



(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)⁷ G10L 19/005; G10L 19/107; G10L 19/08 (13) B

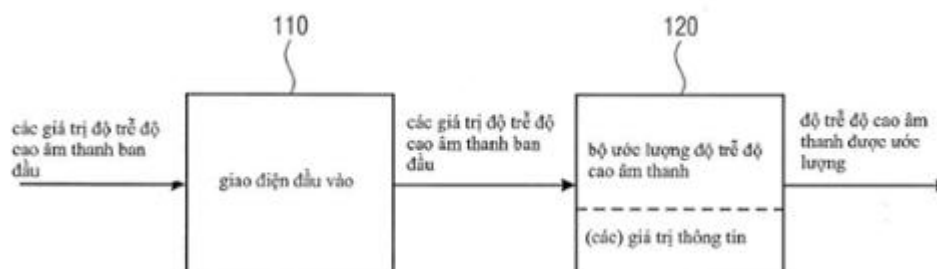


1-0030803

(21) 1-2016-00116 (22) 16/06/2014
(86) PCT/EP2014/062578 16/06/2014 (87) WO 2014/202535 24/12/2014
(30) 13173157.2 21/06/2013 EP; 14166995.2 05/05/2014 EP
(45) 25/01/2022 406 (43) 25/04/2016 337A
(73) FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FOERDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (DE)
Hansastraße 27c, 80686 Muenchen, Germany
(72) LECOMTE, Jérémie (FR); SCHNABEL, Michael (DE); MARKOVIC, Goran (RS);
DIETZ, Martin (DE); NEUGEBAUER, Bernhard (DE).
(74) CÔNG TY LUẬT TRÁCH NHIỆM HỮU HẠN AMBYS HÀ NỘI (AMBYS
HANOI)

(54) THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP KHÔI PHỤC KHUNG CHỨA TÍN HIỆU TIẾNG
NÓI LÀM KHUNG ĐƯỢC KHÔI PHỤC

(57) Sáng chế đề cập đến thiết bị và phương pháp khôi phục khung chứa tín hiệu tiếng nói làm khung được khôi phục, khung được khôi phục đã nêu được kết hợp với một hoặc nhiều khung có sẵn, một hoặc nhiều khung có sẵn đã nêu là ít nhất một trong số một hoặc nhiều khung đứng trước của khung được khôi phục và một hoặc nhiều khung kế tiếp của khung được khôi phục, trong đó một hoặc nhiều khung có sẵn bao gồm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản làm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn. Thiết bị bao gồm bộ phận xác định (210) để xác định chênh lệch số mẫu biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn và số mẫu của chu trình tần số cơ bản thứ nhất sẽ được khôi phục. Ngoài ra thiết bị bao gồm bộ khôi phục khung (220) để khôi phục khung được khôi phục bằng cách khôi phục, phụ thuộc vào chênh lệch số mẫu và phụ thuộc vào các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, chu trình tần số cơ bản thứ nhất được khôi phục làm chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất. Bộ khôi phục khung (220) được tạo cấu hình để khôi phục khung được khôi phục, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai, và sao cho số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất khác với số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến xử lý tín hiệu âm thanh, cụ thể đề cập đến xử lý tiếng nói, và, cụ thể hơn, đề cập đến thiết bị và phương pháp giấu được cải thiện của bảng mã thích ứng trong giấu dạng dự báo tuyến tính xuất phát từ mã đại số - ACELP (ACELP = Algebraic Code Excited Linear Prediction).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Việc xử lý tín hiệu âm thanh trở nên càng ngày càng quan trọng hơn. Trong lĩnh vực xử lý tín hiệu âm thanh, kỹ thuật giấu đóng vai trò quan trọng. Khi một khung bị mất hoặc bị sai lệch, các thông tin bị mất từ các khung hình bị mất hoặc bị sai lệch phải được thay thế. Trong xử lý tín hiệu tiếng nói, cụ thể, khi xem xét bộ mã hóa-giải mã ACELP hoặc bộ mã hóa-giải mã dạng ACELP, thông tin tần số cơ bản là rất quan trọng. Kỹ thuật dự báo tần số cơ bản và kỹ thuật tái đồng bộ hóa xung được yêu cầu.

Về việc khôi phục tần số cơ bản, kỹ thuật ngoại suy tần số cơ bản chênh lệch đã có trong tình trạng kỹ thuật.

Một trong những kỹ thuật này là kỹ thuật dựa trên sự lặp lại. Hầu hết các bộ mã hóa-giải mã thuộc tình trạng kỹ thuật áp dụng phương thức giấu trên cơ sở lặp lại đơn giản, có nghĩa là chu kỳ tần số cơ bản được nhận đúng cuối cùng trước khi gói tin bị mất được lặp lại, cho đến khi khung tốt đến và thông tin tần số cơ bản mới có thể được giải mã từ dòng bit. Hoặc, logic ổn định về tần số cơ bản được áp dụng theo giá trị tần số cơ bản được chọn mà đã được nhận một thời gian nữa trước khi mất gói tin. Bộ mã hóa-giải mã theo phương thức trên cơ sở lặp lại là, ví dụ, , G.719 (xem [ITU08b, 8.6]), G.729 (xem [ITU12, 4.4]), AMR (xem [3gpp12a, 6.2.3.1], [ITU03]), AMR-WB (xem [3gpp12b, 6.2.3.4.2]) và AMR-WB+ (ACELP và TCX20 (như ACELP) giấu) (xem [3gpp09]); (AMR = Đa tốc độ thích ứng (Adaptive Multi-Rate)); AMR-WB = Đa tốc độ thích ứng băng rộng (Adaptive Multi-Rate-Wideband)).

Kỹ thuật khôi phục tần số cơ bản khác thuộc tình trạng kỹ thuật là phép lấy đạo hàm tần số cơ bản từ miền thời gian. Với một số bộ mã hóa-giải mã, tần số cơ bản là

cần thiết để giấu, nhưng không được nhúng trong dòng bit. Do đó, tần số cơ bản được tính toán dựa trên tín hiệu miền thời gian của khung đứng trước để tính toán chu kỳ tần số cơ bản, mà sau đó được giữ không đổi trong suốt quá trình giấu. Bộ mã hóa-giải mã theo phương thức này là, ví dụ, G.722, xem, cụ thể G.722 phụ lục 3 (xem [ITU06a, III.6.6 và III.6.7]) và G.722 Phụ lục 4 (xem [ITU07, IV.6.1.2.5]).

Kỹ thuật khôi phục tần số cơ bản khác nữa của tình trạng kỹ thuật là trên cơ sở phép ngoại suy. Một số giai đoạn của bộ mã hóa-giải mã áp dụng phương thức ngoại suy tần số cơ bản và thực hiện các giải thuật cụ thể để thay đổi tần số cơ bản theo những ước lượng tần số cơ bản được ngoại suy trong suốt gói tin bị mất. Những phương thức này sẽ được mô tả chi tiết sau đây với việc tham chiếu đến G.718 và G.729.1.

Đầu tiên, G.718 được xem xét (xem [ITU08a]). Phép ước lượng tần số cơ bản tương lai được thực hiện bằng phép ngoại suy để hỗ trợ môđun tái đồng bộ hóa xung âm thanh hữu. Thông tin này về giá trị tần số cơ bản tương lai có thể được sử dụng để đồng bộ hóa các xung âm thanh hữu của kích thích được giấu.

Phép ngoại suy tần số cơ bản được thực hiện chỉ nếu như khung tốt cuối cùng không phải là vô thanh. Phép ngoại suy tần số cơ bản của G.718 được dựa trên giả thiết rằng bộ mã hóa có đường viền tần số cơ bản nhẵn. Phép ngoại suy đã nêu được thực hiện dựa trên độ trễ tần số cơ bản $d_{fr}^{[i]}$ của bảy khung con cuối cùng trước khi sự xóa.

Trong G.718, việc cập nhật lịch sử của các giá trị tần số cơ bản nổi được thực hiện sau mọi khung được nhận đúng. Với mục đích này, các giá trị tần số cơ bản chỉ được cập nhật nếu chế độ lỗi là khác vô thanh. Trong trường hợp của khung bị mất, chênh lệch $\Delta_{dfr}^{[i]}$ giữa các độ trễ tần số cơ bản nổi được tính toán theo công thức

$$\Delta_{dfr}^{[i]} = d_{fr}^{[i]} - d_{fr}^{[i-1]} \quad \text{for } i = -1, \dots, -6 \quad (1)$$

Trong công thức (1), $d_{fr}^{[-1]}$ biểu thị độ trễ tần số cơ bản của khung con cuối cùng (tức là thứ 4) của khung đứng trước; $d_{fr}^{[-2]}$ biểu thị độ trễ tần số cơ bản của khung con thứ 3 của khung đứng trước, v.v..

Theo G.718, tổng chênh lệch $\Delta_{dfr}^{[i]}$ được tính toán là

$$s_{\Delta} = \sum_{i=-1}^{-6} \Delta_{dfr}^{[i]} \quad (2)$$

Khi các giá trị $\Delta_{dfr}^{[i]}$ có thể là âm hoặc dương, số lượng của các nghịch đảo kí hiệu của $\Delta_{dfr}^{[i]}$ được tính tổng và vị trí của nghịch đảo thứ nhất được chỉ ra bởi tham số được giữ trong bộ nhớ.

Tham số f_{corr} được tìm thấy bằng công thức

$$f_{corr} = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=-1}^{-6} \left(\Delta_{dfr}^{[-i]} - s_{\Delta} \right)^2}}{6 \cdot d_{max}} \quad (3)$$

trong đó $d_{max} = 231$ là độ trễ tần số cơ bản được xem xét cực đại.

Trong G.718, vị trí i_{max} , biểu thị chênh lệch tuyệt đối cực đại được tìm thấy theo công thức

$$i_{max} = \left\{ \max_{i=-1}^{-6} \left(\text{abs} \left(\Delta_{dfr}^{[i]} \right) \right) \right\}$$

và tỉ lệ chênh lệch cực đại này được tính toán như sau:

$$r_{max} = \left| \frac{5 \cdot \Delta_{dfr}^{[i_{max}]}}{\left(s_{\Delta} - \Delta_{dfr}^{[i_{max}]} \right)} \right| \quad (4)$$

Nếu tỉ lệ này lớn hơn hoặc bằng 5, thì tần số cơ bản của khung con thứ 4 của khung được nhận đúng cuối cùng được sử dụng cho tất cả các khung con được giấu. Nếu tỉ lệ này lớn hơn hoặc bằng 5, điều này có nghĩa là giải thuật là không đủ chắc

chấn để ngoại suy tần số cơ bản, và sự tái đồng bộ hóa xung âm thanh hầu sẽ không được thực hiện.

Nếu r_{max} nhỏ hơn 5, thì quy trình xử lý bổ sung được thực hiện để đạt được phép ngoại suy có thể tốt nhất. Ba phương pháp khác nhau được sử dụng để ngoại suy tần số cơ bản tương lai. Để chọn giữa các giải thuật ngoại suy tần số cơ bản có thể, tham số đạo hàm f_{corr2} được tính toán, mà phụ thuộc vào hệ số f_{corr} và phụ thuộc vào vị trí của sự thay đổi tần số cơ bản cực đại i_{max} . Tuy nhiên, đầu tiên, chênh lệch tần số cơ bản nổi trung bình được sửa đổi để loại bỏ chênh lệch tần số cơ bản quá lớn so với trung bình:

Nếu $f_{corr} < 0,98$ và nếu $i_{max} = 3$, thì chênh lệch tần số cơ bản theo phân số trung bình $\overline{\Delta}_{dfr}$ được xác định theo công thức

$$\overline{\Delta}_{dfr} = \left(\frac{s_{\Delta} - \Delta_{dfr}^{[-4]} - \Delta_{dfr}^{[-5]}}{3} \right) \quad (5)$$

để loại bỏ chênh lệch tần số cơ bản liên quan đến sự chuyển tiếp giữa hai khung.

Nếu $f_{corr} \geq 0,98$ hoặc nếu $i_{max} \neq 3$, chênh lệch tần số cơ bản theo phân số trung bình $\overline{\Delta}_{dfr}$ được tính toán là

$$\overline{\Delta}_{dfr} = \frac{s_{\Delta} - \Delta_{dfr}^{[i_{max}]}}{6} \quad (6)$$

và chênh lệch tần số cơ bản nổi cực đại được thay thế bằng giá trị trung bình mới này.

$$\Delta_{dfr}^{[i_{max}]} = \overline{\Delta}_{dfr} \quad (7)$$

Với giá trị trung bình mới của các chênh lệch tần số cơ bản nổi, đạo hàm chuẩn hóa f_{corr2} được tính toán là:

$$f_{corr2} = 1 - \frac{\sqrt{\sum_{i=-1}^{I_{sf}} \left(\Delta_{dfr}^{[i]} - \overline{\Delta}_{dfr} \right)^2}}{I_{sf} \cdot d_{max}} \quad (8)$$

trong đó I_{sf} bằng 4 trong trường hợp thứ nhất và bằng 6 trong trường hợp thứ hai.

Phụ thuộc vào tham số mới này, sự lựa chọn được tạo giữa ba phương pháp ngoại suy tần số cơ bản tương lai:

- Nếu $\Delta_{dfr}^{[i]}$ thay đổi kí hiệu nhiều hơn hai lần (điều này biểu thị sự biến thiên tần số cơ bản cao), nghịch đảo kí hiệu thứ nhất là trong khung tốt cuối cùng (cho $i < 3$), và $f_{corr2} > 0,945$, tần số cơ bản được ngoại suy, d_{ext} , (tần số cơ bản được ngoại suy cũng được biểu thị là T_{ext}) được tính toán như sau:

$$s_y = \sum_{i=-1}^{-4} \Delta_{dfr}^{[i]}$$

$$s_{xy} = \Delta_{dfr}^{[-2]} + 2 \cdot \Delta_{dfr}^{[-3]} + 3 \cdot \Delta_{dfr}^{[-4]}$$

$$d_{est} = round \left[\Delta_{dfr}^{[-1]} + \left(\frac{(7 \cdot s_y - 3 \cdot s_{xy})}{10} \right) \right]$$

- Nếu $0,945 < f_{corr2} < 0,99$ và Δ_{dfr}^i thay đổi kí hiệu tại ít nhất một lần, giá trị trung bình được gán trọng số của chênh lệch tần số cơ bản theo phân số được sử dụng để ngoại suy tần số cơ bản. Việc gán trọng số, f_w , của chênh lệch giá trị trung bình liên quan đến đạo hàm chuẩn hóa, f_{corr2} , và vị trí của nghịch đảo kí hiệu thứ nhất được định nghĩa như sau:

$$f_w = f_{corr2} \cdot \left(\frac{i_{mem}}{7} \right)$$

Tham số i_{mem} của công thức phụ thuộc vào vị trí của nghịch đảo kí hiệu thứ nhất của Δ_{dfr}^i , sao cho $i_{mem} = 0$. Nếu nghịch đảo kí hiệu thứ nhất xuất hiện giữa hai khung con cuối cùng của khung quá khứ, sao cho $i_{mem} = 1$ nếu nghịch đảo kí hiệu thứ nhất xảy ra giữa khung con thứ 2 và khung con thứ 3 của khung quá khứ, và v.v.. Nếu nghịch đảo kí hiệu thứ nhất gần với phần kết thúc khung cuối cùng, điều này có nghĩa rằng sự biến thiên tần số cơ bản là kém ổn định ngay trước khung bị mất. Do đó hệ số gán trọng số được áp dụng cho giá trị

trung bình sẽ gần với 0 và tần số cơ bản được ngoại suy d_{ext} sẽ gần với tần số cơ bản của khung con thứ 4 của khung tốt cuối cùng:

$$d_{ext} = round \left[\Delta_{fr}^{[-1]} + 4 \cdot \overline{\Delta}_{dfr} \cdot f_w \right]$$

- Nếu không thì, sự khai triển tần số cơ bản được xem xét độ ổn định và tần số cơ bản được ngoại suy d_{ext} được xác định như sau:

$$d_{ext} = round \left[d_{fr}^{[-1]} + 4 \cdot \overline{\Delta}_{dfr} \right].$$

Sau quá trình xử lý này, độ trễ tần số cơ bản bị giới hạn giữa 32 và 231 (các giá trị biểu thị các độ trễ tần số cơ bản được cho phép cực tiểu và cực đại).

Sau đây, để minh họa ví dụ khác của phép ngoại suy dựa trên kỹ thuật khôi phục tần số cơ bản, G.729.1 được xem xét (xem [ITU06b]).

G.729.1 mô tả phương thức ngoại suy tần số cơ bản (xem [Gao]), trong trường hợp mà không có giấu lỗi ở phía trước, thông tin (ví dụ thông tin pha) là có thể giải mã. Điều này xảy ra, ví dụ, nếu hai khung liên tiếp bị mất (một siêu khung chứa bốn khung mà có thể hoặc là ACELP hoặc TCX20). Ngoài ra có thể còn có các khung TCX40 hoặc TCX80 và hầu hết tất cả các tổ hợp của chúng.

Khi một hoặc nhiều khung bị mất trong vùng hữu thanh, thông tin tần số cơ bản đứng trước luôn được sử dụng để khôi phục khung bị mất hiện thời. Độ chính xác của tần số cơ bản được ước lượng hiện thời có thể ảnh hưởng trực tiếp đến sự căn chỉnh pha với tín hiệu ban đầu, và nó là giới hạn chất lượng khôi phục của khung bị mất hiện thời và khung được nhận sau khung bị mất. Việc sử dụng một vài độ trễ tần số cơ bản thay vì chỉ sao chép độ trễ tần số cơ bản trước sẽ thu được sự ước lượng tần số cơ bản tốt hơn một cách ổn định. Trong bộ mã hóa G.729.1, phép ngoại suy tần số cơ bản cho sửa lỗi ở phía trước (forward error correction-FEC) chứa phép ngoại suy tuyến tính dựa trên năm giá trị tần số cơ bản quá khứ. Năm giá trị tần số cơ bản quá khứ là $P(i)$, với $i = 0, 1, 2, 3, 4$, trong đó $P(4)$ là giá trị tần số cơ bản cuối cùng. Chế độ ngoại suy được xác định theo công thức:

$$P'(i) = a + i \cdot b \quad (9)$$

Giá trị tần số cơ bản được ngoại suy cho khung con thứ nhất trong khung bị mất sau đó được xác định theo công thức:

$$P'(5) = a + 5 \cdot b \quad (10)$$

Để xác định các hệ số a và b , sai số E được giảm thiểu, trong đó sai số E được xác định theo công thức:

$$\begin{aligned} E &= \sum_{i=0}^4 [P'(i) - P(i)]^2 \\ &= \sum_{i=0}^4 [(a + b \cdot i) - P(i)]^2 \end{aligned} \quad (11)$$

Bằng cách thiết lập

$$\frac{\delta E}{\delta a} = 0 \quad \text{và} \quad \frac{\delta E}{\delta b} = 0 \quad (12)$$

a và b thu được để:

$$a = \frac{3 \sum_{i=0}^4 P(i) - \sum_{i=0}^4 i \cdot P(i)}{5} \quad \text{và} \quad b = \frac{\sum_{i=0}^4 i \cdot P(i) - 2 \sum_{i=0}^4 P(i)}{10} \quad (13)$$

Sau đây, khái niệm giấu xóa khung thuộc tình trạng kỹ thuật cho bộ mã hóa-giải mã AMR-WB như biểu hiện diện trong [MCZ11] được bộc lộ. Khái niệm giấu xóa khung dựa trên tần số cơ bản và dự báo tuyến tính độ khuếch đại. Tài liệu nêu trên đề xuất phương thức ngoại suy /nội suy tần số cơ bản tuyến tính trong trường hợp của khung bị mất, dựa trên tiêu chuẩn sai số bình phương trung bình cực tiểu.

Theo khái niệm giấu xóa khung này, tại bộ giải mã, khi dạng của khung có giá trị cuối cùng trước khung bị xóa (khung quá khứ) là giống với một khung sớm nhất sau khung bị xóa (khung tương lai), tần số cơ bản $P(i)$ được định nghĩa, trong đó $i = -N, -N + 1, \dots, 0, 1, \dots, N + 4, N + 5$, và trong đó N là số của khung con tương lai và quá khứ của khung bị xóa. $P(1), P(2), P(3), P(4)$ là bốn tần số cơ bản cho bốn khung con

trong khung bị xóa, $P(0), P(-1), \dots, P(-N)$ là các tần số cơ bản của các khung con quá khứ, và $P(5), P(6), \dots, P(N+5)$ là các tần số cơ bản của các khung con tương lai. Mô hình dự báo tuyến tính $P'(i) = a + b \cdot i$ được sử dụng. Với $i = 1, 2, 3, 4$; $P'(1), P'(2), P'(3), P'(4)$ là các tần số cơ bản được dự báo cho khung bị xóa. Tiêu chuẩn bình phương trung bình cực tiểu (Minimum Mean Square-MMS) được xem xét để lấy đạo hàm các giá trị của hai hệ số được dự báo a và b theo phương thức nội suy. Theo phương thức này, sai số E được định nghĩa là:

$$\begin{aligned} E &= \sum_{-N}^0 [P'(i) - P(i)]^2 + \sum_5^{N+5} [P'(i) - P(i)]^2 \\ &= \sum_{-N}^0 [a + b \cdot i - P(i)]^2 + \sum_5^{N+5} [a + b \cdot i - P(i)]^2 \end{aligned} \quad (14a)$$

Sau đó, các hệ số a và b có thể thu được bằng cách tính toán

$$\frac{\delta E}{\delta a} = 0 \quad \text{và} \quad \frac{\delta E}{\delta b} = 0 \quad (14b)$$

$$a = \frac{2 \left[\sum_{i=-N}^0 P(i) + \sum_{i=5}^{N+5} P(i) \right] \cdot (N^3 + 9N^2 + 38N + 1)}{(N+1) \cdot (4N^3 + 36N^2 + 107N - 1)} \quad (14c)$$

$$b = \frac{9 \left[\sum_{i=-N}^0 P(i) + \sum_{i=5}^{N+5} P(i) \right]}{1 - 107N - 36N^2 - 4N^3} \quad (14d)$$

Các độ trễ tần số cơ bản cho bốn khung con cuối cùng của khung bị xóa có thể được tính toán theo:

$$\begin{aligned} P'(1) &= a + b \cdot 1; & P'(2) &= a + b \cdot 2 \\ P'(3) &= a + b \cdot 3; & P'(4) &= a + b \cdot 4 \end{aligned} \quad (14e)$$

Thấy rằng $N = 4$ cung cấp kết quả tốt nhất. $N = 4$ có nghĩa là năm khung con quá khứ và năm khung con tương lai được sử dụng cho phép nội suy.

Tuy nhiên, khi dạng của các khung quá khứ khác dạng các khung tương lai, ví dụ, khi khung quá khứ là hữu thanh nhưng khung tương lai là vô thanh, chỉ tần số cơ bản hữu thanh của khung quá khứ hoặc khung tương lai được sử dụng để dự báo tần số cơ bản của khung bị xóa sử dụng phương thức ngoại suy ở trên.

Sau đây, sự tái đồng bộ hóa xung thuộc tình trạng kỹ thuật được xem xét, cụ thể với việc tham chiếu đến G.718 và G.729.1. Phương thức với sự tái đồng bộ hóa xung được mô tả trong [VJGS12].

Đầu tiên, việc xây dựng phần có chu kỳ của kích thích được mô tả.

Với việc giấu các khung bị xóa theo khung được nhận đúng không phải là vô thanh, phần có chu kỳ của kích thích được xây dựng bằng cách lặp lại tần số cơ bản được lọc thông thấp cuối cùng trước khung đứng trước.

Việc xây dựng phần có chu kỳ được thực hiện sử dụng bản sao đơn giản của phân đoạn được lọc thông thấp của tín hiệu kích thích từ phần đầu của khung đứng trước.

Độ dài chu kỳ tần số cơ bản được làm tròn đến số nguyên gần nhất:

$$T_c = \text{round}(\text{last_pitch}) \quad (15a)$$

Xét rằng độ dài chu kỳ tần số cơ bản cuối cùng là T_p , sau đó độ dài của phân đoạn mà được sao chép, T_r , có thể, ví dụ, được định nghĩa theo:

$$T_r = \lfloor T_p + 0.5 \rfloor \quad (15b)$$

Phần có chu kỳ được xây dựng cho một khung và một khung con bổ sung.

