



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

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

(11)



1-0023446

(51)⁷ G10L 21/02

(13) B

(21) 1-2015-00429

(22) 15/01/2010

(62) 1-2011-02131

(86) PCT/EP2010/050483 15/01/2010

(87) WO2010/081892 22/07/2010

(30) 61/145,223 16/01/2009 US

(45) 27/04/2020 385

(43) 25/11/2011 284A

(73) DOLBY INTERNATIONAL AB (SE)

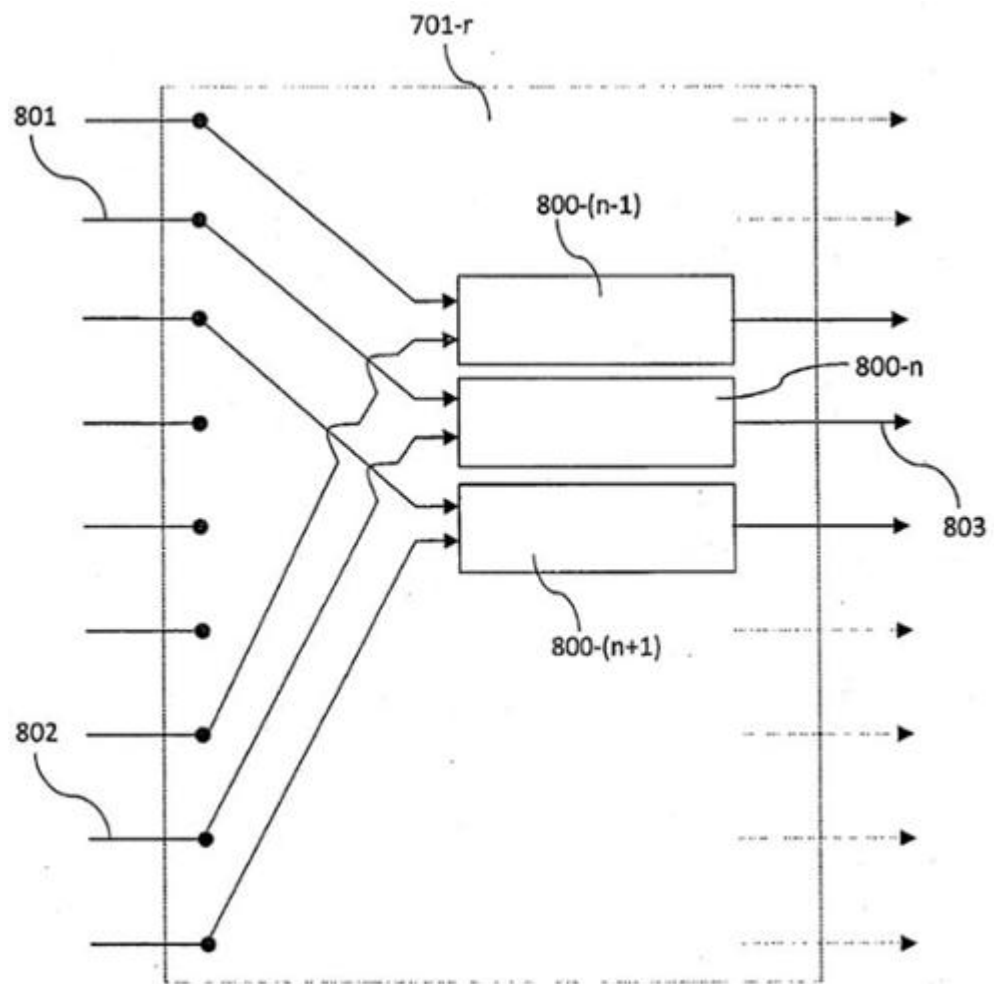
Apollo Building, 3E, Herikerbergweg 1-35, 1101 CN Amsterdam Zuidoost,
Netherlands

(72) VILLEMOES, Lars (DK); HEDELIN, Per (SE)

(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)

(54) HỆ THỐNG VÀ PHƯƠNG PHÁP MÃ HÓA VÀ GIẢI MÃ TÍN HIỆU ÂM THANH, PHƯƠNG TIỆN LƯU TRỮ TÍN HIỆU ÂM THANH ĐƯỢC MÃ HÓA, VÀ PHƯƠNG TIỆN LƯU TRỮ CHỨA CHƯƠNG TRÌNH PHẦN MỀM ĐỂ THỰC HIỆN CÁC PHƯƠNG PHÁP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến các hệ thống xử lý âm thanh, cụ thể là đề cập đến các hệ thống mã hóa và giải mã tín hiệu âm thanh sử dụng phương pháp dịch chuyển hòa âm để tái tạo thành phần tần số cao (HFR - high frequency reconstruction). Hệ thống và phương pháp tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu từ thành phần tần số thấp được mô tả. Hệ thống bao gồm khối lọc phân tích tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con phân tích của thành phần tần số thấp của tín hiệu. Hệ thống còn bao gồm bộ xử lý phi tuyến để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp có tần số tổng hợp bằng cách sửa đổi pha của các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai của nhiều tín hiệu dải tần con phân tích nêu trên và bằng cách kết hợp các tín hiệu dải tần con phân tích đã được sửa đổi pha. Cuối cùng, hệ thống bao gồm khối lọc tổng hợp để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu từ tín hiệu dải tần con tổng hợp. Sáng chế còn đề cập đến phương tiện lưu trữ bao gồm chương trình phần mềm để thực hiện phương pháp dịch chuyển hòa âm nêu trên.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các hệ thống xử lý âm thanh, các hệ thống này sử dụng phương pháp dịch chuyển hòa âm để tái tạo tần số cao (high frequency reconstruction - HFR). Sáng chế còn đề cập đến phương tiện lưu trữ bao gồm chương trình phần mềm để thực hiện phương pháp dịch chuyển âm thanh này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các công nghệ HFR, như công nghệ tái tạo dải quang phổ (Spectral Band Replication - SBR), công nghệ này cho phép cải thiện đáng kể hiệu suất mã hóa của các bộ mã hóa - giải mã âm thanh nghe được truyền thống. Khi kết hợp với công nghệ mã hóa âm thanh nâng cao (Advanced Audio Coding - AAC) của nhóm chuyên gia hình ảnh động 4 (Moving Picture Experts Group 4 - MPEG-4), công nghệ này tạo ra bộ mã hóa - giải mã âm thanh hiệu quả cao, đã được dùng trong hệ thống vô tuyến vệ tinh XM và hệ thống truyền phát vô tuyến kỹ thuật số toàn cầu. Tổ hợp của AAC và SBR gọi là aacPlus. Tổ hợp này là một phần của chuẩn MPEG-4, trong đó nó được gọi là hiện trạng AAC hiệu quả cao. Nói chung, công nghệ HFR có thể được kết hợp với bộ mã hóa - giải mã âm thanh cảm nhận được bất kỳ theo cách tương thích được với cả công nghệ cũ và mới, do đó tạo ra tính khả thi cho việc nâng cấp các hệ thống truyền phát đã được thiết lập như MPEG lớp-2 được sử dụng trong hệ thống Eureka DAB. Các phương pháp dịch chuyển HFR cũng có thể được kết hợp với bộ mã hóa - giải mã tiếng nói để chấp nhận tiếng nói dải tần rộng có tốc độ bit cực thấp.

Khái niệm chính đằng sau HRF là sự nhận thấy rằng thường có mối tương quan mạnh giữa các đặc tính của dải tần số cao của tín hiệu và các đặc tính của dải tần số thấp của chính tín hiệu này. Do đó, giá trị gần đúng tốt nhất cho dạng biểu diễn của dải tần số cao của tín hiệu đầu vào gốc của tín hiệu có thể được đạt được bởi sự dịch chuyển tín hiệu từ dải tần số thấp sang dải tần số cao.

Khái niệm dịch chuyển này được bộc lộ trong công bố đơn quốc tế số WO 98/57436, dưới dạng phương pháp tái tạo dải tần số cao từ dải tần số thấp hơn của tín hiệu âm thanh. Một sự tiết kiệm đáng kể tốc độ bit có thể đạt được nhờ sử dụng khái niệm này trong việc mã hóa âm thanh và/hoặc mã hóa tiếng nói. Trong phần tiếp theo, sẽ chỉ đề cập đến sự mã hóa âm thanh, nhưng cần lưu ý rằng các hệ thống và phương pháp được mô tả có thể áp dụng tương tự cho việc mã hóa tiếng nói và trong quy trình mã hóa âm thanh và tiếng nói kết hợp (unified speech and audio coding - USAC).

Trong hệ thống mã hóa âm thanh dựa trên HFR, tín hiệu dải thông thấp được đưa vào bộ mã hóa dạng sóng lõi và các tần số cao hơn được tái tạo ở phía bộ giải mã nhờ sử dụng sự dịch chuyển của tín hiệu dải thông thấp và thông tin phụ bổ sung, thông tin phụ này thường được mã hóa ở các tốc độ bit rất thấp và nó mô tả hình dạng phổ đích. Đối với các tốc độ bit thấp, trong đó dải thông của tín hiệu đã mã hóa lõi là hẹp, càng trở nên quan trọng để tái tạo dải tần cao, tức là dải tần số cao của tín hiệu âm thanh, có các đặc tính dễ chịu khi nghe. Hai dạng của phương pháp tái tạo tần số hòa âm được đề cập trong phần tiếp theo, một dạng được gọi là dịch chuyển hòa âm và dạng kia là điều biến dải biên đơn.

Nguyên lý dịch chuyển hòa âm được nêu trong công bố đơn quốc tế số WO 98/57436, đó là một tín hiệu hình sin có tần số Ω được ánh xạ lên một tín hiệu hình sin có tần số $T\omega$ trong đó $T > 1$ là một số nguyên xác định thứ tự của giá trị dịch chuyển. Một đặc tính hấp dẫn của sự dịch chuyển hòa âm là kéo dẫn dải tần số nguồn vào dải tần số đích bởi một hệ số bằng thứ tự dịch chuyển, ví dụ bởi hệ số bằng T . Giá trị dịch chuyển hòa âm thực hiện tốt đối với vật liệu âm nhạc phức hợp. Hơn nữa, giá trị dịch chuyển hòa âm có các tần số chéo thấp, ví dụ dải tần số cao rộng cao hơn tần số chéo có thể được tạo ra từ dải tần số thấp tương đối hẹp thấp hơn tần số chéo.

Ngược với giá trị dịch chuyển hòa âm, sự điều biến dải biên đơn (single sideband modulation - SSB) dựa trên HFR ánh xạ hình sin có tần số Ω lên hình sin có tần số $\Omega + A\omega$ trong đó $A\omega$ là giá trị dịch tần số không đổi. Đã thấy rằng, dựa vào tín hiệu lõi có dải thông thấp, thành phần lạ tiếng vọng chói tai có thể được sinh ra từ giá trị dịch chuyển SSB. Cũng lưu ý rằng, đối với tần số chéo thấp, tức là dải tần số nguồn hẹp, giá trị dịch chuyển hòa âm cần một số miếng vá nhỏ hơn để lấp đầy dải tần số đích mong muốn so với giá trị dịch chuyển dựa trên SSB. Ví dụ, nếu dải tần số cao $(\omega, 4\omega]$ cần

được lấp đầy, thì sử dụng thứ tự dịch chuyển $T = 4$ giá trị dịch chuyển hòa âm có thể lấp đầy dải tần số này từ dải tần số thấp $(\frac{1}{4}\omega, \omega]$. Mặt khác, giá trị dịch chuyển dựa trên SSB sử dụng cùng một dải tần số thấp phải sử dụng giá trị dịch tần số $\Delta\omega = \frac{3}{4}\omega$ và cần phải lặp lại quy trình này bốn lần để lấp đầy dải tần số cao $(\omega, 4\omega]$.

Mặt khác, như đã được chỉ ra trong công bố đơn quốc tế số WO 02/052545 A1, sự dịch chuyển hòa âm có các trở ngại đối với tín hiệu có cấu trúc chu kỳ nổi bật. Các tín hiệu như vậy là các tín hiệu chồng hình sin liên quan đến hòa âm có các tần số $\Omega, 2\Omega, 3\Omega, \dots$, trong đó Ω là tần số gốc. Khi dịch chuyển hòa âm với thứ tự T , các giá trị hình sin đầu ra có tần số $T\Omega, 2T\Omega, 3T\Omega, \dots$, trong trường hợp $T > 1$, chỉ có một tập hợp con chính xác của chuỗi hòa âm toàn phần mong muốn. Về mặt chất lượng âm thanh thu được, độ cao “nhòe” tương ứng với tần số gốc được dịch chuyển $T\Omega$ thường sẽ được cảm nhận. Sự dịch chuyển hòa âm thường gây ra đặc tính âm thanh “kim loại” của tín hiệu âm thanh được mã hóa và giải mã. Tình trạng này có thể được giảm đến mức độ nhất định bằng cách bổ sung một số thứ tự dịch chuyển $T = 2, 3, \dots, T_{\max}$ cho HFR, nhưng phương pháp này tính toán rất phức tạp nếu cần phải tránh hầu hết các khoảng trống của phổ.

Một giải pháp khác để tránh sự xuất hiện của các độ cao “nhòe” khi sử dụng quy trình dịch chuyển hòa âm được bộc lộ trong công bố đơn quốc tế số WO 02/052545 A1. Giải pháp này bao gồm việc sử dụng hai loại dịch chuyển, ví dụ dịch chuyển hòa âm thông thường và “dịch chuyển xung” đặc biệt. Phương pháp được mô tả này đề xuất chuyển sang “dịch chuyển xung” đặc biệt đối với các phần của tín hiệu âm thanh dò được có tính chu kỳ có đặc tính dạng dãy xung. Vấn đề của phương pháp này ở chỗ ứng dụng “dịch chuyển xung” đối với tín hiệu đầu vào là âm thanh phức hợp thường bị giảm chất lượng so với dịch chuyển hòa âm dựa trên khối lọc độ phân giải cao. Do đó, các cơ chế dò phải được làm cho phù hợp thay vì cứng nhắc sao cho sự dịch chuyển xung không dùng cho các tín hiệu đầu vào là âm thanh phức hợp. Chắc chắn là, các nhạc cụ và tiếng nói có độ cao đơn đôi khi được phân loại là các tín hiệu phức hợp, do đó được yêu cầu sử dụng dịch chuyển hòa âm và do đó bị mất sự hòa âm. Hơn nữa, nếu sự chuyển đổi này xảy ra ở khoảng giữa của tín hiệu có độ cao đơn, hoặc tín hiệu có độ cao

trội trên nền tín hiệu phức hợp yếu hơn, bản thân sự chuyển đổi giữa hai phương pháp dịch chuyển có các đặc tính lặp đầy phổ rất khác nhau này sẽ phát sinh các thành phần lạ nghe thấy được. Các biến thể khác để thực hiện tái cấu trúc tần số hòa âm được đề xuất trong bằng sáng chế Mỹ số US 2004/0028244 A1.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp và hệ thống để hoàn thiện chuỗi hòa âm thu được từ quy trình dịch chuyển hòa âm của tín hiệu có chu kỳ. Quy trình dịch chuyển miền tần số bao gồm bước ánh xạ phi tuyến các tín hiệu dải tần con được sửa đổi từ khối lọc phân tích vào các dải tần con được chọn của khối lọc tổng hợp. Quy trình sửa đổi phi tuyến bao gồm bước sửa đổi pha hoặc xoay pha, trong đó miền khối lọc phức hợp có thể thu được bởi định luật dạng lũy thừa tiếp theo là điều chỉnh biên độ. Trong khi dịch chuyển theo các giải pháp đã biết sửa đổi dải tần con phân tích ở một thời điểm một cách riêng rẽ, sáng chế đề xuất để bổ sung dạng kết hợp phi tuyến của ít nhất hai dải tần con phân tích khác nhau cho mỗi dải tần con tổng hợp. Khoảng cách giữa các dải tần con phân tích sẽ được kết hợp có thể có liên quan đến tần số gốc của thành phần trội của tín hiệu sẽ được dịch chuyển.

Ở một dạng phổ biến nhất, sự mô tả toán học theo sáng chế là một tập hợp các thành phần tần số $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_K$ được dùng để tạo ra thành phần tần số mới

$$\omega = T_1\omega_1 + T_2\omega_2 + \dots + T_K\omega_K,$$

trong đó các hệ số $T_1, T_2, \dots, T_K$ là các thứ tự dịch chuyển số nguyên mà tổng của chúng là thứ tự dịch chuyển tổng $T = T_1 + T_2 + \dots + T_K$. Hiệu ứng này đạt được bằng cách sửa đổi các pha của k tín hiệu dải tần con đã chọn thích hợp bởi các hệ số $T_1, T_2, \dots, T_K$ và bằng cách tái kết hợp tín hiệu thu được thành tín hiệu có pha bằng tổng các pha được sửa đổi. Quan trọng là lưu ý tất cả các thao tác pha này được định rõ và rõ ràng vì các thứ tự dịch chuyển riêng biệt là các số nguyên, và số nguyên này thậm chí có thể là số âm miễn là thứ tự dịch chuyển tổng thỏa mãn $T \geq 1$.

Các phương pháp theo kỹ thuật cũ tương ứng với trường hợp $K=1$, và sáng chế đề xuất phương pháp sử dụng $K \geq 2$. Nội dung chính của bản mô tả này là trường hợp $K=2$, $T \geq 2$ là đủ để giải quyết hầu hết các vấn đề tồn tại. Nhưng lưu ý rằng trường hợp

$K > 2$ cần được xem là đã được bộc lộ tương đương và được bao hàm trong bản mô tả này.

Sáng chế sử dụng thông tin từ một số lượng lớn hơn các kênh phân tích dải tần số thấp hơn, tức là số lượng lớn hơn của các tín hiệu dải tần con phân tích, để ánh xạ các tín hiệu dải tần con được sửa đổi phi tuyến từ khối lọc phân tích vào trong các dải tần con đã lựa chọn của khối lọc tổng hợp. Sự dịch chuyển này không chỉ sửa đổi dải tần con tại một thời điểm một cách riêng rẽ mà nó còn bổ sung phần kết hợp phi tuyến của ít nhất hai dải tần con phân tích khác nhau cho mỗi dải tần con tổng hợp. Như đã đề cập đến, quy trình dịch chuyển hòa âm thứ tự T được thiết kế để ánh xạ hình sin tần số Ω vào trong hình sin tần số $T\omega$, với $T > 1$. Theo sáng chế, sự tăng cường tích vector với thông số độ cao Ω và chỉ số $0 < r < T$ được thiết kế để ánh xạ cặp hình sin có các tần số $(\omega, \omega + \Omega)$ lên hình sin có tần số $(T-r)\omega + r(\omega + \Omega) = T\omega + r\Omega$. Cần phải hiểu rằng đối với quy trình dịch chuyển tích vector này tất cả các thành phần tần số của tín hiệu chu kỳ có chu kỳ Ω sẽ được tạo ra bằng cách cộng tất cả các tích vector có thông số độ cao Ω , có chỉ số r nằm trong khoảng từ 1 tới $T-1$, với giá trị dịch chuyển hòa âm có thứ tự T .

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất hệ thống và phương pháp tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu từ thành phần tần số thấp của tín hiệu. Lưu ý rằng các đặc tính được mô tả trong phần tiếp theo trong phạm vi của hệ thống có khả năng ứng dụng tương đương với phương pháp sáng chế. Ví dụ, tín hiệu này có thể là tín hiệu âm thanh và/hoặc tiếng nói. Hệ thống và phương pháp có thể được sử dụng để mã hóa tín hiệu âm thanh và tiếng nói kết hợp. Tín hiệu bao gồm thành phần tần số thấp và thành phần tần số cao, trong đó thành phần tần số thấp bao gồm các tần số nhỏ hơn tần số chéo nhất định và thành phần tần số cao bao gồm các tần số lớn hơn tần số chéo này. Trong một số trường hợp, có thể yêu cầu ước tính thành phần tần số cao của tín hiệu từ thành phần tần số thấp của nó. Ví dụ, một số sơ đồ mã hóa âm thanh chỉ mã hóa thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh và chỉ tập trung vào tái cấu trúc thành phần tần số cao của tín hiệu đó từ thành phần tần số thấp đã giải mã, có thể sử dụng thông tin nhất định về đường bao của thành phần tần số cao gốc. Hệ thống và phương pháp được mô tả ở đây có thể được dùng trong trường hợp là các hệ thống mã hóa và giải mã như vậy.

Hệ thống để tạo ra thành phần tần số cao bao gồm khối lọc phân tích cung cấp nhiều tín hiệu dải tần con phân tích của thành phần tần số thấp của tín hiệu. Các khối lọc phân tích này có thể bao gồm tập hợp các bộ lọc thông dải với dải thông không đổi. Nhất là trong trường hợp tín hiệu tiếng nói, có thể có ích khi sử dụng tập hợp các bộ lọc thông dải có sự phân bố dải thông lô-ga-rit. Mục đích của khối lọc phân tích là để tách thành phần tần số thấp của tín hiệu thành các thành phần tần số của nó. Các thành phần tần số này sẽ được phản xạ trong nhiều tín hiệu dải tần con phân tích được tạo ra bởi khối lọc phân tích. Ví dụ, tín hiệu bao gồm nốt được chơi bởi nhạc cụ sẽ được tách thành các tín hiệu dải tần con phân tích có biên độ đáng kể để các dải tần con phù hợp với tần số hòa âm của nốt được chơi đó, còn các dải tần con khác sẽ minh họa các tín hiệu dải tần con phân tích với biên độ thấp.

Hệ thống này còn bao gồm khối xử lý phi tuyến để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp có tần số tổng hợp riêng bằng cách sửa đổi hoặc xoay pha tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai trong số nhiều tín hiệu dải tần con phân tích và bằng cách kết hợp các tín hiệu dải tần con phân tích đã sửa đổi pha. Nói chung, các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai là khác nhau. Nói cách khác, chúng tương ứng với các dải tần con khác nhau. Khối xử lý phi tuyến có thể bao gồm khối xử lý thành phần chéo mà trong khối này tín hiệu dải tần con tổng hợp được tạo ra. Tín hiệu dải tần con tổng hợp bao gồm tần số tổng hợp. Nói chung, tín hiệu dải tần con tổng hợp bao gồm các tần số từ một dải tần số tổng hợp nhất định. Tần số tổng hợp là tần số nằm trong dải tần số này, ví dụ tần số chính giữa của dải tần số. Tần số tổng hợp và cả dải tần số tổng hợp thường lớn hơn tần số chéo. Theo cách tương tự, các tín hiệu dải tần con phân tích bao gồm các tần số từ một dải tần số phân tích nhất định. Các dải tần số phân tích này thường nhỏ hơn tần số chéo.

