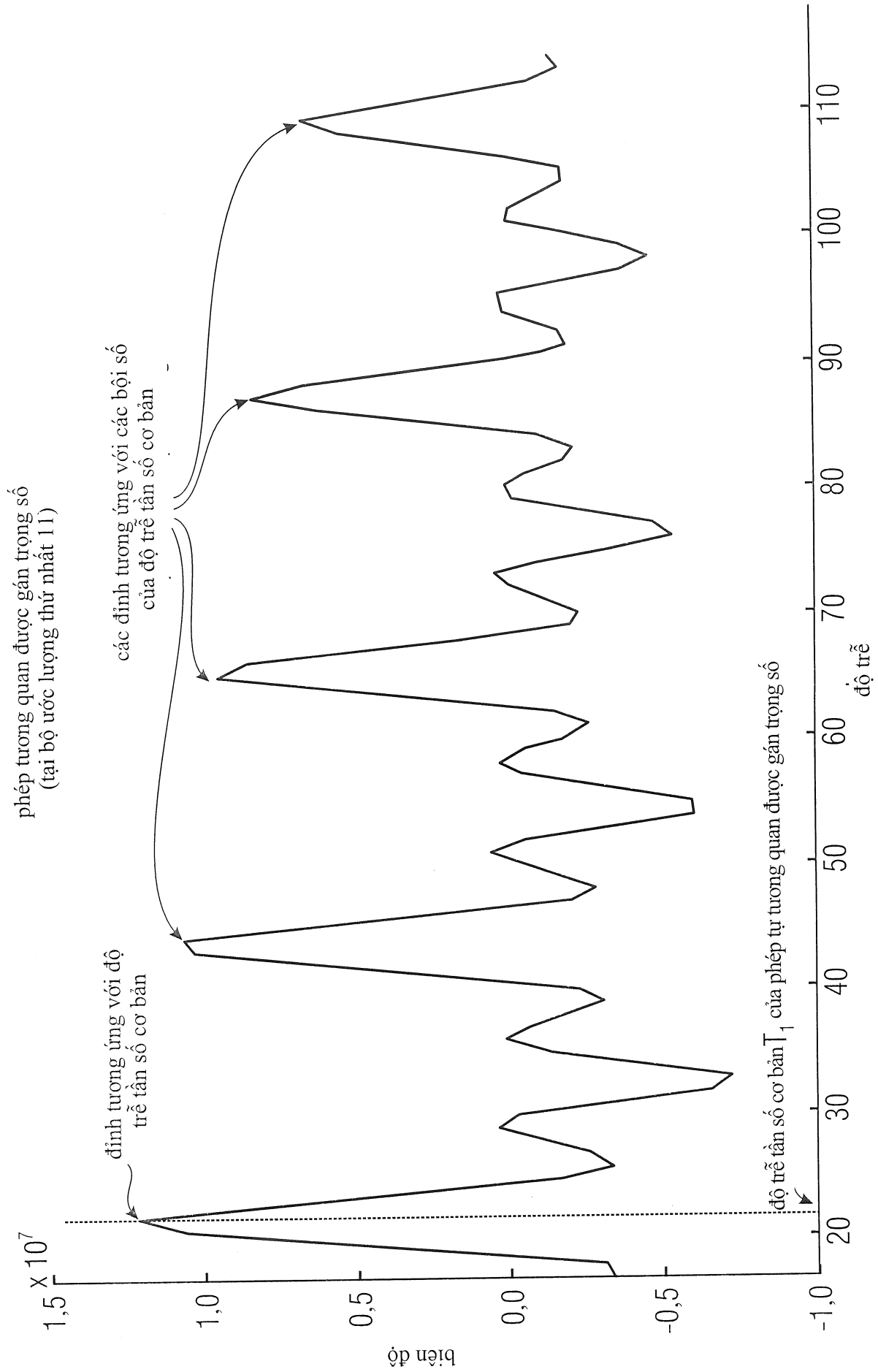


Fig. 5(2)