Ví dụ, với M khung con trong khung, độ dài khung con là $L_{subfr} = \frac{L}{M}$.

trong đó L là độ dài khung, cũng được biểu thị là L_{frame} : $L = L_{frame}$.

Fig.3 minh họa phần có chu kỳ được xây dựng của tín hiệu tiếng nói.

$T[0]$ là vị trí của xung cực đại thứ nhất trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích. Các vị trí của các xung khác được cho bởi:

$$T[i] = T[0] + i T_c \quad (16a)$$

tương ứng với

$$T[i] = T[0] + i T_r \quad (16b)$$

Sau việc xây dựng phần có chu kỳ của kích thích, sự tái đồng bộ hóa xung âm thanh hầu được thực hiện để hiệu chỉnh chênh lệch giữa vị trí mục tiêu được ước lượng của xung cuối cùng trong khung bị mất (P), và vị trí chính xác của nó trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích ($T[k]$).

Sự khai triển độ trễ tần số cơ bản được ngoại suy dựa trên độ trễ tần số cơ bản của bảy khung con cuối cùng trước khung bị mất. Độ trễ tần số cơ bản khai triển trong mỗi khung con là

$$p[i] = \text{round}(T_c + (i + 1)\delta), \quad 0 \leq i < M \quad (17a)$$

trong đó

$$\delta = \frac{T_{ext} - T_c}{M} \quad (17b)$$

và T_{ext} (cũng được biểu thị là d_{ext}) là tần số cơ bản được ngoại suy như được mô tả ở trên cho d_{ext} .

Chênh lệch, được biểu thị là d , giữa tổng của tổng số mẫu trong các chu trình tần số cơ bản với tần số cơ bản không đổi (T_c) và tổng của tổng số mẫu trong các chu trình tần số cơ bản với tần số cơ bản tiến triển, $p[i]$, được tìm thấy trong độ dài khung. Không có mô tả nào trong bộ tài liệu về cách tìm d .

Trong mã nguồn của G.718 (xem [ITU08a]), d được tìm sử dụng giải thuật sau (trong đó M là số lượng của số khung con trong khung):

```

ftmp = p[0];
i = 1;
while (ftmp < L_frame - pit_min) {
    sect = (short)(ftmp*M/L_frame);
    ftmp += p[sect];
    i++;
}
d = (short)(i*Tc - ftmp);

```

Số lượng của các xung trong phần có chu kỳ được xây dựng trong độ dài khung cộng xung thứ nhất trong khung tương lại là N . Không có mô tả nào trong bộ tài liệu về cách tìm N .

Trong mã nguồn của G.718 (xem[ITU08a]), N được tìm thấy theo:

$$N = 1 + \left\lfloor \frac{L_frame}{Tc} \right\rfloor \quad (18a)$$

Vị trí của xung cuối cùng $T[n]$ trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích mà thuộc về khung bị mất được xác định bằng:

$$n = \begin{cases} N - 1 & , T[N - 1] < L_frame \\ N - 2 & , T[N - 1] \geq L_frame \end{cases} \quad (18b)$$

Vị trí xung cuối cùng được ước lượng P là:

$$P = T[n] + d \quad (19a)$$

Vị trí thực của vị trí xung cuối cùng $T[k]$ là vị trí của xung trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích (chứa trong tìm kiếm xung thứ nhất sau khung hiện thời) gần nhất với vị trí mục tiêu được ước lượng P :

$$\forall i \quad |T[k] - P| \leq |T[i] - P|, \quad 0 \leq i < N \quad (19b)$$

Sự tái đồng bộ hóa xung âm thanh hầu được thực hiện bằng cách bổ sung hoặc loại bỏ các mẫu trong các vùng năng lượng cực tiểu của các chu kỳ tần số cơ bản đầy đủ. Số lượng của các mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ được xác định bằng chênh lệch.

$$diff = P - T[k] \quad (19c)$$

Các vùng năng lượng cực tiểu được xác định sử dụng cửa sổ 5 mẫu trượt. Vị trí năng lượng cực tiểu được thiết lập tại giữa cửa sổ mà tại đó năng lượng là cực tiểu. Việc tìm kiếm được thực hiện giữa hai xung tần số cơ bản từ $T[i] + T_c / 8$ đến $T[i + 1] - T_c / 4$. Có $N_{min} = n - 1$ vùng năng lượng cực tiểu.

Nếu $N_{min} = 1$, thì chỉ có một vùng năng lượng cực tiểu và *diff* mẫu được chèn vào hoặc được xóa đi tại vị trí đó.

Với $N_{min} > 1$, ít mẫu được bổ sung vào hoặc loại bỏ tại phần bắt đầu và nhiều hơn nữa về phía phần kết thúc của khung. Số mẫu bị loại bỏ hoặc bổ sung vào giữa các xung $T[i]$ và $T[i+1]$ được tìm thấy sử dụng quan hệ đệ quy sau:

$$R[i] = \text{round} \left(\frac{(i+1)^2}{2} f - \sum_{k=0}^{i-1} R[k] \right) \text{ with } f = \frac{2|diff|}{N_{min}^2} \quad (19d)$$

Nếu $R[i] < R[i-1]$, thì các giá trị của $R[i]$ và $R[i-1]$ hoán đổi.

Tài liệu US8255207 B2 mô tả kỹ thuật tái đồng bộ hóa kích thích giấu thu được bằng cách lắp lại các chu kỳ tần số cơ bản của khung đứng trước. Sai số trong vị trí khung của xung giấu cuối cùng trong khung được tìm và các mẫu mà cần thêm vào hoặc xóa đi được phân phối dọc các chu kỳ tần số cơ bản trong khung.

Tài liệu MOHAMED CHIBANI ET AL: "Fast Recovery for a CELP-Like Speech Codec After a Frame Erasure", IEEE TRANSACTIONS ON AUDIO, SPEECH AND LANGUAGE PROCESSING, quyển 15, số 8, ngày 1 tháng 11 năm 2007 (2007-11-01), các trang 2485-2495, mô tả kỹ thuật khác để khôi phục các khung đã xóa bằng cách di chuyển phép bù được phân phối trên toàn bộ các chu kỳ tần số cơ bản trong khung hiện thời.

Tài liệu tham khảo

[3gpp09] 3gpp; Technical Specification Group Services and System Aspects, Extended adaptive multi-rate - wideband (AMR-WB+) codec, 3gpp TS 26.290, 3rd Generation Partnership Project, 2009.

[3gpp12a] , Adaptive multi-rate (AMR) speech codec; error concealment of lost frames (release 11), 3gpp TS 26.091, 3rd Generation Partnership Project, Sep 2012.

[3g_p12b] , Speech codec speech processing functions; adaptive multi-rate - wideband (AMRWB) speech codec; error concealment of erroneous or lost frames, 3g_pP TS 26.191, 3rd Generation Partnership Project, Sep 2012.

[Gao] Yang Gao, Pitch prediction for packet loss concealment, European Patent 2 002 427 B1.

[ITU03] ITU-T, Wideband coding of speech at around 16 kbit/s using adaptive multi-rate wideband (amr-wb), Recommendation ITU-T G.722.2, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Jul 2003.

[ITU06a] , G.722 Appendix III: A high-complexity algorithm for packet loss concealment for G.722, ITU-T Recommendation, ITU-T, Nov 2006.

[ITU06b] , G.729.1: G.729-based embedded variable bit-rate coder: An 8-32 kbit/s scalable wideband coder bitstream interoperable with g.729, Recommendation ITU-T G.729.1, Telecommunication Standardization Sector of ITU, May 2006.

[ITU07] , G.722 Appendix IV: A low-complexity algorithm for packet loss concealment with G.722, ITU-T Recommendation, ITU-T, Aug 2007.

[ITU08a] , G.718: Frame error robust narrow-band and wideband embedded variable bit-rate coding of speech and audio from 8-32 kbit/s, Recommendation ITU-T G.718, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Jun 2008.

[ITU08b] , G.719: Low-complexity, full-band audio coding for high-quality, conversational applications, Recommendation ITU-T G.719, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Jun 2008.

[ITU12] , G.729: Coding of speech at 8 kbit/s using conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction (cs-acelp), Recommendation ITU-T G.729, Telecommunication Standardization Sector of ITU, June 2012.

[MCZ11] Xinwen Mu, Hexin Chen, and Yan Zhao, A frame erasure concealment method based on pitch and gain linear prediction for AMR-WB codec, Consumer Electronics (ICCE), 2011 IEEE International Conference on, Jan 2011, pp. 815–816.

[MTTA90] J.S. Marques, I. Trancoso, J.M. Tribolet, and L.B. Almeida, Improved pitch prediction with fractional delays in celp coding, Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1990. ICASSP-90., 1990 International Conference on, 1990, pp. 665–668 vol.2.

[VJGS12] Tommy Vaillancourt, Milan Jelinek, Philippe Gournay, and Redwan Salami, Method and device for efficient frame erasure concealment in speech codecs, US 8,255,207 B2, 2012.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất các kỹ thuật được cải thiện để xử lý tín hiệu âm thanh, cụ thể, đề xuất các kỹ thuật được cải thiện để xử lý tiếng nói, và cụ thể hơn, đề xuất các kỹ thuật giấu được cải thiện.

Các phương án của sáng chế dựa trên việc phát hiện ra rằng G.718 và G.729.1 có những nhược điểm sau đây:

Thứ nhất, theo tình trạng kỹ thuật, khi tính toán d , được giả định rằng có số chu trình tần số cơ bản là số nguyên trong khung. Do d biểu thị vị trí của xung cuối cùng trong khung bị giấu, vị trí của xung cuối cùng sẽ không đúng, khi số chu trình tần số cơ bản phải là số nguyên trong khung. Điều đó được mô tả trên Fig.6 và Fig.7. Fig.6 minh họa tín hiệu tiếng nói trước khi loại bỏ của các mẫu. Fig.7 minh họa tín hiệu tiếng nói sau khi loại bỏ của các mẫu. Hơn nữa, giải thuật được sử dụng bởi tình trạng kỹ thuật để tính toán d là không hiệu quả.

Hơn nữa, việc tính toán theo tình trạng kỹ thuật yêu cầu số lượng xung N trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích. Điều này không cần tính toán phức tạp.

Hơn nữa, theo tình trạng kỹ thuật, việc tính toán số xung N trong phần có chu kỳ được xây dựng của phép kích thích không tính đến vị trí của xung thứ nhất.

Các tín hiệu có mặt trên Fig.4 và Fig.5 có chu kỳ tần số cơ bản tương tự của độ dài T_c .

Fig.4 minh họa tín hiệu tiếng nói có 3 xung trong khung.

Ngược lại, Fig.5 minh họa tín hiệu tiếng nói mà chỉ có hai xung trong khung.

Các ví dụ này được minh họa bởi các Fig.4 và 5 thể hiện số xung phụ thuộc vào vị trí xung thứ nhất.

Ngoài ra, theo tình trạng kỹ thuật, được kiểm tra, nếu $T[N-1]$, vị trí của xung thứ N trong phần có chu kỳ được xây dựng của phép kích thích là trong độ dài khung, mặc dù N được định nghĩa bao gồm xung thứ nhất trong khung tiếp theo.

Hơn nữa, theo tình trạng kỹ thuật, không mẫu nào được bổ sung vào hoặc bị loại bỏ trước xung thứ nhất và sau xung cuối cùng. Các phương án của sáng chế dựa trên việc phát hiện rằng điều này dẫn đến nhược điểm rằng ở đó có thể là sự thay đổi đột ngột độ dài của chu trình tần số cơ bản đầy đủ thứ nhất, và ngoài ra, điều này còn dẫn đến nhược điểm rằng độ dài của chu trình tần số cơ bản sau xung cuối cùng có thể là lớn hơn độ dài của chu trình tần số cơ bản đầy đủ cuối cùng trước xung cuối cùng, thậm chí khi độ trễ tần số cơ bản đang giảm (xem các Fig.6 và 7).

Các phương án dựa trên việc phát hiện ra rằng các xung $T[k] = P - diff$ và $T[n] = P - d$ không bằng nhau khi:

- $d > \lceil \frac{T_c}{2} \rceil$. Trong trường hợp này $diff = T_c - d$ và số mẫu bị loại bỏ sẽ là $diff$ thay vì d .

- $T[k]$ là khung tương lai và được di chuyển đến khung hiện thời chỉ sau khi loại bỏ các mẫu d .

- $T[n]$ được di chuyển đến khung tương lai sau khi bổ sung $-d$ mẫu ($d < 0$).

Điều này sẽ dẫn đến sai vị trí của các xung trong khung bị giấu.

Ngoài ra, các phương án dựa trên việc phát hiện ra rằng theo tình trạng kỹ thuật, giá trị cực đại d bị giới hạn ở giá trị được cho phép cực tiểu cho độ trễ tần số cơ bản được mã hóa. Điều này là sự ràng buộc mà giới hạn xuất hiện các vấn đề khác, nhưng nó cũng giới hạn khả năng thay đổi tần số cơ bản và do đó giới hạn tái đồng bộ hóa xung.

Hơn nữa, các phương án dựa trên việc phát hiện ra rằng theo tình trạng kỹ thuật, phần có chu kỳ được xây dựng sử dụng độ trễ tần số cơ bản số nguyên, và mà nó tạo thành sự chuyển đổi tần số của sự suy giảm đáng kể và hài hòa trong phép giấu tín hiệu âm với tần số cơ bản không đổi. Sự suy giảm này có thể thấy trên Fig.8, trong đó Fig.8 mô tả phép biểu diễn thời gian - tần số của tín hiệu tiếng nói được tái đồng bộ hóa khi sử dụng độ trễ tần số cơ bản được làm tròn.

Hơn nữa, các phương án được dựa trên việc phát hiện ra rằng hầu hết các vấn đề của tình trạng kỹ thuật xảy ra trong trạng thái như được minh họa bởi các ví dụ được mô tả trên các Fig.6 và 7, trong đó d mẫu bị loại bỏ. Ở đây được coi là không có sự ràng buộc về giá trị cực đại d , để làm cho vấn đề có thể thấy được một cách dễ dàng. Vấn đề cũng xảy ra khi có sự giới hạn d , nhưng không phải là có thể nhìn thấy được một cách quá dễ dàng. Thay vì tăng liên tục tần số cơ bản, người ra sẽ có được sự tăng đột ngột sau khi giảm đột ngột tần số cơ bản. Các phương án được dựa trên việc phát hiện ra rằng điều này xảy ra, vì không có mẫu nào được di chuyển trước và sau xung cuối cùng, một cách gián tiếp cũng được gây ra bởi không tính đến xung $T[2]$ di chuyển trong khung sau khi loại bỏ d mẫu. Việc tính toán sai N cũng xảy ra trong ví dụ này.

Theo các phương án, các kỹ thuật tái đồng bộ hóa xung được cải thiện được đề xuất. Các phương án đề xuất việc giấu các tín hiệu đơn âm được cải thiện, bao gồm tiếng nói, mà là lợi thế so với kỹ thuật hiện tại được mô tả trong các tiêu chuẩn G.718 (xem [ITU08a] và G.729.1 (xem [ITU06b])). Các phương án được đề xuất là thích hợp cho các tín hiệu với tần số cơ bản không đổi, cũng như thích hợp cho các tín hiệu với tần số cơ bản thay đổi.

Ngược lại, theo các phương án, ba kỹ thuật được đề xuất.

Theo kỹ thuật thứ nhất, khái niệm tìm kiếm các xung được đề xuất rằng, ngược lại với G.718 và G.729.1, tính đến vị trí của xung thứ nhất trong tính toán số xung trong phần có chu kỳ được xây dựng.

Theo kỹ thuật thứ hai, giải thuật tìm kiếm các xung được đề xuất rằng, trái ngược với G.718 và G.729.1, không cần số xung trong phần có chu kỳ được xây dựng, được kí hiệu là N , mà tính đến vị trí của xung thứ nhất, và mà tính toán trực tiếp chỉ số xung cuối cùng trong khung được giấu, được kí hiệu là k .

Theo kỹ thuật thứ ba, việc tìm kiếm xung là không cần thiết. Theo kỹ thuật thứ ba này, việc xây dựng phần có chu kỳ được kết hợp với việc loại bỏ hoặc bổ sung các mẫu, do đó ít phức tạp hơn các kỹ thuật có trước. Một số phương án đề xuất những thay đổi sau đây cho các kỹ thuật trên cũng như những kỹ thuật G.718 và G.729.1:

- Phân phân số của độ trễ tần số cơ bản có thể, ví dụ, được sử dụng để xây dựng phần có chu kỳ cho các tín hiệu với tần số cơ bản không đổi.
- Độ lệch với vị trí được kỳ vọng của xung cuối cùng trong khung bị giấu có thể, ví dụ, được tính toán cho số không nguyên của các chu trình tần số cơ bản trong khung.
- Các mẫu có thể, ví dụ, cũng được bổ sung hoặc bị loại bỏ trước xung thứ nhất và sau xung cuối cùng.
- Các mẫu có thể, ví dụ, cũng được bổ sung được loại bỏ nếu chỉ có một xung.
- Số mẫu bị loại bỏ hoặc bổ sung có thể, ví dụ, thay đổi tuyến tính, sau sự thay đổi tuyến tính được dự báo tần số cơ bản.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sau đây, các phương án của sáng chế được mô tả chi tiết hơn với sự tham chiếu đến các hình vẽ, trong đó:

Fig.1 minh họa thiết bị xác định độ trễ tần số cơ bản được ước lượng theo phương án của sáng chế,

Fig.2a minh họa thiết bị khôi phục khung chứa tín hiệu tiếng nói làm khung được khôi phục theo phương án của sáng chế,

Fig.2b minh họa tín hiệu tiếng nói chứa nhiều xung,

Fig.2c minh họa hệ thống khôi phục khung chứa tín hiệu tiếng nói theo phương án của sáng chế,

Fig.3 minh họa phần có chu kỳ được xây dựng của tín hiệu tiếng nói,

Fig.4 minh họa tín hiệu tiếng nói có ba xung trong khung,

Fig.5 minh họa tín hiệu tiếng nói có hai xung trong khung,

Fig.6 minh họa tín hiệu tiếng nói trước khi loại bỏ của các mẫu,

Fig.7 minh họa tín hiệu tiếng nói của Fig.6 sau khi loại bỏ của các mẫu,

Fig.8 minh họa phép biểu diễn theo thời gian - tần số của tín hiệu tiếng nói được tái đồng bộ hóa sử dụng độ trễ tần số cơ bản được làm tròn,

Fig.9 minh họa phép biểu diễn theo thời gian - tần số của tín hiệu tiếng nói được tái đồng bộ hóa sử dụng độ trễ tần số cơ bản không được làm tròn với phần phân số,

Fig.10 minh họa biểu đồ độ trễ tần số cơ bản, trong đó độ trễ tần số cơ bản được khôi phục sử dụng trạng thái của các khái niệm thuộc tình trạng kỹ thuật,

Fig.11 minh họa biểu đồ độ trễ tần số cơ bản, trong đó độ trễ tần số cơ bản được khôi phục theo các phương án,

Fig.12 minh họa tín hiệu tiếng nói trước khi loại bỏ các mẫu, và

Fig.13 minh họa tín hiệu tiếng nói của Fig.12, minh họa theo cách bổ sung từ Δ_0 đến Δ_3 .

Mô tả chi tiết sáng chế

Fig.1 minh họa thiết bị xác định độ trễ tần số cơ bản được ước lượng theo phương án của sáng chế. Thiết bị bao gồm giao diện đầu vào 110 để nhận các giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu, và bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng. Bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng phụ thuộc vào các giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu và phụ thuộc vào các giá trị thông tin, trong đó với mỗi giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu trong số các giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu, giá

trị thông tin trong số các giá trị thông tin được gán cho giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu đã nêu.

Theo ví dụ , bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng phụ thuộc vào các giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu và phụ thuộc vào các giá trị độ khuếch đại tần số cơ bản như các giá trị thông tin, trong đó với mỗi giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu trong số các giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu, giá trị độ khuếch đại tần số cơ bản trong số các giá trị độ khuếch đại tần số cơ bản được gán cho giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu đã nêu.

Trong ví dụ cụ thể, mỗi giá trị trong số các giá trị độ khuếch đại tần số cơ bản có thể, ví dụ, là độ khuếch đại bằng mã thích ứng.

Theo ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120, có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng bằng cách giảm thiểu hàm sai số.

Theo ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng bằng cách xác định hai tham số a, b , bằng cách giảm thiểu hàm sai số

$$err = \sum_{i=0}^k g_p(i) \cdot ((a + b \cdot i) - P(i))^2 ,$$

trong đó a là số thực, trong đó b là số thực, trong đó k là số nguyên với $k \geq 2$, và trong đó $P(i)$ là giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu thứ i , trong đó $g_p(i)$ là giá trị độ khuếch đại tần số cơ bản thứ i được gán cho giá trị độ trễ tần số cơ bản $P(i)$ thứ i .

Trong ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng bằng cách xác định hai tham số a, b , bằng cách giảm thiểu hàm sai số

$$err = \sum_{i=0}^4 g_p(i) \cdot ((a + b \cdot i) - P(i))^2 ,$$

trong đó a là số thực, trong đó b là số thực, trong đó $P(i)$ là giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu thứ i , trong đó $g_p(i)$ là giá trị độ khuếch đại tần số cơ bản thứ i được gán cho giá trị độ trễ tần số cơ bản $P(i)$ thứ i .

Theo ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định độ trễ tần số cơ bản được ước lượng p theo $p = a \cdot i + b$.

Trong ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng phụ thuộc vào các giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu và phụ thuộc vào các giá trị thời gian như các giá trị thông tin, trong đó với mỗi giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu trong số các giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu, giá trị thời gian trong số các giá trị thời gian được gán cho giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu đã nêu.

Theo ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120, có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng bằng cách giảm thiểu hàm sai số.

Trong ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng bằng cách xác định hai tham số a, b , bằng cách giảm thiểu hàm sai số

$$err = \sum_{i=0}^k time_{passed}(i) \cdot ((a + b \cdot i) - P(i))^2,$$

trong đó a là số thực, trong đó b là số thực, trong đó k là số nguyên với $k \geq 2$, và trong đó $P(i)$ là giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu thứ i , trong đó $time_{passed}(i)$ là giá trị thời gian thứ i được gán cho giá trị độ trễ tần số cơ bản $P(i)$ thứ i .

Theo ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để ước lượng độ trễ tần số cơ bản được ước lượng bằng cách xác định hai tham số a, b , bằng cách giảm thiểu hàm sai số

$$err = \sum_{i=0}^4 time_{passed}(i) \cdot ((a + b \cdot i) - P(i))^2,$$

trong đó a là số thực, trong đó b là số thực, trong đó $P(i)$ là giá trị độ trễ tần số cơ bản ban đầu thứ i , trong đó $time_{passed}(i)$ là giá trị thời gian thứ i được gán cho giá trị độ trễ tần số cơ bản $P(i)$ thứ i .

Trong ví dụ, bộ ước lượng độ trễ tần số cơ bản 120, ví dụ được tạo cấu hình để xác định độ trễ tần số cơ bản được ước lượng p theo $p = a \cdot i + b$.

Sau đây, các ví dụ đề xuất dự báo tần số cơ bản được gán trọng số được mô tả đối với công thức (20) đến (24b).

Đầu tiên, các ví dụ dự báo tần số cơ bản được gán trọng số sử dụng việc gán trọng số theo độ khuếch đại tần số cơ bản được mô tả với việc tham chiếu đến công thức (20) đến (22c). Theo một số ví dụ án này, để khắc phục những nhược điểm của tình trạng kỹ thuật, các độ trễ tần số cơ bản được gán trọng số với độ khuếch đại tần số cơ bản để thực hiện dự báo tần số cơ bản.