Thao tác sửa đổi pha có thể bao gồm bước dịch chuyển các tần số của các tín hiệu dải tần con phân tích. Thông thường, khối lọc phân tích sinh ra các tín hiệu dải tần con phân tích phức hợp có thể được biểu diễn dưới dạng hàm số mũ phức bao gồm biên độ và pha. Pha của tín hiệu dải tần con phức hợp tương ứng với tần số của tín hiệu dải tần con. Việc dịch chuyển các tín hiệu dải tần con như vậy bởi thứ tự dịch chuyển T' nhất định có thể được thực hiện bằng cách nâng tín hiệu dải tần con lên lũy thừa của thứ tự dịch chuyển T' . Quy trình này dẫn đến pha của tín hiệu dải tần con phức hợp sẽ được

nhân với thứ tự dịch chuyển T' . Do vậy, tín hiệu dải tần con phân tích được dịch chuyển có pha hoặc tần số lớn hơn T' lần so với pha hoặc tần số ban đầu. Thao tác sửa đổi pha như vậy cũng có thể được gọi là xoay pha hoặc nhân pha.

Ngoài ra hệ thống bao gồm khối lọc tổng hợp để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu từ tín hiệu dải tần con tổng hợp. Nói cách khác, mục đích của khối lọc tổng hợp là có thể hợp nhất nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp từ nhiều dải tần số tổng hợp và tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu trong miền thời gian. Lưu ý rằng đối với các tín hiệu bao gồm tần số gốc, ví dụ tần số gốc Ω , có thể có lợi khi khối lọc tổng hợp và/hoặc khối lọc phân tích có khoảng cách tần số được kết hợp với tần số gốc của tín hiệu. Cụ thể là, có thể có lợi khi chọn các khối lọc có khoảng cách tần số đủ thấp hoặc độ phân giải đủ cao để phân tích tần số gốc Ω .

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, khối xử lý phi tuyến hoặc khối xử lý thành phần chéo trong khối xử lý phi tuyến bao gồm khối nhiều đầu vào một đầu ra của thứ tự dịch chuyển thứ nhất và thứ hai tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp từ tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai lần lượt có tần số phân tích thứ nhất và thứ hai. Nói cách khác, khối nhiều đầu vào một đầu ra thực hiện việc dịch chuyển các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai và kết hợp hai tín hiệu dải tần con phân tích được dịch chuyển này thành tín hiệu dải tần con tổng hợp. Tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất được thay đổi pha, hoặc pha của nó được nhân với, thứ tự dịch chuyển thứ nhất và tín hiệu dải tần con phân tích thứ hai được thay đổi pha, hoặc pha của nó được nhân với, thứ tự dịch chuyển thứ hai. Trong trường hợp các tín hiệu dải tần con phân tích phức hợp, thao tác sửa đổi pha như vậy bao gồm nhân pha của tín hiệu dải tần con phân tích tương ứng với thứ tự dịch chuyển tương ứng. Hai tín hiệu dải tần con phân tích được dịch chuyển được kết hợp với tần số tổng hợp để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp kết hợp tương ứng với tần số phân tích thứ nhất nhân với thứ tự dịch chuyển thứ nhất cộng với tần số phân tích thứ hai nhân với thứ tự dịch chuyển thứ hai. Bước kết hợp này có thể bao gồm bước nhân hai tín hiệu dải tần con phân tích phức hợp được dịch chuyển. Bước nhân hai tín hiệu như vậy có thể bao gồm bước nhân các mẫu tín hiệu của chúng.

Các đặc tính nêu trên cũng có thể được biểu diễn bằng biểu thức. Lấy tần số phân tích thứ nhất bằng Ω và tần số phân tích thứ hai bằng $(\omega + \Omega)$. Lưu ý rằng các biến này cũng có thể đại diện cho các dải tần số phân tích tương ứng của hai tín hiệu dải tần con

phân tích. Nói cách khác, một tần số được hiểu là đại diện cho tất cả các tần số được bao gồm trong một dải tần số hoặc dải tần con cụ thể, ví dụ tần số phân tích thứ nhất và thứ hai cũng sẽ được hiểu là dải tần số phân tích thứ nhất và thứ hai hoặc dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai. Ngoài ra, thứ tự dịch chuyển thứ nhất có thể là $(T-r)$ và thứ tự dịch chuyển thứ hai có thể là r . Có thể có lợi khi giới hạn các thứ tự dịch chuyển sao cho $T > 1$ và $1 \leq r < T$. Đối với các trường hợp như vậy, khối nhiều đầu vào một đầu ra có thể tạo ra các tín hiệu dải tần con tổng hợp có tần số tổng hợp $(T-r) \cdot \omega + r \cdot (\omega + \Omega)$.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, hệ thống bao gồm nhiều khối nhiều đầu vào một đầu ra và/hoặc khối xử lý phi tuyến, các khối này tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp thành phần có tần số tổng hợp. Nói cách khác, nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp thành phần bao gồm cùng một dải tần số tổng hợp có thể được tạo ra. Trong các trường hợp như vậy, bộ cộng dải tần con được trang bị để kết hợp nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp thành phần. Khi đó các tín hiệu dải tần con tổng hợp thành phần kết hợp đại diện cho tín hiệu dải tần con tổng hợp. Thao tác kết hợp có thể bao gồm cộng nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp thành phần. Thao tác này cũng có thể bao gồm việc xác định tín hiệu dải tần con tổng hợp trung bình từ nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp thành phần, trong đó tín hiệu dải tần con tổng hợp có thể làm trọng số theo sự thích hợp của chúng đối với tín hiệu dải tần con tổng hợp. Thao tác kết hợp cũng có thể bao gồm bước lựa chọn một hoặc một số trong số nhiều tín hiệu dải tần con ví dụ như các tín hiệu có biên độ vượt quá giá trị ngưỡng định trước. Lưu ý rằng có thể có lợi nếu tín hiệu dải tần con tổng hợp được nhân với thông số khuếch đại. Nhất là trong các trường hợp trong đó có nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp thành phần, các thông số khuếch đại này có thể góp phần vào việc chuẩn hóa các tín hiệu dải tần con tổng hợp.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, khối xử lý phi tuyến còn bao gồm khối xử lý trực tiếp để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp khác từ tín hiệu dải tần con phân tích thứ ba trong số nhiều tín hiệu dải tần con phân tích. Khối xử lý trực tiếp như vậy có thể thực hiện các phương pháp dịch chuyển trực tiếp được mô tả trong công bố đơn quốc tế số WO 98/57436. Nếu hệ thống bao gồm khối xử lý trực tiếp bổ sung, thì nó có thể cần trang bị bộ cộng dải tần con để kết hợp các tín hiệu dải tần con tổng hợp tương ứng. Các tín hiệu dải tần con tổng hợp tương ứng như vậy thường là các tín hiệu dải tần

con bao gồm dải tần số tổng hợp giống nhau và/hoặc có tần số tổng hợp giống nhau. Bộ cộng dải tần con có thể thực hiện sự kết hợp theo các khía cạnh nêu trên. Có thể bỏ qua các tín hiệu dải tần con tổng hợp nhất định, nhất là khi được tạo ra trong các khối nhiều đầu vào một đầu ra, nếu biên độ nhỏ nhất của một hoặc nhiều tín hiệu dải tần con phân tích, ví dụ từ các thành phần chéo góp vào tín hiệu dải tần con tổng hợp, nhỏ hơn phân số biên độ định trước của tín hiệu. Tín hiệu có thể là thành phần tần số thấp của tín hiệu hoặc tín hiệu dải tần con phân tích cụ thể. Tín hiệu này cũng có thể là tín hiệu dải tần con tổng hợp. Nói cách khác, nếu công suất hoặc biên độ của các tín hiệu dải tần con phân tích dùng để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp quá nhỏ, thì tín hiệu dải tần con tổng hợp này có thể không được dùng để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu. Công suất hoặc biên độ có thể được xác định cho mỗi mẫu hoặc có thể được xác định cho một tập hợp mẫu, ví dụ bằng cách xác định giá trị trung bình theo thời gian hoặc giá trị trung bình trong cửa sổ trượt qua nhiều mẫu liên tiếp, của các tín hiệu dải tần con phân tích.

Khối xử lý trực tiếp có thể bao gồm khối một đầu vào một đầu ra của thứ tự dịch chuyển thứ ba T' , tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp từ tín hiệu dải tần con phân tích thứ ba có tần số phân tích thứ ba, trong đó tín hiệu dải tần con phân tích thứ ba được đổi pha, hoặc pha của nó được nhân với, thứ tự dịch chuyển thứ ba T' và trong đó T' lớn hơn một. Khi đó tần số tổng hợp tương ứng với tần số phân tích thứ ba được nhân với thứ tự dịch chuyển thứ ba. Lưu ý rằng, tốt hơn là thứ tự dịch chuyển thứ ba T' này bằng thứ tự dịch chuyển T được nêu dưới đây.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, khối lọc phân tích có n dải tần con phân tích ở khoảng cách dải tần con $\Delta\omega$ về cơ bản không đổi. Như nêu trên, khoảng cách dải tần con $\Delta\omega$ này có thể được kết hợp với tần số gốc của tín hiệu. Dải tần con phân tích được kết hợp với chỉ số dải tần con phân tích n , trong đó $n \in \{1, \dots, N\}$. Nói cách khác, các dải tần con phân tích của khối lọc phân tích có thể được xác định bởi chỉ số dải tần con n . Theo cách thức tương tự, các tín hiệu dải tần con phân tích bao gồm các tần số từ dải tần số của dải tần con phân tích tương ứng có thể được nhận dạng bởi chỉ số dải tần con n .

Về mặt tổng hợp, khối lọc tổng hợp có dải tần con tổng hợp cũng được kết hợp với chỉ số dải tần con tổng hợp n . Chỉ số dải tần con tổng hợp n này cũng có thể nhận

dạng tín hiệu dải tần con tổng hợp có các tần số từ dải tần số tổng hợp của dải tần con tổng hợp có chỉ số dải tần con n . Nếu hệ thống có thứ tự dịch chuyển hệ thống, còn được gọi là thứ tự dịch chuyển tổng, T , thì các dải tần con tổng hợp thường có khoảng cách dải tần con $\Delta\omega$ - T về cơ bản không đổi, ví dụ, khoảng cách dải tần con của các dải tần con tổng hợp lớn hơn T lần so với khoảng cách dải tần con của các dải tần con phân tích. Trong các trường hợp như vậy, dải tần con tổng hợp và dải tần con phân tích có chỉ số n , mỗi dải tần con này bao gồm các dải tần số có liên quan đến nhau qua hệ số hoặc thứ tự dịch chuyển hệ thống T . Ví dụ, nếu dải tần số của dải tần con phân tích có chỉ số n là $[(n-1)\omega, n\omega]$, thì dải tần số của dải tần con tổng hợp có chỉ số n là $[T-(n-1)\omega, T-n\omega]$.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, quy định là tín hiệu dải tần con tổng hợp được kết hợp với dải tần con tổng hợp có chỉ số n , tức là tín hiệu dải tần con tổng hợp này có chỉ số n được tạo ra trong khối nhiều đầu vào một đầu ra từ các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai. Tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất được kết hợp với dải tần con phân tích có chỉ số $n-p_1$ và tín hiệu dải tần con phân tích thứ hai được kết hợp với dải tần con phân tích có chỉ số $n+p_2$.

Trong phần tiếp theo, một số phương pháp lựa chọn cặp giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) được đưa ra. Việc này có thể được thực hiện bởi khối gọi là khối chọn chỉ số. Thông thường, cặp giá trị dịch chỉ số tối ưu được lựa chọn để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp có tần số tổng hợp định trước. Theo phương pháp thứ nhất, các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 được lựa chọn từ danh sách các cặp (p_1, p_2) giới hạn lưu trữ trong khối lưu trữ chỉ số. Từ danh sách giới hạn của cặp giá trị dịch chỉ số này, cặp (p_1, p_2) có thể được lựa chọn sao cho giá trị nhỏ nhất của tập hợp bao gồm biên độ của tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và biên độ của tín hiệu dải tần con phân tích thứ hai được tăng cực đại. Nói cách khác, với mỗi cặp giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 có thể có, biên độ của các tín hiệu dải tần con phân tích tương ứng có thể được xác định. Trong trường hợp các tín hiệu dải tần con phân tích phức hợp, biên độ tương ứng với giá trị tuyệt đối. Biên độ có thể được xác định cho mỗi mẫu hoặc có thể được xác định cho một tập hợp mẫu, ví dụ như bằng cách xác định giá trị trung bình theo thời gian hoặc giá trị trung bình trong cửa sổ trượt trên nhiều mẫu liên tiếp, của tín hiệu dải tần con phân tích. Quy trình này lần lượt tạo ra biên độ thứ nhất và thứ hai cho tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai. Giá trị biên

độ nhỏ nhất của biên độ thứ nhất và thứ hai được xem xét và cặp giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) được lựa chọn để giá trị biên độ nhỏ nhất cao nhất.

Theo phương pháp khác, các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 được lựa chọn từ danh sách cặp (p_1, p_2) giới hạn, trong đó danh sách giới hạn được xác định theo biểu thức $p_1 = r-l$ và $p_2 = (T-r)-l$. Trong các biểu thức này l là số nguyên dương, chứa các giá trị từ 1 đến 10. Phương pháp này thường được dùng trong các trường hợp mà thứ tự dịch chuyển thứ nhất được dùng để dịch chuyển dải tần con tổng hợp thứ nhất ($n-p_1$) là $(T-r)$ và trường hợp thứ tự dịch chuyển thứ hai được dùng để dịch chuyển dải tần con phân tích thứ hai ($n+p_2$) là r . Giả sử rằng thứ tự dịch chuyển hệ thống T là không đổi, các thông số l và r có thể được chọn sao cho giá trị nhỏ nhất của một tập hợp bao gồm biên độ của tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và biên độ của tín hiệu dải tần con phân tích thứ hai là lớn nhất. Nói cách khác, các thông số l và r có thể được chọn bởi phương pháp tối ưu hóa nhỏ nhất – lớn nhất như nêu ở trên.

Theo phương pháp khác nữa, việc lựa chọn các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai có thể dựa trên các đặc tính của tín hiệu cơ sở. Cụ thể là, nếu tín hiệu bao gồm tần số gốc Ω , ví dụ, nếu tín hiệu có tính chu kỳ có đặc điểm dạng dãy xung, có thể có lợi nếu lựa chọn giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 khi cân nhắc các đặc tính tín hiệu như vậy. Tần số gốc Ω có thể được xác định từ thành phần tần số thấp của tín hiệu hoặc có thể được xác định từ tín hiệu gốc, bao gồm cả thành phần tần số thấp lẫn thành phần tần số cao. Trong trường hợp thứ nhất, tần số gốc Ω có thể được xác định tại bộ giải mã tín hiệu bằng cách sử dụng quy trình tái tạo tần số cao, còn trong trường hợp thứ hai tần số gốc Ω thường được xác định tại bộ mã hóa tín hiệu và sau đó chuyển tín hiệu tới bộ giải mã tín hiệu tương ứng. Nếu khối lọc phân tích có khoảng cách dải tần con $\Delta\omega$ được sử dụng và nếu thứ tự dịch chuyển thứ nhất được dùng để dịch chuyển dải tần con phân tích thứ nhất ($n-p_1$) là $(T-r)$ và nếu thứ tự dịch chuyển thứ hai được dùng để dịch chuyển dải tần con phân tích thứ hai ($n+p_2$) là r thì p_1 và p_2 có thể được lựa chọn sao cho tổng p_1+p_2 của chúng gần bằng phân số $\Omega/\Delta\omega$ và phân số p_1/p_2 của chúng gần bằng $r/(T-r)$. Trong một trường hợp cụ thể, p_1 và p_2 được lựa chọn sao cho phân số p_1/p_2 bằng $r/(T-r)$.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, hệ thống để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu cũng bao gồm cửa sổ phân tích để tách thành phần tần số thấp trong một

khoảng thời gian định trước quanh thời điểm định trước k . Hệ thống cũng có thể bao gồm cửa sổ tổng hợp để tách thành phần tần số cao trong khoảng thời gian định trước quanh thời điểm định trước k . Các cửa sổ như vậy đặc biệt hữu dụng đối với các tín hiệu có các thành phần tần số thay đổi theo thời gian. Chúng cho phép phân tích thành phần tần số tức thời của tín hiệu. Cùng với kết hợp với các khối lọc, một ví dụ điển hình đối với quy trình phân tích tần số phụ thuộc vào thời gian là biến đổi Fourier thời gian ngắn (Short Time Fourier Transform - STFT). Lưu ý rằng cửa sổ phân tích thường là phiên bản kéo dài thời gian của cửa sổ tổng hợp. Đối với hệ thống có thứ tự dịch chuyển hệ thống T , cửa sổ phân tích trong miền thời gian có thể là phiên bản kéo dài thời gian của cửa sổ tổng hợp trong miền thời gian với hệ số kéo dài T .

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống giải mã tín hiệu. Hệ thống này áp dụng phiên bản mã hóa của thành phần tần số thấp của tín hiệu và bao gồm bộ dịch chuyển, theo hệ thống được mô tả ở trên, để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu từ thành phần tần số thấp của tín hiệu. Thông thường, các hệ thống giải mã này còn bao gồm bộ giải mã lỗi để giải mã thành phần tần số thấp của tín hiệu. Hệ thống giải mã còn có thể bao gồm bộ tăng tần suất lấy mẫu để thực hiện tăng tần suất lấy mẫu của thành phần tần số thấp để tạo ra thành phần tần số thấp được tăng tần suất lấy mẫu. Quy trình này có thể là cần thiết, nếu thành phần tần số thấp của tín hiệu đã bị giảm tốc độ lấy mẫu ở bộ mã hóa, lợi dụng thực tế là thành phần tần số thấp chỉ bao gồm trong dải tần số rút gọn so với tín hiệu gốc. Ngoài ra, hệ thống giải mã có thể bao gồm thiết bị đầu vào để nhận tín hiệu đã mã hóa, bao gồm thành phần tần số thấp, và thiết bị đầu ra để cung cấp tín hiệu giải mã, bao gồm thành phần tần số thấp và thành phần tần số cao được tạo ra.

Hệ thống giải mã còn có thể bao gồm bộ điều chỉnh đường bao để định hình thành phần tần số cao. Trong khi các tần số cao của tín hiệu có thể được tái tạo từ dải tần số thấp của tín hiệu nhờ sử dụng các hệ thống và phương pháp tái tạo tần số cao được mô tả trong bản mô tả này, có thể có lợi nếu trích thông tin từ tín hiệu gốc có liên quan đến đường bao phổ của thành phần tần số cao của nó. Khi đó thông tin đường bao này có thể được cung cấp cho bộ giải mã, để tạo ra thành phần tần số cao gần giống nhất với đường bao phổ của thành phần tần số cao của tín hiệu gốc. Thao tác này thường được thực hiện trong bộ điều chỉnh đường bao ở hệ thống giải mã. Để nhận thông tin

liên quan đến đường bao của thành phần tần số cao của tín hiệu, hệ thống giải mã có thể bao gồm bộ tiếp nhận dữ liệu đường bao. Thành phần tần số cao được tái tạo và thành phần tần số thấp đã giải mã và có thể được tăng tần suất lấy mẫu sau đó có thể được cộng lại trong bộ cộng thành phần để xác định tín hiệu đã giải mã.

Như đã nêu trên, hệ thống tạo ra thành phần tần số cao có thể sử dụng thông tin liên quan đến các tín hiệu dải tần con phân tích, thông tin này được dịch chuyển và kết hợp để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp cụ thể. Với mục đích này, hệ thống giải mã có thể còn bao gồm bộ tiếp nhận dữ liệu lựa chọn dải tần con để nhận thông tin cho phép lựa chọn các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai, mà từ các tín hiệu này tín hiệu dải tần con tổng hợp được tạo ra. Thông tin này có thể liên quan đến các đặc tính nhất định của tín hiệu đã mã hóa, ví dụ thông tin này có thể có liên quan đến tần số gốc Ω của tín hiệu. Thông tin này cũng có thể liên quan trực tiếp tới các dải tần con phân tích sẽ được chọn. Ví dụ, thông tin có thể bao gồm danh sách các cặp có thể sử dụng của các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai hoặc danh sách các cặp (p_1, p_2) của các giá trị dịch chuyển chỉ số có thể có.

Theo một khía cạnh khác của sáng chế, tín hiệu đã mã hóa được đề xuất. Tín hiệu đã mã hóa này bao gồm thông tin liên quan đến thành phần tần số thấp của tín hiệu đã giải mã, trong đó thành phần tần số thấp bao gồm nhiều tín hiệu dải tần con phân tích. Ngoài ra, tín hiệu đã mã hóa bao gồm thông tin liên quan đến hai trong số nhiều tín hiệu dải tần con phân tích đã lựa chọn để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu đã giải mã bằng cách dịch chuyển tín hiệu hai tín hiệu dải tần con phân tích được chọn. Nói cách khác, tín hiệu mã hóa bao gồm phiên bản mã hóa có thể có của thành phần tần số thấp của tín hiệu. Ngoài ra, tín hiệu này cung cấp thông tin, như tần số gốc Ω của tín hiệu hoặc danh sách cặp giá trị dịch chuyển chỉ số có thể có (p_1, p_2) , thông tin này sẽ cho phép bộ mã hóa tái tạo thành phần tần số cao của tín hiệu dựa vào phương pháp dịch chuyển hòa âm được tăng cường tích vector được nêu trong sáng chế.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất hệ thống mã hóa tín hiệu. Hệ thống mã hóa này bao gồm bộ tách để tách tín hiệu thành phần tần số thấp và thành phần tần số cao và bộ mã hóa lõi để mã hóa thành phần tần số thấp. Hệ thống này còn bao gồm bộ xác định tần số để xác định tần số gốc Ω của tín hiệu và bộ mã hóa thông số để mã hóa tần số gốc Ω , trong đó tần số gốc Ω được sử dụng trong bộ giải mã để tái tạo thành

phần tần số cao của tín hiệu. Hệ thống này cũng có thể bao gồm bộ xác định đường bao để xác định đường bao phổ của thành phần tần số cao và bộ mã hóa đường bao để mã hóa đường bao phổ. Nói cách khác, hệ thống mã hóa loại bỏ thành phần tần số cao của tín hiệu gốc và mã hóa thành phần tần số thấp bởi bộ mã hóa lõi, chẳng hạn như bộ mã hóa AAC hoặc Dolby D. Ngoài ra, hệ thống mã hóa phân tích thành phần tần số cao của tín hiệu gốc và xác định tập hợp thông tin được dùng tại bộ giải mã để tái tạo thành phần tần số cao của tín hiệu giải mã. Tập hợp thông tin này có thể bao gồm tần số gốc Ω của tín hiệu và/hoặc đường bao phổ của thành phần tần số cao.

Hệ thống mã hóa cũng có thể bao gồm khối lọc phân tích tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con phân tích của thành phần tần số thấp của tín hiệu. Ngoài ra, hệ thống này có thể bao gồm bộ xác định cặp dải tần con để xác định các tín hiệu dải tần con thứ nhất và thứ hai để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu và bộ mã hóa chỉ số để mã hóa các số chỉ số đại diện cho các tín hiệu dải tần con thứ nhất và thứ hai xác định được. Nói cách khác, hệ thống mã hóa có thể sử dụng phương pháp và/hoặc hệ thống tái tạo tần số cao được mô tả trong sáng chế để xác định các dải tần con phân tích từ các dải tần con tần số cao và cuối cùng thành phần tần số cao của tín hiệu có thể được tạo ra. Thông tin trên các dải tần con này, ví dụ danh sách các cặp giá trị dịch chuyển chỉ số (p_1, p_2) giới hạn có thể được mã hóa và cung cấp cho bộ giải mã.