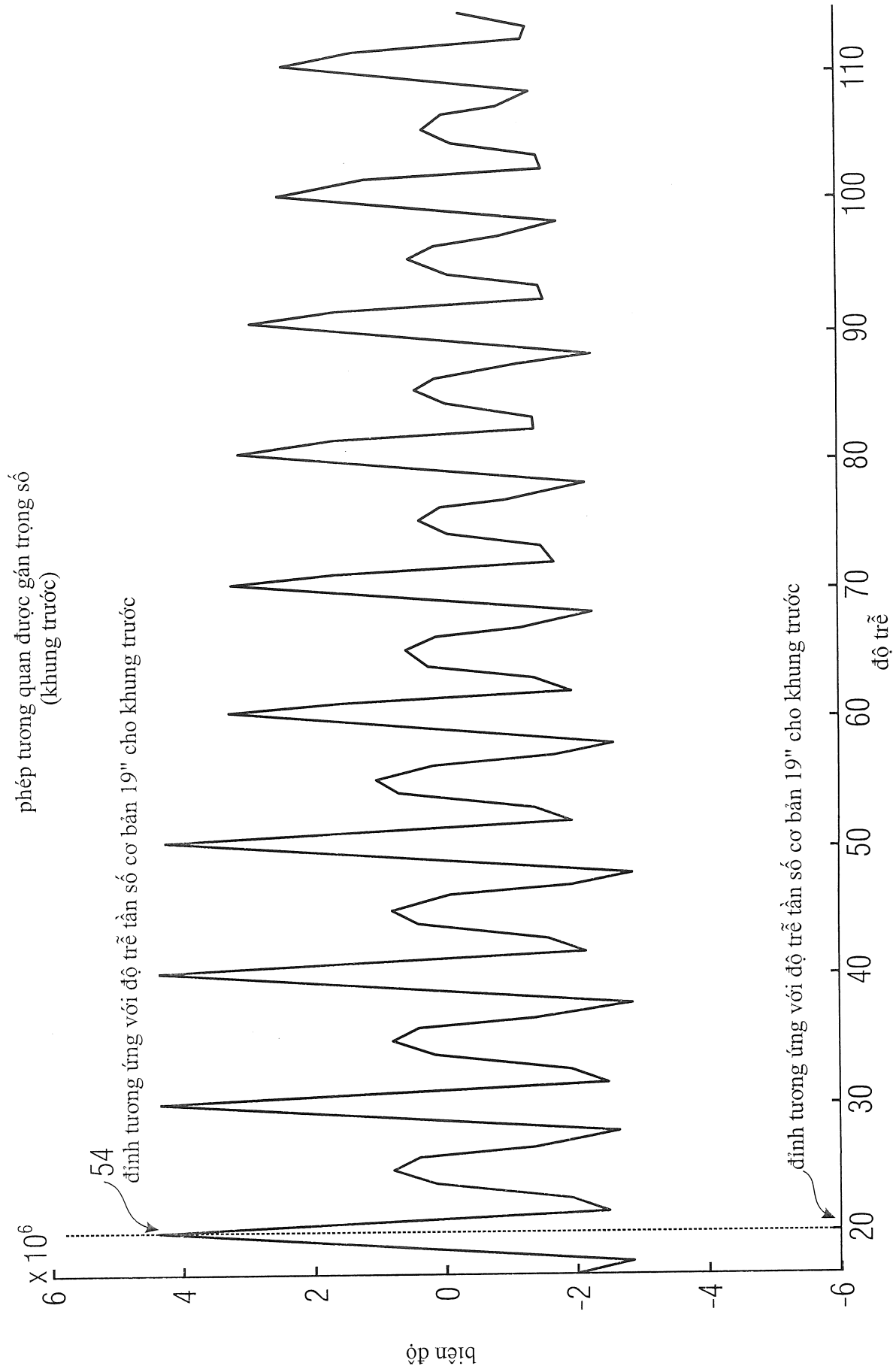


Fig. 5(3)