Trong một số ví dụ, độ khuếch đại tần số cơ bản có thể là độ khuếch đại bảng mã thích ứng g_p như được định nghĩa trong tiêu chuẩn G.729 (xem [ITU12], cụ thể chương 3.7.3, cụ thể hơn công thức (43)). Trong G.729, độ khuếch đại bảng mã thích ứng được xác định theo

$$g_p = \frac{\sum_{n=0}^{39} x(n)y(n)}{\sum_{n=0}^{39} y(n)y(n)}$$

được giới hạn bởi $0 \leq g_p \leq 1.2$

Có, $x(n)$ là tín hiệu mục tiêu và $y(n)$ thu được bằng cách quấn $v(n)$ với $h(n)$ theo:

$$x(n) = \sum_{i=0}^n v(i)h(n-i) \quad n = 0, \dots, 39$$

Trong đó $v(n)$ là vector bảng mã thích ứng, trong đó $y(n)$ vector bảng mã thích ứng được lọc, và trong đó $h(n-i)$ là đáp ứng xung lực của bộ lọc tổng hợp được gán trọng số, như được định nghĩa trong G.729 (xem [ITU12]).

Tương tự, trong một số ví dụ, độ khuếch đại tần số cơ bản có thể là độ khuếch đại bảng mã thích ứng g_p như được định nghĩa trong tiêu chuẩn G.718 (xem [ITU08a],

cụ thể chương 6.8.4.1.4.1, cụ thể hơn công thức (170)). Trong G.718, độ khuếch đại bảng mã thích ứng được xác định theo:

$$C_{CL} = \frac{\sum_{n=0}^{63} x(n) y_k(n)}{\sum_{n=0}^{63} y_k(n) y_k(n)}$$

trong đó $x(n)$ là tín hiệu mục tiêu và $y_k(n)$ là kích thích được lọc quá khứ tại độ trễ k .

Ví dụ, xem [ITU08a], chương 6.8.4.1.4.1, công thức (171), cho định nghĩa, cách $y_k(n)$ có thể được định nghĩa.

Tương tự, trong một số ví dụ, độ khuếch đại tần số cơ bản có thể là độ khuếch đại bảng mã thích ứng g_p như được định nghĩa trong tiêu chuẩn AMR (xem [3gpl2b]), trong đó độ khuếch đại bảng mã thích ứng g_p làm độ khuếch đại tần số cơ bản được định nghĩa theo:

$$g_p = \frac{\sum_{n=0}^{63} x(n) y(n)}{\sum_{n=0}^{63} y(n) y(n)} \quad \text{được giới hạn bởi } 0 \leq g_p \leq 1.2$$

trong đó $y(n)$ là vector bảng mã thích ứng được lọc.

Trong một số ví dụ, các độ trễ tần số cơ bản có thể, ví dụ, được gán trọng số với độ khuếch đại tần số cơ bản, ví dụ, trước khi thực hiện dự báo tần số cơ bản.

Với mục đích này, vùng đệm thứ hai của độ dài 8 có thể, ví dụ, được đưa ra giữ độ khuếch đại tần số cơ bản, mà được lấy tại cùng khung con như các độ trễ tần số cơ bản. Vùng đệm có thể, ví dụ, được cập nhật sử dụng các quy tắc tương tự đúng như cập nhật độ trễ tần số cơ bản. Một việc thực hiện có thể có là để cập nhật cả hai vùng đệm (giữ độ trễ tần số cơ bản và độ khuếch đại tần số cơ bản của tám khung con cuối cùng) tại phần kết thúc của mỗi khung, bất kể khung này là lỗi tự do hay lỗi dễ xảy ra.

Có hai chiến lược dự báo khác nhau được biết đến từ tình trạng kỹ thuật, mà có thể được nâng cao để sử dụng dự báo tần số cơ bản được gán trọng số.

Trong tiêu chuẩn G.718, trong trường hợp của mất gói tin, các vùng đệm có thể được nhân với mỗi phần tử khác nhau, để gán trọng số độ trễ tần số cơ bản với hệ số độ cao nếu độ khuếch đại tần số cơ bản được liên kết là cao, và để gán trọng số độ trễ tần số cơ bản với hệ số thấp nếu độ khuếch đại tần số cơ bản được liên kết là thấp. Sau đó, theo G.718, dự báo tần số cơ bản được thực hiện như thông thường (xem, ITU08a, phần 7.11.1.3] chi tiết trên G.718).

Giải thuật được sử dụng trong G.729.1 để dự báo tần số cơ bản (xem [ITU06b] chi tiết trên G.729.1) được biến đổi theo các phương án để sử dụng dự báo được gán trọng số.

Theo một số ví dụ, mục tiêu là để giảm thiểu hàm sai số:

$$err = \sum_{i=0}^4 g_p(i) \cdot ((a + b \cdot i) - P(i))^2 \quad (20)$$

trong đó $g_p(i)$ đang giữ những độ khuếch đại tần số cơ bản từ các khung con quá khứ và $P(i)$ đang giữ độ trễ tần số cơ bản tương ứng.

Theo công thức (20), $g_p(i)$ biểu diễn hệ số gán trọng số. Trong ví dụ trên, mỗi $g_p(i)$ biểu diễn độ khuếch đại tần số cơ bản từ một trong số các khung con quá khứ.

Dưới đây, phương trình theo các phương án được đề xuất, mà mô tả cách lấy đạo hàm các hệ số a và b , mà có thể được sử dụng để dự báo độ trễ tần số cơ bản theo: $a + i \cdot b$, trong đó i là số khung con của khung con được dự báo.

Ví dụ, để thu được khung con được dự báo thứ nhất dựa trên dự báo năm khung con cuối cùng $P(0)$, ..., $P(4)$, giá trị tần số cơ bản được dự báo $P(5)$ sẽ là:

$$P(5) = a + 5 \cdot b .$$

Để lấy đạo hàm các hệ số a và b , hàm sai số có thể, ví dụ, được lấy đạo hàm (đạo số) và có thể được đặt đến không:

$$\frac{\delta err}{\delta a} = 0 \quad \text{và} \quad \frac{\delta err}{\delta b} = 0 \quad (21a)$$

Trong tình trạng kỹ thuật, việc lấy đạo hàm hàm sai số và thiết lập đạo hàm của hàm sai số đến 0 sẽ dẫn đến:

$$a = \frac{3 \sum_{i=0}^4 P(i) - \sum_{i=0}^4 i \cdot P(i)}{5} \quad \text{và} \quad b = \frac{\sum_{i=0}^4 i \cdot P(i) - 2 \sum_{i=0}^4 P(i)}{10} \quad (21b)$$

(xem [ITU06b, 7.6.5]).

Ngược lại, khi sử dụng phương thức dự báo được gán trọng số của các phương án được đề xuất, ví dụ, phương thức dự báo được gán trọng số của công thức $g_p(i)$, a và b dẫn đến:

$$a = -\frac{A + B + C + D + E}{K} \quad (22a)$$

$$b = +\frac{F + G + H + I + J}{K} \quad (22b)$$

Theo phương án cụ thể, $A, B, C, D; E, F, G, H, I, J$ và K có thể, ví dụ, có các giá trị sau đây:

$$\begin{aligned} A &= (3g_{p3} + 4g_{p2} + 3g_{p1})g_{p4} \cdot P(4) \\ B &= ((2g_{p2} + 2g_{p1})g_{p3} - 4g_{p3}g_{p4}) \cdot P(3) \\ C &= (-8g_{p2}g_{p4} - 3g_{p2}g_{p3} + g_{p1}g_{p2}) \cdot P(2) \\ D &= (-12g_{p1}g_{p4} - 6g_{p1}g_{p3} - 2g_{p1}g_{p2}) \cdot P(1) \\ E &= (-16g_{p0}g_{p4} - 9g_{p0}g_{p3} - 4g_{p0}g_{p2} - g_{p0}g_{p1}) \cdot P(0) \\ F &= (g_{p3} + 2g_{p2} + 3g_{p1} + 4g_{p0})g_{p4} \cdot P(4) \\ G &= ((g_{p2} + 2g_{p1} + 3g_{p0})g_{p3} - g_{p3}g_{p4}) \cdot P(3) \\ H &= (-2g_{p2}g_{p4} - g_{p2}g_{p3} + (g_{p1} + 2g_{p0})g_{p2}) \cdot P(2) \\ I &= (-3g_{p1}g_{p4} - 2g_{p1}g_{p3} - g_{p1}g_{p2} + g_{p0}g_{p1}) \cdot P(1) \\ J &= (-4g_{p0}g_{p4} - 3g_{p0}g_{p3} - 2g_{p0}g_{p2} - g_{p0}g_{p1}) \cdot P(0) \\ K &= (g_{p3} + 4g_{p2} + 9g_{p1} + 16g_{p0})g_{p4} + (g_{p2} + 4g_{p1} + 9g_{p0})g_{p3} + (g_{p1} + 4g_{p0})g_{p2} + g_{p0}g_{p1} \end{aligned} \quad (22c)$$

Fig.10 và Fig.11 thể hiện hiệu suất cao của phép ngoại suy tần số cơ bản được đề xuất.

Ở đây, Fig.10 minh họa biểu đồ độ trễ tần số cơ bản, trong đó độ trễ tần số cơ bản được khôi phục sử dụng trạng thái của các khái niệm thuộc tình trạng kỹ thuật. Ngược lại, Fig.11 minh họa biểu đồ độ trễ tần số cơ bản, trong đó độ trễ tần số cơ bản được khôi phục theo các phương án của sáng chế.

Cụ thể, Fig.10 minh họa hiệu suất của tiêu chuẩn G.718 và G.729.1 thuộc tình trạng kỹ thuật, trong khi Fig.11 minh họa hiệu suất của khái niệm được đề xuất bởi phương án của sáng chế.

Trục hoành biểu thị số khung con. Đường nét liền 1010 thể hiện độ trễ tần số cơ bản bộ mã hóa mà được nhúng trong dòng bit, và mà bị mất trong diện tích phân đoạn màu xám 1030. Trục tung bên trái biểu diễn trục độ trễ tần số cơ bản. Trục tung bên phải biểu diễn trục độ khuếch đại tần số cơ bản. Đường nét liền 1010 minh họa độ trễ tần số cơ bản, trong khi đường nét đứt 1021, 1022, 1023 minh họa độ khuếch đại tần số cơ bản.

Hình chữ nhật màu xám 1030 biểu thị sự mất khung. Vì sự mất khung xảy ra trong diện tích phân đoạn màu xám 1030, thông tin về độ trễ tần số cơ bản và độ khuếch đại tần số cơ bản trong diện tích này không có sẵn tại phía bộ giải mã và phải được khôi phục.

Trên Fig.10, độ trễ tần số cơ bản bị giấu sử dụng tiêu chuẩn G.718 được minh họa bởi phần đường chấm gạch 1011. Độ trễ tần số cơ bản bị giấu sử dụng tiêu chuẩn G.718 được minh họa bởi phần đường nét liền 1012. Có thể thấy rõ ràng rằng, việc sử dụng dự báo tần số cơ bản được đề xuất, (Fig.11, phần đường nét liền 1013) về cơ bản tương ứng với độ trễ tần số cơ bản bộ mã hóa bị mất và do đó là ưu điểm vượt qua kỹ thuật G.718 và G.729.1

Sau đây, các ví dụ sử dụng việc gán trọng số phụ thuộc vào thời gian đã qua được mô tả với việc tham chiếu đến công thức (23a) đến (24b).

Việc áp dụng việc gán trọng số theo thời gian có thể đạt được bằng cách giảm thiểu hàm sai số này:

$$err = \sum_{i=0}^4 time_{passed}(i) \cdot ((a + b \cdot i) - P(i))^2 \quad (23a)$$

trong đó $time_{passed}(i)$ biểu diễn sự nghịch đảo của lượng thời gian mà đã đi qua sau khi nhận đúng độ trễ tần số cơ bản và $P(i)$ giữ những độ trễ tần số cơ bản tương ứng.

Một số ví dụ có thể, ví dụ, đặt các trọng số cao vào các độ trễ gần hơn và trọng số nhỏ hơn vào các độ trễ được nhận lâu hơn đã qua.

Theo một số ví dụ, công thức (21a) có thể sau đó được sử dụng để lấy đạo hàm a và b .

Để thu được khung con được dự báo thứ nhất, một số phương án có thể, ví dụ, điều khiển phép dự báo dựa trên năm khung con cuối cùng, $P(0) \dots P(4)$. Ví dụ, giá trị tần số cơ bản được dự báo $P(5)$ có thể sau đó thu được theo:

$$P(5) = a + 5 \cdot b \quad (23b)$$

Ví dụ, nếu

$$time_{passed} = [1/5 \ 1/4 \ 1/3 \ 1/2 \ 1]$$

(việc gán trọng số theo thời gian theo độ trễ khung con), điều này sẽ dẫn đến:

$$a = \frac{-3.5833 \cdot P(4) + 1.4167 \cdot P(3) + 3.0833 \cdot P(2) + 3.9167 \cdot P(1) + 4.4167 \cdot P(0)}{9.2500} \quad (24a)$$

$$b = \frac{+2.7167 \cdot P(4) + 0.2167 \cdot P(3) - 0.6167 \cdot P(2) - 1.0333 \cdot P(1) - 1.2833 \cdot P(0)}{9.2500} \quad (24b)$$

Dưới đây, các phương án đề xuất phép tái đồng bộ hóa xung được mô tả.

Fig.2a minh họa thiết bị khôi phục khung chứa tín hiệu tiếng nói như khung được khôi phục theo phương án của sáng chế. Khung được khôi phục đã nêu được kết hợp

với một hoặc nhiều khung có sẵn, một hoặc nhiều khung có sẵn đã nêu là ít nhất một trong số một hoặc nhiều khung đứng trước của khung được khôi phục và một hoặc nhiều khung kế tiếp của khung được khôi phục, trong đó một hoặc nhiều khung có sẵn bao gồm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản như một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn.

Thiết bị bao gồm bộ phận xác định 210 để xác định chênh lệch số mẫu $(\Delta_0^p; \Delta_i; \Delta_{k+1}^p)$ biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn và số mẫu của chu trình tần số cơ bản thứ nhất được khôi phục.

Ngoài ra, thiết bị bao gồm bộ khôi phục khung để khôi phục khung được khôi phục bằng cách khôi phục, phụ thuộc vào chênh lệch số mẫu $(\Delta_0^p; \Delta_i; \Delta_{k+1}^p)$ và phụ thuộc vào mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, chu trình tần số cơ bản thứ nhất được khôi phục như chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất.

Bộ khôi phục khung 220 được tạo cấu hình để khôi phục khung được khôi phục, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai, và sao cho số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất khác với số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai.

Việc khôi phục chu trình tần số cơ bản được điều khiển bởi việc khôi phục một số hoặc tất cả các mẫu của chu trình tần số cơ bản mà sẽ được khôi phục. Nếu chu trình tần số cơ bản được khôi phục được chứa hoàn toàn bởi khung bị mất, sau đó tất cả các mẫu của chu trình tần số cơ bản có thể, ví dụ, phải được khôi phục. Nếu chu trình tần số cơ bản được khôi phục chỉ được chứa một phần bởi khung bị mất, và nếu một số mẫu của chu trình tần số cơ bản có sẵn, ví dụ khi chúng được chứa bởi khung khác, hơn là có thể, ví dụ, là đủ để chỉ khôi phục các mẫu của chu trình tần số cơ bản mà được chứa bởi khung mà bị mất để khôi phục chu trình tần số cơ bản.

Fig.2b minh họa chức năng của thiết bị của Fig.2a. Cụ thể, Fig.2b minh họa tín hiệu tiếng nói 222 chứa các xung 211, 212, 213, 214, 215, 216, 217.

Phần thứ nhất của tín hiệu tiếng nói 222 được chứa bởi khung $n-1$. Phần thứ hai của tín hiệu tiếng nói 222 được chứa bởi khung n . Phần thứ ba của tín hiệu tiếng nói 222 được chứa bởi khung $n+1$.

Trên Fig.2b, khung $n-1$ đứng trước khung n và khung $n+1$ là kế tiếp khung n . Điều này có nghĩa, khung $n-1$ chứa phần tín hiệu tiếng nói mà xuất hiện sớm hơn theo thời gian so với phần tín hiệu tiếng nói của khung n ; và khung $n+1$ chứa phần tín hiệu tiếng nói mà xuất hiện muộn hơn theo thời gian so với phần tín hiệu tiếng nói của khung n .

Trong ví dụ của Fig.2b, giả định rằng khung n bị mất hoặc bị sai lạc và do đó, chỉ khung đứng trước khung n ("các khung đứng trước") và các khung kế tiếp khung n ("các khung kế tiếp") là có sẵn ("các khung có sẵn").

Chu trình tần số cơ bản, có thể, ví dụ, được định nghĩa như sau: Chu trình tần số cơ bản bắt đầu với một trong số các xung 211, 212, 213, v.v., và kết thúc với xung kế tiếp ngay sau trong tín hiệu tiếng nói. Ví dụ, xung 211 và 212 xác định chu trình tần số cơ bản 201. Xung 212 và 213 xác định chu trình tần số cơ bản 202. Xung 213 và 214 xác định chu trình tần số cơ bản 203, v.v..

Những định nghĩa khác về chu trình tần số cơ bản, đã biết đến với những người có hiểu biết trong lĩnh vực kỹ thuật, mà sử dụng, ví dụ, điểm bắt đầu và kết thúc khác của chu trình tần số cơ bản, có thể được xem xét theo cách thay thế.

Trong ví dụ của Fig.2b, khung n không có sẵn tại bộ nhận hoặc bị sai lạc. Do đó, bộ nhận nhận biết các xung 211 và 212 và chu trình tần số cơ bản 201 của khung $n-1$. Ngoài ra, bộ nhận nhận biết các xung 216 và 217 và chu trình tần số cơ bản 206 của khung $n+1$. Tuy nhiên, khung n mà chứa các xung 213, 214 và 215, mà chứa hoàn toàn các chu trình tần số cơ bản 203 và 204 và chứa một phần các chu trình tần số cơ bản 202 và 205, phải được khôi phục.

Theo một số phương án, khung n có thể được khôi phục phụ thuộc vào các mẫu của ít nhất một chu trình tần số cơ bản ("các chu trình tần số cơ bản có sẵn") của các khung có sẵn (ví dụ, khung đứng trước $n-1$ hoặc khung kế tiếp $n+1$). Ví dụ, các mẫu của chu trình tần số cơ bản 201 của khung $n-1$ có thể, ví dụ, được sao chép lặp lại theo chu kỳ để khôi phục các mẫu của khung bị mất hoặc sai lệch. Bằng cách sao chép lặp lại theo chu kỳ các mẫu của chu trình tần số cơ bản, chu trình tần số cơ bản tự sao chép, ví dụ, nếu chu trình tần số cơ bản là c , thì

$$\text{sample}(x + i \cdot c) = \text{sample}(x) ; \quad \text{với } i \text{ là số nguyên.}$$

Trong các phương án, các mẫu từ phần kết thúc của khung $n-1$ được sao chép. Độ dài của phần của khung $n-1$ thứ nhất mà được sao chép bằng với độ dài của chu trình tần số cơ bản 201 (hoặc gần bằng). Nhưng các mẫu từ cả hai khung 201 và 202 được sử dụng để sao chép. Điều này có thể được xem xét cẩn thận đặc biệt khi chỉ có một xung trong khung $n-1$ thứ nhất.

Trong một số phương án, các mẫu được sao chép được biến đổi.

Sáng chế còn dựa trên việc phát hiện ra rằng bằng cách sao chép lặp lại theo chu kỳ các mẫu của chu trình tần số cơ bản, các xung 213, 214, 215 của khung bị mất n di chuyển đến các vị trí sai, khi kích cỡ của các chu trình tần số cơ bản mà được chứa (hoàn toàn hay một phần) bởi khung bị mất (n) (các chu trình tần số cơ bản 202, 203, 204 và 205) khác với kích cỡ của chu trình tần số cơ bản có sẵn được sao chép (ở đây: chu trình tần số cơ bản 201).

Ví dụ, trên Fig.2b, chênh lệch giữa chu trình tần số cơ bản 201 và chu trình tần số cơ bản 202 được biểu thị bởi Δ_1 , chênh lệch giữa chu trình tần số cơ bản 201 và chu trình tần số cơ bản 203 được biểu thị bởi Δ_2 , chênh lệch giữa chu trình tần số cơ bản 201 và chu trình tần số cơ bản 204 được biểu thị bởi Δ_3 , chênh lệch giữa chu trình tần số cơ bản 201 và chu trình tần số cơ bản 205 được biểu thị bởi Δ_4 ,

Trên Fig.2b, có thể thấy rằng chu trình tần số cơ bản 201 của khung $n-1$ là lớn hơn đáng kể so với chu trình tần số cơ bản 206. Ngoài ra, các chu trình tần số cơ bản 202, 203, 204 và 205, được chứa (hoàn toàn hay một phần) bởi khung n và, mỗi chu

trình nhỏ hơn chu trình tần số cơ bản 201 và lớn hơn chu trình tần số cơ bản 206. Hơn nữa, các chu trình tần số cơ bản gần hơn chu trình tần số cơ bản rộng 201 (ví dụ, chu trình tần số cơ bản 202) lớn hơn các chu trình tần số cơ bản (ví dụ, chu trình tần số cơ bản 205) gần hơn chu trình tần số cơ bản nhỏ 206.

Dựa trên những phát hiện này của sáng chế, theo các phương án, bộ khôi phục khung 202 được tạo cấu hình để khôi phục các khung được khôi phục sao cho số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất khác với số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai được chứa hoàn toàn hoặc một phần bởi khung được khôi phục.

Ví dụ, theo một số phương án, việc khôi phục khung phụ thuộc vào chênh lệch số mẫu biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn (ví dụ, chu trình tần số cơ bản 201) và số mẫu của chu trình tần số cơ bản thứ nhất (ví dụ, chu trình tần số cơ bản 202, 203, 204, 205) mà sẽ được khôi phục.

Ví dụ, theo phương án, các mẫu của chu trình tần số cơ bản 201 có thể, ví dụ được sao chép lặp lại theo chu kỳ.

Sau đó, chênh lệch số mẫu biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị xóa khỏi bản sao được lặp lại theo chu kỳ tương ứng với chu trình tần số cơ bản thứ nhất được khôi phục, hoặc có bao nhiêu mẫu sẽ được bổ sung vào bản sao được lặp lại theo chu kỳ tương ứng với chu trình tần số cơ bản thứ nhất được khôi phục.

Trên Fig.2b, mỗi số mẫu biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị xóa khỏi bản sao được lặp lại theo chu kỳ. Tuy nhiên, trong các ví dụ khác, số mẫu có thể biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ được bổ sung vào bản sao được lặp lại theo chu kỳ. Ví dụ, theo một số phương án, các mẫu có thể được bổ sung bằng cách bổ sung các mẫu với biên độ không vào chu trình tần số cơ bản tương ứng. Trong các phương án khác, các mẫu có thể được bổ sung vào chu trình tần số cơ bản bằng cách sao chép các mẫu khác của chu trình tần số cơ bản, ví dụ bằng cách sao chép các mẫu gần kề với các vị trí của các mẫu được bổ sung.

Trong khi ở trên, các phương án được mô tả tại đó các mẫu của chu trình tần số cơ bản của khung đứng trước khung bị mất hoặc sai lạc được sao chép lặp lại theo chu kỳ, trong các phương án khác, các mẫu của chu trình tần số cơ bản của khung kế tiếp khung bị mất hoặc sai lạc được sao chép lặp lại theo chu kỳ để khôi phục khung bị mất. Các nguyên tắc tương tự được mô tả ở trên và dưới đây áp dụng một cách tương tự.

Chênh lệch số mẫu này có thể được xác định cho mỗi chu trình tần số cơ bản được khôi phục. Sau đó, chênh lệch số mẫu của mỗi chu trình tần số cơ bản biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị xóa khỏi bản sao được lặp lại theo chu kỳ tương ứng với chu trình tần số cơ bản tương ứng được khôi phục, hoặc có bao nhiêu mẫu sẽ được bổ sung vào bản sao được lặp lại theo chu kỳ tương ứng với chu trình tần số cơ bản tương ứng được khôi phục.

Theo phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định chênh lệch số mẫu cho mỗi chu trình trong số nhiều chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục, sao cho chênh lệch số mẫu của mỗi chu trình trong số các chu trình tần số cơ bản biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu và số mẫu của chu trình tần số cơ bản đã nêu sẽ được khôi phục. Bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để khôi phục mỗi chu trình tần số cơ bản trong số nhiều chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục phụ thuộc vào chênh lệch số mẫu của chu trình tần số cơ bản đã nêu sẽ được khôi phục và phụ thuộc vào các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, để khôi phục khung được khôi phục.