Như nhấn mạnh ở trên, sáng chế còn bao gồm các phương pháp tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu, cũng như phương pháp giải mã và mã hóa tín hiệu. Các đặc tính nêu ở trên trong ngữ cảnh hệ thống có thể áp dụng tương tự cho các phương pháp tương ứng. Trong phần tiếp theo, các khía cạnh được chọn của các phương pháp theo sáng chế đã được đề xuất. Theo cách tương tự các khía cạnh này cũng áp dụng được cho các hệ thống được nêu trong sáng chế.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp thực hiện tái tạo tần số cao của thành phần tần số cao từ thành phần tần số thấp của tín hiệu. Phương pháp này bao gồm bước tạo ra tín hiệu dải tần con thứ nhất của thành phần tần số thấp từ tín hiệu dải tần thứ nhất và tín hiệu dải tần con thứ hai của thành phần tần số thấp từ dải tần thứ hai. Nói cách khác, hai tín hiệu dải tần con được tách từ thành phần tần số thấp của tín hiệu, tín hiệu dải tần con thứ nhất bao gồm dải tần thứ nhất và tín hiệu dải tần con thứ hai bao gồm dải tần thứ hai. Tốt hơn là hai dải tần con khác nhau. Trong bước tiếp theo,

các tín hiệu dải tần con thứ nhất và thứ hai được dịch chuyển lần lượt bởi hệ số dịch chuyển thứ nhất và thứ hai. Quy trình dịch chuyển của mỗi tín hiệu dải tần con có thể được thực hiện theo các phương pháp đã biết để dịch chuyển các tín hiệu. Trong trường hợp các tín hiệu dải tần con phức hợp, quy trình dịch chuyển có thể được thực hiện bằng cách sửa đổi pha, hoặc bằng cách nhân pha với, hệ số dịch chuyển hoặc thứ tự dịch chuyển tương ứng. Trong bước tiếp theo, các tín hiệu dải tần con dịch chuyển thứ nhất và thứ hai được kết hợp để tạo ra thành phần tần số cao bao gồm các tần số từ dải tần cao.

Quy trình dịch chuyển có thể được thực hiện sao cho dải tần cao tương ứng với tổng của dải tần thứ nhất nhân với hệ số dịch chuyển thứ nhất và dải tần thứ hai được nhân với hệ số dịch chuyển thứ hai. Ngoài ra, bước dịch chuyển có thể bao gồm các bước nhân dải tần thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất với hệ số dịch chuyển thứ nhất và nhân dải tần thứ hai của tín hiệu dải tần con thứ hai với hệ số dịch chuyển thứ hai. Để đơn giản hóa việc giải thích và không hạn chế phạm vi, sáng chế được minh họa bằng sự dịch chuyển các tần số riêng. Tuy nhiên, lưu ý là quy trình dịch chuyển không chỉ được thực hiện đối với các tần số cụ thể, mà còn đối với toàn bộ các dải tần, ví dụ nhiều tần số được bao gồm trong dải tần. Trên thực tế, quy trình dịch chuyển của các tần số và sự dịch chuyển của các dải tần sẽ được hiểu là có thể hoán đổi cho nhau trong bản mô tả này. Tuy nhiên, phải nhận thức được các độ phân giải tần số khác nhau của các khối lọc phân tích và tổng hợp.

Trong phương pháp nêu trên, bước tạo ra có thể bao gồm bước lọc thành phần tần số thấp bởi khối lọc phân tích để tạo ra các tín hiệu dải tần con thứ nhất và thứ hai. Mặt khác, bước kết hợp có thể bao gồm bước nhân các tín hiệu dải tần con dịch chuyển thứ nhất và thứ hai để tạo ra tín hiệu dải tần con tần số cao và đưa tín hiệu dải tần con tần số cao vào khối lọc tổng hợp để tạo ra thành phần tần số cao. Các quy trình biến đổi tín hiệu khác thành và từ dạng biểu diễn tần số cũng có thể được thực hiện và thuộc phạm vi của sáng chế. Các quy trình biến đổi tín hiệu như vậy bao gồm các quy trình biến đổi Fourier (FFT, DCT), biến đổi gợn sóng, các bộ lọc gương vuông góc (quadrature mirror filters - QMF), v.v. Ngoài ra, quy trình biến đổi này cũng bao gồm các hàm cửa sổ với mục đích tách tín hiệu "sẽ biến đổi" trong khoảng thời gian rút ngắn. Các hàm cửa sổ có thể có bao gồm các hàm cửa sổ Gaussian, cửa sổ cosin, cửa sổ Hamming, cửa sổ Hann,

cửa sổ chữ nhật, cửa sổ Barlett, cửa sổ Blackman, và các hàm số cửa sổ khác. Trong bản mô tả này thuật ngữ "khối lọc" có thể bao gồm sự biến đổi bất kỳ có thể có được kết hợp với các hàm cửa sổ bất kỳ như vậy.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp giải mã tín hiệu mã hóa. Tín hiệu mã hóa được suy ra từ tín hiệu gốc và đại diện cho duy nhất một phần dải tần con của tín hiệu gốc thấp hơn tần số chéo. Phương pháp này bao gồm các bước tạo ra dải tần con thứ nhất và thứ hai của tín hiệu đã mã hóa. Điều này có thể thực hiện nhờ sử dụng khối lọc phân tích. Khi đó các dải tần con được dịch chuyển lần lượt bởi hệ số dịch chuyển thứ nhất và hệ số dịch chuyển thứ hai. Quy trình này có thể thực hiện bằng cách sửa đổi pha, hoặc nhân pha, của tín hiệu trong dải tần con thứ nhất với hệ số dịch chuyển thứ nhất và sửa đổi pha, hoặc nhân pha, của dải tần con thứ hai với hệ số dịch chuyển thứ hai. Cuối cùng, dải tần con tần số cao được tạo ra từ các dải tần con được dịch chuyển thứ nhất và thứ hai, trong đó dải tần con tần số cao cao hơn tần số chéo. Dải tần con tần số cao này có thể tương ứng với tổng của dải tần con thứ nhất nhân với hệ số dịch chuyển thứ nhất và dải tần con thứ hai được nhân với hệ số dịch chuyển thứ hai.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề xuất phương pháp mã hóa tín hiệu. Phương pháp này bao gồm các bước lọc tín hiệu để tách tần số thấp của tín hiệu và bước mã hóa thành phần tần số thấp của tín hiệu. Ngoài ra, nhiều tín hiệu dải tần con phân tích của thành phần tần số thấp của tín hiệu được tạo ra. Quy trình này có thể được thực hiện bằng cách dùng khối lọc phân tích như đã mô tả trong sáng chế. Khi đó các tín hiệu dải tần con thứ nhất và thứ hai, dùng để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu, được xác định. Quy trình này có thể được thực hiện bằng cách dùng các phương pháp và hệ thống tái tạo tần số cao được nêu trong bản mô tả này. Cuối cùng, thông tin, có tín hiệu dải tần con thứ nhất và thứ hai đã được xác định, được mã hóa. Thông tin này có thể là các đặc tính của tín hiệu gốc, ví dụ tần số gốc Ω của tín hiệu, hoặc thông tin liên quan đến dải tần con phân tích đã lựa chọn, ví dụ các cặp giá trị dịch chuyển chỉ số (p_1, p_2) .

Lưu ý rằng các phương án và các khía cạnh của sáng chế nêu ở trên có thể được kết hợp tùy ý. Cụ thể là, lưu ý rằng các khía cạnh đã nêu đối với hệ thống cũng áp dụng được cho phương pháp tương ứng nằm trong phạm vi của sáng chế. Ngoài ra, lưu ý rằng sáng chế cũng bao gồm các dạng kết hợp đối tượng yêu cầu bảo hộ khác thay vì chỉ với các dạng kết hợp đối tượng yêu cầu bảo hộ được mô tả rõ ràng trong các điểm yêu cầu

bảo hộ phụ thuộc, ví dụ như các điểm yêu cầu bảo hộ và các khía cạnh kỹ thuật của chúng có thể được kết hợp theo trình tự và dạng bất kỳ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế được mô tả bằng các ví dụ minh họa, nhưng không giới hạn phạm vi của sáng chế. Sáng chế được mô tả dựa vào các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 minh họa hoạt động của bộ giải mã âm thanh tăng cường HFR;

Fig.2 minh họa hoạt động của bộ dịch chuyển hòa âm sử dụng một số thứ tự;

Fig.3 minh họa hoạt động của bộ dịch chuyển hòa âm miền tần số (frequency domain - FD);

Fig.4 minh họa hoạt động của sáng chế sử dụng quy trình xử lý thành phần chéo;

Fig.5 minh họa quy trình xử lý trực tiếp theo kỹ thuật đã biết;

Fig.6 minh họa quy trình xử lý phi tuyến trực tiếp dải tần con đơn theo kỹ thuật đã biết;

Fig.7 minh họa các thành phần của quy trình xử lý thành phần chéo theo sáng chế;

Fig.8 minh họa hoạt động của khối xử lý thành phần chéo;

Fig.9 minh họa quy trình xử lý phi tuyến theo sáng chế được bao gồm trong mỗi hệ thống MISO trên Fig.8;

Các hình vẽ từ Fig.10 đến Fig.18 minh họa hiệu quả của sáng chế đối với quy trình dịch chuyển hòa âm các tín hiệu chu kỳ làm ví dụ;

Fig.19 minh họa độ phân giải tần số theo thời gian của quy trình biến đổi Fourier thời gian ngắn (STFT);

Fig.20 minh họa tiến trình theo thời gian làm ví dụ của hàm cửa sổ và quy trình biến đổi Fourier của nó được dùng trên khía cạnh tổng hợp;

Fig.21 minh họa quy trình STFT của tín hiệu đầu vào hình sin;

Fig.22 minh họa hàm cửa sổ và quy trình biến đổi Fourier của nó theo Fig.20 được dùng trên khía cạnh phân tích;

Các hình vẽ trên Fig.23 và Fig.24 minh họa việc xác định các dải tần con của khối lọc phân tích thích hợp cho phần tăng cường thành phần chéo của dải tần con của khối lọc tổng hợp;

Các hình vẽ trên Fig.25, Fig.26, và Fig.27 minh họa các kết quả thí nghiệm của phương pháp dịch chuyển hòa âm của thành phần trực tiếp và thành phần chéo;

Các hình vẽ trên Fig.28 và Fig.29 minh họa lần lượt các phương án của bộ mã hóa và bộ giải mã, nhờ sử dụng các sơ đồ dịch chuyển hòa âm tăng cường được nêu trong sáng chế; và

Fig.30 minh họa một phương án của bộ dịch chuyển minh họa trong các hình vẽ trên Fig.28 và Fig.29.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Các phương án mô tả dưới đây chỉ minh họa nguyên lý của sáng chế cho phương pháp được gọi là dịch chuyển hòa âm được tăng cường tích vectơ. Cần phải hiểu rằng các thay đổi và các biến thể của sáng chế và các phần chi tiết được mô tả ở đây là hiển nhiên đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Do đó, sáng chế chỉ bị giới hạn trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ độc lập và không bị giới hạn bởi phần mô tả của các phương án mô tả ở đây.

Fig.1 minh họa hoạt động của bộ giải mã âm thanh tăng cường HFR. Bộ giải mã âm thanh lõi 101 xuất ra tín hiệu âm thanh dải thông thấp, tín hiệu này được nạp vào bộ tăng tần suất lấy mẫu 104, bộ tăng tần suất lấy mẫu này có thể được yêu cầu để tạo ra giá trị góp đầu ra âm thanh cuối cùng có tốc độ lấy mẫu toàn phần mong muốn. Quy trình tăng tần suất lấy mẫu như vậy được yêu cầu cho các hệ thống tốc độ kép, trong đó bộ mã hóa/giải mã âm thanh lõi hạn chế dải tần đang hoạt động có tốc độ bằng một nửa tốc độ lấy mẫu âm thanh ngoài, còn phần HFR được xử lý ở tần số lấy mẫu toàn phần. Do đó, đối với hệ thống tốc độ đơn, bộ tăng tần suất lấy mẫu 104 được bỏ qua. Tín hiệu đầu ra dải thông thấp 101 cũng được gửi cho bộ dịch chuyển hoặc khối dịch chuyển 102, khối này xuất ra tín hiệu dịch chuyển, ví dụ tín hiệu bao gồm dải tần số cao mong muốn. Tín hiệu dịch chuyển này có thể được tạo hình dạng theo thời gian và tần số bởi bộ điều chỉnh đường bao 103. Tín hiệu đầu ra âm thanh cuối là tổng của tín hiệu lõi dải thông thấp và tín hiệu dịch chuyển được điều chỉnh đường bao.

Fig.2 minh họa hoạt động của bộ dịch chuyển hòa âm 201, bộ dịch chuyển hòa âm này tương ứng với bộ dịch chuyển 102 trên Fig.1, bao gồm một số bộ dịch chuyển có thứ tự dịch chuyển khác T . Tín hiệu cần dịch chuyển được chuyển đến đây các bộ

dịch chuyển riêng 201-2, 201-3, 201- $T_{\max}$ có các thứ tự dịch chuyển lần lượt là $r = 2, 3, \dots, r_{\max}$. Thông thường thứ tự dịch chuyển $T_{\max} = 3$ là đủ đối với hầu hết các ứng dụng mã hóa âm thanh. Các giá trị góp của các bộ dịch chuyển khác nhau 201-2, 201-3, ..., 201- $T_{\max}$ được cộng lại trong 202 để tạo ra tín hiệu đầu ra dịch chuyển kết hợp. Theo phương án thứ nhất, thao tác cộng này có thể bao gồm bước cộng các giá trị góp riêng. Theo phương án khác, các giá trị góp được lấy trọng số với các trọng số khác nhau, sao cho kết quả cộng nhiều giá trị góp với một số tần số được giảm nhẹ. Ví dụ, các giá trị góp thứ tự thứ ba có thể được cộng với độ khuếch đại nhỏ hơn so với các giá trị góp thứ tự thứ hai. Cuối cùng, khối cộng 202 có thể cộng gộp các giá trị góp đã chọn tùy thuộc vào tần số tín hiệu đầu ra. Ví dụ, thứ tự dịch chuyển thứ hai có thể được sử dụng cho dải tần số đích thấp hơn thứ nhất, và thứ tự dịch chuyển thứ ba có thể được sử dụng cho dải tần số đích cao hơn thứ hai.

Fig.3 minh họa hoạt động của bộ dịch chuyển hòa âm miền tần số (FD), như một trong số các khối riêng biệt 201, ví dụ như một trong các bộ dịch chuyển từ 201 đến T thứ tự dịch chuyển T . Khối lọc phân tích 301 xuất ra các dải tần con phức hợp được cấp cho bộ xử lý phi tuyến 302, bộ xử lý này sửa đổi pha và/hoặc biên độ của tín hiệu dải tần con theo thứ tự dịch chuyển T đã chọn. Các dải tần con sửa đổi được cấp cho khối khối lọc tổng hợp 303, khối này xuất ra tín hiệu trong miền thời gian dịch chuyển. Trong trường hợp nhiều bộ dịch chuyển song song có các thứ tự dịch chuyển khác nhau như được minh họa trên Fig.2, một số thao tác của khối lọc có thể được dùng chung giữa các bộ dịch chuyển khác nhau 201-2, 201-3, ..., 201- $T_{\max}$. Việc dùng chung các thao tác của khối lọc có thể được thực hiện để phân tích hoặc tổng hợp. Trong trường hợp dùng chung cho bộ tổng hợp 303, bước cộng 202 có thể được thực hiện trong miền dải tần con, có ví dụ, trước bước tổng hợp 303.

Fig.4 minh họa thao tác xử lý thành phần chéo 402 ngoài thao tác xử lý trực tiếp 401. Thao tác xử lý thành phần chéo 402 và thao tác xử lý trực tiếp 401 được thực hiện song song trong khối xử lý phi tuyến 302 của bộ dịch chuyển hòa âm miền tần số trên Fig.3. Các tín hiệu đầu ra dịch chuyển được kết hợp, ví dụ, được cộng, để tạo ra tín hiệu dịch chuyển được ghép. Việc kết hợp các tín hiệu đầu ra dịch chuyển này có thể bao gồm bước chồng các tín hiệu đầu ra dịch chuyển. Một cách tùy ý, bước cộng có lựa chọn các thành phần chéo có thể được thực hiện trong khi tính toán độ khuếch đại.

Fig.5 minh họa chi tiết hơn hoạt động của khối xử lý trực tiếp 401 trên Fig.4 trong bộ dịch chuyển hòa âm miền tần số trên Fig.3. Các khối một đầu vào một đầu ra (SISO - Single-input-single-output) 401-1,..., 401-n,..., 401-N ánh xạ mỗi dải tần con phân tích từ dải tần số nguồn vào dải tần con tổng hợp trong dải tần số đích. Theo Fig.5, dải tần con phân tích có chỉ số n được ánh xạ bởi khối SISO 401- n vào dải tần con tổng hợp có cùng chỉ số n . Lưu ý rằng dải tần số của dải tần con có chỉ số n trong khối lọc tổng hợp có thể thay đổi tùy thuộc vào phiên bản chính xác hoặc loại dịch chuyển hòa âm. Trong phiên bản hoặc loại dịch chuyển hòa âm được minh họa trên Fig.5, khoảng cách khối phân tích 301 là hệ số T nhỏ hơn hệ số của khối tổng hợp 303. Do đó, chỉ số n trong khối tổng hợp 303 tương ứng với tần số, tần số này lớn hơn T lần so với tần số của dải tần con có cùng chỉ số n trong khối phân tích 301. Ví dụ, dải tần con phân tích $[(n-1)\omega, n\omega]$ được dịch chuyển thành dải tần con tổng hợp $[(n-1)T\omega, nT\omega]$.

Fig.6 minh họa thao tác xử lý phi tuyến trực tiếp của dải tần con đơn được chứa trong mỗi trong số các khối SISO 401- n . Khối phi tuyến 601 thực hiện nhân pha của tín hiệu dải tần con phức hợp với một hệ số bằng thứ tự dịch chuyển T . Khối khuếch đại tùy chọn 602 sửa đổi biên độ của tín hiệu dải tần con được sửa đổi pha. Về mặt toán học, tín hiệu đầu ra y của khối SISO 401- n có thể được viết dưới dạng hàm số của tín hiệu đầu vào x với hệ thống SISO khối 401- n và hệ số khuếch đại g được biểu diễn như sau:

$$y = g \cdot v^T, \text{ trong đó } v = x/|x|^{1-1/T}. \quad (1)$$

biểu thức này cũng có thể được viết dưới dạng sau:

$$y = g \cdot |x| \cdot \left(\frac{x}{|x|} \right)^T.$$

Nói chung, pha của tín hiệu dải tần con phức hợp x được nhân với thứ tự dịch chuyển T và biên độ của tín hiệu dải tần con phức hợp x được sửa đổi bởi hệ số khuếch đại g .

Fig.7 minh họa các thành phần của quá trình xử lý thành phần chéo 402 đối với sự dịch chuyển hòa âm thứ tự T . Có $T-1$ khối xử lý thành phần chéo song song với nhau, 701-1,..., 701- r ,... 701- $(T-1)$, các tín hiệu đầu ra của chúng được cộng lại bằng bộ cộng 702 để tạo ra tín hiệu đầu ra kết hợp. Như đã nêu ở phần giới thiệu, đích để ánh xạ một cặp hình sin có các tần số $(\omega, \omega + \Omega)$ vào là một hình sin có tần số $(T-r)\omega + r(\omega +$

$\Omega) = T\omega + r\Omega$, trong đó biến số r thay đổi từ 1 tới $T-1$. Nói cách khác, hai dải tần con từ khối lọc phân tích 301 được ánh xạ tới một dải tần con của dải tần số cao. Với một giá trị cụ thể của r và một thứ tự dịch chuyển cho trước T , phép ánh xạ này được thực hiện trong khối xử lý thành phần chéo 701-r.

Fig.8 minh họa sự hoạt động của khối xử lý thành phần chéo 701-r đối với một giá trị không đổi $r = 1, 2, \dots, T-1$. Mỗi dải tần con của tín hiệu đầu ra 803 thu được trong khối một tín hiệu đầu vào nhiều tín hiệu đầu ra (MISO) 800-n từ hai dải tần con của tín hiệu đầu vào 801 và 802. Với dải tần con của tín hiệu đầu ra 803 có chỉ số n , hai tín hiệu đầu ra của khối MISO 800-n là các dải tần con $n - p_1$, 801, và $n + p_2$, 802, trong đó p_1 và p_2 là các giá trị dịch chỉ số nguyên dương, các giá trị dịch này tùy thuộc vào thứ tự dịch chuyển T , biến số r , và thông số độ cao tăng cường tích vector Ω . Quy ước đánh số dải tần con phân tích và tổng hợp được giữ nguyên như trên Fig 5, ví dụ., khoảng cách khối phân tích 301 là hệ số T nhỏ hơn hệ số của khối tổng hợp 303 và do đó các nhận xét ở trên được đưa ra đối với sự thay đổi của hệ số T vẫn thích đáng.

Liên quan đến việc sử dụng quá trình xử lý thành phần chéo, các nhận xét sau đây cần được cân nhắc. Đã biết là thông số độ cao Ω không có độ chính xác cao, và tất nhiên không có độ phân giải tần số tốt hơn độ phân giải tần số thu được bởi khối lọc phân tích 301. Thực tế, theo một số phương án của sáng chế, thông số độ cao tăng cường tích vector cơ sở Ω hoàn toàn không được đưa vào bộ giải mã. Thay vào đó, cặp giá trị dịch chỉ số nguyên (p_1, p_2) đã chọn được lựa chọn từ danh sách các ứng viên có thể có tiếp theo là tiêu chuẩn tối ưu hóa như tối đa hóa biên độ tín hiệu đầu ra tích vector, ví dụ, tối đa hóa năng lượng của tín hiệu đầu ra tích vector. Ví dụ, đối với các giá trị đã cho T và r , danh sách các ứng viên có thể có được xác định bởi biểu thức $(p_1, p_2) = (rl, (T-r)l), l \in L$, trong đó L là tập hợp số nguyên dương, có thể được sử dụng. Điều này được minh họa chi tiết hơn dưới đây ở phần nội dung biểu thức (11). Tất cả các số nguyên dương theo nguyên tắc OK là các ứng viên có thể có. Trong một số trường hợp thông tin độ cao có thể giúp để nhận dạng l nào để chọn làm giá trị dịch chỉ số thích hợp.

Ngoài ra, ngay cả khi quy trình xử lý tích vector làm ví dụ được minh họa trên Fig.8 đề xuất rằng các giá trị dịch chỉ số được áp dụng (p_1, p_2) là như nhau trong một

khoảng nhất định của các tín hiệu dải tần con đầu ra, như các dải tần con tổng hợp $(n-1)$, n và $(n+1)$ được bao gồm từ các dải tần con phân tích có khoảng cách không đổi p_1, p_2 , điều này không cần thiết trong trường hợp này. Trên thực tế, các giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) có thể khác nhau đối với mỗi và mọi dải tần con của tín hiệu đầu ra. Có ví dụ, đối với mỗi dải tần con n , các giá trị Ω khác nhau của thông số độ cao tăng cường tích vector có thể được lựa chọn.