9/13

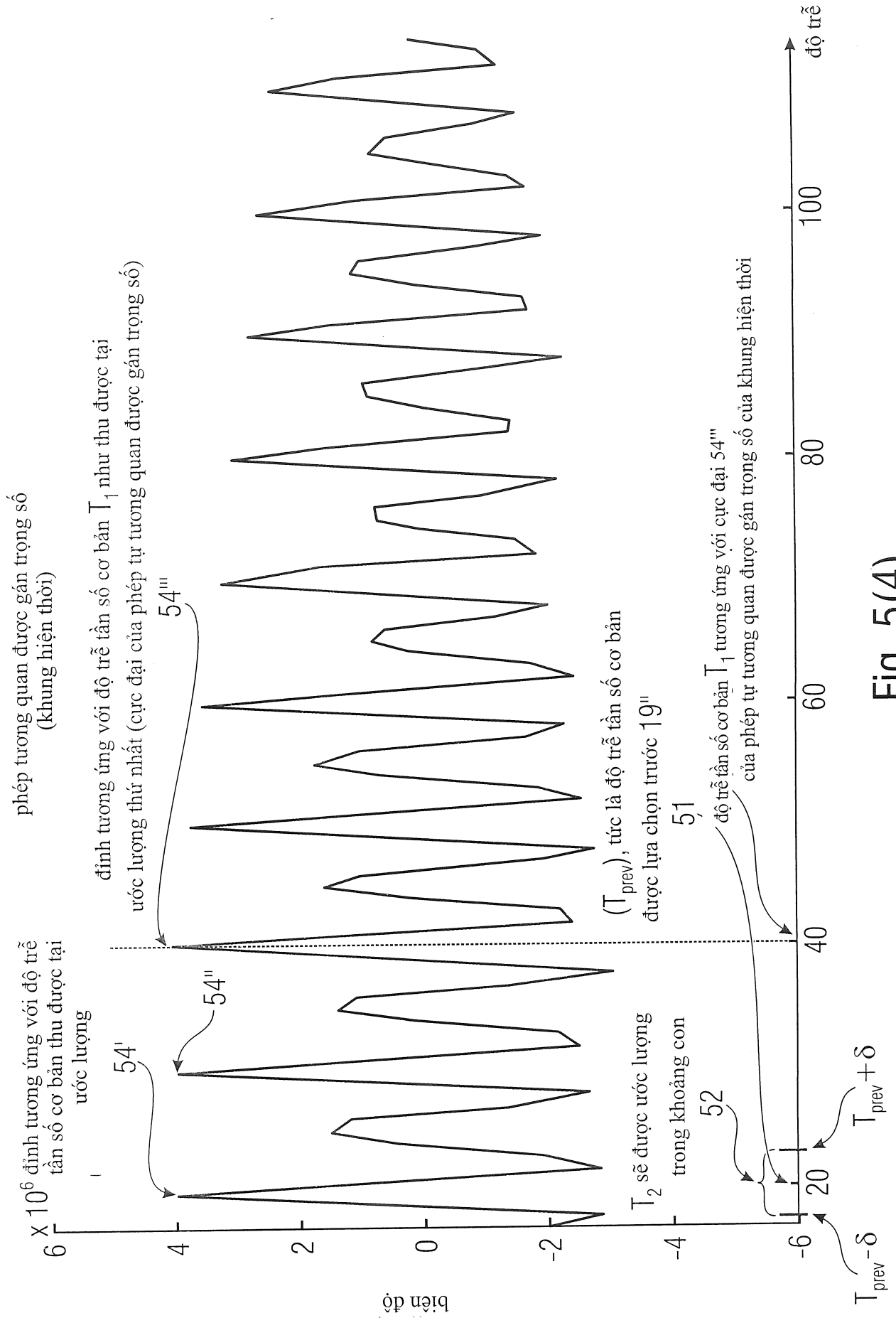


Fig. 5(4)