Trong phương án, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để tạo ra khung trung gian phụ thuộc vào một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu. Bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để biến đổi khung trung gian để thu được khung được khôi phục.

Theo phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định giá trị chênh lệch khung (d ; s) biểu thị có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ khỏi khung trung gian hoặc bao nhiêu mẫu được bổ sung vào khung trung gian. Ngoài ra, bộ khôi

phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để loại bỏ các mẫu thứ nhất ra khỏi khung trung gian để thu được khung được khôi phục, khi giá trị chênh lệch khung biểu thị rằng các mẫu thứ nhất sẽ bị loại bỏ ra khỏi khung. Ngoài ra, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để bổ sung các mẫu thứ hai vào khung trung gian để thu được khung được khôi phục, khi giá trị chênh lệch khung ($d; s$) biểu thị rằng các mẫu thứ hai sẽ được bổ sung vào khung.

Theo phương án, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để loại bỏ các mẫu thứ nhất ra khỏi khung trung gian khi giá trị chênh lệch khung biểu thị rằng các mẫu thứ nhất sẽ bị loại bỏ ra khỏi khung, sao cho số mẫu thứ nhất mà bị loại bỏ ra khỏi khung trung gian được biểu thị bởi giá trị chênh lệch khung. Ngoài ra, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để bổ sung các mẫu thứ hai vào khung trung gian khi giá trị chênh lệch khung biểu thị rằng các mẫu thứ hai sẽ được bổ sung vào khung, sao cho số mẫu thứ hai mà được bổ sung vào khung trung gian được biểu thị bởi giá trị chênh lệch khung.

Theo phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định số chênh lệch khung s sao cho công thức:

$$s = \sum_{i=0}^{M-1} (p[i] - T_r) \frac{L}{MT_r}$$

giữ đúng, trong đó L biểu thị số mẫu của khung được khôi phục, trong đó M biểu thị số khung con của khung được khôi phục, trong đó T_r biểu thị độ dài chu kỳ tần số cơ bản được làm tròn của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, và trong đó $p[i]$ biểu thị độ dài chu kỳ tần số cơ bản của chu trình tần số cơ bản được khôi phục của khung con thứ i của khung được khôi phục.

Trong phương án, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được làm thích ứng để tạo ra khung trung gian phụ thuộc vào một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu. Ngoài ra, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được làm thích ứng để tạo ra khung trung gian sao cho khung trung gian bao gồm chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản trung gian thêm

nữa, và chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai. Hơn nữa, chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, ví dụ, phụ thuộc vào một hoặc nhiều mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, trong đó mỗi chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản thêm nữa phụ thuộc vào tất cả các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, và trong đó chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai phụ thuộc vào một hoặc nhiều mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu. Ngoài ra, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định số chênh lệch phần bắt đầu biểu thị có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ ra khỏi hoặc bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, và trong đó bộ khôi phục khung 220 được tạo cấu hình để loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ nhất ra khỏi chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ nhất vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất phụ thuộc vào số chênh lệch phần bắt đầu. Hơn nữa, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định cho mỗi chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa số chênh lệch chu trình tần số cơ bản biểu thị có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ ra khỏi hoặc được bổ sung vào một trong số các chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa đã nêu. Ngoài ra, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ hai ra khỏi một trong số các chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa đã nêu, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ hai vào một trong số chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa phụ thuộc vào số chênh lệch chu trình tần số cơ bản đã nêu. Ngoài ra, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định số chênh lệch phần kết thúc biểu thị có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ ra khỏi hoặc bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai, và trong đó bộ khôi phục khung 220 được tạo cấu hình để loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ ba ra khỏi chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ ba vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai phụ thuộc vào số chênh lệch phần kết thúc.

Theo phương án, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để tạo ra khung trung gian phụ thuộc vào một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu. Ngoài ra, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được làm thích ứng để xác định một hoặc nhiều phần tín hiệu năng lượng thấp của tín hiệu tiếng nói được chứa bởi khung trung gian, trong đó mỗi phần tín hiệu trong số một hoặc nhiều phần tín hiệu năng lượng thấp là phần tín hiệu thứ nhất của tín hiệu tiếng nói trong khung trung gian, trong đó năng lượng của tín hiệu tiếng nói thấp hơn phần tín hiệu thứ hai của tín hiệu tiếng nói được chứa bởi khung trung gian. Hơn nữa, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để loại bỏ một hoặc nhiều mẫu từ ít nhất một trong số một hoặc nhiều phần tín hiệu năng lượng thấp của tín hiệu tiếng nói, hoặc bổ sung một hoặc nhiều mẫu vào ít nhất một trong số một hoặc nhiều phần tín hiệu năng lượng thấp, để thu được khung được khôi phục.

Trong phương án cụ thể, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để tạo ra khung trung gian, sao cho khung trung gian chứa một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản được khôi phục, sao cho mỗi chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản được khôi phục phụ thuộc vào một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu. Ngoài ra, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định số mẫu mà sẽ bị loại bỏ khỏi mỗi chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản được khôi phục. Hơn nữa, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định mỗi phần tín hiệu trong số một hoặc nhiều phần tín hiệu năng lượng thấp sao cho mỗi phần tín hiệu trong số một hoặc nhiều phần tín hiệu năng lượng thấp số mẫu của phần tín hiệu năng lượng thấp đã nêu phụ thuộc vào số mẫu mà bị loại bỏ khỏi một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản được khôi phục, trong đó phần tín hiệu năng lượng thấp đã nêu được định vị trong một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản được khôi phục đã nêu.

Theo phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định vị trí của một hoặc nhiều xung của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục. Ngoài ra, bộ khôi phục khung 220 có thể, ví dụ, được

tạo cấu hình để khôi phục khung được khôi phục phụ thuộc vào vị trí của một hoặc nhiều xung của tín hiệu tiếng nói.

Theo phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định vị trí của hai hoặc nhiều hơn hai xung tín hiệu tiếng nói của khung được khôi phục làm khung được khôi phục, trong đó $T[0]$ là vị trí của một xung trong số hai hoặc nhiều hơn hai xung tín hiệu tiếng nói của khung được khôi phục làm khung được khôi phục, và trong đó bộ phận xác định 210 được tạo cấu hình để xác định vị trí ($T[i]$) của các xung thêm nữa của hai hoặc nhiều hơn hai xung tín hiệu tiếng nói theo công thức:

$$T[i] = T[0] + i T_r$$

trong đó T_r biểu thị độ dài được làm tròn của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, và trong đó i là số nguyên.

Theo phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để xác định chỉ số k của xung cuối cùng của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục sao cho

$$k = \left\lfloor \frac{L - s - T[0]}{T_r} - 1 \right\rfloor ,$$

trong đó L biểu thị số mẫu của khung được khôi phục, trong đó s biểu thị giá trị chênh lệch khung, trong đó $T[0]$ biểu thị vị trí của xung của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục, là chênh lệch với xung cuối cùng của tín hiệu tiếng nói và trong đó T_r biểu thị độ dài được làm tròn của một chu trình đã nêu trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn.

Trong phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để khôi phục khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bằng cách xác định tham số δ , trong đó δ được định nghĩa theo công thức:

$$\delta = \frac{T_{ext} - T_p}{M}$$

trong đó khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bao gồm M khung con, trong đó T_p biểu thị độ dài của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, và trong đó T_{ext} biểu thị độ dài của một trong số các chu trình tần số cơ bản được khôi phục của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục.

Theo phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để khôi phục khung được khôi phục bằng cách xác định độ dài được làm tròn T_r của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu dựa vào công thức:

$$T_r = \lceil T_p + 0.5 \rceil$$

trong đó T_p biểu thị độ dài của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu.

Trong phương án, bộ phận xác định 210 có thể, ví dụ, được tạo cấu hình để khôi phục khung được khôi phục bằng cách áp dụng công thức

$$s = \delta \frac{L}{T_r} \frac{M + 1}{2} - L \left(1 - \frac{T_p}{T_r} \right)$$

trong đó T_p biểu thị độ dài của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu T_r biểu thị độ dài được làm tròn của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, trong đó khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bao gồm M khung con, trong đó khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bao gồm L mẫu, và trong đó δ là số thực biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu và số mẫu của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục.

Sau đây, các phương án được mô tả chi tiết hơn.

Sau đây, nhóm thứ nhất của các phương án tái đồng bộ hóa xung được mô tả với sự tham chiếu đến công thức từ (25) đến (63).

Trong các phương án này, nếu không có sự thay đổi tần số cơ bản, độ trễ tần số cơ bản cuối cùng được sử dụng mà không làm tròn, bảo toàn phần phân số. Phần có chu kỳ được xây dựng sử dụng tần số cơ bản không nguyên và nội suy như ví dụ trong [MTTA90]. Điều này sẽ làm giảm sự chuyển đổi tần số của sóng hài, so với sử dụng độ trễ tần số cơ bản được làm tròn và do đó cải thiện đáng kể việc giấu âm hoặc tín hiệu hữu thanh với tần số cơ bản không đổi.

Những ưu điểm được minh họa bởi Fig.8 và Fig.9, trong đó tín hiệu biểu diễn tần số cơ bản dẫn với các mắt khung được giấu sử dụng lần lượt độ trễ tần số cơ bản phân số không làm tròn và làm tròn. Có Fig.8 minh họa phép biểu diễn theo thời gian - tần số của tín hiệu tiếng nói được tái đồng bộ hóa sử dụng độ trễ tần số cơ bản được làm tròn, Ngược lại, Fig.9 minh họa phép biểu diễn theo thời gian - tần số của tín hiệu tiếng nói được tái đồng bộ hóa sử dụng độ trễ tần số cơ bản không được làm tròn với phần phân số.

Sẽ có sự tính toán phức tạp tăng lên khi sử dụng các phần phân số của tần số cơ bản. Điều này không nên ảnh hưởng đến sự phức tạp trong trường hợp xấu nhất là không có nhu cầu tái đồng bộ hóa xung âm thanh hầu.

Nếu không có sự thay đổi tần số cơ bản được dự báo thì không có nhu cầu xử lý được giải thích dưới đây.

Nếu sự thay đổi tần số cơ bản được dự báo, các phương án được mô tả với sự tham chiếu đến các công thức (25) đến (63) đề xuất các khái niệm để xác định d , là chênh lệch, giữa tổng của tổng số mẫu trong các chu trình tần số cơ bản với tần số cơ bản không đổi (T_c) và tổng của tổng số mẫu trong các chu trình tần số cơ bản với tần số cơ bản khai triển $p[i]$.

Sau đây, T_c được xác định như trong công thức (15a): $T_c = \text{round}(\text{last_pitch})$.

Theo các phương án, chênh lệch d có thể được xác định sử dụng giải thuật nhanh hơn và chính xác hơn (giải thuật nhanh để xác định d gần đúng) như được mô tả sau đây.

Giải thuật như vậy có thể, ví dụ, được dựa trên các nguyên tắc sau:

- Trong mỗi khung con i : $T_c - p[i]$ mẫu cho mỗi chu trình tần số cơ bản (độ dài T_c) nên bị loại bỏ (hoặc $p[i] - T_c$ được bổ sung nếu $T_c - p[i] < 0$).

- Có $\frac{L_{subfr}}{T_c}$ chu trình tần số cơ bản trong mỗi khung con.

- Do đó, với mỗi khung con $(T_c - p[i]) \frac{L_{subfr}}{T_c}$ mẫu nên bị loại bỏ.

Theo một số phương án, không làm tròn được điều khiển và tần số cơ bản phân số được sử dụng. Sau đó:

- $p[i] = T_c + (i + 1)\delta$.

- Do đó, với mỗi khung con i , $(i + 1)\delta \frac{L_{subfr}}{T_c}$ mẫu nên bị loại bỏ nếu $\delta < 0$ (hoặc bổ sung nếu $\delta > 0$).

- Do đó, $d = -\delta \frac{L_{subfr}}{T_c} \sum_{i=1}^M i$ (trong đó M là số khung con trong khung).

Theo một số phương án khác, việc làm tròn được điều khiển. Với tần số cơ bản nguyên (M là số khung con trong khung), d được xác định như sau:

$$d = \text{round} \left(\left(MT_c - \sum_{i=0}^{M-1} p[i] \right) \frac{L_{subfr}}{T_c} \right) \quad (25)$$

Theo phương án, giải thuật được đề xuất để tính toán d theo:

```
ftmp = 0;
for (i=0; i < M; i++) {
    ftmp += p[i];
}
d = (short)floor((M*T_c - ftmp)*(float)L_subfr/ T_c + 0.5);
```

Trong phương án khác, dòng cuối cùng của giải thuật được thay thế bằng:

```
d = (short)floor(L_frame - ftmp*(float)L_subfr/ T_c + 0.5);
```

Theo các phương án xung cuối cùng $T[n]$ được tìm theo:

$$n = i \mid T[0] + iT_c < L_frame \wedge T[0] + (i + 1)T_c \geq L_frame \quad (26)$$

Theo phương án, công thức để tính toán N được sử dụng. Công thức thu được từ công thức (26) theo:

$$N = 1 + \left\lceil \frac{L_frame - T[0]}{T_c} \right\rceil \quad (27)$$

và xung cuối cùng sau đó có chỉ số $N - 1$.

Theo công thức này, N có thể được tính toán ví dụ được minh họa bởi Fig.4 và Fig.5.

Sau đây, khái niệm mà không tìm kiếm rõ ràng khung cuối cùng, nhưng tính đến các vị trí xung được mô tả. Khái niệm như vậy mà không cần N , chỉ số xung cuối cùng trong phần có chu kỳ được khôi phục.

Vị trí xung cuối cùng thực trong phần có chu kỳ được khôi phục của kích thích ($T[k]$) xác định số chu trình tần số cơ bản đầy đủ k , tại đó các mẫu bị loại bỏ (hoặc bỏ sung).

Fig.12 minh họa vị trí của xung cuối cùng $T[2]$ trước khi loại bỏ d mẫu. Về các phương án được mô tả với các công thức (25) đến (63), kí hiệu tham chiếu 1210 biểu thị d .

Trong ví dụ của Fig.12, chỉ số của xung cuối cùng k là 2 và có hai chu trình tần số cơ bản đầy đủ từ các mẫu nên bị loại bỏ.

Sau khi loại bỏ d mẫu ra khỏi tín hiệu độ dài $L_frame + d$, không có mẫu nào từ tín hiệu ban đầu vượt quá $L_frame + d$ sample. Do đó $T[k]$ là trong $L_frame + d$ sample và k do đó được xác định bởi

$$k = i \mid T[i] < L_frame + d \leq T[i + 1] \quad (28)$$

Từ công thức (17) và công thức (28), suy ra rằng

$$T[0] + kT_c < L_frame + d \leq T[0] + (k + 1)T_c \quad (29)$$

Nghĩa là,

$$\frac{L_{frame} + d - T[0]}{T_c} - 1 \leq k < \frac{L_{frame} + d - T[0]}{T_c} \quad (30)$$

Từ công thức (30) suy ra rằng

$$k = \left\lceil \frac{L_{frame} + d - T[0]}{T_c} - 1 \right\rceil \quad (31)$$

Trong bộ mã hóa-giải mã mà, ví dụ, sử dụng các khung của ít nhất 20ms và, trong đó tần số cơ sở thấp nhất của tiếng nói là, ví dụ, ít nhất 40Hz, trong hầu hết các trường hợp ít nhất một xung tồn tại trong khung bị giấu khác với vô thanh.

Sau đây, trường hợp với ít nhất hai xung ($k \geq 1$) được mô tả với sự tham chiếu đến công thức từ (32) đến (46).

Giả định rằng trong mỗi chu trình tần số cơ bản đầy đủ thứ i , Δ_i mẫu sẽ bị loại bỏ, trong đó Δ_i được định nghĩa là:

$$\Delta_i = \Delta + (i - 1) a, \quad 1 \leq i \leq k, \quad (32)$$

trong đó a là biến số chưa biết mà cần được thể hiện ở dạng số hạng của các biến số đã biết.

Giả định rằng Δ_0 mẫu sẽ bị loại bỏ trước xung thứ nhất, trong đó Δ_0 được định nghĩa là:

$$\Delta_0 = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_c} \quad (33)$$

Giả định rằng Δ_{k+1} mẫu sẽ bị loại bỏ sau xung cuối cùng, trong đó Δ_{k+1} được định nghĩa là:

$$\Delta_{k+1} = (\Delta + ka) \frac{L + d - T[k]}{T_c} \quad (34)$$

Hai giả định cuối cùng là song song với công thức (32) tính đến độ dài của chu trình tần số cơ bản cuối cùng và thứ nhất một phần.

Mỗi giá trị Δ_i là chênh lệch số mẫu. Ngoài ra, Δ_0 là chênh lệch số mẫu. Hơn nữa, Δ_{k+1} là chênh lệch số mẫu.

Fig.13 minh họa tín hiệu tiếng nói của Fig.12, minh họa theo cách bỏ sung từ Δ_0 đến Δ_3 . Số mẫu bị loại bỏ trong mỗi chu trình tần số cơ bản được biểu diễn theo dạng sơ đồ trong các ví dụ trên Fig.13, trong đó $k = 2$. Về các phương án được mô tả với các công thức (25) đến (63), kí hiệu tham chiếu 1210 biểu thị d .

Tổng số mẫu bị loại bỏ, d , sau đó liên quan đến Δ_i là:

$$d = \sum_{i=0}^{k+1} \Delta_i \quad (35)$$

Từ công thức (32) – (35), d có thể thu được:

$$d = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_c} + (\Delta + ka) \frac{L + d - T[k]}{T_c} + \sum_{i=1}^k (\Delta + (i-1)a) \quad (36)$$

Công thức (36) tương đương với:

$$d = \Delta \left(\frac{T[0]}{T_c} + \frac{L + d - T[k]}{T_c} + k \right) + a \left(k \frac{L + d - T[k]}{T_c} - \frac{T[0]}{T_c} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (37)$$

Giả định rằng chu trình tần số cơ bản đầy đủ cuối cùng trong khung bị giấu có độ dài $p[M-1]$, đó là:

$$\Delta_k = T_c - p[M-1] \quad (38)$$

Từ công thức (32) và công thức (38), suy ra rằng:

$$\Delta = T_c - p[M-1] - (k-1)a \quad (39)$$

Hơn nữa, từ công thức (37) và công thức (39), suy ra rằng:

$$d = (T_c - p[M-1] + (1-k)a) \left(\frac{T[0]}{T_c} + \frac{L + d - T[k]}{T_c} + k \right) +$$

$$+a \left(k \frac{L+d-T[k]}{T_c} - \frac{T[0]}{T_c} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (40)$$

Công thức (40) tương đương với:

$$\begin{aligned} d = (T_c - p[M-1]) & \left(\frac{T[0]}{T_c} + \frac{L+d-T[k]}{T_c} + k \right) + \\ & + a \left((1-k) \frac{T[0]}{T_c} + (1-k) \frac{L+d-T[k]}{T_c} + \right. \\ & \left. + (1-k)k + k \frac{L+d-T[k]}{T_c} - \frac{T[0]}{T_c} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \end{aligned} \quad (41)$$

Từ công thức (17) và công thức (41), suy ra rằng:

$$d = (T_c - p[M-1]) \frac{L+d}{T_c} + a \left(-k \frac{T[0]}{T_c} + \frac{L+d-T[k]}{T_c} - \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (42)$$

Công thức (42) tương đương với:

$$\begin{aligned} dT_c = (T_c - p[M-1]) (L+d) + \\ + a \left(-kT[0] + L+d-T[k] + \frac{k(1-k)}{2} T_c \right) \end{aligned} \quad (43)$$

Ngoài ra, từ công thức (43) suy ra rằng:

$$a = \frac{dT_c - (T_c - p[M-1]) (L+d)}{-kT[0] + L+d-T[k] + \frac{k(1-k)}{2} T_c} \quad (44)$$

Công thức (44) tương đương với:

$$a = \frac{p[M-1] (L+d) - T_c L}{L+d - (k+1) T[0] - kT_c + \frac{k(1-k)}{2} T_c} \quad (45)$$

Hơn nữa, công thức (45) tương đương với:

$$a = \frac{p[M-1](L+d) - T_c L}{L+d - (k+1)T[0] - \frac{k(1+k)}{2}T_c} \quad (46)$$

Theo các phương án, sau đây được tính toán dựa trên công thức từ (32) đến (34), (39) đến (46), có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ và bổ sung trước xung thứ nhất, và/hoặc giữa các xung và/hoặc sau xung cuối cùng.

Trong phương án, các mẫu bị loại bỏ hoặc bổ sung trong các vùng năng lượng cực tiểu.

Theo các phương án, số mẫu bị loại bỏ có thể, ví dụ được làm tròn sử dụng:

$$\begin{aligned} \Delta'_0 &= \lfloor \Delta_0 \rfloor \\ \Delta'_i &= \lfloor \Delta_i + \Delta_{i-1} - \Delta'_{i-1} \rfloor, \quad 0 < i \leq k \\ \Delta_{k+1} &= d - \sum_{i=0}^k \Delta_i \end{aligned}$$

Sau đây, trường hợp với một xung ($k \geq 0$) được mô tả với việc tham chiếu đến công thức từ (47) đến (55).

Nếu chỉ có một xung trong khung bị giấu, thì Δ_0 mẫu bị loại bỏ trước xung:

$$\Delta_0 = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_c} \quad (47)$$

trong đó Δ và a là biến số chưa biết mà cần được thể hiện ở dạng các biến số đã biết. Δ_1 mẫu bị loại bỏ sau xung, trong đó:

$$\Delta_1 = \Delta \frac{L+d - T[0]}{T_c} \quad (48)$$

Sau đó tổng số mẫu bị loại bỏ đã cho bởi:

$$d = \Delta_0 + \Delta_1 \quad (49)$$

Từ công thức (47) đến công thức (49), suy ra rằng:

$$d = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_c} + \Delta \frac{L + d - T[0]}{T_c} \quad (50)$$

Công thức (50) tương đương với:

$$dT_c = \Delta (L + d) - aT[0] \quad (51)$$

Giả định rằng tỉ lệ chu trình tần số cơ bản trước xung trên chu trình tần số cơ bản sau xung là giống như tỉ lệ giữa độ trễ tần số cơ bản trong khung con cuối cùng và khung con thứ nhất trong khung được nhận trước:

$$\frac{\Delta}{\Delta - a} = \frac{p[-1]}{p[-4]} = r \quad (52)$$

Từ công thức (52) suy ra rằng

$$a = \Delta \left(1 - \frac{1}{r}\right) \quad (53)$$

Hơn nữa, từ công thức (51) và công thức (53), suy ra rằng:

$$dT_c = \Delta (L + d) - \Delta \left(1 - \frac{1}{r}\right) T[0] \quad (54)$$

Công thức (54) tương đương với:

$$\Delta = \frac{dT_c}{L + d + \left(\frac{1}{r} - 1\right) T[0]} \quad (55)$$

Có $\lfloor \Delta - a \rfloor$ mẫu bị loại bỏ hoặc bổ sung trong vùng năng lượng cực tiểu trước xung và $d - \lfloor \Delta - a \rfloor$ mẫu sau xung.

Sau đây, khái niệm được đơn giản hóa theo các phương án, mà không yêu cầu tìm kiếm (vị trí) xung, được mô tả với sự tham chiếu đến công thức (56) đến (63).

$t[i]$ biểu thị độ dài của chu trình tần số cơ bản thứ i . Sau khi loại bỏ d mẫu khởi tín hiệu, k chu trình tần số cơ bản đầy đủ và một phần (đến đầy đủ) chu trình tần số cơ bản thu được.

Do đó:

$$\sum_{i=0}^{k-1} t[i] < L \leq \sum_{i=0}^k t[i] \quad (56)$$

Khi chu trình tần số cơ bản có độ dài $t[i]$ thu được từ chu trình tần số cơ bản có độ dài T_c thì loại bỏ một số mẫu, và khi tổng số mẫu bị loại bỏ là d , suy ra rằng

$$kT_c < L + d \leq (k+1)T_c \quad (57)$$

Suy ra rằng:

$$\frac{L+d}{T_c} - 1 \leq k < \frac{L+d}{T_c} \quad (58)$$

Hơn nữa, suy ra rằng:

$$k = \left\lceil \frac{L+d}{T_c} \right\rceil - 1 \quad (59)$$

Theo các phương án, sự thay đổi tuyến tính trong độ trễ tần số cơ bản có thể được giả định:

$$t[i] = T_c - (i+1)\Delta, \quad 0 \leq i \leq k$$

Trong các phương án, $(k+1)\Delta$ mẫu bị loại bỏ trong chu trình tần số cơ bản thứ k .