Fig.9 minh họa quy trình xử lý phi tuyến có trong mỗi trong số các khối MISO 800-n. Phép toán tích 901 tạo ra tín hiệu dải tần con có pha bằng tổng có trọng số của các pha của hai tín hiệu dải tần con đầu vào phức và biên độ bằng giá trị trung bình tổng quát hóa của các biên độ của hai mẫu tín hiệu dải tần con đầu vào. Bộ khuếch đại tùy chọn 902 sửa đổi biên độ của các mẫu dải tần con sửa đổi pha. Về mặt toán học, tín hiệu đầu ra y có thể được viết dưới dạng hàm số của các tín hiệu đầu vào u_1 801 và u_2 802 cho khối MISO 800-n và hệ số khuếch đại g như sau,

$$y = g \cdot v_1^{T-r} v_2^r, \text{ trong đó } v_m = u_m / |u_m|^{1-1/T}, \text{ với } m = 1, 2. \quad (2)$$

Biểu thức này cũng có thể được viết là:

$$y = \mu(|u_1|, |u_2|) \cdot \left(\frac{u_1}{|u_1|} \right)^{T-r} \left(\frac{u_2}{|u_2|} \right)^r,$$

trong đó $\mu(|u_1|, |u_2|)$ là hàm số tạo ra biên độ. Nói chung, pha của tín hiệu dải tần con phức hợp u_1 được nhân với thứ tự dịch chuyển $T-r$ và pha của tín hiệu dải tần con phức hợp u_2 được nhân với thứ tự dịch chuyển r . Tổng của hai pha này được sử dụng làm pha của tín hiệu đầu ra y mà biên độ của nó thu được bởi hàm tạo ra biên độ. So sánh với biểu thức (2) hàm tạo ra biên độ được biểu diễn dưới dạng số trung bình nhân của các biên độ được sửa đổi bởi hệ số khuếch đại g , tức là $\mu(|u_1|, |u_2|) = g \cdot |u_1|^{1-r/T} |u_2|^{r/T}$. Việc chấp nhận hệ số khuếch đại phụ thuộc vào các tín hiệu đầu vào, điều này tất nhiên là bao gồm tất cả các khả năng.

Lưu ý rằng biểu thức (2) được tạo ra từ cặp hình sin có các tần số $(\omega, \omega + \Omega)$ sẽ được ánh xạ lên hình sin có tần số $T\omega + r\Omega$, tần số này cũng có thể được viết dưới dạng $(T-r)\omega + r(\omega + \Omega)$.

Trong phần tiếp theo, sự mô tả bằng toán học của phương pháp theo sáng chế sẽ được đề cập. Để đơn giản hóa, các tín hiệu theo thời gian liên tục được xem xét. Khối lọc tổng hợp 303 được giả định để đạt được sự tái tạo hoàn hảo từ khối lọc phân tích điều biến phức hợp tương ứng 301 có hàm cửa sổ đối xứng có giá trị thực hoặc bộ lọc nguyên mẫu $w(t)$. Khối lọc tổng hợp sẽ thường, nhưng không phải là luôn luôn, sử dụng cùng một cửa sổ trong quy trình tổng hợp. Quy trình điều biến được giả thiết là theo kiểu ngăn xếp chẵn, khoảng cách bước chuẩn hóa bằng một và khoảng cách tần số góc của các dải tần con tổng hợp đã chuẩn hóa bằng π . Do đó, tín hiệu đích $s(t)$ sẽ đạt được ở tín hiệu đầu ra của khối lọc tổng hợp nếu các tín hiệu dải tần con đầu vào khối lọc tổng hợp được xác định bởi các tín hiệu dải tần con tổng hợp $y_n(k)$,

$$y_n(k) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)w(t-k)\exp[-in\pi(t-k)]dt. \quad (3)$$

Lưu ý rằng biểu thức (3) là mô hình toán học theo thời gian liên tục được chuẩn hóa của các thao tác thông thường trong khối lọc phân tích dải tần con đã điều biến phức hợp, như quy trình biến đổi Fourier rời rạc (Discrete Fourier Transform - DFT) tạo cửa sổ, còn được gọi là quy trình biến đổi Fourier thời gian ngắn (STFT). Bằng cách sửa đổi một chút đối số của hàm số mũ phức có biểu thức (3), thu được các mô hình theo thời gian liên tục của khối lọc phản xạ đối xứng vuông góc (QMF - Quadrature Mirror Filterbank) được điều biến phức hợp (giả) và quy trình biến đổi cosin rời rạc sửa đổi phức hợp (complexified Modified Discrete Cosine Transform - CMDCT), còn được gọi là DFT tạo cửa sổ ngăn xếp lẻ. Chỉ số dải tần con n chạy qua tất cả các số nguyên không âm đối với trường hợp thời gian liên tục. Đối với trường hợp ngược lại là trong thời gian rời rạc, biến số thời gian T được lấy mẫu ở bước $1/N$, và chỉ số dải tần con n bị giới hạn bởi n , trong đó n là số lượng dải tần con trong khối lọc, giá trị này bằng khoảng cách bước thời gian rời rạc của khối lọc. Trong trường hợp thời gian rời rạc, hệ số chuẩn hóa liên quan đến n cũng được yêu cầu trong thao tác biến đổi nếu nó không được hợp nhất vào bước định tỷ lệ của cửa sổ.

Đối với tín hiệu có giá trị thực, có nhiều mẫu dải tần con phức hợp được xuất ra là các mẫu có giá trị thực được dùng cho mô hình khối lọc đã chọn. Do đó, có sự lấy mẫu quá tổng thể (hoặc dư thừa) theo hệ số hai. Các khối lọc có mức lấy mẫu vượt quá

cao hơn cũng có thể được sử dụng, nhưng việc lấy mẫu vượt quá được giữ ở mức nhỏ trong các phương án được mô tả sau đây để giải thích rõ.

Các bước chính liên quan đến sự phân tích khối lọc đã điều biến tương ứng với biểu thức (3) là bước tín hiệu được nhân với thời gian gần giữa cửa sổ $T = k$, và tín hiệu tạo cửa sổ kết quả được tạo tương quan với mỗi trong số các đường hình sin phức hợp $\exp[-in\pi(t - k)]$. Trong các phương án thực hiện theo thời gian rời rạc, sự tương quan này được thực hiện hiệu quả qua quy trình biến đổi Fourier nhanh. Các bước của thuật toán tương ứng đối với khối lọc tổng hợp là đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật, và bao gồm các thao tác điều biến tổng hợp, tạo cửa sổ tổng hợp, và thêm mức chồng.

Fig.19 minh họa vị trí theo thời gian và tần số tương ứng với thông tin được mang bởi mẫu dải tần con $y_n(k)$ đối với sự lựa chọn giá trị của chỉ số thời gian k và chỉ số dải tần con n . Ví dụ, mẫu dải tần con $y_5(4)$ được biểu diễn bởi hình chữ nhật sẫm 1901.

Đối với hình sin, $s(t) = A\cos(\omega t + \theta) = \text{Re}\{C\exp(i\omega t)\}$, các tín hiệu dải tần con (3) được dùng cho n đủ lớn có giá trị gần đúng nhất được xác định bởi

$$y_n(k) = Ce^{ik\omega} \int_{-\infty}^{\infty} w(t) \exp[-i(n\pi - \omega)t] dt = Ce^{ik\omega} \hat{w}(n\pi - \omega), \quad (4)$$

trong đó dấu mũ biểu thị phép biến đổi Fourier, ví dụ, $\hat{w}$ là phép biến đổi Fourier của hàm cửa sổ w .

Nói một cách chặt chẽ, biểu thức (4) chỉ đúng nếu cộng một số hạng với $-\omega$ thay vì Ω . Số hạng này được bỏ dựa trên giả định là tín hiệu đáp ứng tần số của cửa sổ suy giảm đủ nhanh, và tổng ω và n không gần bằng không.

Fig.20 minh họa hình dáng điển hình của cửa sổ w , 2001, và quy trình biến đổi Fourier $\hat{w}$, 2002 của nó.

Fig.21 minh họa quy trình phân tích hình sin đơn tương ứng với biểu thức (4). Các dải tần con, bị ảnh hưởng chủ yếu bởi hình sin ở tần số ω , là các dải tần con có chỉ số n sao cho $n\pi - \omega$ là nhỏ. Đối với ví dụ trên Fig.21, tần số $\omega = 6.25\pi$ như được minh họa bởi đường nét đứt nằm ngang 2101. Trong trường hợp đó, ba dải tần con có $n = 5, 6, 7$, được minh họa lần lượt bởi các ký hiệu tham chiếu 2102, 2103, 2104, chứa các tín hiệu dải tần con khác không quan trọng. Phần tô đen của ba dải tần con này phản ánh biên độ

tương đối của các tín hiệu hình sin phức hợp bên trong mỗi dải tần con thu được từ biểu thức (4). Phân tô mẫu sẫm hơn có ví dụ, biên độ cao hơn. Trong ví dụ cụ thể này, điều này có ví dụ, biên độ dải tần con 5, chẳng hạn, 2102, thấp hơn so với biên độ dải tần con 7, chẳng hạn, 2104, biên độ này lại thấp hơn biên độ dải tần con 6, chẳng hạn, 2103. Quan trọng là cần lưu ý rằng một số dải tần con khác không nói chung có thể là cần thiết để có thể tổng hợp hình sin chất lượng cao ở tín hiệu đầu ra của khối lọc tổng hợp, đặc biệt trong các trường hợp mà cửa sổ có hình dạng giống cửa sổ 2001 trên Fig.20, có khoảng thời gian tương đối ngắn và các búp sóng ở bên có nghĩa trong tần số.

Các tín hiệu dải tần con tổng hợp $y_n(k)$ cũng có thể được xác định dưới dạng kết quả của khối lọc phân tích 301 và quy trình xử lý phi tuyến, tức là bộ dịch chuyển hòa âm 302 được minh họa trên Fig.3. Về phía khối lọc phân tích, các tín hiệu dải tần con phân tích $x_n(k)$ có thể được biểu diễn dưới dạng hàm số của tín hiệu nguồn $z(t)$. Đối với thứ tự dịch chuyển T , khối lọc phân tích được điều biến phức, với cửa sổ $w_T(t)=w(t/T)/T$, khoảng cách bước bằng một, và bước được điều biến tần số, mà nhỏ hơn T lần so với bước tần số của khối tổng hợp, được áp dụng lên tín hiệu nguồn $z(t)$. Fig.22 minh họa hình dạng của cửa sổ được định tỷ lệ w_T 2201 và quy trình biến đổi Fourier $\hat{w}_T$ 2202 của nó. So với Fig.20, cửa sổ theo thời gian 2201 được kéo căng ra ngoài và tần số cửa sổ 2202 được nén lại.

Việc phân tích bằng khối lọc được sửa đổi làm tăng các tín hiệu dải tần con phân tích $x_n(k)$:

$$x_n(k) = \int_{-\infty}^{\infty} z(t)w_T(t-k)\exp\left[-i\frac{n\pi}{T}(t-k)\right]dt \quad (5)$$

Đối với hình sin, $z(t) = B\cos(\xi t + \phi) = \text{Re}\{D\exp(i\xi t)\}$, thấy rằng các tín hiệu dải tần con (5) dùng cho n đủ lớn có giá trị gần đúng nhất được xác định bởi

$$x_n(k) = D\exp(ik\xi)\hat{w}(n\pi - T\xi). \quad (6)$$

Do đó, bằng cách cấp các tín hiệu dải tần con cho bộ dịch chuyển hòa âm 302 và áp dụng quy tắc dịch chuyển trực tiếp từ (1) đến (6) tạo ra

$$\tilde{y}_n(k) = gD\left(\frac{D}{|D|}\right)^{T-1}\left(\frac{\hat{w}(n\pi - T\xi)}{|\hat{w}(n\pi - T\xi)|}\right)^{T-1} \cdot \exp(ikT\xi)\hat{w}(n\pi - T\xi). \quad (7)$$

Các tín hiệu dải tần con tổng hợp $y_n(k)$ được xác định bởi biểu thức (4) và các tín hiệu dải tần con phi tuyến thu được thông qua sự dịch chuyển hòa âm $\tilde{y}_n(k)$ được xác định bởi biểu thức (7) sẽ hợp nhau một cách lý tưởng.

Đối với các thứ tự dịch chuyển lẻ T , hệ số có tính đến ảnh hưởng của cửa sổ trong biểu thức (7) bằng một, vì quy trình biến đổi Fourier của cửa sổ được gán giá trị thực bằng cách giả định, và $T-1$ là một số chẵn. Do đó, biểu thức (7) có thể so khớp chính xác biểu thức (4) với $\Omega = T\xi$, đối với tất cả các dải tần con, sao cho tín hiệu đầu ra của khối lọc tổng hợp với các tín hiệu dải tần con đầu vào theo biểu thức (7) là hình sin có tần số $\omega = T\xi$, biên độ $A = gB$, và pha $\theta = T\varphi$, trong đó B và φ được xác định từ biểu thức:

$$D = B \exp(i\varphi), \text{ đại lượng này khi chèn tạo ra } gD \left(\frac{D}{|D|} \right)^{T-1} = gB \exp(iT\varphi). \text{ Do đó, đạt}$$

được sự dịch chuyển hòa âm có thứ tự T của tín hiệu nguồn hình sin $z(t)$.

Đối với T chẵn, việc so khớp gần đúng hơn, nhưng nó vẫn giữ trên phần giá trị dương của tín hiệu đáp ứng tần số của cửa sổ $\hat{w}$, mà được dùng cho cửa sổ có giá trị thực đối xứng bao gồm búp sóng chính quan trọng nhất. Điều này cũng có ví dụ, đối với các giá trị chẵn T , đạt được sự dịch chuyển hòa âm của tín hiệu nguồn hình sin $z(t)$. Trong trường hợp cụ thể của cửa sổ Gaussian, $\hat{w}$ luôn luôn dương và do đó, không có sự khác biệt về mặt hiệu suất đối với các thứ tự dịch chuyển chẵn và lẻ.

Tương tự biểu thức (6), sự phân tích tín hiệu hình sin có tần số $\xi + \Omega$, tức là tín hiệu nguồn hình sin $z(t) = B' \cos((\xi + \Omega)t + \varphi') = \text{Re}\{E \exp(i(\xi + \Omega)t)\}$, là

$$x'_n(k) = E \exp(ik(\xi + \Omega)) \hat{w}(n\pi - T(\xi + \Omega)). \quad (8)$$

Do đó, việc nạp hai tín hiệu dải tần con $u_1 = x_{n-p_1}(k)$, tương ứng với tín hiệu 801 trên Fig.8, và $u_2 = x'_{n+p_2}(k)$, tương ứng với tín hiệu 802 trên Fig.8, vào quy trình xử lý tích vector 800-n được minh họa trên Fig.8 và áp dụng biểu thức tích vector (2) để tạo ra tín hiệu dải tần con đầu ra 803

$$\tilde{y}_n(k) = g \exp[ik(T\xi + r\Omega)]M(n, \xi), \quad (9)$$

Trong đó

$$M(n, \xi) = \frac{D^{T-r} E^r}{|D^{T-r} E^r|^{1-1/T}} \frac{\hat{w}((n-p_1)\pi - T\xi)^{T-r} \hat{w}((n+p_2)\pi - T(\xi + \Omega))^r}{|\hat{w}((n-p_1)\pi - T\xi)^{T-r} \hat{w}((n+p_2)\pi - T(\xi + \Omega))^r|^{1-1/T}}. \quad (10)$$

Từ biểu thức (9) có thể thấy rằng phép khai căn pha của tín hiệu dải tần con đầu ra 803 của hệ thống MISO 800-n tiếp đến phép khai căn pha của quy trình phân tích hình sin tần số $T\xi + r\Omega$. Quy trình này giữ một cách độc lập sự lựa chọn các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 . Trên thực tế, nếu tín hiệu dải tần con (9) được nạp vào kênh dải tần con n tương ứng với tần số $T\xi + r\Omega$, tức là nếu $n\pi \approx T\xi + r\Omega$, thì tín hiệu đầu ra sẽ là giá trị góp vào quy trình tạo ra tín hiệu hình sin có tần số $T\xi + r\Omega$. Tuy nhiên, có lợi hơn nếu đảm bảo rằng mỗi giá trị góp có nghĩa, và các giá trị góp được cộng lại theo kiểu có lợi. Các khía cạnh này sẽ được mô tả dưới đây.

Dựa vào thông số độ cao tăng cường tích vector Ω , các lựa chọn thích hợp cho các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 có thể được suy ra theo thứ tự cho biên độ phức hợp $M(n, \xi)$ của biểu thức (10) gần bằng $\hat{w}(n\pi - (T\xi + r\Omega))$ đối với dải tần con n , trong trường hợp đó tín hiệu đầu ra cuối cùng sẽ gần bằng tín hiệu hình sin có tần số $T\xi + r\Omega$. Đầu tiên xem xét các búp sóng chính trên cả ba giá trị $(n-p_1)\pi - T\xi$, $(n+p_2)\pi - T(\xi + \Omega)$, $n\pi - (T\xi + r\Omega)$ đều là các giá trị nhỏ, điều này dẫn đến đẳng thức gần đúng

$$p_1 \approx r \frac{\Omega}{\pi} \text{ và } p_2 \approx (T-r) \frac{\Omega}{\pi}. \quad (11)$$

Điều này có ví dụ, khi biết thông số độ cao tăng cường tích vector Ω , các giá trị dịch chỉ số có thể được tính gần đúng bởi biểu thức (11), nhờ đó cho phép lựa chọn đơn giản các dải tần con phân tích. Việc phân tích kỹ hơn sự hiệu quả của việc lựa chọn các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 theo biểu thức (11) trên biên độ của thông số $M(n, \xi)$ theo biểu thức (10) có thể được thực hiện đối với các trường hợp đặc biệt quan trọng của các hàm cửa sổ $w(t)$ như cửa sổ Gaussian và cửa sổ hình sin. Đã thấy rằng giá trị gần đúng mong muốn $w[n\pi - (T\xi + r\Omega)]$ là rất tốt đối một số dải tần con với $n\pi \approx T\xi + r\Omega$.

Lưu ý rằng hệ thức (11) được điều chỉnh theo tình huống làm ví dụ trong đó khối lọc phân tích 301 có khoảng cách dải tần con tần số góc bằng π/T . Trong trường hợp chung, sự diễn giải chung của hệ thức (11) là ở chỗ giá trị khoảng cách nguồn thành phần chéo $p_1 + p_2$ là số nguyên gần bằng tần số gốc cơ sở Ω , được đo theo các đơn vị bằng khoảng cách dải tần con của khối lọc phân tích, và cặp giá trị (p_1, p_2) được chọn là bội số $(r, T-r)$.

Để xác định cặp giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) trong bộ giải mã, các chế độ sau có thể được sử dụng:

1. Giá trị Ω có thể được suy ra trong quy trình mã hóa và được truyền một cách rõ ràng đến bộ giải mã với độ chính xác đủ để thu được các giá trị nguyên p_1 và p_2 nhờ thủ tục làm tròn thích hợp, thủ tục này có thể theo các nguyên tắc

o $p_1 + p_2$ gần bằng $\Omega/A\omega$, trong đó $A\omega$ là khoảng cách tần số góc của khối lọc phân tích; và

o p_1 / p_2 được chọn gần bằng $r/(T-r)$.

2. Đối với mỗi mẫu dải tần con đích, cặp giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) có thể được suy ra trong bộ giải mã từ danh sách trị số ứng viên định trước như

$(p_1, p_2) = (rl, (T-r)l), l \in L, r \in \{1, 2, \dots, T-1\}$, trong đó l là danh sách số nguyên dương.

Việc lựa chọn có thể được dựa trên việc tối ưu hóa biên độ tín hiệu đầu ra thành phần chéo, ví dụ, cực đại hóa năng lượng của tín hiệu đầu ra thành phần chéo.

3. Đối với mỗi mẫu dải tần con đích, cặp giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) có thể được suy ra từ danh sách trị số ứng viên rút gọn bằng cách tối ưu hóa biên độ tín hiệu đầu ra thành phần chéo, trong đó danh sách trị số ứng viên rút gọn được suy ra từ quy trình mã hóa và được truyền cho bộ giải mã.

Lưu ý rằng quy trình sửa đổi pha các tín hiệu dải tần con u_1 và u_2 được thực hiện lần lượt với trọng số $(T-r)$ và r , nhưng khoảng cách chỉ số dải tần con p_1 và p_2 được chọn lần lượt tỷ lệ với r và $(T-r)$. Như vậy, dải tần con gần dải tần con tổng hợp n nhất nhận giá trị sửa đổi pha nhiều nhất.

Phương pháp có lợi đối với thủ tục tối ưu hóa cho các chế độ 2 và 3 nêu trên có thể xem xét quy trình tối ưu hóa lớn nhất - nhỏ nhất:

$$\max \left\{ \min \left\{ |x_{n-p_1}(k)|, |x_{n+p_2}(k)| \right\} : (p_1, p_2) = (rl, (T-r)l), l \in L, r \in \{1, 2, \dots, T-1\} \right\}, \quad (12)$$

và để sử dụng cặp giá trị thu được cùng với giá trị r tương ứng của nó để tạo ra giá trị góp tích vector cho chỉ số dải tần con đích đã cho n . Trong các chế độ định hướng tìm kiếm của bộ giải mã 2 và một phần chế độ 3, việc bổ sung các thành phần chéo với các giá trị r khác nhau, tốt hơn là, được thực hiện độc lập, vì có thể có sự rủi ro khi thêm nội dung vào cùng một dải tần con ở một số thời điểm. Nói cách khác, nếu tần số gốc Ω được sử dụng để lựa chọn các dải tần con như theo chế độ 1 hoặc nếu chỉ một dải khoảng cách chỉ số các dải tần con hẹp được chấp nhận là giá trị có thể được sử dụng trong trường hợp chế độ 2, thì có thể tránh được việc thêm nội dung vào cùng một dải tần con ở một số thời điểm.