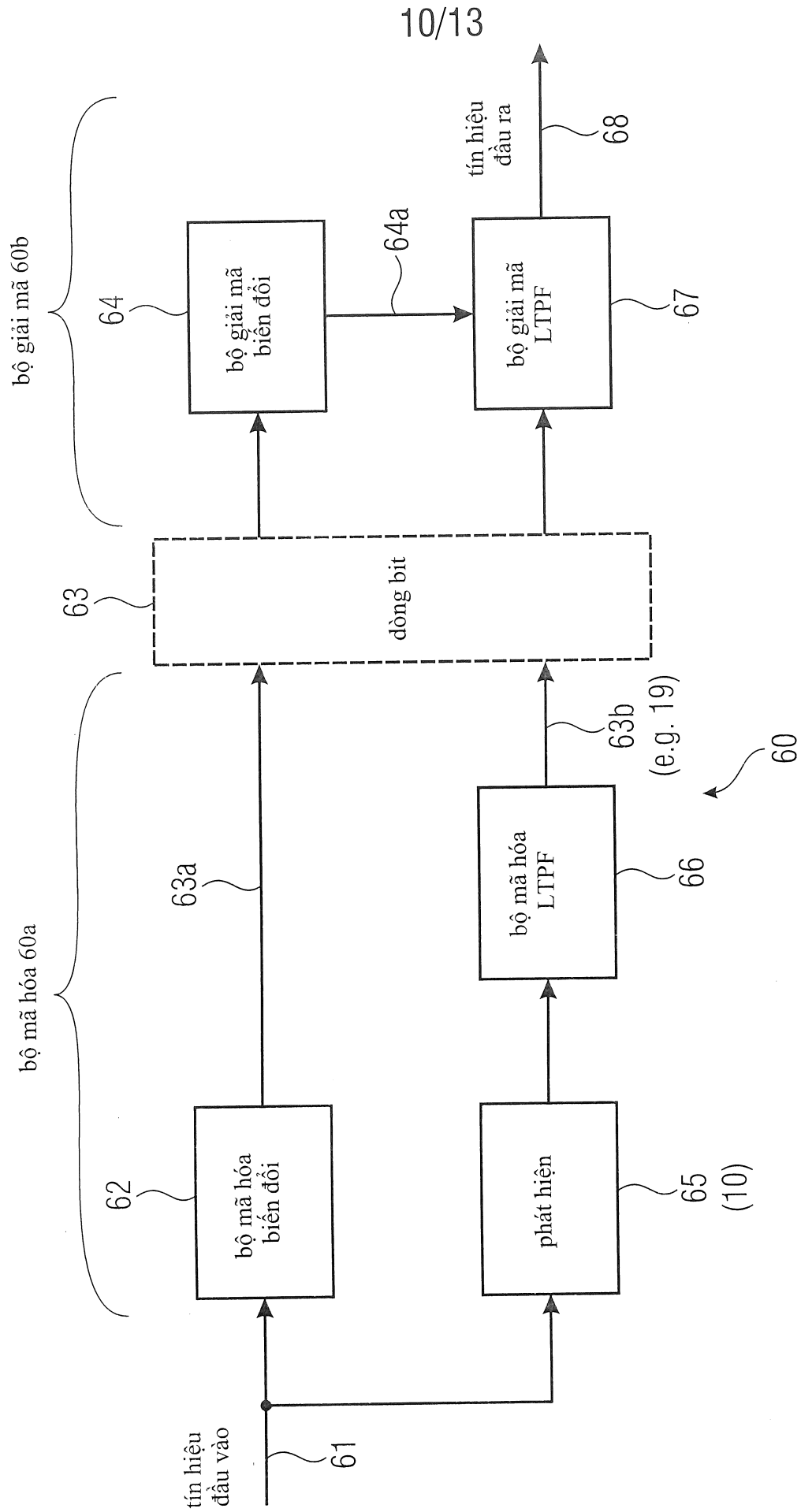


Fig. 6