Theo các phương án, trong phần chu trình tần số cơ bản thứ k , mà có trong khung sau khi loại bỏ các mẫu,

$$\frac{L+d-kT_c}{T_c} (k+1)\Delta \text{ mẫu}$$

bị loại bỏ.

Do đó, tổng số mẫu bị loại bỏ là:

$$d = \frac{L + d - kT_c}{T_c} (k + 1) \Delta + \sum_{i=0}^{k-1} (i + 1) \Delta \quad (60)$$

Công thức (60) tương đương với:

$$d = \frac{L + d - kT_c}{T_c} (k + 1) \Delta + \frac{k(k + 1)}{2} \Delta \quad (61)$$

Hơn nữa, công thức (61) tương đương với:

$$\frac{d}{(k + 1)} = \left(\frac{L + d - kT_c}{T_c} + \frac{k}{2} \right) \Delta \quad (62)$$

Hơn nữa, công thức (62) tương đương với:

$$\Delta = \frac{2dT_c}{(k + 1)(2L + 2d - kT_c)} \quad (63)$$

Theo phương án, $(i + 1) \Delta$ mẫu bị loại bỏ tại vị trí năng lượng cực tiểu. Không cần biết vị trí của các xung, vì việc tìm kiếm vị trí năng lượng cực tiểu được thực hiện trong vùng đệm tuần hoàn mà giữ một chu trình tần số cơ bản.

Nếu vị trí năng lượng cực tiểu là sau xung thứ nhất và nếu các mẫu trước xung thứ nhất bị loại bỏ, thì trạng thái có thể xuất hiện, mà độ trễ tần số cơ bản khai triển là $(T_c + \Delta), T_c, T_c, (T_c - \Delta), (T_c - 2\Delta)$ (hai chu trình tần số cơ bản trong khung được nhận cuối cùng và 3 chu trình tần số cơ bản trong khung bị giấu). Do đó, sẽ có sự không liên tục. Sự không liên tục tương tự có thể phát sinh sau xung cuối cùng, nhưng không cùng thời điểm khi xảy ra trước xung thứ nhất.

Mặt khác, vùng năng lượng cực tiểu nhiều khả năng sẽ xuất hiện sau xung thứ nhất, nếu xung gần với phần mở đầu khung bị giấu. Nếu xung thứ nhất gần với phần mở đầu khung bị giấu, nhiều khả năng chu trình tần số cơ bản cuối cùng trong khung được nhận cuối cùng là lớn hơn T_c . Để giảm khả năng không liên tiếp trong sự thay đổi

tần số cơ bản, việc gán trọng số nên được sử dụng để có lợi thế cho các vùng cực tiểu gần phần mở đầu hoặc phần kết thúc của chu trình tần số cơ bản.

Theo các phương án, việc thực hiện các khái niệm được đề xuất được mô tả, mà thực hiện một hoặc nhiều hoặc tất cả các bước phương pháp sau:

1. Lưu trữ, trong vùng đệm theo thời gian B, T_c mẫu được lọc thông thấp khỏi phần kết thúc của khung được nhận cuối cùng, tìm kiếm song song cho vùng năng lượng cực tiểu. Vùng đệm theo thời gian được xem xét như vùng đệm tuần hoàn khi tìm kiếm vùng năng lượng cực tiểu. (Điều này có thể có nghĩa rằng vùng năng lượng cực tiểu có thể chứa vài mẫu từ phần mở đầu và vài mẫu từ phần kết thúc của chu trình tần số cơ bản). Vùng năng lượng cực tiểu có thể, ví dụ, là vị trí cực tiểu cho cửa sổ trượt có độ dài $\lceil (k+1)\Delta \rceil$ mẫu. Việc gán trọng số có thể, ví dụ, được sử dụng, mà có thể, ví dụ, mang lại lợi thế cho các vùng cực tiểu gần phần mở đầu của chu trình tần số cơ bản.
2. Sao chép các mẫu từ vùng đệm theo thời gian B đến khung, nhảy qua $\lfloor \Delta \rfloor$ mẫu tại vùng năng lượng cực tiểu. Do đó, chu trình tần số cơ bản với độ dài $t[0]$ được tạo ra. Thiết lập $\delta_0 = \Delta - \lfloor \Delta \rfloor$.
3. Với chu trình tần số cơ bản thứ i ($0 < i < k$), sao chép các mẫu từ chu trình tần số cơ bản thứ $(i-1)$, nhảy qua $\lfloor \Delta \rfloor + \lfloor \delta_{i-1} \rfloor$ mẫu tại vùng năng lượng cực tiểu. Thiết lập $\delta_i = \delta_{i-1} - \lfloor \delta_{i-1} \rfloor + \Delta - \lfloor \Delta \rfloor$. Lặp lại bước này $k-1$ lần.
4. Với tìm kiếm chu trình tần số cơ bản thứ k cho vùng cực tiểu mới trong chu trình tần số cơ bản thứ $(k-1)$ sử dụng việc gán trọng số mà mang lại lợi thế cho các vùng cực tiểu gần phần kết thúc của chu trình tần số cơ bản. Sau đó sao chép các mẫu từ chu trình tần số cơ bản thứ $(k-1)$, nhảy qua

$$d - \left\lfloor \frac{k(k+1)}{2} \Delta + \frac{k(k-1)}{2} \Delta \right\rfloor = d - \lfloor k^2 \Delta \rfloor$$

các mẫu tại vùng năng lượng cực tiểu.

Nếu các mẫu phải được bổ sung, các thủ thuật tương đương có thể được sử dụng bằng cách tính đến rằng $d < 0$ và $\Delta < 0$ và chúng ta bổ sung vào tổng $|d|$ mẫu, nghĩa là $(k+1)|\Delta|$ mẫu được bổ sung vào chu trình thứ k tại vị trí của năng lượng cực tiểu.

Tần số cơ bản phân số có thể được sử dụng tại mức khung con để lấy đạo hàm d như được mô tả ở trên với “giải thuật nhanh để xác định d gần đúng”, vì bằng cách nào đó độ dài chu trình tần số cơ bản được tính gần đúng cũng được sử dụng.

Sau đây, nhóm thứ hai của các phương án tái đồng bộ hóa xung được mô tả với sự tham chiếu đến công thức từ (64) đến (113). Các phương án này sử dụng định nghĩa của công thức (15b),

$$T_r = \lfloor T_p + 0.5 \rfloor$$

trong đó độ dài có chu kỳ tần số cơ bản cuối cùng là T_p , và độ dài phân đoạn mà được sao chép là T_r .

Nếu một số tham số được sử dụng bởi nhóm thứ hai của các phương án tái đồng bộ hóa xung không được định nghĩa dưới đây, các phương án của sáng chế có thể sử dụng các định nghĩa được đề xuất cho các tham số này đối với nhóm thứ nhất của các phương án tái đồng bộ hóa xung được định nghĩa ở trên (xem công thức (25) đến (63)).

Một số công thức (64) đến (113) của nhóm thứ hai của các phương án tái đồng bộ hóa xung có thể định nghĩa lại một số tham số đã được sử dụng đối với nhóm thứ nhất của các phương án tái đồng bộ hóa xung. Trong trường hợp này, các định nghĩa được định nghĩa là được đề xuất áp dụng cho các phương án tái đồng bộ hóa xung thứ hai.

Như được mô tả ở trên, theo một số phương án, phần có chu kỳ có thể, ví dụ, được xây dựng cho một khung và một khung con bổ sung, trong đó độ dài khung được biểu thị là $L = L_{frame}$.

Ví dụ, với M khung con trong khung, độ dài khung con là $L_{subfr} = \frac{L}{M}$.

Như đã mô tả ở trên, $T[0]$ là vị trí của xung cực đại thứ nhất trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích. Các vị trí của các xung khác được cho bởi:

$$T[i] = T[0] + i T_r .$$

Theo các phương án, phụ thuộc vào việc xây dựng phần có chu kỳ của kích thích, ví dụ, sau khi xây dựng phần có chu kỳ của kích thích, phép tái đồng bộ hóa xung âm thanh hầu được thực hiện để hiệu chỉnh chênh lệch giữa vị trí mục tiêu được ước lượng của xung cuối cùng trong khung bị mất (P), và vị trí thực của nó trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích ($T[k]$).

Vị trí mục tiêu được ước lượng của xung cuối cùng trong khung bị mất (P) có thể, ví dụ, được xác định gián tiếp bởi việc ước lượng khai triển độ trễ tần số cơ bản. Sự khai triển độ trễ tần số cơ bản, ví dụ, được ngoại suy dựa trên độ trễ tần số cơ bản của bảy khung con cuối cùng trước khung bị xóa. Độ trễ tần số cơ bản khai triển trong mỗi khung con là

$$p[i] = T_p + (i + 1)\delta, 0 \leq i < M \quad (64)$$

trong đó

$$\delta = \frac{T_{ext} - T_p}{M} \quad (65)$$

và T_{ext} là tần số cơ bản được ngoại suy và i là chỉ số khung con. Phép ngoại suy tần số cơ bản có thể được thực hiện, ví dụ, sử dụng sự thích hợp tuyến tính được gán trọng số hoặc phương pháp từ G.718 hoặc phương pháp từ G.729.1 hoặc phương pháp khác bất kỳ cho phép nội suy tần số cơ bản mà, ví dụ, tính đến một hoặc nhiều tần số cơ bản từ các khung tương lai. Phép ngoại suy tần số cơ bản có thể cũng không tuyến tính. Trong phương án, T_{ext} có thể được xác định theo cách tương tự như T_{ext} được xác định ở trên.

Chênh lệch trong độ dài khung giữa tổng của tổng số mẫu trong chu trình tần số cơ bản với tần số cơ bản khai triển ($p[i]$) và tổng của tổng số mẫu trong chu trình tần số cơ bản với tần số cơ bản không đổi (T_p) được biểu thị là s .

Theo các phương án, nếu $T_{ext} > T_p$ thì s mẫu nên được bổ sung vào khung, và nếu $T_{ext} < T_p$ sau đó $-s$ mẫu nên bị loại bỏ khỏi khung. Sau khi bổ sung và loại bỏ $|s|$ mẫu, xung cuối cùng trong khung bị giấu sẽ là vị trí mục tiêu được ước lượng (P).

Nếu $T_{ext} = T_p$, không cần thiết bổ sung hoặc loại bỏ các mẫu trong khung.

Theo một số phương án, phép tái đồng bộ hóa xung âm thanh hầu được thực hiện bằng cách bổ sung hoặc loại bỏ các mẫu trong các vùng năng lượng cực tiểu của các chu trình tần số cơ bản.

Sau đây, việc tính toán tham số s theo các phương án được mô tả với sự tham chiếu đến công thức từ (66) đến (69).

Theo một số phương án, chênh lệch, s , có thể, ví dụ, được tính toán dựa trên các nguyên tắc sau:

- Trong mỗi khung con i , $p[i] - T_r$ mẫu cho mỗi chu trình tần số cơ bản (độ dài T_r) cần được bổ sung (nếu $p[i] - T_r > 0$); (hoặc $T_r - p[i]$ mẫu nên bị loại bỏ nếu $p[i] - T_r < 0$).

- Có $\frac{L - \text{subfr}}{T_r} = \frac{L}{MT_r}$ chu trình tần số cơ bản trong mỗi khung con.

- Do đó trong khung con thứ i $(p[i] - T_r) \frac{L}{MT_r}$ mẫu nên bị loại bỏ.

Do đó, song song với công thức (64) theo phương án, s có thể, ví dụ, được tính toán theo công thức (66):

$$\begin{aligned}
 s &= \sum_{i=0}^{M-1} (p[i] - T_r) \frac{L}{MT_r} = \sum_{i=0}^{M-1} (T_p + (i+1)\delta - T_r) \frac{L}{MT_r} = \\
 &= \frac{L}{MT_r} \sum_{i=0}^{M-1} ((i+1)\delta + T_p - T_r)
 \end{aligned} \tag{66}$$

Công thức (66) tương đương với:

$$s = \frac{L}{MT_r} \left(M(T_p - T_r) + \delta \sum_{i=0}^{M-1} (i+1) \right) = \frac{L}{MT_r} \left(M(T_p - T_r) + \delta \frac{M(M+1)}{2} \right), \quad (67)$$

trong đó, công thức (67) tương đương với:

$$s = \frac{L}{T_r} \left(T_p - T_r + \delta \frac{(M+1)}{2} \right) = \frac{L}{T_r} \delta \frac{M+1}{2} + \frac{L}{T_r} (T_p - T_r), \quad (68)$$

và trong đó, công thức (68) tương đương với:

$$s = \delta \frac{L}{T_r} \frac{M+1}{2} - L \left(1 - \frac{T_p}{T_r} \right) \quad (69)$$

Lưu ý rằng s là dương nếu $T_{ext} > T_p$ và các mẫu nên được bổ sung, và lưu ý rằng s là âm nếu $T_{ext} < T_p$ và các mẫu nên bị loại bỏ. Do đó, số mẫu bị loại bỏ hoặc bổ sung có thể được biểu thị là $|s|$.

Sau đây, việc tính toán chỉ số của xung cuối cùng theo các phương án được mô tả với việc tham chiếu đến công thức từ (70) đến (73).

Vị trí xung cuối cùng thực trong phần có chu kỳ được xây dựng của kích thích ($T[k]$) xác định số chu trình tần số cơ bản đầy đủ k , tại đó các mẫu bị loại bỏ (hoặc bổ sung).

Fig.12 minh họa tín hiệu tiếng nói trước khi loại bỏ các mẫu.

Trong ví dụ được minh họa bằng Fig.12, chỉ số của xung cuối cùng k là 2 và có hai chu trình tần số cơ bản đầy đủ mà từ các mẫu nên bị loại bỏ. Về các phương án được mô tả với các công thức (64) đến (113), kí hiệu tham chiếu 1210 biểu thị $|s|$.

Sau khi loại bỏ $|s|$ mẫu ra khỏi tín hiệu của độ dài $L - s$, trong đó $L = L_{khung}$, hoặc sau khi bổ sung $|s|$ mẫu vào tín hiệu của độ dài $L - s$, không có mẫu nào từ tín hiệu ban đầu vượt quá $L - s$ mẫu. Cần lưu ý rằng s là dương nếu mẫu được bổ sung và s là âm nếu mẫu bị loại bỏ. Do đó $L - s < L$ nếu mẫu được bổ sung $L - s > L$ nếu mẫu bị loại bỏ. Do đó $T[k]$ phải trong $L - s$ mẫu và k do đó được xác định bởi:

$$k = i \mid T[i] < L - s \leq T[i+1] \quad (70)$$

Từ công thức (15b) và công thức (70), suy ra rằng:

$$T[0] + kT_r < L - s \leq T[0] + (k + 1)T_r \quad (71)$$

Đó là,

$$\frac{L - s - T[0]}{T_r} - 1 \leq k < \frac{L - s - T[0]}{T_r} \quad (72)$$

Theo phương án, k có thể, ví dụ, được xác định dựa trên công thức (72) là:

$$k = \left\lfloor \frac{L - s - T[0]}{T_r} - 1 \right\rfloor \quad (73)$$

Ví dụ, trong bộ mã hóa-giải mã sử dụng các khung của, ví dụ, ít nhất 20ms và, sử dụng tần số cơ sở thấp nhất của tiếng nói là ít nhất 40Hz, trong hầu hết các trường hợp ít nhất một xung tồn tại trong khung bị giấu khác với vô thanh.

Sau đây, việc tính toán số mẫu bị loại bỏ trong vùng cực tiểu theo các phương án được mô tả với sự tham chiếu đến công thức từ (74) đến (99).

Có thể, ví dụ, được giả định rằng Δ_i mẫu trong mỗi chu trình tần số cơ bản thứ i đầy đủ giữa các xung sẽ bị loại bỏ (hoặc bổ sung), trong đó Δ_i được định nghĩa là:

$$\Delta_i = \Delta + (i - 1)\alpha, 1 \leq i \leq k \quad (74)$$

và trong đó α là biến số chưa biết mà có thể, ví dụ, được thể hiện ở dạng các biến số đã biết.

Ngoài ra, có thể, ví dụ, được giả định rằng Δ_0^p mẫu sẽ bị loại bỏ (hoặc bổ sung) trước xung thứ nhất, trong đó Δ_0^p được định nghĩa là:

$$\Delta_0^p = \Delta_0 \frac{T[0]}{T_r} = (\Delta - \alpha) \frac{T[0]}{T_r} \quad (75)$$

Hơn nữa, có thể, ví dụ, được giả định rằng Δ_{k+1}^p mẫu sau xung cuối cùng sẽ bị loại bỏ (hoặc bổ sung), trong đó Δ_{k+1}^p được định nghĩa là:

$$\Delta_{k+1}^p = \Delta_{k+1} \frac{L - s - T[k]}{T_r} = (\Delta + ka) \frac{L - s - T[k]}{T_r} \quad (76)$$

Hai giả định cuối cùng là song song với công thức (74) tính đến độ dài của chu trình tần số cơ bản cuối cùng và thứ nhất một phần.

Số mẫu bị loại bỏ (hoặc bổ sung) trong mỗi chu trình tần số cơ bản được biểu diễn theo dạng sơ đồ trong các ví dụ trên Fig.13, trong đó $k = 2$. Fig.13 minh họa phép biểu diễn dạng sơ đồ của mẫu bị loại bỏ trong mỗi chu trình tần số cơ bản. Về các phương án được mô tả với việc tham chiếu đến các công thức (64) đến (113), kí hiệu tham chiếu 1210 biểu thị $|s|$.

Tổng số mẫu bị loại bỏ (hoặc bổ sung), s , liên quan đến Δ_i theo:

$$|s| = \Delta_0^p + \Delta_{k+1}^p + \sum_{i=1}^k \Delta_i \quad (77)$$

Từ công thức (74) đến công thức (77), suy ra rằng:

$$|s| = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_r} + (\Delta + ka) \frac{L - s - T[k]}{T_r} + \sum_{i=1}^k (\Delta + (i - 1)a) \quad (78)$$

Công thức (78) tương đương với:

$$|s| = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_r} + (\Delta + ka) \frac{L - s - T[k]}{T_r} + k\Delta + a \sum_{i=1}^k (i - 1) \quad (79)$$

Hơn nữa, công thức (79) tương đương với:

$$|s| = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_r} + (\Delta + ka) \frac{L - s - T[k]}{T_r} + k\Delta + a \frac{k(k - 1)}{2} \quad (80)$$

Hơn nữa, công thức (80) tương đương với:

$$|s| = \Delta \left(\frac{T[0]}{T_r} + \frac{L-s-T[k]}{T_r} + k \right) + a \left(k \frac{L-s-T[k]}{T_r} - \frac{T[0]}{T_r} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (81)$$

Hơn nữa, tính đến công thức (16b) đến công thức (81) tương đương với:

$$|s| = \Delta \left(\frac{L-s}{T_r} \right) + a \left(k \frac{L-s-T[k]}{T_r} - \frac{T[0]}{T_r} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (82)$$

Theo các phương án, có thể giả định rằng số mẫu bị loại bỏ (hoặc bổ sung) trong chu trình tần số cơ bản hoàn thiện sau xung cuối cùng đã cho bởi:

$$\Delta_{k+1} = |T_r - p[M-1]| = |T_r - T_{ext}| \quad (83)$$

Từ công thức (74) và công thức (83), suy ra rằng:

$$\Delta = |T_r - T_{ext}| - ka \quad (84)$$

Từ công thức (82) và công thức (84), suy ra rằng:

$$|s| = (|T_r - T_{ext}| - ka) \left(\frac{L-s}{T_r} \right) + a \left(k \frac{L-s-T[k]}{T_r} - \frac{T[0]}{T_r} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (85)$$

Công thức (85) tương đương với:

$$|s| = |T_r - T_{ext}| \left(\frac{L-s}{T_r} \right) + a \left(-k \frac{L-s}{T_r} + k \frac{L-s-T[k]}{T_r} - \frac{T[0]}{T_r} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (86)$$

Hơn nữa, công thức (86) tương đương với:

$$|s| = |T_r - T_{ext}| \left(\frac{L-s}{T_r} \right) + a \left(-k \frac{T[k]}{T_r} - \frac{T[0]}{T_r} + \frac{k(k-1)}{2} \right) \quad (87)$$

Hơn nữa, công thức (87) tương đương với:

$$|s|T_r = |T_r - T_{ext}|(L-s) + a \left(-kT[k] - T[0] + \frac{k(k-1)}{2}T_r \right) \quad (88)$$

Từ công thức (16b) và công thức (88), suy ra rằng:

$$|s|T_r = |T_r - T_{ext}|(L-s) + a \left(-kT[0] - k^2T_r - T[0] + \frac{k(k-1)}{2}T_r \right) \quad (89)$$

Công thức (89) tương đương với:

$$|s|T_r = |T_r - T_{ext}|(L - s) + a \left(-(k + 1)T[0] - \frac{k(k + 1)}{2}T_r \right) \quad (90)$$

Hơn nữa, công thức (90) tương đương với:

$$|s|T_r - |T_r - T_{ext}|(L - s) = a \left(-(k + 1)T[0] - \frac{k(k + 1)}{2}T_r \right) \quad (91)$$

Hơn nữa, công thức (91) tương đương với:

$$|s|T_r - |T_r - T_{ext}|(L - s) = -(k + 1)a \left(T[0] + \frac{k}{2}T_r \right) \quad (92)$$

Hơn nữa, công thức (92) tương đương với:

$$|T_r - T_{ext}|(L - s) - |s|T_r = (k + 1)a \left(T[0] + \frac{k}{2}T_r \right) \quad (93)$$

Từ công thức (93) suy ra rằng

$$a = \frac{|T_r - T_{ext}|(L - s) - |s|T_r}{(k + 1) \left(T[0] + \frac{k}{2}T_r \right)} \quad (94)$$

Do đó, ví dụ, dựa vào công thức (94), theo các phương án:

- tính toán được có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ và/hoặc bỏ sung trước xung thứ nhất, và/hoặc

- tính toán được có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ và/hoặc bỏ sung giữa các xung, và/hoặc

- tính toán được có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ và/hoặc bỏ sung sau xung cuối cùng.

Theo một số phương án, các mẫu có thể, ví dụ, bị loại bỏ hoặc bỏ sung trong các vùng năng lượng cực tiểu.

Từ công thức (85) và công thức (94), suy ra rằng:

$$\Delta_0^p = (\Delta - a) \frac{T[0]}{T_r} = (|T_r - T_{ext}| - ka - a) \frac{T[0]}{T_r} \quad (95)$$

Công thức (95) tương đương với:

$$\Delta_0^p = (|T_r - T_{ext}| - (k + 1)a) \frac{T[0]}{T_r} \quad (96)$$

Hơn nữa, từ công thức (84) và công thức (94), suy ra rằng:

$$\Delta_i = \Delta + (i - 1)a = |T_r - T_{ext}| - ka + (i - 1)a, 1 \leq i \leq k \quad (97)$$

Công thức (97) tương đương với:

$$\Delta_i = |T_r - T_{ext}| - (k + 1 - i)a, 1 \leq i \leq k \quad (98)$$

Theo phương án, số mẫu bị loại bỏ sau xung cuối cùng có thể được tính toán dựa trên công thức (97) theo:

$$\Delta_{k+1}^p = |s| - \Delta_0^p - \sum_{i=1}^k \Delta_i \quad (99)$$

Cần lưu ý rằng theo các phương án, Δ_0^p , Δ_i và Δ_{k+1}^p là dương và kí hiệu của s xác định nếu các mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ.

Do các lý do phức tạp, trong một số phương án, mong muốn loại bỏ hoặc bổ sung số mẫu nguyên và do đó, trong các phương án như vậy Δ_0^p , Δ_i và Δ_{k+1}^p ví dụ, có thể, được làm tròn. Trong các phương án khác, các khái niệm khác sử dụng phép nội suy dạng sóng có thể, ví dụ, bằng cách bổ sung hoặc thay thế được sử dụng để tránh việc làm tròn, nhưng với sự phức tạp tăng lên.

Sau đây, giải thuật tái đồng bộ hóa xung theo các phương án được mô tả với sự tham chiếu đến công thức từ (100) đến (113).