Hơn nữa, lưu ý rằng đối với các sơ đồ xử lý thành phần chéo theo các phương án nêu trên, quy trình sửa đổi của bộ giải mã bổ sung để khuếch đại tích vector g có thể có lợi. Ví dụ, dựa vào các tín hiệu dải tần con đầu vào u_1, u_2 của khối MISO có các tích vector được xác định bởi biểu thức (2) và tín hiệu dải tần con đầu vào x của khối SISO dịch chuyển được xác định bởi biểu thức (1). Nếu tất cả các tín hiệu này được dùng để cung cấp cho cùng một dải tần con đầu ra tổng hợp như được minh họa trên Fig.4, trong đó quy trình xử lý trực tiếp 401 và quy trình xử lý tích vector 402 tạo ra các thành phần cho cùng một dải tần con đầu ra tổng hợp, thì có thể mong muốn thiết lập độ khuếch đại tích vector g bằng không, tức là bộ khuếch đại 902 trên Fig.9, nếu

$$\min(|u_1|, |u_2|) < q|x|, \quad (13)$$

đối với ngưỡng định trước $q > 1$. Nói cách khác, việc bổ sung tích vector chỉ được thực hiện nếu biên độ tín hiệu dải tần con đầu vào của thành phần trực tiếp $|x|$ nhỏ so với cả hai thành phần tín hiệu vào của tích vector. Trong bối cảnh này, x là mẫu dải tần con phân tích để xử lý thành phần trực tiếp làm cho tín hiệu đầu ra ở cùng một dải tần con tổng hợp dưới dạng tích vector đang cân nhắc. Việc này có thể được phòng ngừa để không tăng thêm thành phần hòa âm đã hoàn toàn được thực hiện bởi sự dịch chuyển trực tiếp.

Trong phần tiếp theo, phương pháp dịch chuyển hòa âm của sóng chế sẽ được mô tả với các cấu hình phổ làm ví dụ để minh họa các phần tăng cường theo kỹ thuật đã biết. Fig.10 minh họa hiệu quả của sự dịch chuyển hòa âm trực tiếp có thứ tự $T = 2$. Biểu đồ phía trên 1001 minh họa các thành phần tần số cục bộ của tín hiệu gốc bằng các

mũi tên thẳng đứng được bố trí ở các bội số của tần số gốc Ω . Biểu đồ này minh họa tín hiệu nguồn, cụ thể là ở phía bộ giải mã. Biểu đồ 1001 được phân chia thành dải tần số nguồn bên trái có các thành phần tần số $\Omega, 2\Omega, 3\Omega, 4\Omega, 5\Omega$ và dải tần số đích bên phải các tần số $6\Omega, 7\Omega, 8\Omega$. Dải tần số nguồn sẽ thường được mã hóa và được truyền đến bộ giải mã. Mặt khác, dải tần số đích bên phải, bao gồm các thành phần $6\Omega, 7\Omega, 8\Omega$ cao hơn tần số chéo 1005 của phương pháp HFR, sẽ thường không được truyền đến bộ giải mã. Mục đích của phương pháp dịch chuyển hòa âm là tái tạo dải tần số đích cao hơn tần số chéo 1005 của tín hiệu nguồn từ dải tần số nguồn. Vì vậy, dải tần số đích, và nhất là các thành phần $6\Omega, 7\Omega, 8\Omega$ trong biểu đồ 1001 không có sẵn làm tín hiệu đầu vào của bộ dịch chuyển.

Như đã nêu trên, mục đích của phương pháp dịch chuyển hòa âm là tái tạo các thành phần tín hiệu $6\Omega, 7\Omega, 8\Omega$ của tín hiệu nguồn từ các thành phần tần số có sẵn trong dải tần số nguồn. Biểu đồ phía dưới 1002 minh họa tín hiệu đầu ra của bộ dịch chuyển trong dải tần số đích bên phải. Bộ dịch chuyển này có thể được bố trí ở phía bộ giải mã chẳng hạn. Các thành phần cục bộ ở các tần số 6Ω và 8Ω được tái tạo từ các thành phần cục bộ ở các tần số 3Ω và 4Ω bằng cách dịch chuyển hòa âm sử dụng thứ tự dịch chuyển $T = 2$. Là kết quả của hiệu ứng kéo dẫn phổ của quy trình dịch chuyển hòa âm, được minh họa trên hình vẽ bởi các mũi tên đứt 1003 và 1004, thành phần cục bộ đích ở 7Ω bị mất. Thành phần cục bộ đích ở 7Ω này có thể không được tạo ra nhờ sử dụng phương pháp dịch chuyển hòa âm theo kỹ thuật cũ.

Fig.11 minh họa hiệu quả của sự dịch chuyển hòa âm tín hiệu có chu kỳ theo sáng chế trong trường hợp mà bộ dịch chuyển hòa âm thứ tự thứ hai được tăng cường bởi một thành phần chéo, ví dụ, $T = 2$ và $r = 1$. Như đã nêu trong nội dung trên Fig.10, bộ dịch chuyển được dùng để tạo ra các thành phần cục bộ $6\Omega, 7\Omega, 8\Omega$ trong dải tần số đích cao hơn tần số chéo 1105 trong biểu đồ phía dưới 1102 từ các thành phần $\Omega, 2\Omega, 3\Omega, 4\Omega, 5\Omega$ trong dải tần số nguồn thấp hơn tần số chéo 1105 của biểu đồ 1101. Ngoài tín hiệu đầu ra của bộ dịch chuyển theo kỹ thuật đã biết trên Fig.10, thành phần tần số cục bộ ở 7Ω được tái tạo từ tổ hợp của các thành phần cục bộ nguồn ở 3Ω và 4Ω . Hiệu quả của việc bổ sung tích vectơ được minh họa bằng các mũi tên đứt 1103 và 1104. Trong các số hạng của các biểu thức, ta có $\omega = 3\Omega$ và do đó

$(T-r)\omega + r(\omega + \Omega) = T\omega + r\Omega = 6\Omega + \Omega = 7\Omega$. Như có thể thấy từ ví dụ này, tất cả các thành phần đích có thể được tái tạo bằng cách sử dụng phương pháp HFR theo sáng chế đã nêu trong bản mô tả này.

Fig.12 minh họa phương án thực hiện có thể có của bộ dịch chuyển hòa âm thứ tự thứ hai theo kỹ thuật đã biết trong khối lọc đã điều biến cho cấu hình phổ trên Fig.10. Các tín hiệu đáp tần số đúng quy cách của các dải tần con của khối lọc phân tích được minh họa bằng các đường nét đứt, cụ thể là các ký hiệu tham chiếu 1206, trong biểu đồ phía trên 1201. Các dải tần con được liệt kê bằng chỉ số dải tần con, các chỉ số 5, 10 và 15 của chúng được minh họa trên Fig.12. Đối với ví dụ đã cho, tần số gốc Ω bằng 3,5 lần khoảng cách dải tần con phân tích. Điều này được minh họa trên thực tế là thành phần cục bộ Ω trong biểu đồ 1201 được bố trí giữa hai dải tần con có chỉ số dải tần con 3 và 4. Thành phần cục bộ 2Ω được bố trí giữa dải tần con có chỉ số dải tần con 7 và v.v.

Biểu đồ phía dưới 1202 minh họa các thành phần cục bộ được tái tạo 6Ω và 8Ω chồng lên các tín hiệu đáp tần số đúng quy cách, chẳng hạn, dấu chỉ dẫn 1207, của các dải tần con khối lọc tổng hợp được chọn. Như đã nêu trên, các dải tần con này có $T=2$ lần khoảng cách tần số thô. Do đó, các tín hiệu đáp ứng tần số cũng được định tỷ lệ bởi hệ số $T=2$. Như đã nêu trên, phương pháp xử lý thành phần trực tiếp theo kỹ thuật đã biết sửa đổi pha của mỗi dải tần con phân tích, tức là của mỗi dải tần con thấp hơn tần số chéo 1205 trong biểu đồ 1201, bởi hệ số $T=2$ và ánh xạ kết quả vào dải tần con tổng hợp với cùng một chỉ số, ví dụ, dải tần con cao hơn tần số chéo 1205 trong biểu đồ 1202. Việc này được tượng trưng trên Fig.12 bằng các mũi tên chéo đứt, tức là các mũi tên 1208 đối với dải tần con phân tích 1206 và dải tần con tổng hợp 1207. Kết quả của quy trình xử lý thành phần trực tiếp này đối với các dải tần con có các chỉ số dải tần con từ 9 đến 16 từ dải tần con phân tích 1201 là quy trình tái tạo của hai thành phần đích ở các tần số 6Ω và 8Ω trong dải tần con tổng hợp 1202 từ các thành phần nguồn ở các tần số 3Ω và 4Ω . Như có thể thấy từ Fig.12, giá trị góp chính cho thành phần đích 6Ω đến từ các dải tần con với các chỉ số dải tần con 10 và 11, ví dụ, các ký hiệu tham chiếu 1209 và 1210, và giá trị góp chính cho thành phần cục bộ đích 8Ω đến từ dải tần con với chỉ số dải tần con 14, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1211.

Fig.13 minh họa phương án thực hiện có thể có của bước xử lý thành phần chéo bổ sung trong khối lọc đã điều biến trên Fig.12. Bước xử lý thành phần chéo tương ứng với bước đã được mô tả đối với các tín hiệu chu kỳ với tần số gốc Ω liên quan đến Fig.11. Biểu đồ phía trên 1301 minh họa các dải tần con phân tích, mà dải tần số nguồn của nó sẽ được dịch chuyển vào dải tần số đích của các dải tần con tổng hợp trong biểu đồ phía dưới 1302. Trường hợp cụ thể của quy trình tạo ra các dải tần con tổng hợp 1315 và 1316, các dải tần con này bao quanh thành phần cực bộ 7Ω , từ các dải tần con phân tích được xem xét. Đối với thứ tự dịch chuyển $T = 2$, giá trị có thể có $r = 1$ có thể được chọn. Lựa chọn danh sách các giá trị ứng viên (p_1, p_2) dưới dạng bội số của $(r, T-r) = (1,1)$ $(r, T-r) = (1,1)$ sao cho $p_1 + p_2$ gần bằng $\frac{\Omega}{\Delta\omega} = \frac{\Omega}{(\Omega/3.5)} = 3.5$, ví dụ, tần số gốc Ω trong các đơn vị của khoảng cách dải tần con phân tích, dẫn đến lựa chọn $p_1 = p_2 = 2$. Như đã nêu trên Fig.8, dải tần con tổng hợp với chỉ số dải tần con n có thể được tạo ra từ tích thành phần chéo của các dải tần con phân tích với chỉ số dải tần con $(n-p_1)$ và $(n+p_2)$. Vì vậy, đối với dải tần con tổng hợp với chỉ số dải tần con 12, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1315, tích vector được tạo ra từ các dải tần con phân tích với chỉ số dải tần con $(n-p_1) = 12-2 = 10$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1311, và $(n+p_2) = 12+2 = 14$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1313. Với dải tần con tổng hợp với chỉ số dải tần con 13, tích vector được tạo ra từ các dải tần con phân tích với chỉ số $(n-p_1) = 13-2 = 11$, tức là ký hiệu tham chiếu 1312, và $(n+p_2) = 13+2 = 15$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1314. Quy trình tạo ra tích vector này lần lượt được tượng trưng hóa bởi các cặp mũi tên nét đứt/nét chấm gạch chéo, tức là các cặp ký hiệu tham chiếu 1308, 1309 và 1306, 1307.

Như có thể thấy từ Fig.13, thành phần cực bộ 7Ω chủ yếu được bố trí bên trong dải tần con 1315 có chỉ số 12 và chỉ là thành phần phụ trong dải tần con 1316 có chỉ số 13. Vì vậy, đối với các tín hiệu đáp của bộ lọc thực hơn, sẽ có nhiều thành phần trực tiếp và/hoặc chéo xung quanh dải tần con tổng hợp 1315 có chỉ số 12, chúng được bổ sung một cách có lợi vào thành phần tổng hợp hình sin chất lượng cao ở tần số $(T-r)\omega + r(\omega + \Omega) = T\omega + r\Omega = 6\Omega + \Omega = 7\Omega$ so với các thành phần xung quanh dải tần con tổng hợp 1316 có chỉ số 13. Hơn nữa, như được nhấn mạnh trong nội dung của biểu thức (13), giá trị bổ sung mờ của tất cả các thành phần chéo với $p_1 = p_2 = 2$ có thể gây ra các thành

phần tín hiệu không mong muốn đối với các tín hiệu đầu vào có ít tính chu kỳ và trừu tượng hơn. Vì vậy, hiện tượng các thành phần tín hiệu không mong muốn này có thể đòi hỏi việc ứng dụng quy tắc hủy bỏ tích vector thích ứng như là quy tắc được đưa ra bởi biểu thức (13).

Fig.14 minh họa hiệu quả của quy trình dịch chuyển hòa âm theo kỹ thuật đã biết có thứ tự $T = 3$. Biểu đồ phía trên 1401 minh họa các thành phần tần số cục bộ của tín hiệu gốc bởi các mũi tên thẳng được bố trí ở các bội số của tần số gốc Ω . Các thành phần cục bộ $6\Omega, 7\Omega, 8\Omega, 9\Omega$ trong khoảng đích cao hơn tần số chéo 1405 của phương pháp HFR và do đó không có sẵn làm tín hiệu đầu vào bộ dịch chuyển. Mục đích của quy trình dịch chuyển hòa âm là tái tạo các thành phần tín hiệu như vậy từ tín hiệu trong khoảng nguồn. Biểu đồ phía dưới 1402 minh họa tín hiệu đầu ra của bộ dịch chuyển trong dải tần số đích. Các thành phần cục bộ ở các tần số 6Ω , ví dụ ký hiệu tham chiếu 1407, và 9Ω , ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1410, đã được tái tạo từ các thành phần ở các tần số 2Ω , ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1406, và 3Ω , ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1409. Do đó đối với hiệu quả kéo dẫn phổ của quy trình dịch chuyển hòa âm, được minh họa ở đây bằng các mũi tên đứt 1408 và 1411, các thành phần cục bộ đích ở 7Ω và 8Ω bị mất.

Fig.15 minh họa hiệu quả của quy trình dịch chuyển hòa âm tín hiệu có chu kỳ theo sáng chế trong trường hợp bộ dịch chuyển hòa âm thứ tự ba được tăng cường bởi việc bổ sung hai thành phần chéo khác nhau, ví dụ, $T = 3$ và $r = 1, 2$. Ngoài tín hiệu đầu ra của bộ dịch chuyển theo kỹ thuật đã biết trên Fig.14, thành phần tần số cục bộ 1508 ở 7Ω được tái tạo bởi thành phần chéo đối với $r = 1$ từ tổ hợp của các thành phần nguồn 1506 ở 2Ω và 1507 ở 3Ω . Hiệu quả của việc bổ sung tích vector được minh họa bằng các mũi tên đứt 1510 và 1511. Trong các số hạng của các biểu thức, ta có với $\Omega = 2\Omega$, $(T - r)\omega + r(\omega + \Omega) = T\omega + r\Omega = 6\Omega + \Omega = 7\Omega$. Tương tự, thành phần tần số cục bộ 1509 ở 8Ω được tái tạo bởi thành phần chéo đối với $r = 2$. Thành phần tần số cục bộ 1509 này trong khoảng đích của biểu đồ phía dưới 1502 được tạo ra từ các thành phần tần số cục bộ 1506 ở 2Ω và 1507 ở 3Ω trong dải tần số nguồn của biểu đồ phía trên 1501. Việc tạo ra tích thành phần chéo được minh họa bằng các mũi tên 1512 và 1513. Trong các số hạng của các biểu thức, ta có $(T - r)\omega + r(\omega + \Omega) = T\omega + r\Omega = 6\Omega + 2\Omega = 8\Omega$. Như có thể thấy, tất cả các thành phần cục bộ đích có thể được tái tạo bằng cách sử dụng phương pháp HFR theo sáng chế đã được mô tả trong sáng chế này.

Fig.16 minh họa phương án thực hiện có thể có của bộ dịch chuyển hòa âm thứ tự ba theo kỹ thuật cũ trong khối lọc đã điều biến đối với trường hợp phổ trên Fig.14. Các tín hiệu đáp ứng tần số đúng quy cách của các dải tần con trong khối lọc phân tích được minh họa bằng các đường đứt trong biểu đồ phía trên 1601. Các dải tần con được liệt kê bằng các chỉ số dải tần con từ 1 đến 17 mà các dải tần con của nó 1606, có chỉ số 7, 1607, có chỉ số 10 và 1608, có chỉ số 11, được tham chiếu theo cách thức được nêu ví dụ. Đối với ví dụ đã cho, tần số gốc Ω bằng 3,5 lần khoảng cách dải tần con phân tích $A\omega$. Biểu đồ phía dưới 1602 minh họa tần số cục bộ tái tạo chồng lên các tín hiệu đáp ứng tần số đúng quy cách của các dải tần con có khối lọc tổng hợp được chọn. Ví dụ như, các dải tần con 1609, với chỉ số dải tần con 7, các dải tần con 1610, với chỉ số dải tần con 10 và các dải tần con 1611, với chỉ số dải tần con 11 được tham chiếu. Như được mô tả ở trên, các dải tần con này có $T = 3$ lần khoảng cách tần số thô $A\omega$. Do đó, các tín hiệu đáp ứng tần số còn được định tỷ lệ phù hợp.

Quy trình xử lý thành phần trực tiếp theo kỹ thuật đã biết sửa đổi pha của các tín hiệu dải tần con bởi hệ số $T = 3$ đối với mỗi dải tần con phân tích và ánh xạ kết quả vào dải tần con tổng hợp với cùng một chỉ số, như được tượng trưng hóa bằng các mũi tên chéo chấm gạch. Kết quả của quy trình xử lý thành phần trực tiếp này đối với các dải tần con từ 6 đến 11 là sự tái tạo của hai tần số cục bộ đích 6Ω và 9Ω từ các thành phần cục bộ nguồn ở các tần số 2Ω và 3Ω . Như có thể thấy từ Fig.16, giá trị góp chính cho thành phần cục bộ đích 6Ω đến từ dải tần con có chỉ số 7, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1606, và các giá trị góp chính cho thành phần cục bộ đích 9Ω đến từ các dải tần con lần lượt có chỉ số 10 và 11, ví dụ, các ký hiệu tham chiếu 1607 và 1608.

Fig.17 minh họa phương án thực hiện có thể có của bước xử lý thành phần chéo bổ sung đối với $r = 1$ trong khối lọc đã điều biến trên Fig.16 dẫn đến việc tái tạo ở 7Ω . Như đã nêu trong trên Fig.8, các giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) có thể được chọn dưới dạng bội số của $(r, T - r) = (1, 2)$, sao cho $p_1 + p_2$ gần bằng 3,5, ví dụ, tần số gốc Ω trong các đơn vị của khoảng cách dải tần con phân tích $A\omega$. Nói cách khác, khoảng cách tương đối, ví dụ, khoảng cách trên trục tần số được chia ra bởi khoảng cách dải tần con phân tích $A\omega$, giữa hai dải tần con phân tích góp phần dải tần con tổng hợp sẽ được tạo ra, sẽ gần bằng nhất với tần số gốc tương đối, ví dụ, tần số gốc Ω được chia ra bởi khoảng

cách dải tần con phân tích $A\omega$. Điều này cũng được biểu diễn bởi các biểu thức (11) và dẫn đến lựa chọn $p_1 = 1, p_2 = 2$.

Như được minh họa trên Fig.17, dải tần con tổng hợp có chỉ số 8, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1710, thu được từ tích vector được tạo ra từ các dải tần con phân tích có chỉ số $(n - p_1) = 8 - 1 = 7$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1706, và $(n + p_2) = 8 + 2 = 10$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1708. Với dải tần con tổng hợp có chỉ số 9, tích vector được tạo ra từ các dải tần con phân tích có chỉ số $(n - p_1) = 9 - 1 = 8$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1707, và $(n + p_2) = 9 + 2 = 11$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1709. Quá trình tạo ra các tích vector này được chỉ dẫn lần lượt bởi các cặp mũi tên chéo nét đứt/nét chấm gạch, ví dụ, các cặp mũi tên 1712, 1713 và 1714, 1715. Có thể thấy từ Fig.17, tần số cục bộ 7Ω được bố trí nổi bật hơn trong dải tần con 1710 so với trong dải tần con 1711. Vì vậy, có thể xảy ra là đối với các tín hiệu đáp của bộ lọc thực hơn, sẽ có nhiều hơn các thành phần chéo xung quanh dải tần con tổng hợp có chỉ số 8, ví dụ, dải tần con 1710, chúng bổ sung có lợi vào sự tổng hợp hình sin chất lượng cao ở tần số $(T - r)\omega + r(\omega + \Omega) = T\omega + r\Omega = 6\Omega + \Omega = 7\Omega$.

Fig.18 minh họa phương án thực hiện có thể có của bước xử lý thành phần chéo bổ sung cho $r = 2$ trong khối lọc đã điều biến trên Fig.16 dẫn đến việc tái tạo tần số cục bộ ở 8Ω . Các giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) có thể được chọn làm bội số $(r, T - r) = (2, 1)$, sao cho $p_1 + p_2$ gần bằng 3,5, ví dụ, tần số gốc Ω trong các đơn vị của khoảng cách dải tần con phân tích $A\omega$. Điều này dẫn đến lựa chọn $p_1 = 2, p_2 = 1$. Như được minh họa trên Fig.18, dải tần con tổng hợp có chỉ số 9, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1810, thu được từ tích vector được tạo ra từ các dải tần con phân tích có chỉ số $(n - p_1) = 9 - 2 = 7$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1806, và $(n + p_2) = 9 + 1 = 10$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1808. Với dải tần con tổng hợp có chỉ số 10, tích vector được tạo ra từ các dải tần con phân tích có chỉ số $(n - p_1) = 10 - 2 = 8$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1807, và $(n + p_2) = 10 + 1 = 11$, ví dụ, ký hiệu tham chiếu 1809. Quá trình tạo ra các tích vector này được chỉ dẫn bởi các cặp mũi tên chéo nét đứt/nét chấm gạch, ví dụ, lần lượt các cặp mũi tên 1812, 1813 và 1814, 1815. Có thể thấy từ Fig.18 rằng tần số cục bộ 8Ω được bố trí nổi bật hơn một chút trong dải tần con 1810 so với trong dải tần con 1811. Vì vậy, có thể xảy ra đối với các tín hiệu đáp ứng của bộ lọc thực hơn, sẽ có nhiều hơn các thành phần trực tiếp và/hoặc

chéo xung quanh dải tần con tổng hợp có chỉ số 9, ví dụ, dải tần con 1810, các thành phần này bổ sung một cách có lợi vào quy trình tổng hợp của hình sin chất lượng cao ở tần số $(T-r)\omega + r(\omega + \Omega) = T\omega + r\Omega = 6\Omega + \Omega = 7\Omega$.

Trong phần tiếp theo, như được thể hiện trên Fig.23 và Fig.24 minh họa thủ tục lựa chọn dựa trên sự tối ưu hóa lớn nhất - nhỏ nhất (12) đối với cặp giá trị dịch chỉ số (p_1, p_2) và r theo quy tắc này để $T = 3$. Chỉ số dải tần con đích được chọn $n = 18$ và biểu đồ phía trên đưa ra một ví dụ của biên độ của tín hiệu dải tần con đối với chỉ số thời gian đã cho. Danh sách các số nguyên dương được đưa ra ở đây bởi bảy giá trị $L = \{2, 3, \dots, 8\}$.