11/13

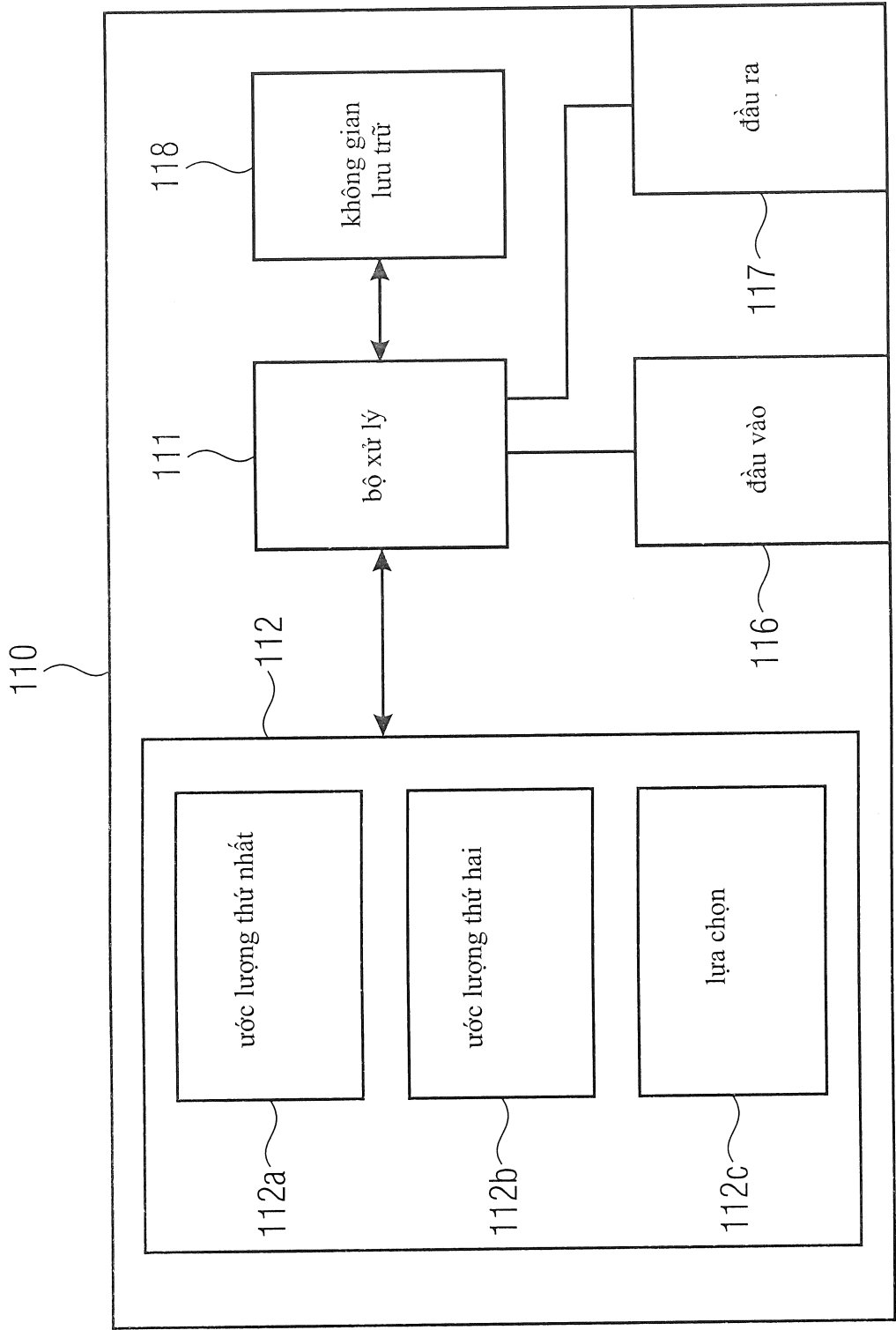


Fig. 7