Theo các phương án, các tham số đầu ra của giải thuật như vậy có thể, ví dụ, là:

L - Độ dài khung

M - Số khung con

T_p - Độ dài chu trình tần số cơ bản tại phần kết thúc của khung được nhận cuối cùng

T_{ext} - Độ dài chu trình tần số cơ bản tại phần kết thúc của khung bị giấu

src_exc - tín hiệu kích thích đầu vào mà được tạo ra bằng cách sao chép chu trình tần số cơ bản cuối cùng được lọc thông thấp của tín hiệu kích thích từ phần kết thúc của khung được nhận cuối cùng như mô tả ở trên.

dst_exc - tín hiệu kích thích đầu ra được tạo từ src_exc sử dụng giải thuật được mô tả ở đây cho sự tái đồng bộ hóa xung.

Theo các phương án, các giải thuật như vậy có thể bao gồm, một hoặc nhiều hoặc tất cả các bước sau:

- Tính toán thay đổi tần số cơ bản mỗi khung con dựa trên công thức (65):

$$\delta = \frac{T_{ext} - T_p}{M} \quad (100)$$

- Tính toán tần số cơ bản bắt đầu được làm tròn dựa vào công thức (15b) :

$$T_r = \lfloor T_p + 0.5 \rfloor \quad (101)$$

- Tính toán số mẫu được bổ sung (loại bỏ nếu âm) dựa vào công thức (69):

$$s = \delta \frac{L}{T_r} \frac{M+1}{2} - L \left(1 - \frac{T_p}{T_r} \right) \quad (102)$$

- Tìm vị trí của xung cực đại thứ nhất $T[0]$ giữa T_r mẫu thứ nhất trong phần có chu kỳ được xây dựng của src_exc kích thích.

- Lấy chỉ số của xung cuối cùng trong khung được tái đồng bộ hóa dst_exc dựa vào công thức (73):

$$k = \left\lfloor \frac{L - s - T[0]}{T_r} - 1 \right\rfloor \quad (103)$$

- Tính toán α - delta của mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ giữa các chu trình liên tiếp dựa vào công thức (94):

$$\alpha = \frac{|T_r - T_{ext}|(L - s) - |s|T_r}{(k + 1)\left(T[0] + \frac{k}{2}T_r\right)} \quad (104)$$

- Tính toán số mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ trước xung thứ nhất dựa vào công thức (96):

$$\Delta_0^p = (|T_r - T_{ext}| - (k + 1)\alpha) \frac{T[0]}{T_r} \quad (105)$$

- Làm tròn xuống số mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ trước xung thứ nhất và giữ trong bộ nhớ phân phân số:

$$\Delta'_0 = \lfloor \Delta_0^p \rfloor \quad (106)$$

$$F = \Delta_0^p - \Delta'_0 \quad (107)$$

- Với mỗi vùng giữa 2 xung, tính toán số mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ dựa vào công thức (98):

$$\Delta_i = |T_r - T_{ext}| - (k + 1 - i)\alpha, 1 \leq i \leq k \quad (108)$$

- Làm tròn xuống số mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ giữa 2 xung, tính đến phần phân số còn lại từ việc làm tròn trước:

$$\Delta'_i = \lfloor \Delta_i + F \rfloor \quad (109)$$

$$F = \Delta_i - \Delta'_i \quad (110)$$

- Nếu do F được bổ sung cho một số i xảy ra rằng $\Delta'_i > \Delta'_{i-1}$, trao đổi các giá trị cho Δ'_i và Δ'_{i-1} .

- Tính toán số mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ sau xung cuối cùng dựa vào công thức (99):

$$\Delta'_{k+1} = \lfloor [s + 0.5] \rfloor - \sum_{i=0}^k \Delta'_i \quad (111)$$

- Sau đó, tính toán số mẫu cực đại được bổ sung hoặc loại bỏ giữa các vùng năng lượng cực tiểu:

$$\Delta'_{max} = \max_i \Delta'_i = \begin{cases} \Delta'_k, \Delta'_k \geq \Delta'_{k+1} \\ \Delta'_{k+1}, \Delta'_k < \Delta'_{k+1} \end{cases} \quad (112)$$

- Tìm vị trí của phân đoạn năng lượng cực tiểu $P_{min}[1]$ giữa hai xung thứ nhất trong src_exc, mà có độ dài Δ'_{max} . Với mọi phân đoạn năng lượng cực tiểu liên tiếp giữa hai xung, vị trí được tính toán bằng:

$$P_{min}[i] = P_{min}[1] + (i - 1)T_r, 1 < i \leq k \quad (113)$$

- Nếu $P_{min}[1] > T_r$ thì tính toán vị trí của phân đoạn năng lượng cực tiểu trước xung thứ nhất trong src_exc sử dụng $P_{min}[0] = P_{min}[1] - T_r$. Nếu không thì tìm vị trí của phân đoạn năng lượng cực tiểu $P_{min}[0]$ trước xung thứ nhất trong src_exc, mà có độ dài Δ'_0 .

- Nếu $P_{min}[1] + kT_r < L - s$ thì tính toán vị trí của phân đoạn năng lượng cực tiểu sau xung cuối cùng trong src_exc sử dụng $P_{min}[k + 1] = P_{min}[1] + kT_r$. Nếu không thì phát hiện vị trí của phân đoạn năng lượng cực tiểu $P_{min}[k + 1]$ sau xung cuối cùng trong src_exc, mà có độ dài Δ'_{k+1} .

- Nếu sẽ chỉ có một xung trong tín hiệu kích thích bị giấu dst_exc, đó là nếu k là bằng 0, giới hạn tìm kiếm cho $P_{min}[1]$ đến $L - s$. $P_{min}[1]$ thì các điểm đến vị trí của phân đoạn năng lượng cực tiểu sau xung cuối cùng trong src_exc.

- Nếu $s > 0$ bổ sung Δ'_i mẫu ở vị trí $P_{min}[i]$ cho $0 \leq i \leq k + 1$ đến tín hiệu src_exc và lưu trữ trong dst_exc, nếu không thì nếu $s < 0$ loại bỏ Δ'_i mẫu ở vị trí $P_{min}[i]$ cho $0 \leq i \leq k + 1$ từ tín hiệu src_exc và lưu trữ nó trong dst_exc. Có $k + 2$ vùng mà các mẫu được bổ sung hoặc loại bỏ.

Fig.2a minh họa hệ thống khôi phục khung chứa tín hiệu tiếng nói theo phương án của sáng chế. Hệ thống bao gồm thiết bị 100 để xác định độ trễ tần số cơ bản được ước lượng theo một trong số các phương án được mô tả ở trên, và thiết bị 200 để khôi phục khung, trong đó thiết bị khôi phục khung được tạo cấu hình để khôi phục khung phụ thuộc vào độ trễ tần số cơ bản được ước lượng. Độ trễ tần số cơ bản được ước lượng là độ trễ tần số cơ bản của tín hiệu tiếng nói.

Trong phương án, khung được khôi phục có thể, ví dụ, được kết hợp với một hoặc nhiều khung có sẵn, một hoặc nhiều khung có sẵn đã nêu là ít nhất một trong số một hoặc nhiều khung đứng trước của khung được khôi phục và một hoặc nhiều khung kế tiếp của khung được khôi phục, trong đó một hoặc nhiều khung có sẵn bao gồm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản làm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn. Thiết bị 200 để khôi phục khung có thể, ví dụ, là thiết bị khôi phục khung theo một trong số các phương án được mô tả ở trên.

Mặc dù một vài khía cạnh đã được mô tả trong ngữ cảnh của thiết bị, rõ ràng rằng các khía cạnh này cũng biểu diễn nội dung mô tả của phương pháp tương ứng, mà khối hoặc thiết bị tương ứng với bước phương pháp hoặc dấu hiệu của bước phương pháp. Tương tự, các khía cạnh được mô tả trong ngữ cảnh của bước phương pháp cũng biểu diễn nội dung mô tả của khối hoặc mục hoặc dấu hiệu tương ứng của thiết bị tương ứng.

Tín hiệu đã được tách ra có thể được lưu trữ trên môi trường lưu trữ số hoặc có thể được truyền trên môi trường truyền như môi trường truyền dẫn không dây hoặc môi trường truyền dẫn có dây như internet.

Phụ thuộc vào các yêu cầu thực hiện nhất định, các phương án của sáng chế có thể được thực hiện trong phần cứng hoặc trong phần mềm. Phương án có thể được thực hiện sử dụng vật ghi lưu trữ số, ví dụ, đĩa mềm, DVD, CD, ROM, PROM, EPROM, EEPROM hoặc bộ nhớ FLASH, có các tín hiệu điều khiển có thể đọc được theo cách 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.

Một số phương án theo sáng chế gồm có sóng mang dữ liệu không tạm thời có các tín hiệu điều khiển đọc được theo cách điện tử, mà có khả năng kết hợp với hệ thống máy tính lập trình được, do đó một trong các phương pháp được mô tả ở đây được thực hiện.

Thông thường, các phương án theo sáng chế có thể được thực hiện như sản phẩm chương trình máy tính với mã chương trình, mã chương trình hoạt động để thực hiện một trong các phương pháp khi sản phẩm chương trình máy tính chạy trên máy tính. Mã chương trình có thể ví dụ được lưu trữ vật mang có thể đọc được bằng máy.

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

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

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

Phương án khác của các phương pháp theo sáng chế là, dòng dữ liệu hoặc chuỗi tín hiệu thể hiện chương trình máy tính để thực hiện một trong các phương pháp đã được mô tả ở đây. Ví dụ, dòng dữ liệu hoặc chuỗi tín hiệu có thể được tạo cấu hình để được truyền thông qua sự kết nối truyền dữ liệu, ví dụ thông qua internet.

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

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

Theo một số phương án, thiết bị logic khả trình (ví dụ, mảng công khả trình 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. Theo một số phương án, 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 ưu tiên được thực hiện bởi thiết bị phần cứng bất kỳ.

Các phương án được mô tả bên trên chỉ mang tính minh họa cho các nguyên lý của sáng chế. Cần hiểu rằng các các biến thể và biến đổi của các phương án và các chi tiết được mô tả ở đây sẽ là rõ ràng đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng. Do đó, sáng chế chỉ bị 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 cách mô tả và giải thích của các phương án ở đây.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thiết bị khôi phục khung chứa tín hiệu tiếng nói làm khung được khôi phục, khung được khôi phục đã nêu được kết hợp với một hoặc nhiều khung có sẵn, một hoặc nhiều khung có sẵn đã nêu là ít nhất một trong số một hoặc nhiều khung đứng trước của khung được khôi phục và một hoặc nhiều khung kế tiếp của khung được khôi phục, trong đó một hoặc nhiều khung có sẵn bao gồm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản làm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn, trong đó thiết bị bao gồm:

bộ phận xác định (210) để xác định chênh lệch số mẫu biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn và số mẫu của chu trình tần số cơ bản thứ nhất sẽ được khôi phục, và

bộ khôi phục khung (220) để khôi phục khung được khôi phục bằng cách khôi phục, phụ thuộc vào chênh lệch số mẫu và phụ thuộc vào các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, chu trình tần số cơ bản thứ nhất sẽ được khôi phục làm chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất,

trong đó bộ khôi phục khung (220) được tạo cấu hình để khôi phục khung được khôi phục, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai, và sao cho số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất khác với số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai,

trong đó bộ khôi phục khung (220) được làm thích ứng để tạo ra khung trung gian phụ thuộc vào một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu,

trong đó bộ khôi phục khung (220) được làm thích ứng để tạo ra khung trung gian sao cho khung trung gian bao gồm chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa, và chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai,

trong đó chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất phụ thuộc vào một hoặc nhiều mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, trong đó mỗi chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa phụ thuộc vào tất cả các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, và trong đó chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai phụ thuộc vào một hoặc nhiều mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu,

trong đó bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định số chênh lệch phần bắt đầu biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi hoặc bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, và trong đó bộ khôi phục khung (220) được tạo cấu hình để loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ nhất ra khỏi chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ nhất vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất phụ thuộc vào số chênh lệch phần bắt đầu,

trong đó bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định cho mỗi chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa số chênh lệch chu trình tần số cơ bản biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi hoặc được bổ sung vào một trong số các chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa đã nêu, và trong đó bộ khôi phục khung (220) được tạo cấu hình để loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ hai ra khỏi một trong số các chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa đã nêu, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ hai vào một trong số chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa phụ thuộc vào số chênh lệch chu trình tần số cơ bản đã nêu, và

bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định số chênh lệch phần kết thúc biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi hoặc bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai, và trong đó bộ khôi phục khung (220) được tạo cấu hình để loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ ba ra khỏi chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ ba vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai phụ thuộc vào số chênh lệch phần kết thúc.

2. Thiết bị theo điểm 1,

trong đó bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định chênh lệch số mẫu cho mỗi chu trình trong số nhiều chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục, sao cho chênh lệch số mẫu của mỗi chu trình trong số các chu trình tần số cơ bản biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu và số mẫu của chu trình tần số cơ bản đã nêu sẽ được khôi phục, và

trong đó bộ khôi phục khung (220) được tạo cấu hình để khôi phục mỗi chu trình tần số cơ bản trong số nhiều chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục phụ thuộc vào chênh lệch số mẫu của chu trình tần số cơ bản đã nêu sẽ được khôi phục và phụ thuộc vào các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, để khôi phục khung được khôi phục.

3. Thiết bị theo điểm 1 hoặc điểm 2,

trong đó bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định vị trí của một hoặc nhiều xung của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục, trong đó mỗi xung trong số một hoặc nhiều xung biểu thị phần bắt đầu và phần kết thúc của chu trình tần số cơ bản, và

trong đó, bộ khôi phục khung (220) được tạo cấu hình để khôi phục khung được khôi phục phụ thuộc vào vị trí của một hoặc nhiều xung của tín hiệu tiếng nói.

4. Thiết bị theo một điểm trong số các điểm nêu trên,

trong đó bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định chỉ số k của xung cuối cùng của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục sao cho

$$k = \left\lceil \frac{L - s - T[0]}{T_r} - 1 \right\rceil ,$$

trong đó L biểu thị số mẫu của khung được khôi phục,

trong đó s biểu thị giá trị chênh lệch khung biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi khung trung gian hoặc bao nhiêu mẫu sẽ được bổ sung vào khung trung gian,

trong đó $T[0]$ biểu thị vị trí của xung của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục, là chênh lệch với xung cuối cùng của tín hiệu tiếng nói, trong đó mỗi xung đã nêu và xung cuối cùng biểu thị phần bắt đầu hoặc phần kết thúc của chu trình tần số cơ bản, và

trong đó T_r biểu thị độ dài được làm tròn của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu.

5. Thiết bị theo một điểm trong số các điểm nêu trên,

trong đó bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định độ dài được làm tròn T_r của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu dựa vào công thức:

$$T_r = \lfloor T_p + 0.5 \rfloor$$

trong đó T_p biểu thị độ dài của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu.

6. Thiết bị theo một điểm trong số các điểm nêu trên,

trong đó, bộ phận xác định (210) được tạo cấu hình để xác định giá trị chênh lệch khung s biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi khung trung gian hoặc có bao nhiêu mẫu sẽ được bổ sung vào khung trung gian bằng cách áp dụng công thức :

$$s = \delta \frac{L}{T_r} \frac{M+1}{2} - L \left(1 - \frac{T_p}{T_r} \right)$$

trong đó T_p biểu thị độ dài của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu,

trong đó T_r biểu thị độ dài được làm tròn của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu,

trong đó khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bao gồm M khung con,

trong đó khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bao gồm L mẫu, và

trong đó δ là số thực biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu và số mẫu của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục.

7. Thiết bị theo một điểm trong số các điểm nêu trên,

trong đó thiết bị được tạo cấu hình để khôi phục khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bằng cách xác định tham số δ biểu thị sự thay đổi tần số cơ bản mỗi khung con, trong đó δ được định nghĩa theo công thức:

$$\delta = \frac{T_{ext} - T_p}{M}$$

trong đó khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục bao gồm M khung con,

trong đó T_p biểu thị độ dài của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, và

trong đó T_{ext} biểu thị độ dài của một chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục.

8. Thiết bị theo điểm 1,

trong đó bộ khôi phục khung (220) được làm thích ứng để tạo ra khung trung gian sao cho khung trung gian bao gồm chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, nhiều hơn một chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa như là một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa, và chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai,

trong đó thiết bị được tạo cấu hình để tính toán số mẫu Δ_i sẽ bị loại bỏ ra khỏi hoặc được thêm vào mỗi chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa dựa trên công thức:

$$\Delta_i = |T_r - T_{ext}| - (k + 1 - i)a, 1 \leq i \leq k$$

trong đó T_r biểu thị độ dài được làm tròn của một chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu,

trong đó T_{ext} biểu thị độ dài của một trong số các chu trình tần số cơ bản sẽ được khôi phục của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục,

trong đó k biểu thị chỉ số của xung cuối cùng của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục, trong đó xung cuối cùng biểu thị phần bắt đầu hoặc kết thúc của chu trình tần số cơ bản,

trong đó i là số nguyên, và

trong đó a là số biểu thị delta của các mẫu sẽ được bổ sung vào hoặc bị loại bỏ giữa các chu trình tần số cơ bản liên tiếp.

9. Thiết bị theo điểm 8,

trong đó thiết bị được tạo cấu hình để xác định số a theo công thức :

$$a = \frac{|T_r - T_{ext}|(L - s) - |s|T_r}{(k + 1) \left(T[0] + \frac{k}{2} T_r \right)}$$

trong đó L biểu thị số mẫu của khung được khôi phục,

trong đó s biểu thị giá trị chênh lệch khung biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi khung trung gian hoặc có bao nhiêu mẫu sẽ được bổ sung vào khung trung gian,

trong đó $T[0]$ biểu thị vị trí của xung của tín hiệu tiếng nói của khung sẽ được khôi phục làm khung được khôi phục, là chênh lệch với xung cuối cùng của tín hiệu tiếng nói.

10. Thiết bị theo điểm 9,

trong đó thiết bị được tạo cấu hình để tính toán số mẫu Δ_0^p sẽ bị loại bỏ khỏi hoặc được bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất dựa trên công thức:

$$\Delta_0^p = (|T_r - T_{ext}| - (k + 1)a) \frac{T[0]}{T_r}$$

trong đó thiết bị được tạo cấu hình để tính toán số mẫu Δ_{k+1}^p sẽ bị loại bỏ khỏi hoặc được bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai dựa trên công thức:

$$\Delta_{k+1}^p = |s| - \Delta_0^p - \sum_{i=1}^k \Delta_i$$

11. Phương pháp khôi phục khung chứa tín hiệu tiếng nói làm khung được khôi phục, khung được khôi phục đã nêu được kết hợp với một hoặc nhiều khung có sẵn, một hoặc nhiều khung có sẵn đã nêu là ít nhất một trong số một hoặc nhiều khung đứng trước của khung được khôi phục và một hoặc nhiều khung kế tiếp của khung được khôi phục, trong đó một hoặc nhiều khung có sẵn bao gồm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản làm một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn, trong đó phương pháp bao gồm các bước:

xác định chênh lệch số mẫu biểu thị chênh lệch giữa số mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn và số mẫu của chu trình tần số cơ bản thứ nhất sẽ được khôi phục, và

khôi phục khung được khôi phục bằng cách khôi phục, phụ thuộc vào chênh lệch số mẫu và phụ thuộc vào các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, chu trình tần số cơ bản thứ nhất sẽ được khôi phục làm chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất,

trong đó bước khôi phục khung được khôi phục được thực hiện, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục

thứ nhất, sao cho khung được khôi phục bao gồm toàn bộ hay một phần chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai, và sao cho số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ nhất khác với số mẫu của chu trình tần số cơ bản được khôi phục thứ hai,

trong đó phương pháp còn bao gồm tạo ra khung trung gian phụ thuộc vào một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu,

trong đó bước tạo ra khung trung gian được thực hiện sao cho khung trung gian bao gồm chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa, và chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai,

trong đó chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất phụ thuộc vào một hoặc nhiều mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, trong đó mỗi chu trình trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa phụ thuộc vào tất cả các mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu, và trong đó chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai phụ thuộc vào một hoặc nhiều mẫu của một trong số một hoặc nhiều chu trình tần số cơ bản có sẵn đã nêu,

trong đó phương pháp còn bao gồm bước xác định số chênh lệch phần bắt đầu biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi hoặc bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, và trong đó phương pháp còn bao gồm loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ nhất ra khỏi chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ nhất vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ nhất phụ thuộc vào số chênh lệch phần bắt đầu,

trong đó phương pháp còn bao gồm xác định cho mỗi chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa số chênh lệch chu trình tần số cơ bản biểu thị có bao nhiêu mẫu bị loại bỏ ra khỏi hoặc được bổ sung vào một trong số các chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa đã nêu, và trong đó phương pháp còn bao gồm loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ hai ra khỏi một trong số các chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa

đã nêu, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ hai vào một trong số chu trình tần số cơ bản trung gian thêm nữa phụ thuộc vào số chênh lệch chu trình tần số cơ bản đã nêu, và

phương pháp còn bao gồm xác định số chênh lệch phần kết thúc biểu thị có bao nhiêu mẫu sẽ bị loại bỏ ra khỏi hoặc bổ sung vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai, và trong đó phương pháp còn bao gồm loại bỏ một hoặc nhiều mẫu thứ ba ra khỏi chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai, hoặc được tạo cấu hình để bổ sung một hoặc nhiều mẫu thứ ba vào chu trình tần số cơ bản trung gian từng phần thứ hai phụ thuộc vào số chênh lệch phần kết thúc.

12. Vật ghi có thể đọc được bằng máy tính bao gồm chương trình máy tính để thực hiện phương pháp theo điểm 11 khi được chạy trên máy tính hoặc bộ xử lý tín hiệu.