Fig.23 minh họa việc tìm kiếm các ứng viên với $r = 1$. Dải tần con đích hoặc tổng hợp được minh họa với chỉ số $n = 18$. Đường nét đứt 2301 làm nổi bật dải tần con với chỉ số $n = 18$ trong khoảng dải tần con phân tích phía trên và khoảng dải tần con tổng hợp phía dưới. Các cặp giá trị dịch chuyển chỉ số có thể có là $(p_1, p_2) = \{(2, 4), (3, 6), \dots, (8, 16)\}$, lần lượt cho $l = 2, 3, \dots, 8$, và các cặp chỉ số mẫu biên độ dải tần con phân tích tương ứng, ví dụ, danh sách các cặp chỉ số dải tần con được xem xét để xác định thành phần chéo tối ưu, là $\{(16, 22), (15, 24), \dots, (10, 34)\}$. Tập hợp các mũi tên minh họa các cặp được xem xét. Ví dụ như, cặp $(15, 24)$ biểu thị bởi các ký hiệu tham chiếu 2302 và 2303 được minh họa. Việc đánh giá tối thiểu các cặp biên độ này xác định danh sách $(0, 4, 1, 0, 0, 0, 0)$ của các biên độ nhỏ nhất tương ứng đối với danh sách các thành phần chéo có thể có. Vì mục thứ hai với $l = 3$ là lớn nhất, cặp $(15, 24)$ thu được trong số các ứng viên có thể có với $r = 1$, và sự lựa chọn này được minh họa bằng các mũi tên đậm.

Fig.24 minh họa tương tự việc tìm kiếm các ứng viên với $r = 2$. Dải tần con đích hoặc tổng hợp được minh họa với chỉ số $n = 18$. Đường nét đứt 2401 làm nổi bật dải tần con với chỉ số $n = 18$ trong khoảng dải tần con phân tích phía trên và khoảng dải tần con tổng hợp phía dưới. Trong trường hợp này, các cặp giá trị dịch chuyển chỉ số có thể có là $(p_1, p_2) = \{(4, 2), (6, 3), \dots, (16, 8)\}$ và các cặp chỉ số mẫu biên độ dải tần con phân tích tương ứng là $\{(14, 20), (12, 21), \dots, (2, 26)\}$, mà cặp $(6, 24)$ được biểu diễn bởi các ký hiệu tham chiếu 2402 và 2403. Việc đánh giá giá trị tối thiểu các cặp biên độ này xác định

danh sách $(0,0,0,0,3,1,0)$. Vì mục thứ năm là lớn nhất, ví dụ, $l=6$, cặp $(6,24)$ thu được trong số các ứng viên có thể có với $r=2$, như được biểu thị bởi các mũi tên đậm. Nhìn chung, vì giá trị nhỏ nhất của cặp biên độ tương ứng nhỏ hơn so với giá trị nhỏ nhất của cặp dải tần con được chọn với $r=1$, nên việc lựa chọn cuối cùng đối với chỉ số dải tần con đích $n=18$ rơi vào cặp $(15,24)$ và $r=1$.

Lưu ý thêm rằng khi tín hiệu đầu vào $z(t)$ là một chuỗi hòa âm với tần số gốc Ω , ví dụ, với tần số gốc tương ứng với thông số độ cao tăng cường tích vectơ, và Ω đủ lớn so với độ phân giải tần số của khối lọc phân tích, các tín hiệu dải tần con phân tích $x_n(k)$ được xác định bởi biểu thức (6) và $x'_n(k)$ được xác định bởi biểu thức (8) là các giá trị gần đúng nhất của sự phân tích của tín hiệu đầu vào $z(t)$ trong đó giá trị gần đúng có hiệu lực trong các vùng dải tần con khác nhau. Từ việc so sánh các biểu thức (6) và (8-10) rút ra rằng sự xoay pha hợp âm dọc theo trục tần số của tín hiệu đầu vào $z(t)$ sẽ được ngoại suy phù hợp bởi phương pháp theo sáng chế. Điều này đúng đối với xung kiểu dải. Đối với chất lượng âm thanh của tín hiệu đầu ra, đây là đặc điểm hấp dẫn đối với ký hiệu tương tự dây xung, như các tín hiệu được tạo ra bởi tiếng nói của con người và một số nhạc cụ.

Các hình vẽ trên Fig.25, Fig.26 và Fig.27 minh họa hiệu quả của phương án thực hiện làm ví dụ của quy trình dịch chuyển tín hiệu hòa âm trong trường hợp $T=3$. Tín hiệu có tần số gốc 282,35 Hz và phổ biên độ của nó trong khoảng đích được xem xét có tần số từ 10 đến 15 kHz được minh họa trên Fig.25. Khối lọc $n=512$ dải tần con được sử dụng ở tần số lấy mẫu 48 kHz để thực hiện các quy trình dịch chuyển. Phổ biên độ của tín hiệu đầu ra của bộ dịch chuyển trực tiếp thứ tự thứ ba ($T=3$) được minh họa trên Fig 26. Như có thể thấy, mỗi giá trị hòa âm thứ ba được tái tạo với độ trung thực cao như được dự báo theo lý thuyết nêu trên, và độ cao cảm nhận được sẽ là 847 Hz, gấp ba lần độ cao nguồn. Fig.27 minh họa tín hiệu đầu ra của bộ dịch chuyển áp dụng tích các thành phần chéo. Tất cả các giá trị hòa âm được tái tạo cho các phần chưa hoàn thành do khía cạnh gần đúng của lý thuyết. Đối với trường hợp này, các búp sóng bên khoảng 40 dB thấp hơn mức tín hiệu và giá trị này cao hơn giá trị đủ để tái tạo nội dung tần số cao mà nội dung này không thể phân biệt được về mặt cảm nhận từ tín hiệu hòa âm gốc.

Trong phần tiếp theo, Fig.28 và Fig.29 lần lượt minh họa bộ mã hóa làm ví dụ 2800 và bộ giải mã làm ví dụ 2900, để mã hóa âm thanh và tiếng nói hợp nhất (USAC - unified speech and audio coding). Cấu trúc chung của bộ mã hóa USAC 2800 và bộ giải mã USAC 2900 được mô tả như sau: thứ nhất có thể là quy trình xử lý trước/sau chung bao gồm bộ phận chức năng âm thanh vòm MPEG (MPEG Surround - MPEGS) để thực hiện việc xử lý âm thanh lập thể hoặc đa kênh và bộ phận SBR tăng cường (enhanced SBR - eSBR) 2801 và 2901, xử lý dạng biểu diễn thông số của các tần số âm thanh cao hơn trong tín hiệu đầu vào và quá trình này có thể sử dụng phương pháp dịch chuyển các hòa âm đã nêu trong bản mô tả này. Khi có hai nhánh, một nhánh bao gồm đường công cụ mã hóa âm thanh nâng cao (AAC) được sửa đổi và nhánh kia bao gồm đường dựa trên sự mã hóa dự đoán trước tuyến tính (miền LP hoặc LPC), đường này mô tả dạng biểu diễn miền tần số hoặc dạng biểu diễn miền thời gian của giá trị dư LPC. Tất cả phổ được truyền của cả AAC lẫn LPC, có thể được minh họa trong miền MDCT tiếp theo sự lượng tử hóa và mã hóa số học. Dạng biểu diễn miền thời gian sử dụng sơ đồ mã hóa kích thích ACELP.

Bộ tái tạo dải tần phổ (eSBR - enhanced Spectral Band Replication) tăng cường 2801 của bộ mã hóa 2800 có thể bao gồm các hệ thống tái tạo tần số cao đã nêu trong bản mô tả này. Cụ thể là, bộ eSBR 2801 có thể bao gồm khối lọc phân tích 301 để tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con phân tích. Khi đó, các tín hiệu dải tần con phân tích này có thể được dịch chuyển trong bộ xử lý phi tuyến 302 để tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con tổng hợp, khi đó các tín hiệu này có thể được đưa vào khối lọc tổng hợp 303 để tạo ra thành phần tần số cao. Trong bộ eSBR 2801, về phía mã hóa, tập hợp thông tin có thể được xác định cách thức để tạo ra thành phần tần số cao từ thành phần tần số thấp phù hợp nhất với thành phần tần số cao của tín hiệu gốc. Tập hợp thông tin này có thể bao gồm thông tin về các đặc tính của tín hiệu, như tần số gốc nổi bật Ω , về đường bao phổ của thành phần tần số cao, và có thể bao gồm thông tin cách thức để kết hợp tốt nhất các tín hiệu dải tần con phân tích, ví dụ, thông tin như tập hợp giới hạn của các cặp giá trị dịch chuyển chỉ số (p_1, p_2) . Dữ liệu được mã hóa liên quan đến tập hợp thông tin này được hợp nhất với thông tin mã hóa khác trong bộ dồn kênh dòng bit và chuyển tiếp dòng tín hiệu âm thanh đã mã hóa cho bộ giải mã tương ứng 2900.

Bộ giải mã 2900 được minh họa trên Fig.29 cũng bao gồm bộ sao chép dải thông phổ tăng cường (enhanced Spectral Bandwidth Replication - eSBR) 2901. Bộ eSBR 2901 này nhận dòng bit âm thanh mã hóa hoặc tín hiệu đã mã hóa từ bộ mã hóa 2800 và sử dụng các phương pháp đã nêu trong bản mô tả này để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu, thành phần này được hợp nhất với thành phần tần số thấp đã giải mã để tạo ra tín hiệu đã giải mã. Bộ eSBR 2901 có thể bao gồm các phần tử khác nhau đã nêu trong bản mô tả này. Cụ thể là, có thể bao gồm khối lọc phân tích 301, bộ xử lý phi tuyến 302 và khối lọc tổng hợp 303. Bộ eSBR 2901 có thể sử dụng thông tin về thành phần tần số cao được tạo ra bởi bộ mã hóa 2800 để thực hiện việc tái tạo tần số cao. Thông tin này có thể là tần số gốc Ω của tín hiệu, đường bao phổ của thành phần tần số cao gốc và/hoặc thông tin về các dải tần con phân tích được sử dụng để tạo ra các tín hiệu dải tần con tổng hợp và cuối cùng là thành phần tần số cao của tín hiệu giải mã.

Hơn nữa, các hình vẽ trên Fig.28 và Fig.29 minh họa các thành phần bổ sung có thể sử dụng của bộ mã hóa/giải mã USAC, như:

- công cụ phân kênh phụ tải dòng bit, công cụ này tách phụ tải dòng bit thành các phần cho mỗi công cụ, và cung cấp thông tin phụ tải dòng bit liên quan đến công cụ đó cho mỗi công cụ;
- công cụ giải mã không tiếng ồn theo hệ số tỷ lệ, công cụ này thu nhận thông tin từ bộ phân kênh phụ tải dòng bit, phân tích thông tin đó, và giải mã các hệ số tỷ lệ được mã hóa Huffman và DPCM;
- công cụ giải mã không tiếng ồn của phổ, công cụ này thu nhận thông tin từ bộ phân kênh phụ tải dòng bit, phân tích thông tin này, giải mã dữ liệu được mã hóa theo phương pháp số học, và tái cấu trúc phổ đã lượng tử hóa;
- công cụ lượng tử hóa ngược, công cụ này thu nhận các giá trị đã lượng tử hóa cho phổ, và chuyển đổi các giá trị số nguyên thành phổ tái cấu trúc không định tỷ lệ; tốt hơn là, bộ lượng tử hóa này là bộ lượng tử hóa nén – giãn tín hiệu, mà hệ số nén - giãn tín hiệu của nó phụ thuộc vào chế độ mã hóa lỗi được chọn;
- công cụ lấp tiếng ồn, công cụ này được dùng để lấp đầy các khe phổ trong phổ đã giải mã, các khe phổ xuất hiện khi các giá trị phổ được lượng tử hóa bằng không nghĩa là do sự hạn chế rất chặt chẽ về nhu cầu bit trong bộ mã hóa;

- công cụ định lại tỷ lệ, công cụ này chuyển đổi dạng biểu diễn số nguyên của các hệ số tỷ lệ thành các giá trị thực, và nhân phổ đã lượng tử hóa nghịch đảo chưa định hệ số tỷ lệ với các hệ số tỷ lệ có liên quan;
- công cụ M/S, được mô tả trong ISO/I EC 14496-3;
- công cụ định hình tiếng ồn tức thời (temporal noise shaping - TNS), như được mô tả trong ISO/I EC 14496-3;
- công cụ chuyển mạch khối lọc/khối, công cụ này áp dụng phép nghịch đảo ánh xạ tần số đã được thực hiện trong bộ mã hóa; tốt hơn là, phép biến đổi cosin rời rạc đã sửa đổi ngược (IMDCT - inverse modified discrete cosine transform) được sử dụng cho công cụ của khối lọc;
- công cụ chuyển mạch khối lọc/ khối biến dạng theo thời gian, công cụ này thay thế công cụ chuyển mạch khối lọc/khối thông thường khi chế độ biến dạng theo thời gian được kích hoạt; tốt hơn là, khối lọc chính là (IMDCT) dùng cho khối lọc thông thường, ngoài ra các mẫu miền thời gian được tạo cửa sổ được ánh xạ từ miền thời gian bị biến dạng lên miền thời gian tuyến tính bằng cách lấy mẫu lại thay đổi theo thời gian;
- công cụ âm thanh vòm MPEG (MPEGS - MPEG Surround), công cụ này thu được nhiều tín hiệu từ một hoặc nhiều tín hiệu đầu vào bằng cách áp dụng thủ tục tăng trộn phức tạp cho (các) tín hiệu đầu vào được điều chỉnh bởi các thông số không gian thích hợp; trong trường hợp USAC, tốt hơn là, MPEGS được dùng để mã hóa tín hiệu đa kênh, bằng cách truyền thông tin phía thông số dọc theo tín hiệu giảm trộn đã truyền;
- công cụ phân loại tín hiệu, công cụ này phân tích tín hiệu đầu vào gốc và tạo ra từ đó thông tin điều khiển để khởi động quy trình lựa chọn các chế độ mã hóa khác nhau; quy trình phân tích tín hiệu đầu vào thường phụ thuộc vào phương án thực hiện và sẽ cố gắng chọn chế độ mã hóa tối ưu cho khung tín hiệu đầu vào đã cho; tín hiệu đầu ra của bộ phân loại tín hiệu có thể được sử dụng một cách tùy ý để tác động đến tính năng của các công cụ khác, ví dụ, âm thanh vòm MPEG, SBR nâng cao, khối lọc bị biến dạng theo thời gian và các công cụ khác;

- công cụ lọc LPC, công cụ này thu được tín hiệu miền thời gian từ tín hiệu miền kích thích bằng cách lọc tín hiệu kích thích đã tái cấu trúc qua bộ lọc tổng hợp dự báo tuyến tính; và
- công cụ ACELP, công cụ này tạo ra cách biểu diễn có hiệu quả tín hiệu kích thích miền thời gian bằng cách kết hợp bộ dự báo dài hạn (từ mã thích ứng) với chuỗi dạng xung (từ mã cải tiến).

Fig.30 minh họa bộ eSBR theo một phương án được minh họa trên các hình vẽ từ Fig.28 đến Fig.29. Bộ eSBR 3000 sẽ được mô tả trong phần tiếp theo trong ngữ cảnh của bộ giải mã, trong đó tín hiệu đầu vào cho bộ eSBR 3000 là thành phần tần số thấp, còn được biết đến là dải tần thấp, của tín hiệu và thông tin bổ sung có thể có liên quan đến các đặc tính riêng của tín hiệu, như tần số gốc Ω , và/hoặc các giá trị dịch chỉ số có thể có (p_1, p_2) . Về phía bộ mã hóa, tín hiệu đầu vào cho bộ eSBR thường sẽ là tín hiệu hoàn chỉnh, trong khi đó tín hiệu đầu ra sẽ là thông tin bổ sung liên quan đến các đặc tính tín hiệu và/hoặc các giá trị giá trị dịch chỉ số.

Trên Fig.30 thành phần tần số thấp 3013 được cung cấp cho khối lọc QMF, để tạo ra các dải tần QMF. Các dải tần QMF này không được lẫn với với các dải tần con phân tích đã nêu trong sáng chế. Các dải tần QMF được sử dụng cho mục đích xử lý và hợp nhất thành phần tần số thấp và tần số cao của tín hiệu trong miền tần số, thay vì trong miền thời gian. Thành phần tần số thấp 3014 được cung cấp cho bộ dịch chuyển 3004 tương ứng với các hệ thống dùng để tái tạo tần số cao đã nêu trong sáng chế. Bộ dịch chuyển 3004 cũng có thể có thể nhận thông tin bổ sung 3011, như tần số gốc Ω của tín hiệu mã hóa và/hoặc các cặp giá trị dịch chuyển chỉ số có thể có (p_1, p_2) để lựa chọn dải tần con. Bộ dịch chuyển 3004 tạo ra thành phần tần số cao 3012, cũng được biết đến là dải tần cao của tín hiệu, được chuyển đổi thành miền tần số bởi khối lọc QMF 3003. Cả thành phần tần số thấp được chuyển đổi QMF lẫn thành phần tần số cao được chuyển đổi QMF, được cung cấp cho bộ thao tác và hợp nhất 3005. Bộ thao tác và hợp nhất 3005 này có thể thực hiện điều chỉnh đường bao của thành phần tần số cao và kết hợp thành phần tần số cao và thành phần tần số thấp đã điều chỉnh. Tín hiệu đầu ra đã kết hợp được chuyển đổi thành miền thời gian bởi khối lọc QMF ngược 3001.

Thông thường các khối lọc QMF bao gồm 64 dải tần QMF. Tuy nhiên, lưu ý rằng, có thể có lợi khi giảm tốc độ lấy mẫu thành phần tần số thấp 3013, sao cho khối lọc QMF 3002 chỉ yêu cầu 32 dải tần QMF. Trong các trường hợp này, thành phần tần số thấp 3013 có dải thông $f_s/4$, trong đó $f_s/4$ là tần số lấy mẫu của tín hiệu. Mặt khác, thành phần tần số cao 3012 có dải thông $f_s/2$.

Phương pháp và hệ thống đã được mô tả trong sáng chế này có thể được thực hiện bằng phần mềm, phần cứng và/hoặc phần cứng. Một số bộ phận có thể, ví dụ, được thực hiện bằng phần mềm chạy trên bộ xử lý hoặc bộ vi xử lý tín hiệu kỹ thuật số. Các bộ phận khác có thể được thực hiện bằng phần cứng và/hoặc các mạch tích hợp chuyên dùng. Các tín hiệu đã nêu trong các phương pháp và hệ thống đã mô tả có thể được lưu trữ trên các phương tiện như bộ nhớ truy cập ngẫu nhiên hoặc phương tiện lưu trữ quang học. Chúng có thể được truyền qua các mạng, như mạng vô tuyến, mạng vệ tinh, mạng không dây hoặc mạng có dây, ví dụ như Internet. Các thiết bị thông thường sử dụng phương pháp và hệ thống đã được mô tả trong sáng chế này là các hộp giải mã tín hiệu hoặc các thiết bị của khách hàng kể trên để giải mã các tín hiệu âm thanh. Về phía mã hóa, phương pháp và hệ thống có thể được sử dụng trong các trạm truyền thông, ví dụ trong các hệ thống đầu cuối video.

Sáng chế mô tả phương pháp và hệ thống thực hiện việc tái tạo tần số cao của tín hiệu dựa trên thành phần tần số thấp của tín hiệu đó. Bằng cách sử dụng các tổ hợp dải tần con từ thành phần tần số thấp, phương pháp và hệ thống cho phép tái cấu trúc các tần số và các dải tần mà có thể không được tạo ra bằng các phương pháp dịch chuyển đã biết trong lĩnh vực này. Hơn nữa, phương pháp và hệ thống HTR đã mô tả cho phép sử dụng các tần số chéo thấp và/hoặc tạo ra các dải tần số cao rộng từ các dải tần số thấp hẹp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hệ thống mã hóa tín hiệu âm thanh, hệ thống này bao gồm:

bộ tách để tách tín hiệu âm thanh thành thành phần tần số thấp và thành thành phần tần số cao;

bộ mã hóa lõi để mã hóa thành phần tần số thấp;

bộ xác định tần số để xác định tần số gốc Ω của tín hiệu âm thanh; và

bộ mã hóa thông số để mã hóa trị số của tần số gốc Ω , trong đó trị số của tần số gốc Ω được sử dụng để tái tạo thành phần tần số cao của tín hiệu âm thanh;

khối lọc phân tích cung cấp nhiều tín hiệu dải tần con phân tích của thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh; và

bộ xác định cặp dải tần con để xác định tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu âm thanh.

2. Hệ thống theo điểm 1, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ xác định đường bao để xác định đường bao phổ của thành phần tần số cao; và

bộ mã hóa đường bao để mã hóa đường bao phổ.

3. Hệ thống giải mã tín hiệu âm thanh, hệ thống này bao gồm:

bộ giải mã lõi (101) để giải mã thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh;

khối lọc phân tích (301) để cung cấp nhiều tín hiệu dải tần con phân tích của thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh;

bộ nhận lựa chọn dải tần con để nhận thông tin cho phép lựa chọn tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất (801) và thứ hai (802) từ nhiều tín hiệu dải tần con phân tích, mà tín hiệu dải tần con tổng hợp (803) được tạo ra từ đó; trong đó thông tin được kết hợp với với tần số gốc Ω của tín hiệu âm thanh;

bộ xử lý phi tuyến (302) để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp có tần số tổng hợp bằng cách sửa đổi pha của các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai và bằng cách kết hợp các tín hiệu dải tần con phân tích được sửa đổi pha; và

khối lọc tổng hợp (303) để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu âm thanh từ tín hiệu dải tần con tổng hợp.

4. Hệ thống theo điểm 3, trong đó:

khối lọc phân tích (301) có N dải tần con phân tích với khoảng cách dải tần con về cơ bản không đổi $\Delta\omega$;

dải tần con phân tích được kết hợp với chỉ số dải tần con phân tích n , với $n \in \{1, \dots, N\}$;

khối lọc tổng hợp (303) có dải tần con tổng hợp;

dải tần con tổng hợp được kết hợp với chỉ số dải tần con tổng hợp n ; và

mỗi dải tần con tổng hợp và dải tần con phân tích có chỉ số n bao gồm các dải tần số liên quan đến nhau qua hệ số T.

5. Hệ thống theo điểm 4, trong đó:

tín hiệu dải tần con tổng hợp (803) được kết hợp với dải tần con tổng hợp có chỉ số n ;

tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất (801) được kết hợp với dải tần con phân tích có chỉ số $n-p_1$;

tín hiệu dải tần con phân tích thứ hai (802) được kết hợp với dải tần con phân tích có chỉ số $n+p_2$; và

hệ thống còn bao gồm bộ lựa chọn chỉ số để lựa chọn p_1 và p_2 .

6. Hệ thống theo điểm 5, trong đó bộ lựa chọn chỉ số có thể vận hành để chọn các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 dựa trên tần số gốc Ω của tín hiệu âm thanh.

7. Hệ thống theo điểm 6, trong đó:

bộ lựa chọn chỉ số có thể vận hành để chọn các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 sao cho tổng của các giá trị dịch chỉ số $p_1 + p_2$ gần bằng phân số $\Omega/\Delta\omega$; và phân số p_1/p_2 gần bằng $r/(T-r)$, với $1 \leq r < T$.