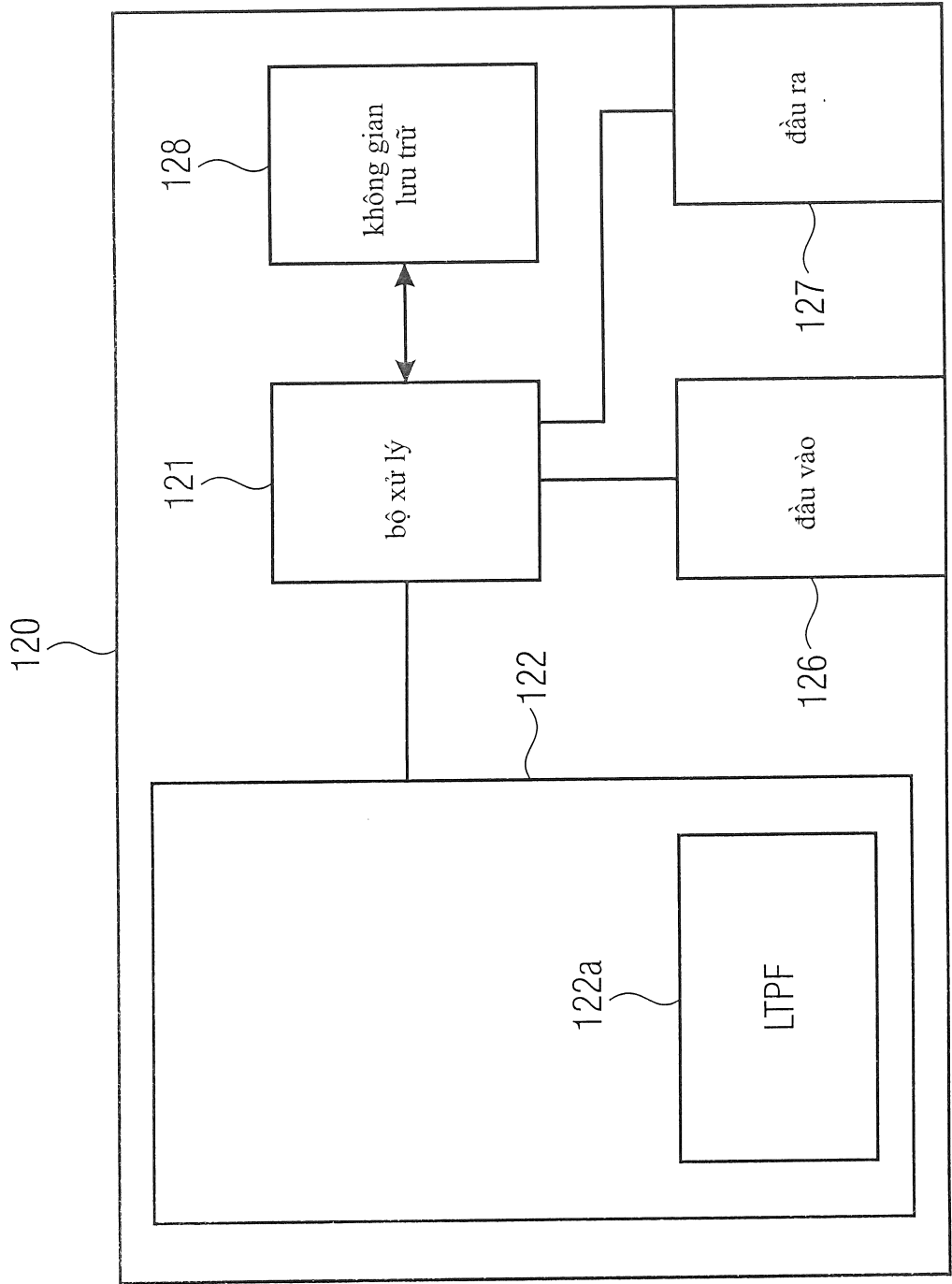


Fig. 8