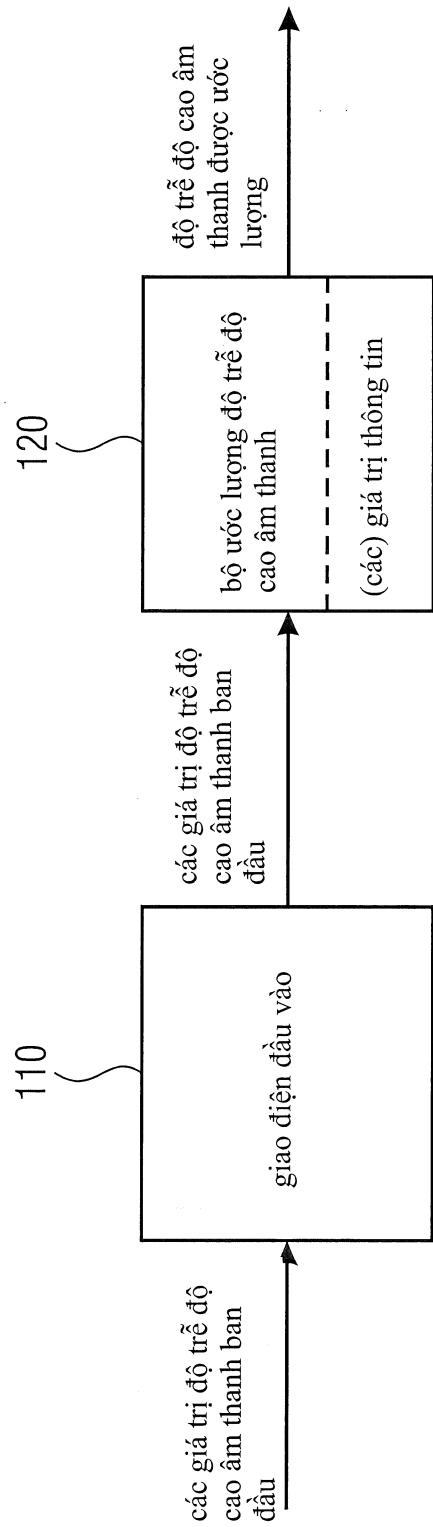


FIG 1

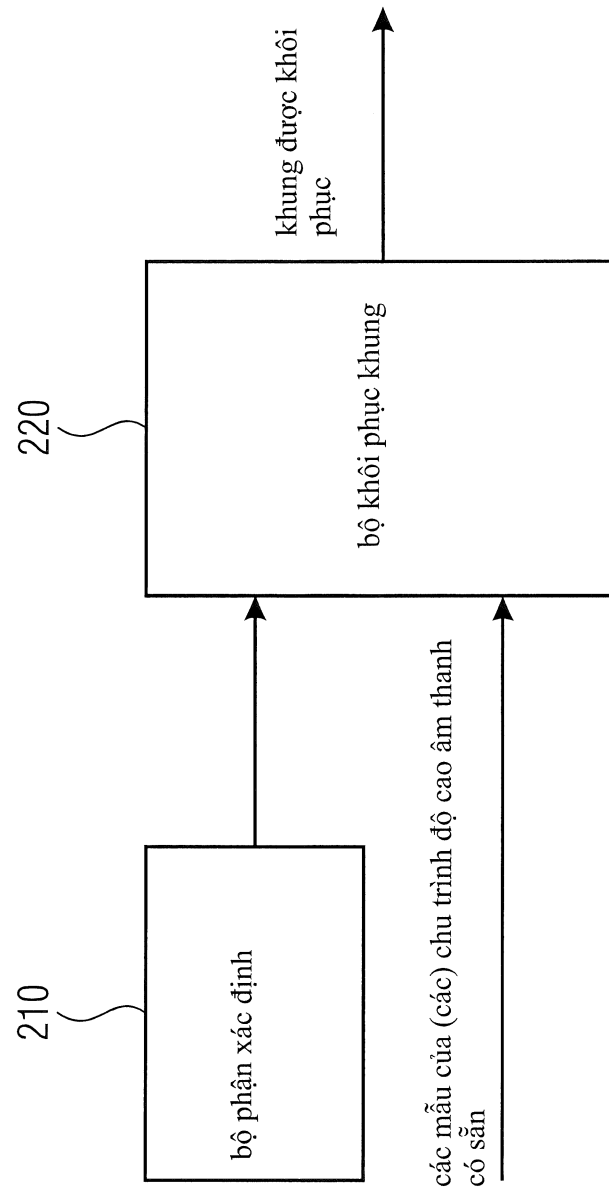


FIG 2A

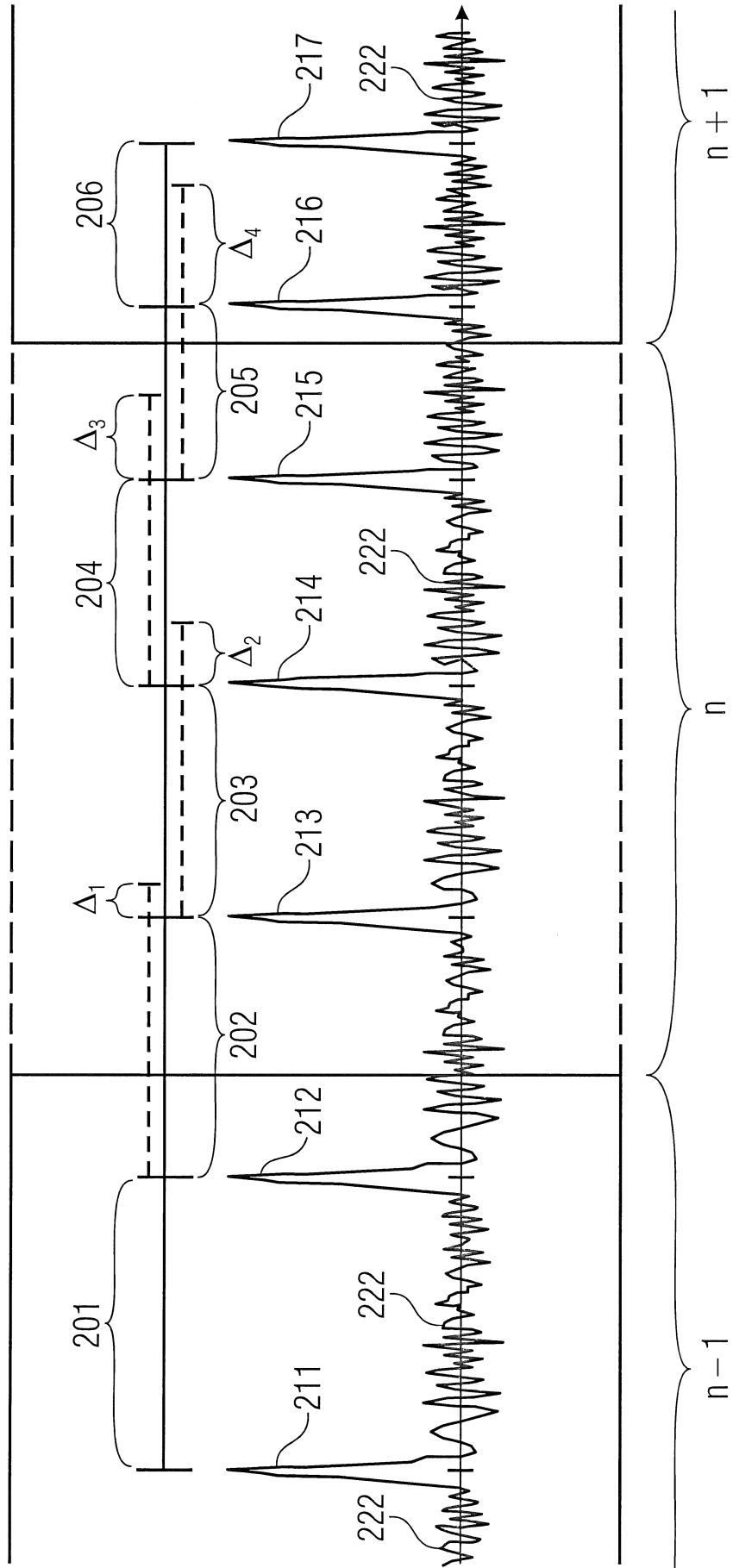


FIG 2B

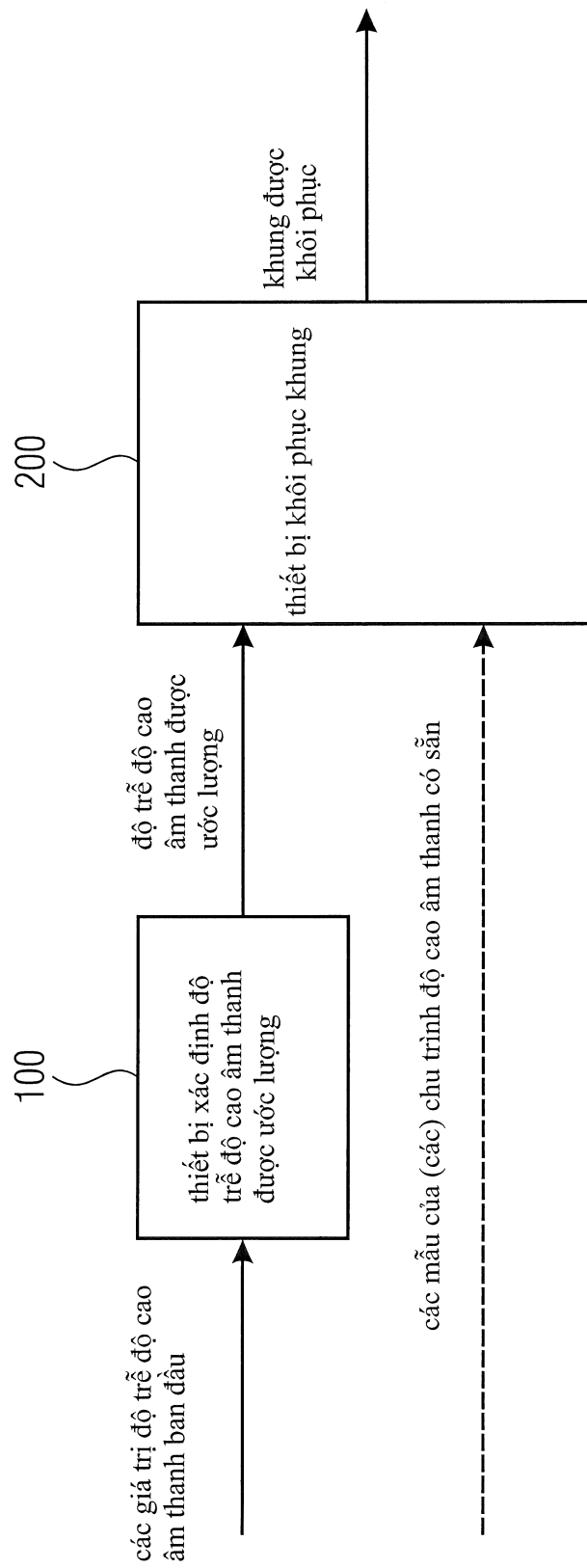


FIG 2C

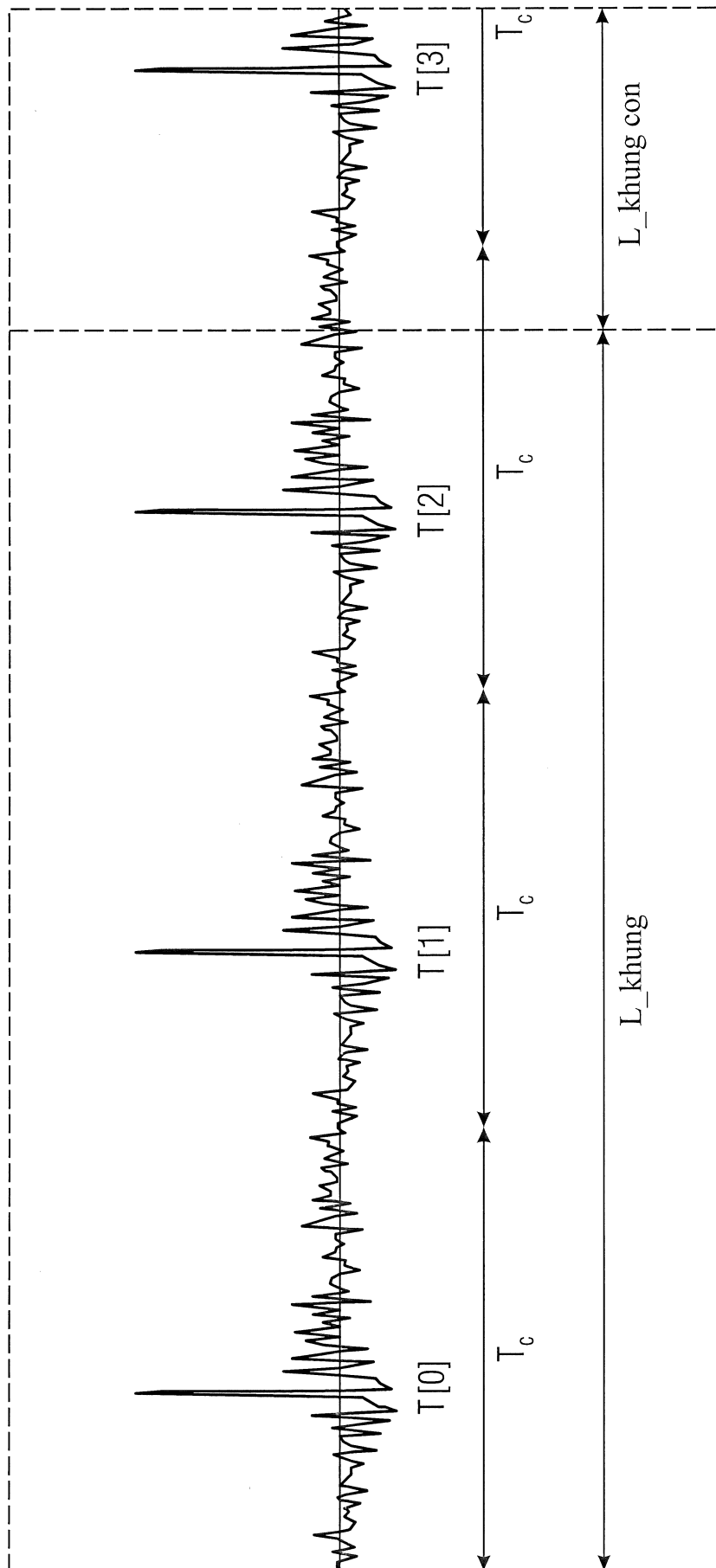


FIG 3

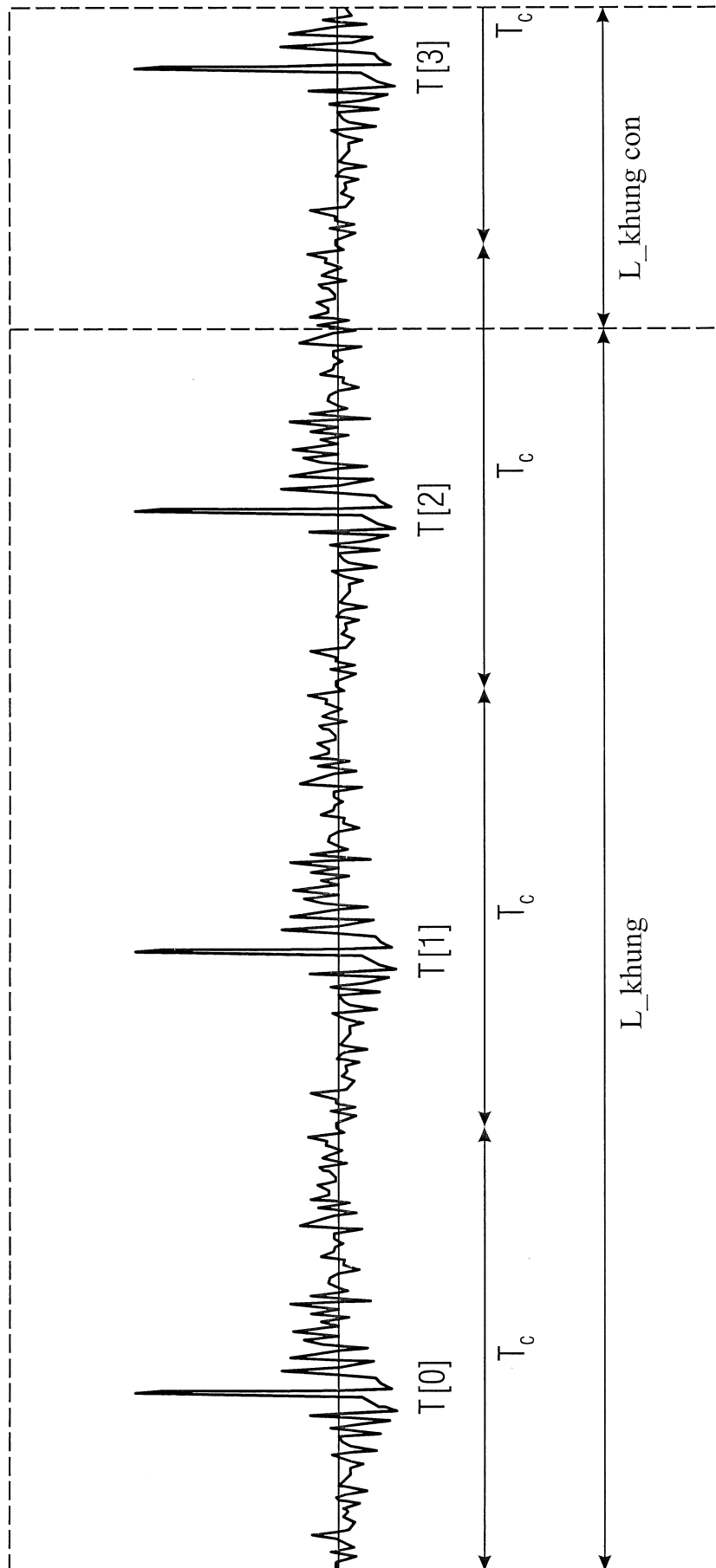


FIG 4

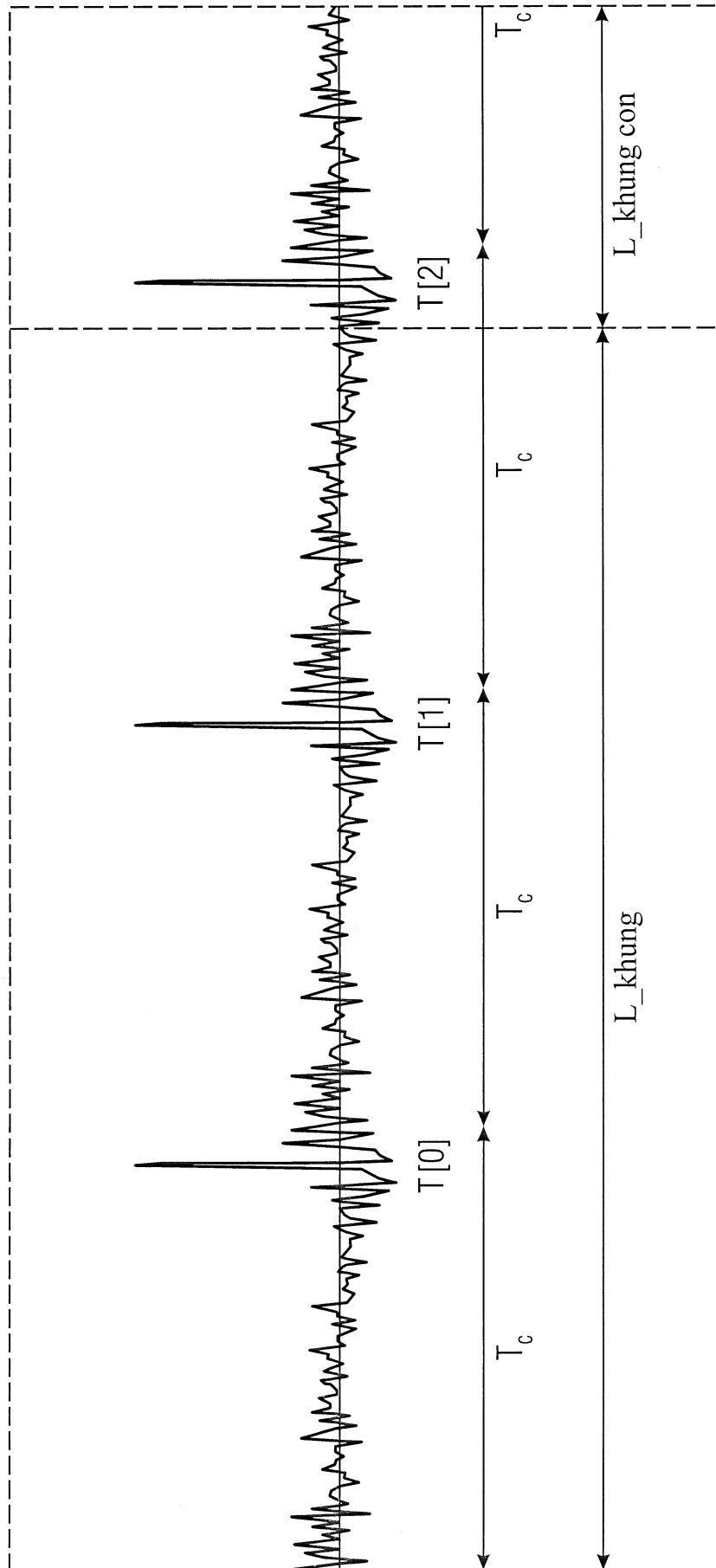


FIG 5

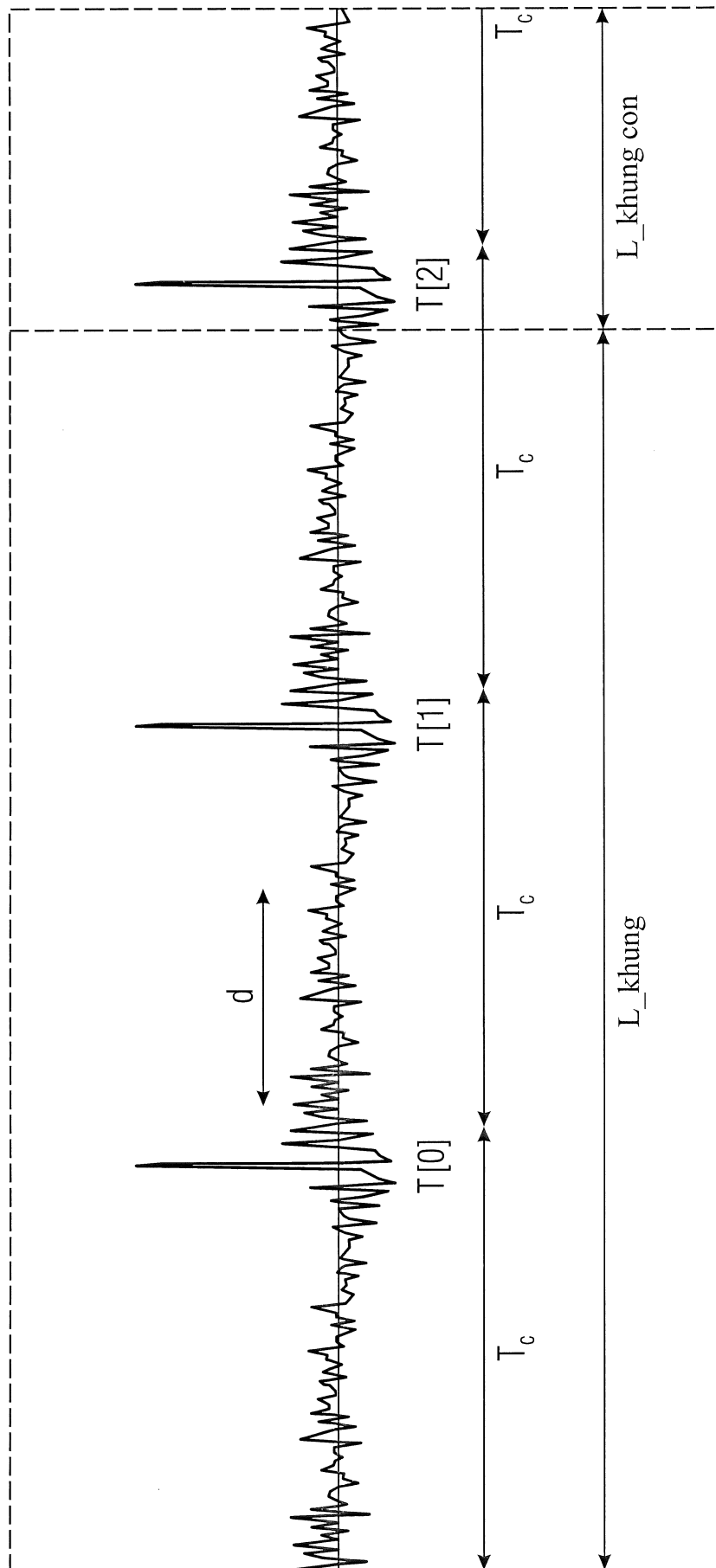