8. Hệ thống theo điểm 6, trong đó:

bộ lựa chọn chỉ số có thể vận hành để chọn các giá trị dịch chỉ số p_1 và p_2 sao cho tổng của các giá trị dịch chỉ số $p_1 + p_2$ gần bằng phân số $\Omega/\Delta\omega$; và phân số p_1/p_2 bằng $r/(T-r)$, với $1 \leq r < T$.

9. Hệ thống theo điểm 7 hoặc điểm 8, trong đó $T = 2$ và $r = 1$.

10. Hệ thống theo điểm 3, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

cửa sổ phân tích (2001), cửa sổ này cách ly khoảng thời gian định trước của thành phần tần số thấp xung quanh thời điểm định trước k ; và

cửa sổ tổng hợp (2201), cửa sổ này cách ly khoảng thời gian định trước của thành phần tần số cao xung quanh thời điểm định trước k.

11. Hệ thống theo điểm 10, trong đó:

cửa sổ tổng hợp (2201) là phiên bản định tỷ lệ theo thời gian của cửa sổ phân tích (2001).

12. Hệ thống theo điểm 3, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ tăng tần suất lấy mẫu (104) để thực hiện quy trình tăng tần suất lấy mẫu của thành phần tần số thấp để tạo ra thành phần tần số thấp được tăng tần suất lấy mẫu;

bộ điều chỉnh đường bao (103) để tạo hình thành phần tần số cao; và

bộ cộng thành phần để xác định tín hiệu âm thanh được giải mã dưới dạng tổng của thành phần tần số thấp được tăng tần suất lấy mẫu và thành phần tần số cao được điều chỉnh.

13. Hệ thống theo điểm 12, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ nhận đường bao để nhận thông tin liên quan đến đường bao của thành phần tần số cao của tín hiệu âm thanh.

14. Hệ thống theo điểm 12, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ phận đầu vào để nhận tín hiệu âm thanh, bao gồm thành phần tần số thấp; và

bộ phận đầu ra để cung cấp tín hiệu âm thanh đã giải mã, bao gồm thành phần tần số thấp và thành phần tần số cao đã tạo ra.

15. Hệ thống theo điểm 3, trong đó bộ xử lý phi tuyến (302) bao gồm khối nhiều đầu vào một đầu ra (800-n) của thứ tự dịch chuyển thứ nhất và thứ hai để tạo ra tín hiệu dải tần con tổng hợp (803) với tần số tổng hợp từ các tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất (801) và thứ hai (802) lần lượt có tần số phân tích thứ nhất và thứ hai; trong đó tần số tổng hợp tương ứng với tần số phân tích thứ nhất nhân với thứ tự dịch chuyển thứ nhất cộng với tần số phân tích thứ hai nhân với thứ tự dịch chuyển thứ hai.

16. Hệ thống theo điểm 15, trong đó

tần số phân tích thứ nhất là ω ;

tần số phân tích thứ hai là $(\omega + \Omega)$;

thứ tự dịch chuyển thứ nhất là $(T-r)$;

thứ tự dịch chuyển thứ hai là r ;

$T > 1$; và

$1 \leq r < T$;

sao cho tần số tổng hợp là $(T-r) \cdot \omega + r \cdot (\omega + \Omega)$.

17. Hệ thống theo điểm 3, trong đó hệ thống này còn bao gồm:

bộ khuếch đại (902) để nhân tín hiệu dải tần con tổng hợp (803) với tham số khuếch đại.

18. Hệ thống theo điểm 3, trong đó:

khối lọc phân tích (301) có khoảng cách tần số được kết hợp với tần số gốc Ω của tín hiệu âm thanh.

19. Phương tiện lưu trữ tín hiệu âm thanh đã mã hóa, trong đó tín hiệu âm thanh mã hóa này bao gồm:

thông tin liên quan đến thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh, trong đó thành phần tần số thấp bao gồm nhiều tín hiệu dải tần con phân tích; và

thông tin liên quan đến hai tín hiệu dải tần con phân tích nào trong số nhiều tín hiệu dải tần con phân tích sẽ được lựa chọn để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu âm thanh bằng cách dịch chuyển hai tín hiệu dải tần con phân tích đã chọn; trong đó thông tin được kết hợp với tần số gốc Ω của tín hiệu âm thanh.

20. Phương pháp giải mã tín hiệu âm thanh đã mã hóa, trong đó tín hiệu âm thanh đã mã hóa

được suy ra từ tín hiệu âm thanh gốc; và

biểu diễn chỉ một phần dải tần con tần số của tín hiệu âm thanh gốc thấp hơn tần số chéo (1005);

trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

giải mã thành phần tần số thấp từ tín hiệu âm thanh đã mã hóa;

cung cấp nhiều tín hiệu dải tần con tần số phân tích của thành phần tần số thấp;

nhận thông tin cho phép lựa chọn tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất (801) và thứ hai (802) từ các tín hiệu dải tần con phân tích; trong đó thông tin này được kết hợp với tần số gốc Ω của tín hiệu âm thanh;

dịch chuyển (302) các dải tần con tần số lần lượt bởi hệ số dịch chuyển thứ nhất và hệ số dịch chuyển thứ hai; và

tạo ra (303) thành phần tần số cao từ các dải tần con tần số được dịch chuyển thứ nhất và thứ hai, trong đó thành phần tần số cao bao gồm các tần số tổng hợp cao hơn dải tần số chéo.

21. Phương pháp mã hóa tín hiệu âm thanh, phương pháp này bao gồm các bước:

lọc tín hiệu âm thanh để cách ly thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh;

mã hóa thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh;

cung cấp nhiều tín hiệu dải tần con phân tích của thành phần tần số thấp của tín hiệu âm thanh;

xác định tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai để tạo ra thành phần tần số cao của tín hiệu âm thanh; và

mã hóa thông tin biểu diễn tín hiệu dải tần con phân tích thứ nhất và thứ hai; trong đó thông tin được kết hợp với tần số gốc Ω của tín hiệu âm thanh.

22. Phương tiện lưu trữ bao gồm chương trình phần mềm được làm thích ứng để thực thi trên bộ xử lý và để thực hiện các bước của phương pháp theo điểm 20 khi được thực hiện trên thiết bị máy tính.

23. Phương tiện lưu trữ bao gồm chương trình phần mềm được làm thích ứng để thực thi trên bộ xử lý và để thực hiện các bước của phương pháp theo điểm 21 khi được thực hiện trên thiết bị máy tính.

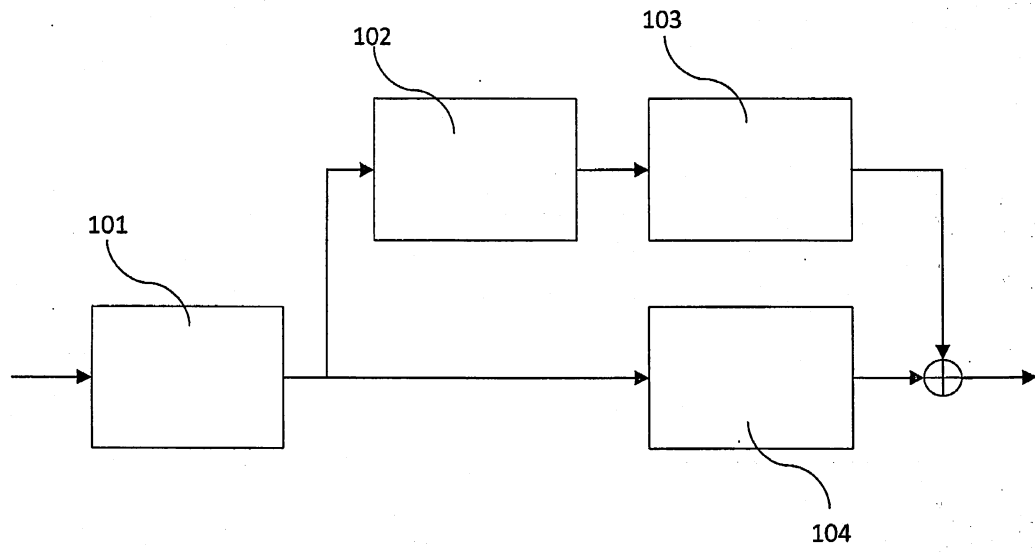


Fig. 1

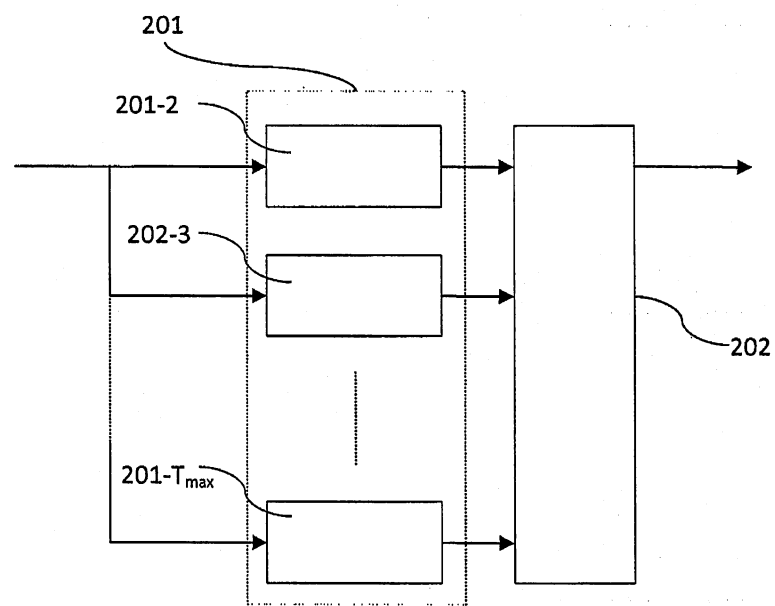


Fig. 2

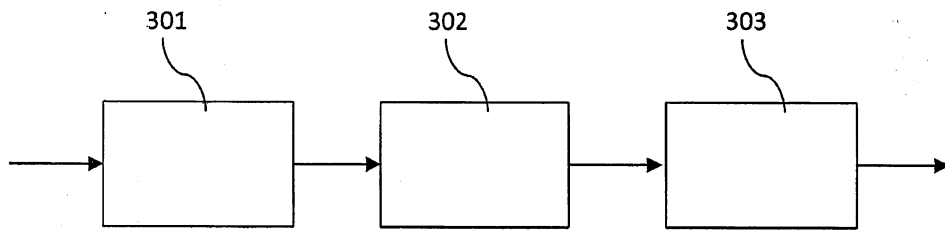


Fig. 3

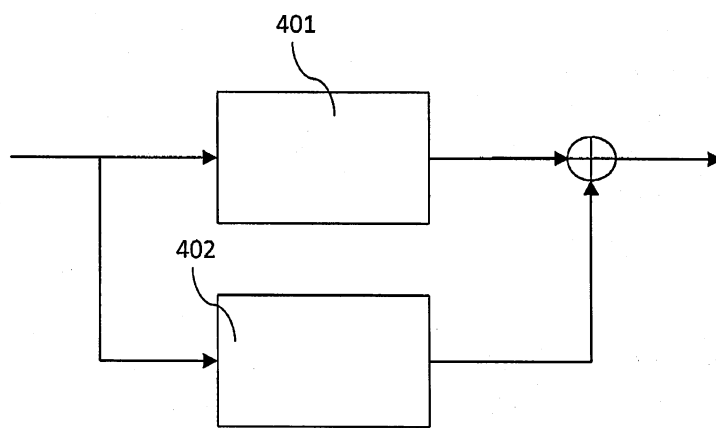


Fig. 4

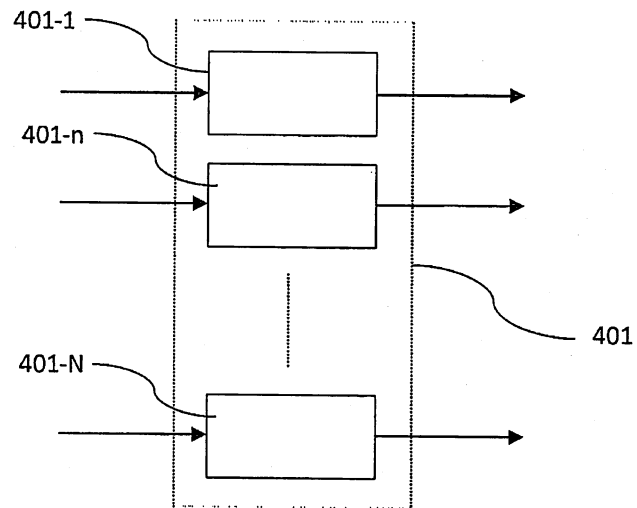


Fig. 5

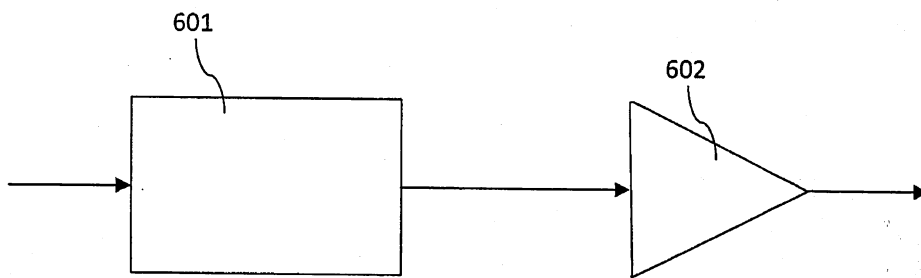
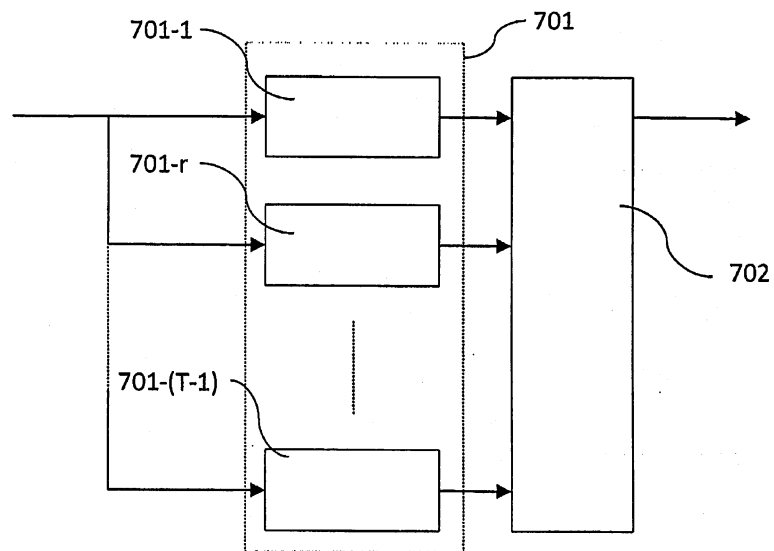