13/13

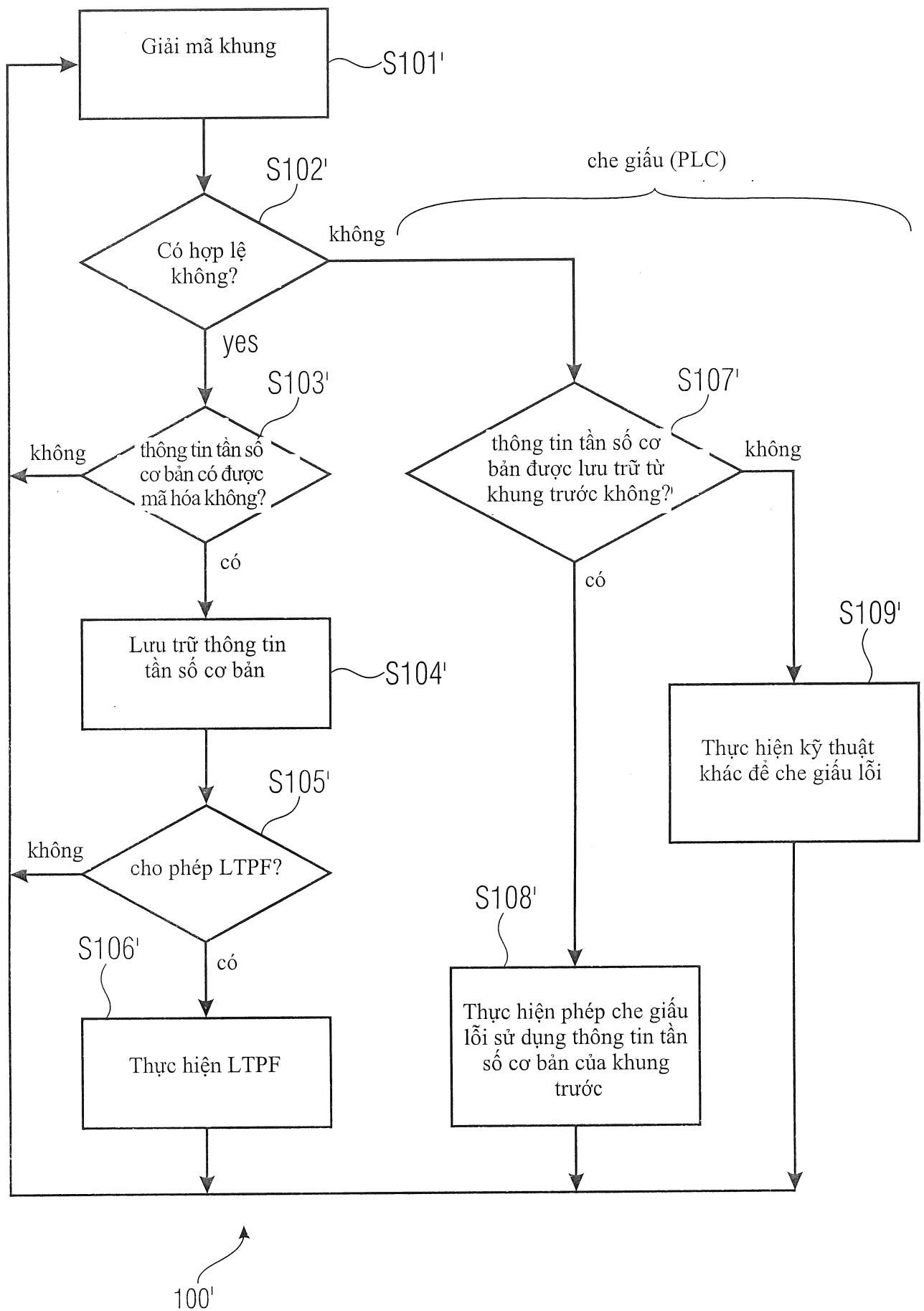


Fig. 9