FIG 6

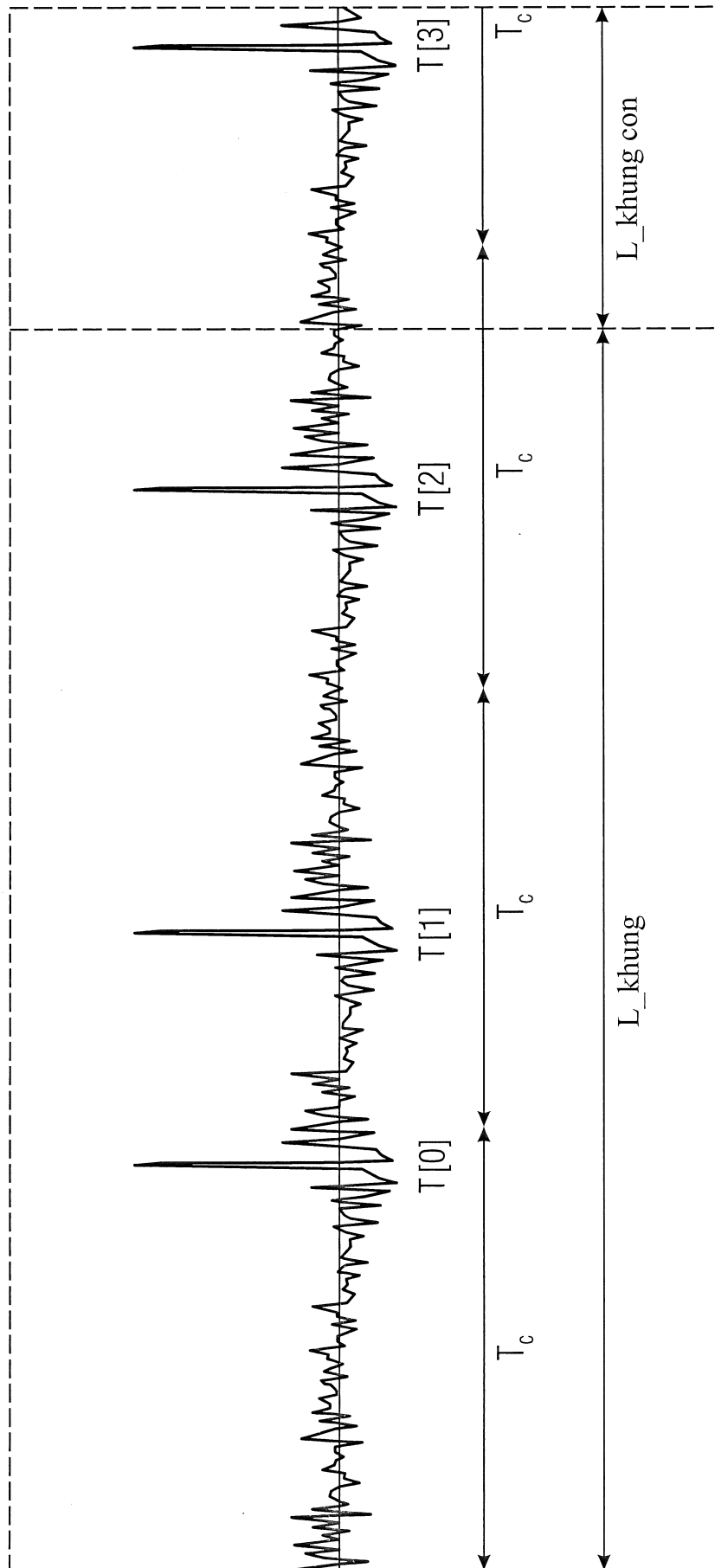


FIG 7

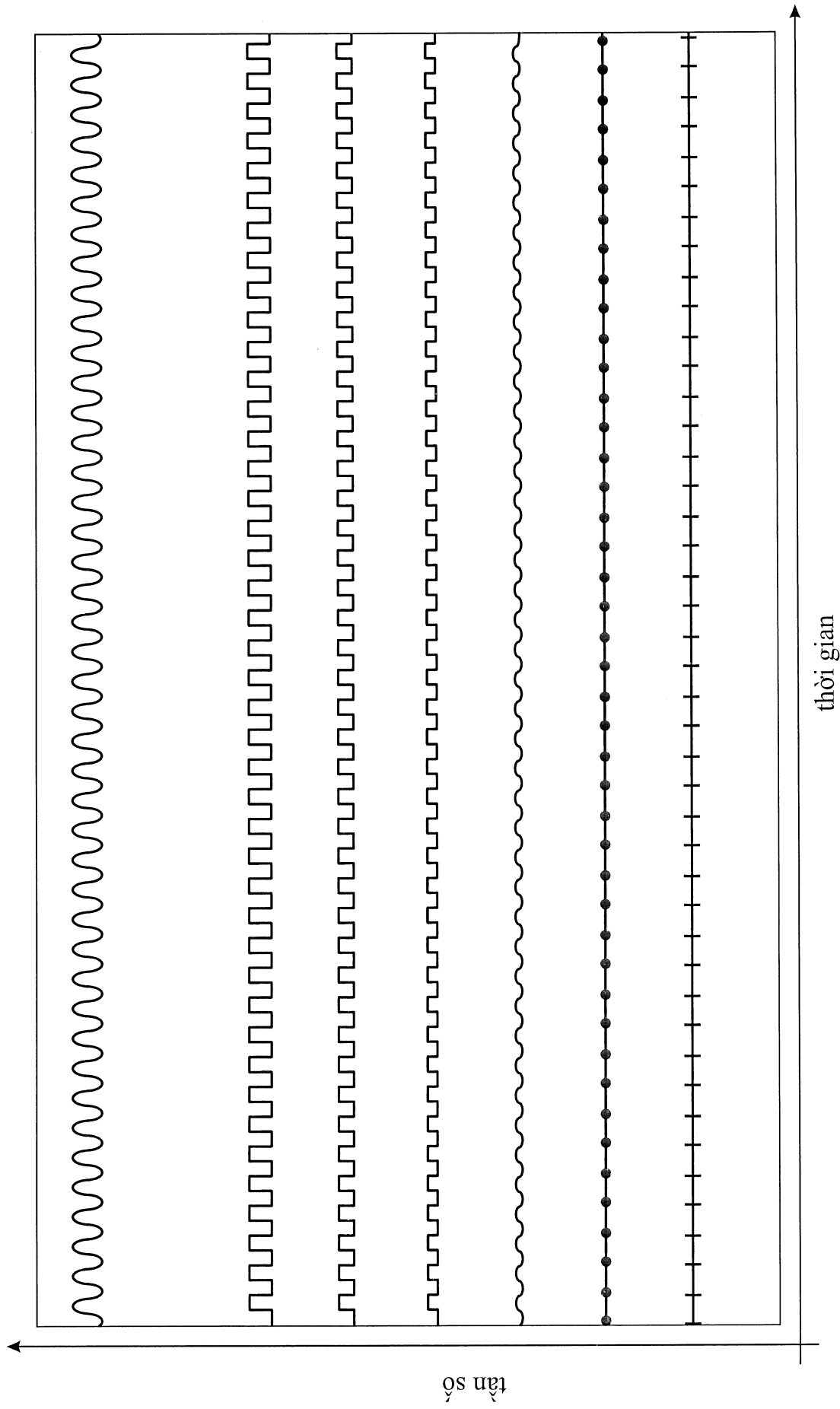


FIG 8

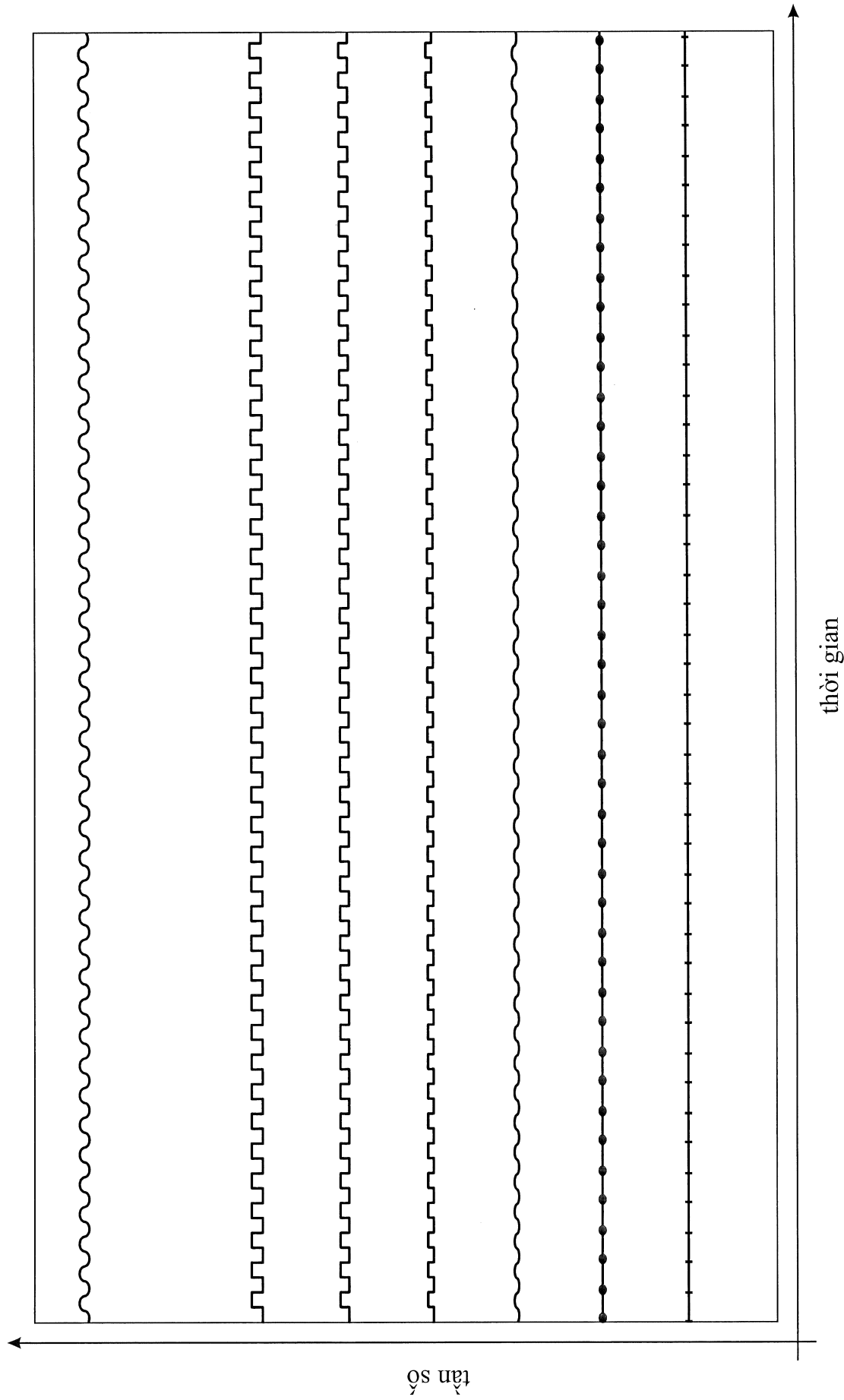


FIG 9

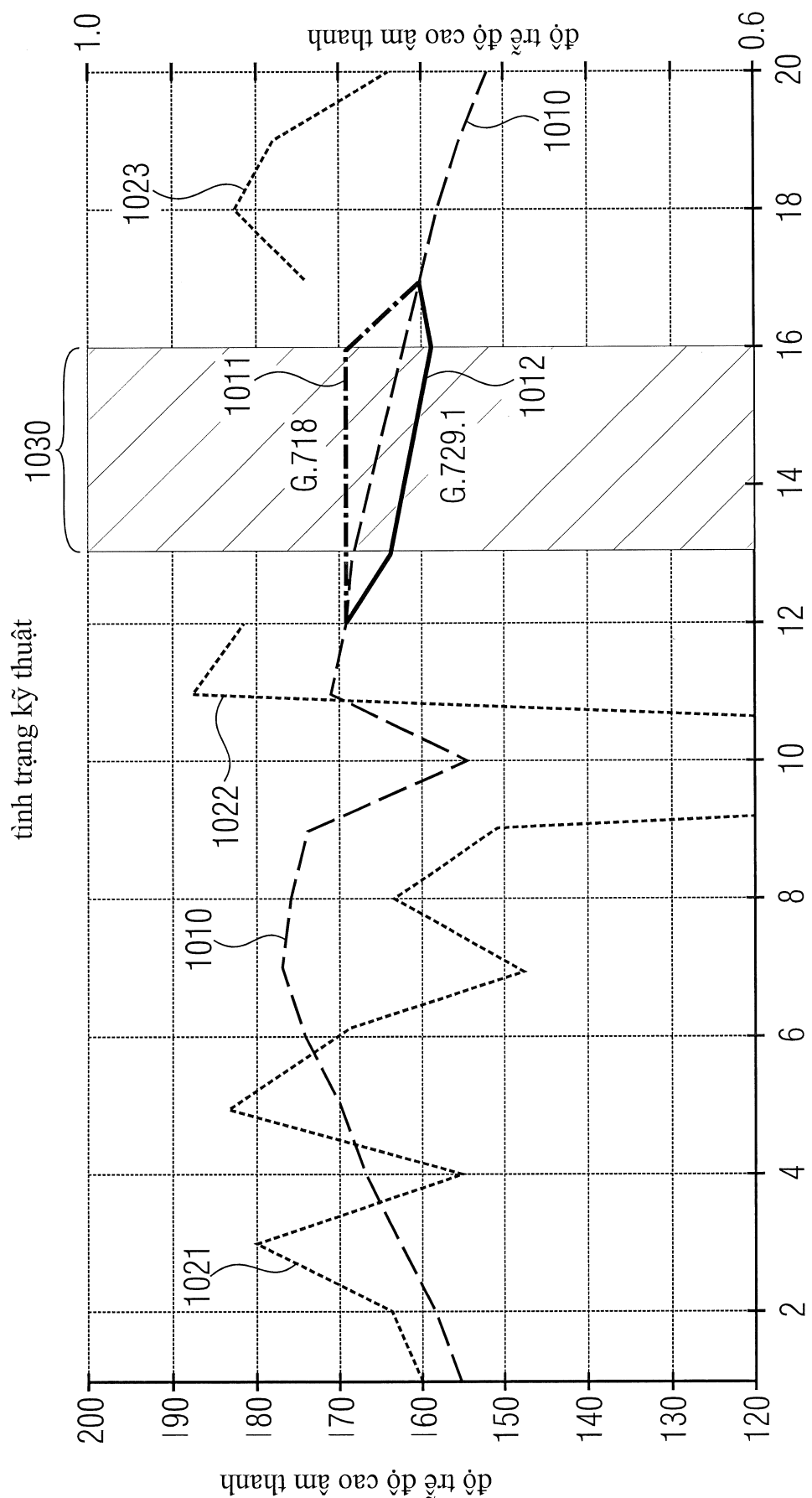


FIG 10

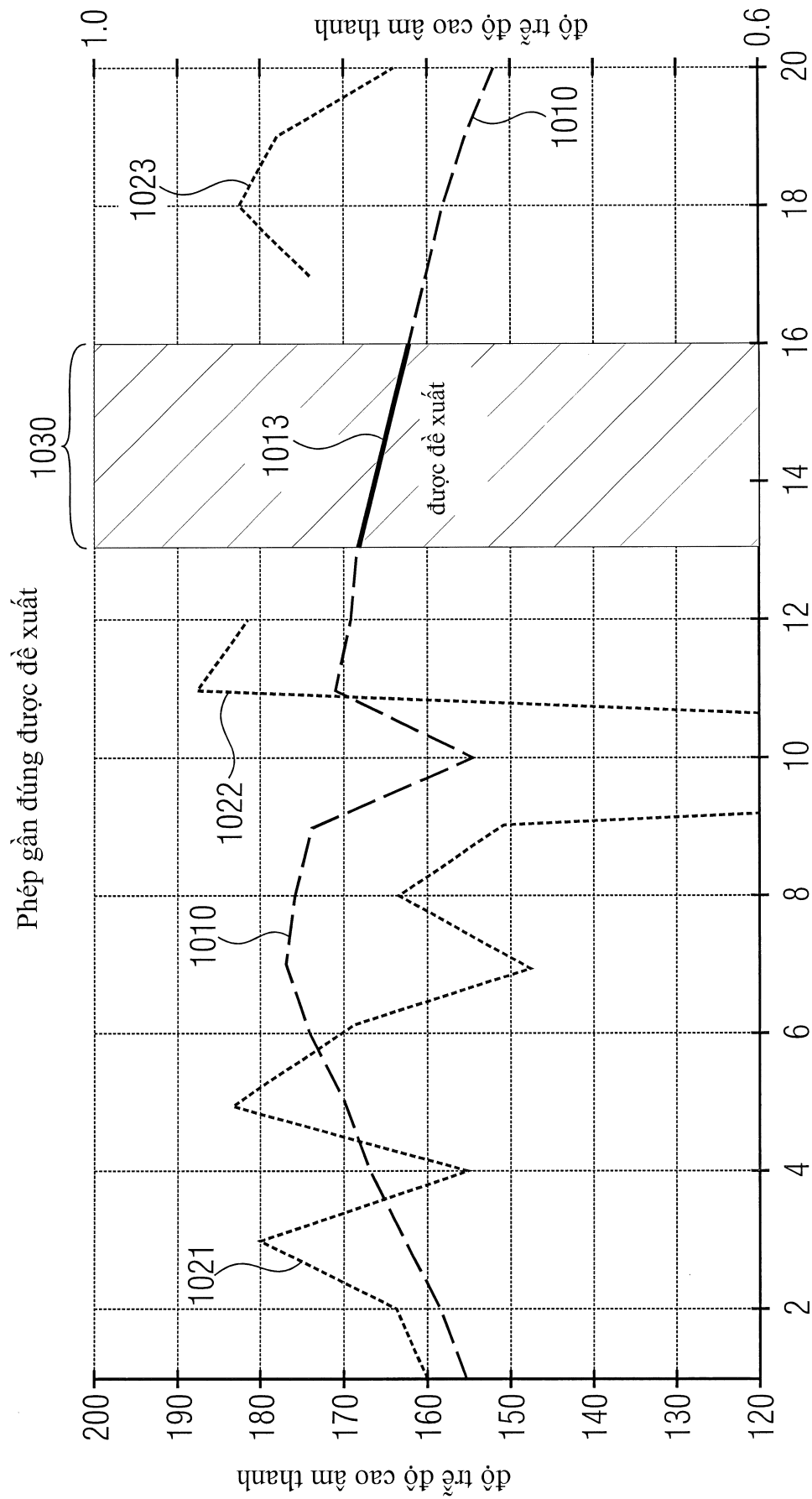


FIG 11

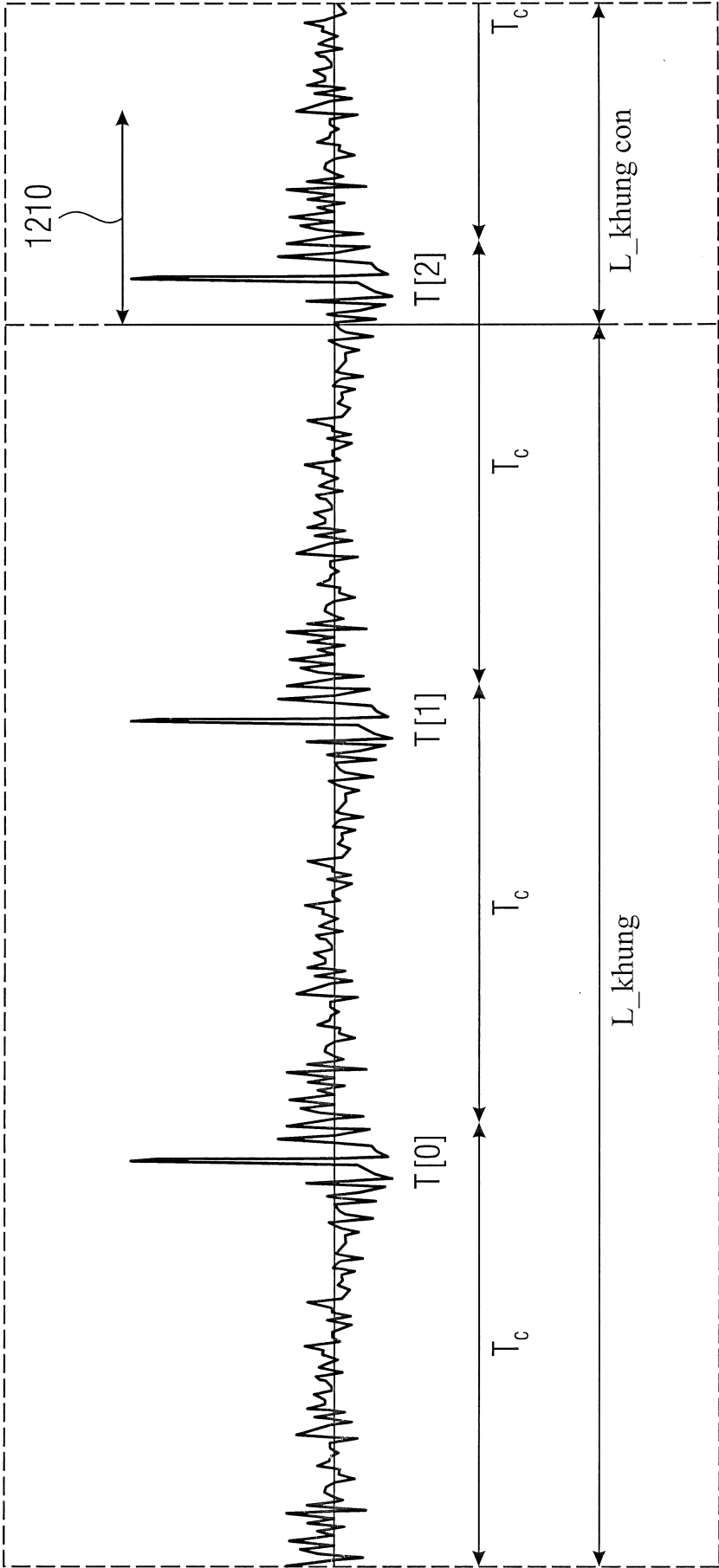


FIG 12

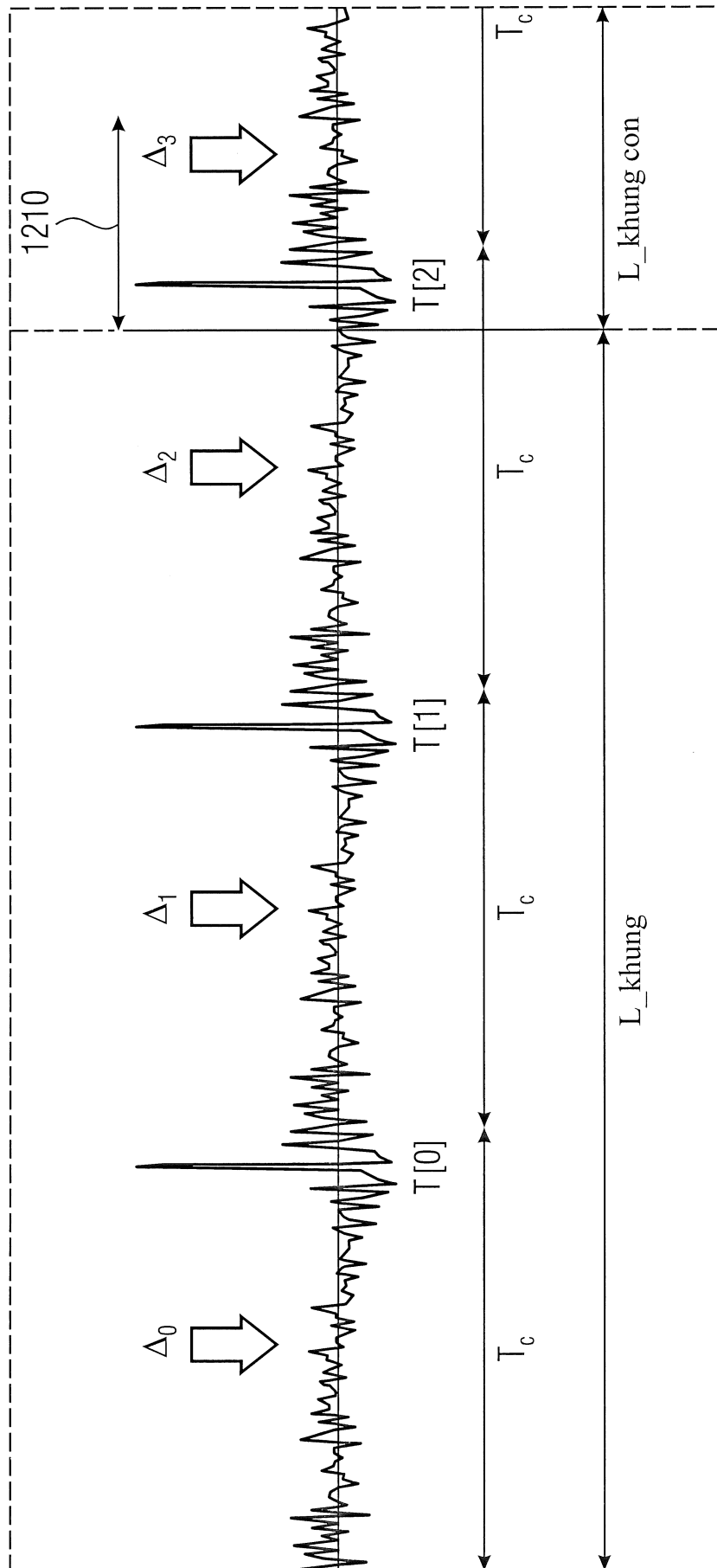


FIG 13