Fig. 6

**Fig. 7**

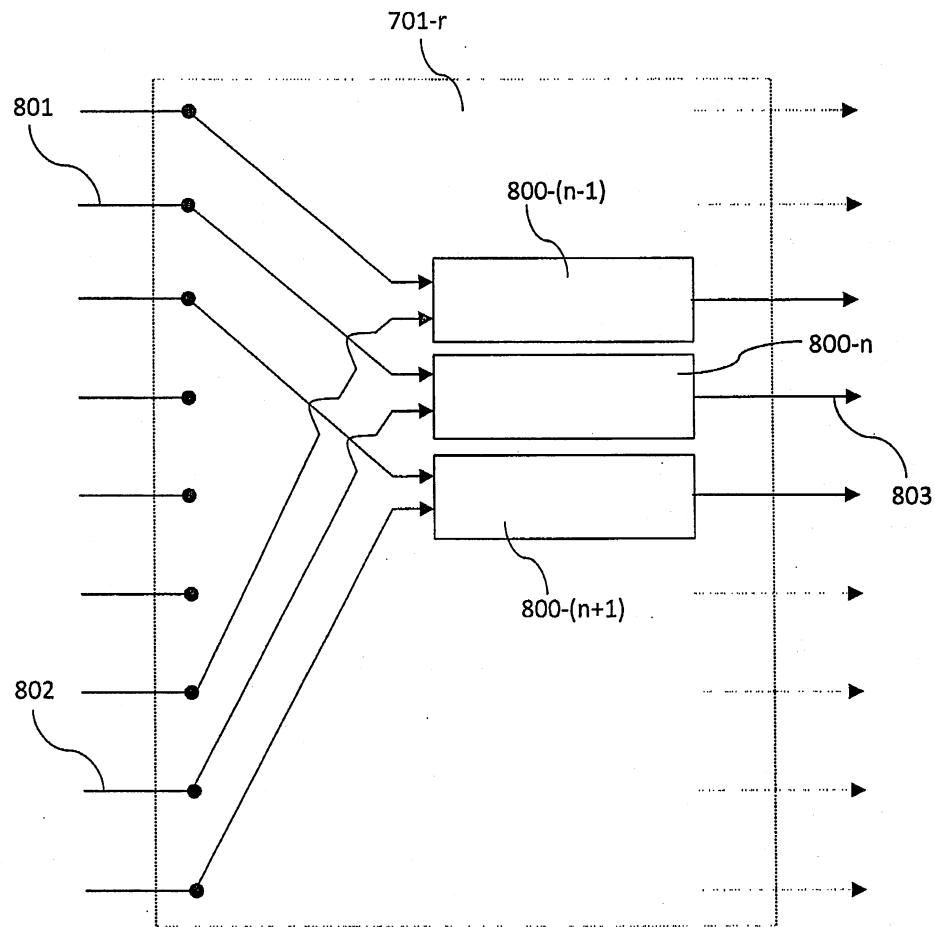


Fig. 8

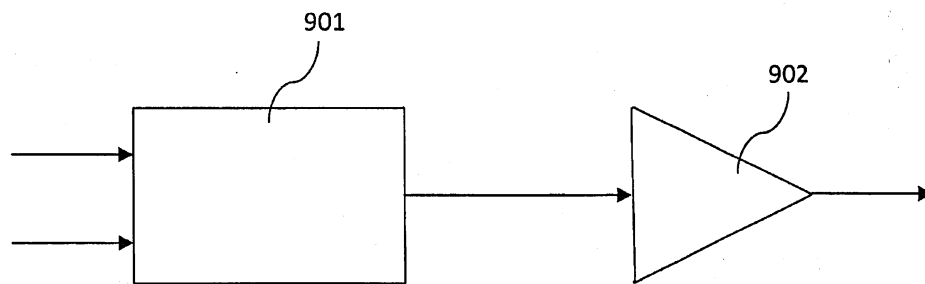


Fig. 9

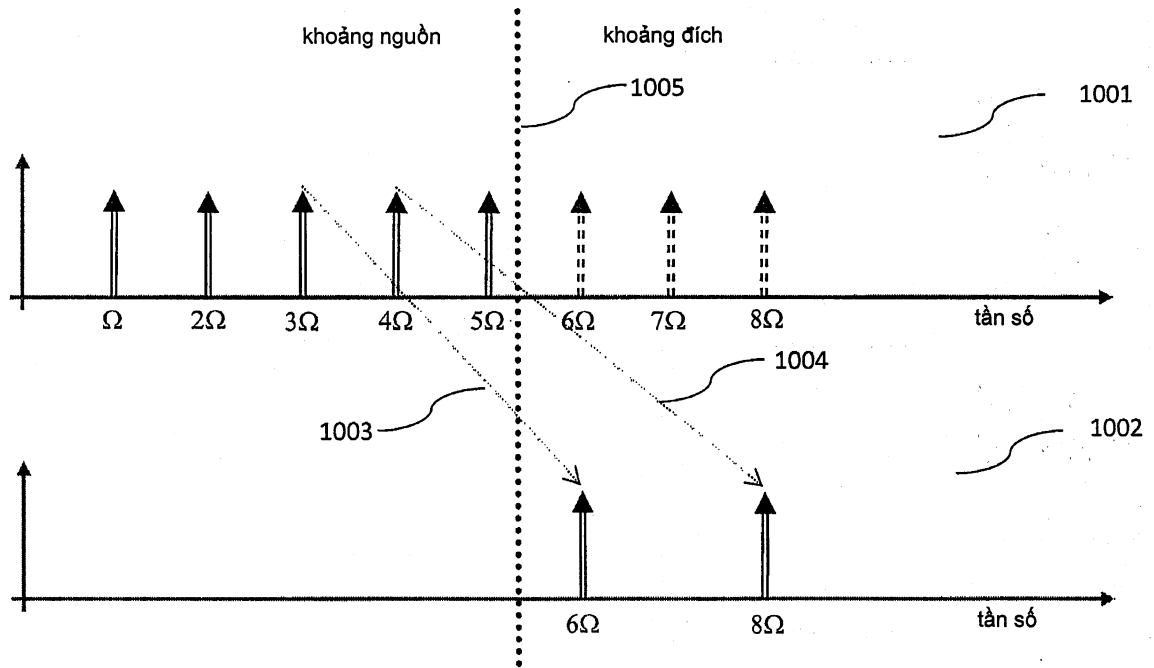


Fig. 10

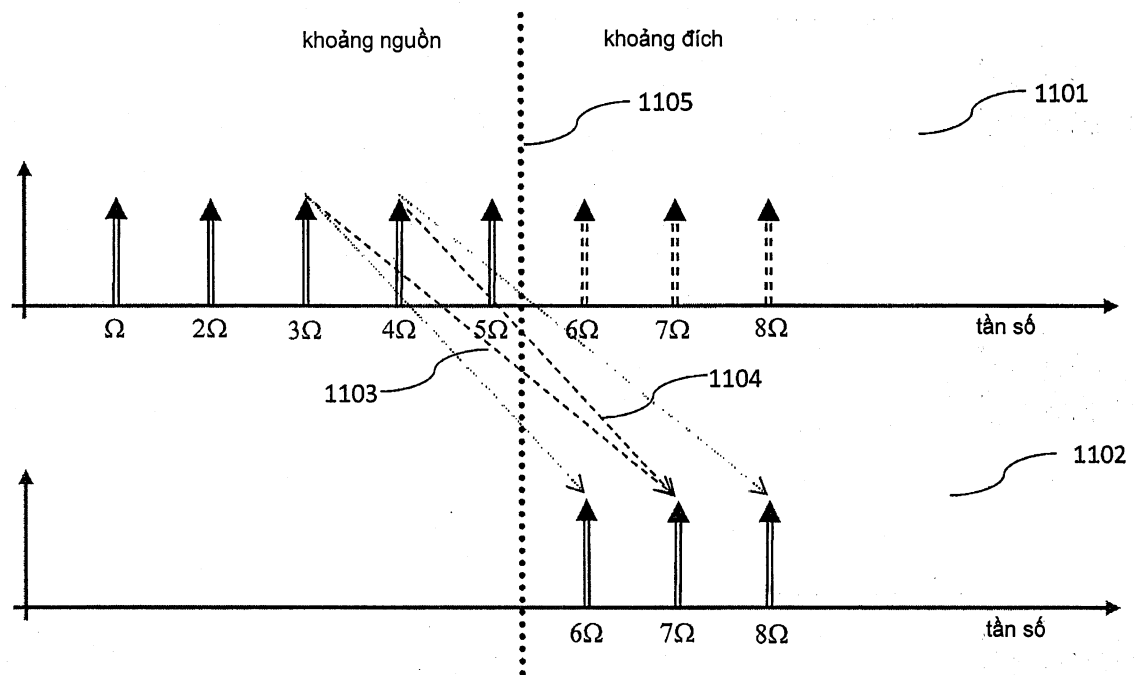


Fig. 11

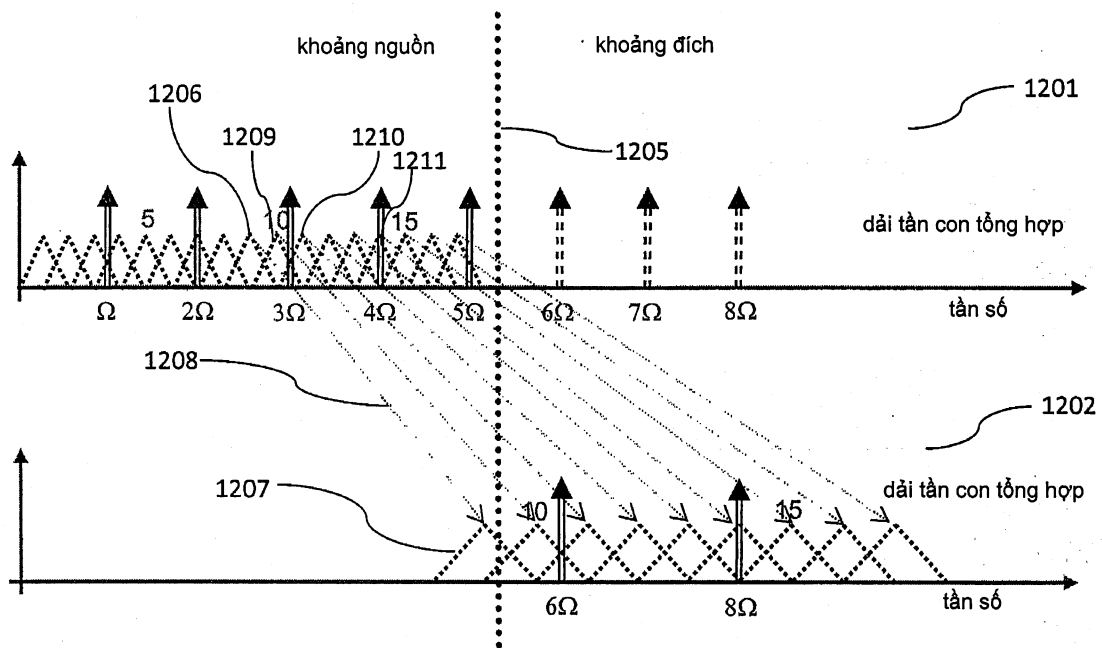


Fig. 12

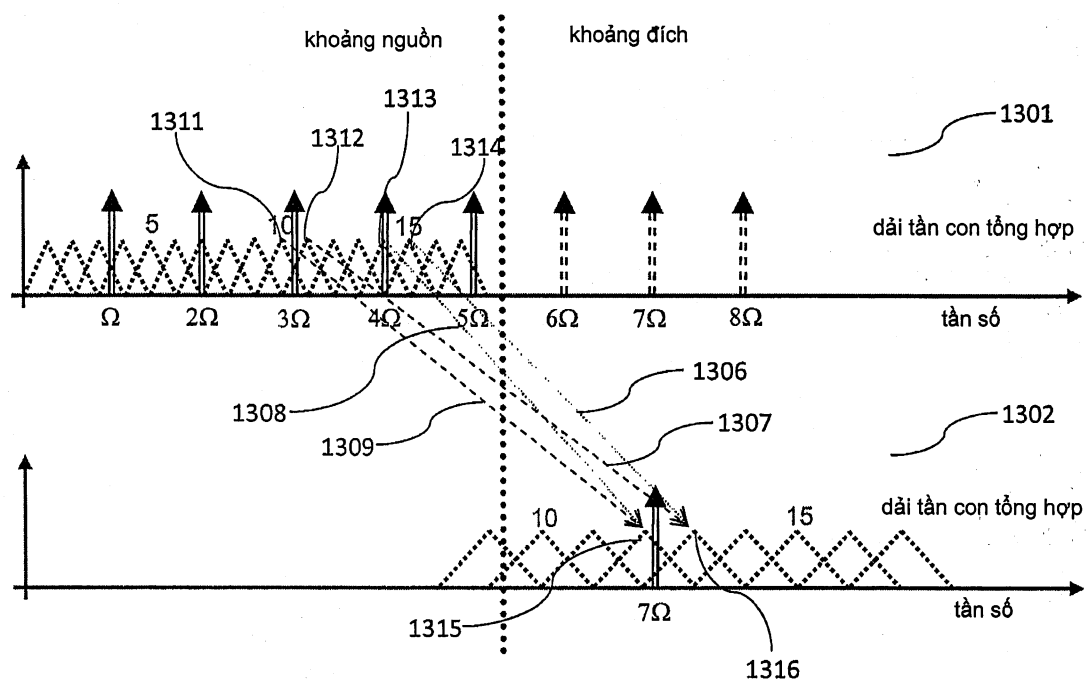


Fig. 13

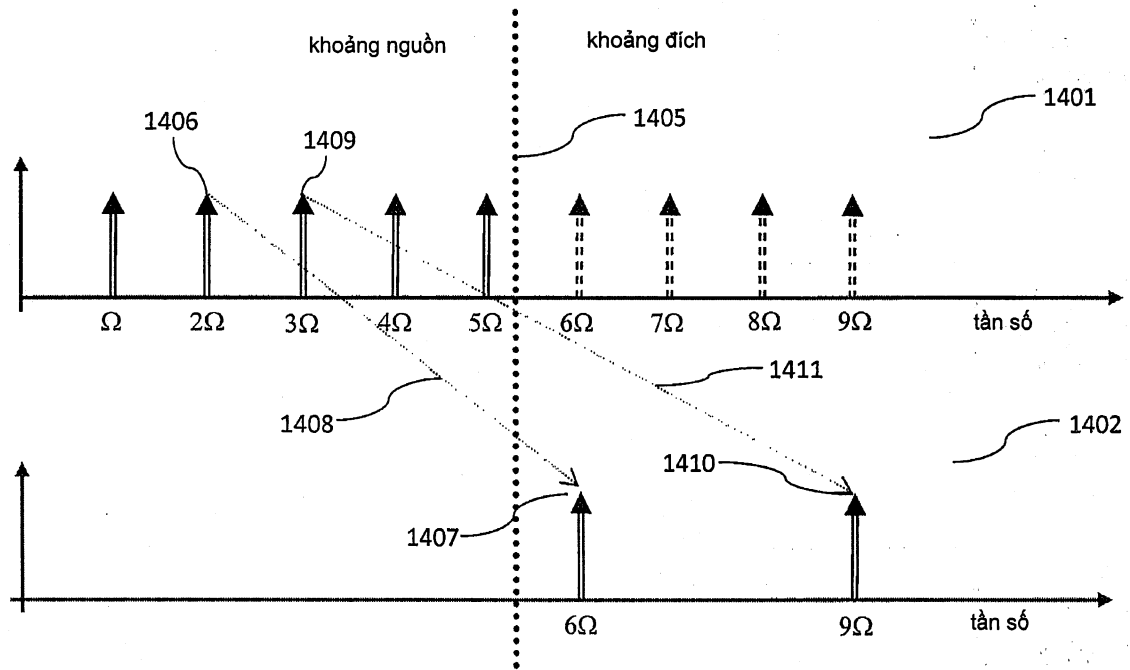


Fig. 14

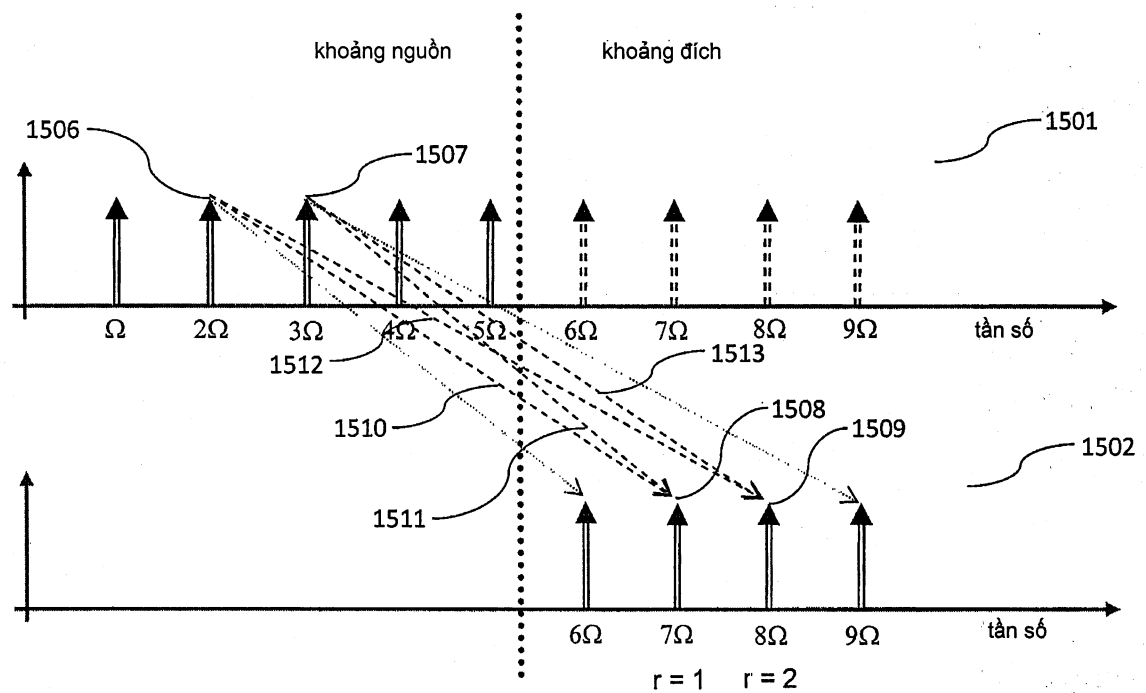


Fig. 15

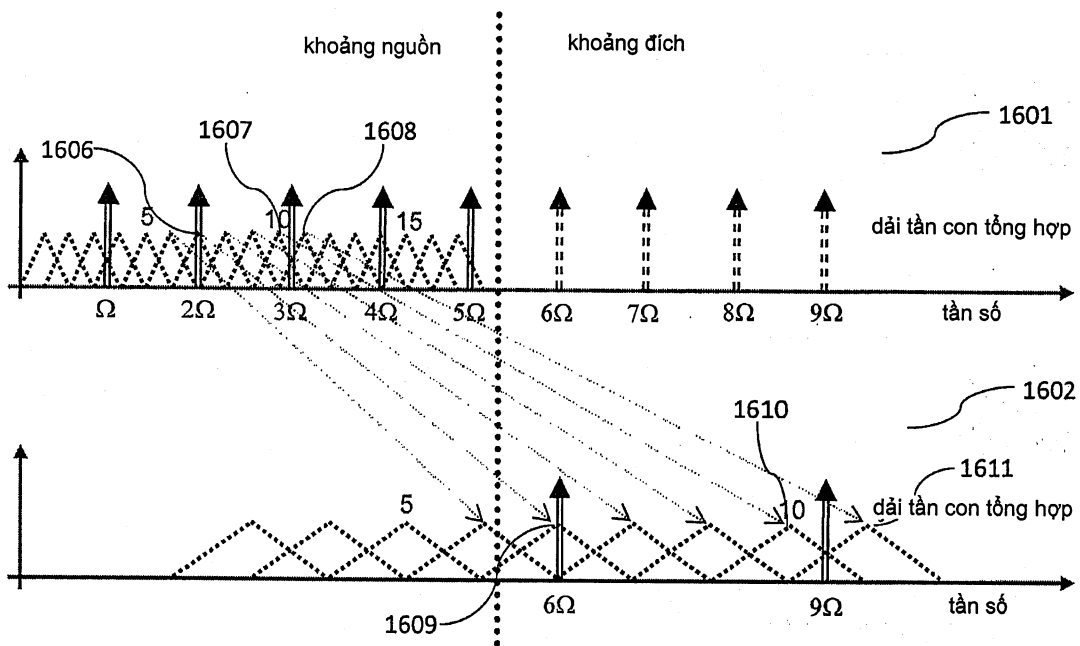


Fig. 16

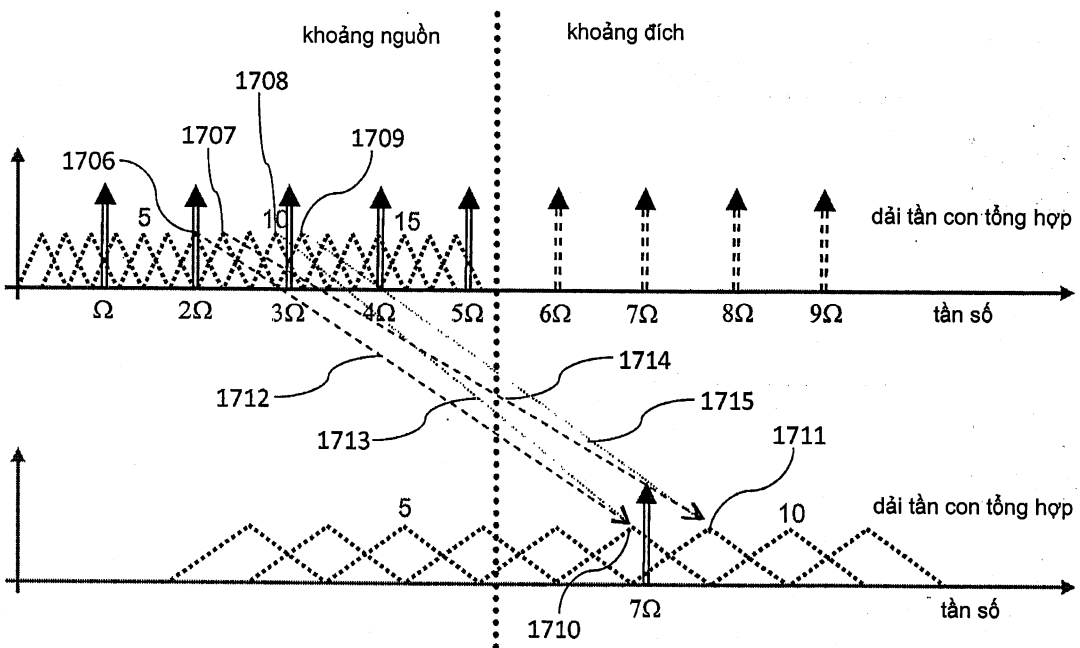


Fig. 17

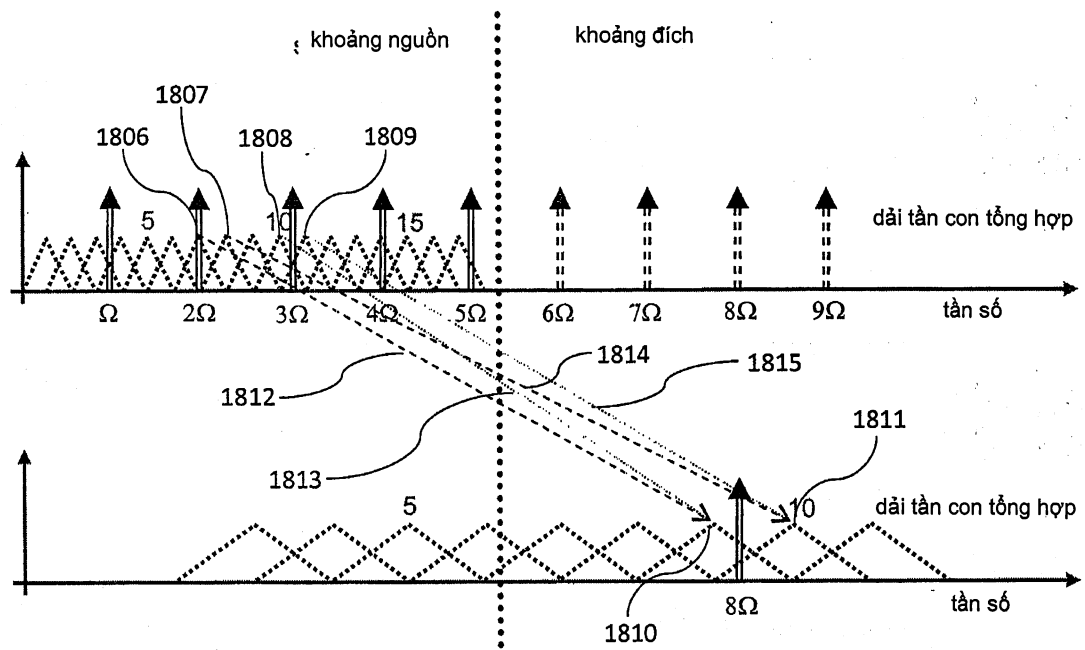


Fig. 18

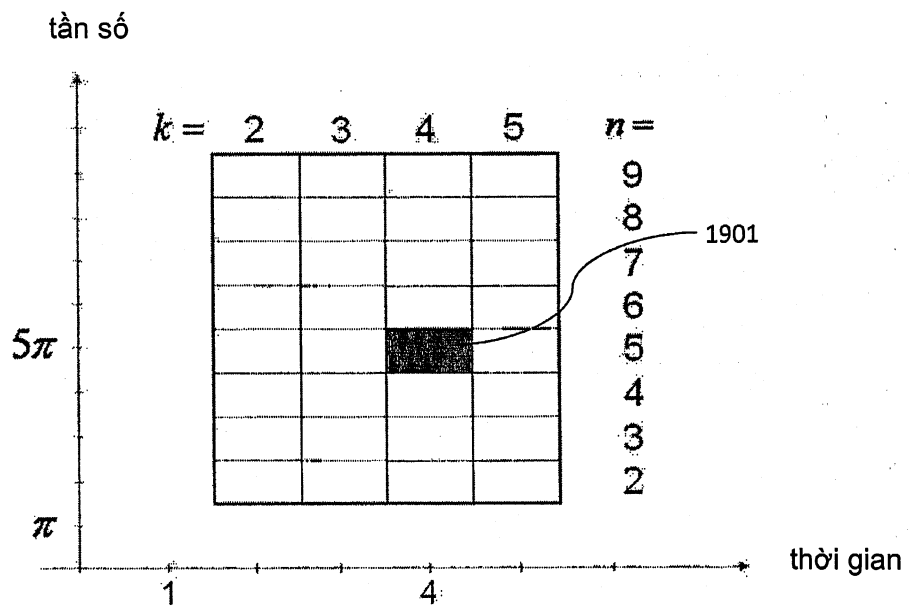


Fig. 19

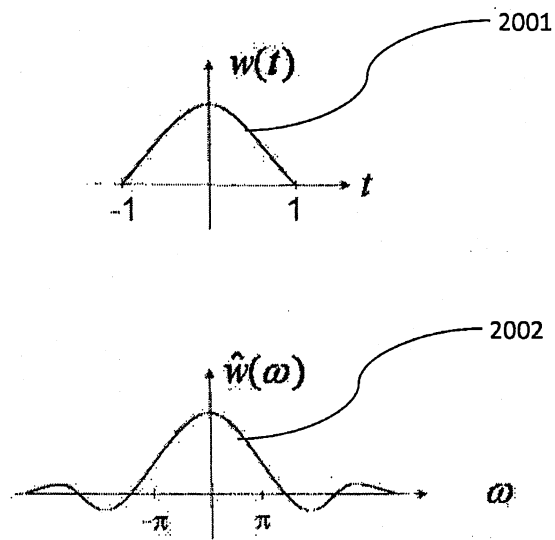


Fig. 20

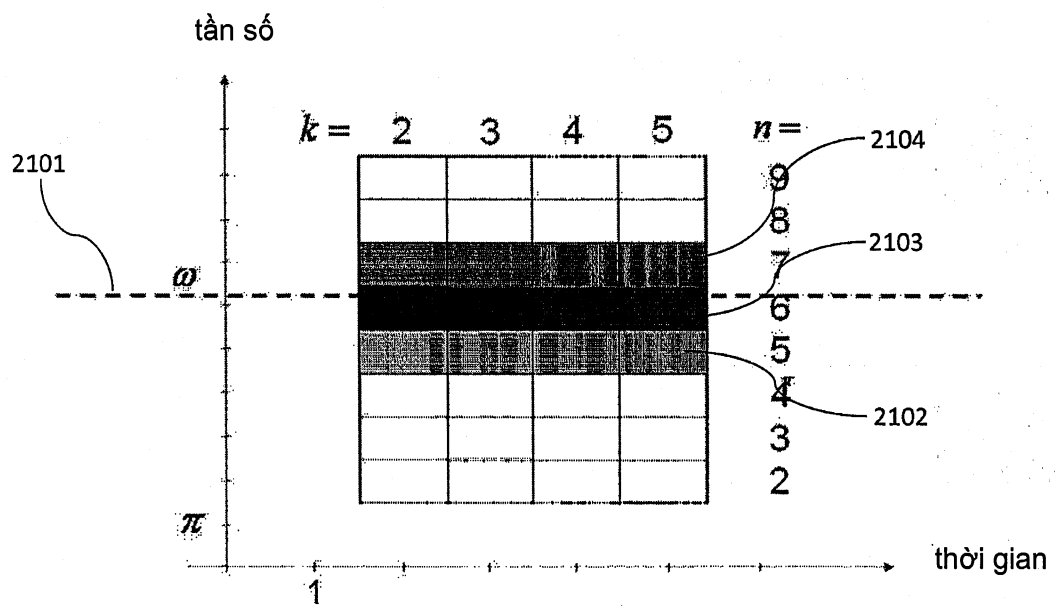


Fig. 21

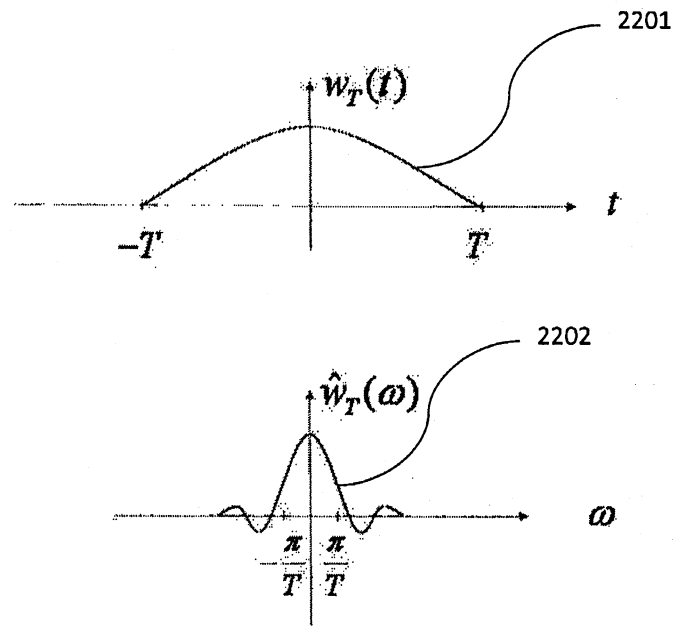


Fig. 22

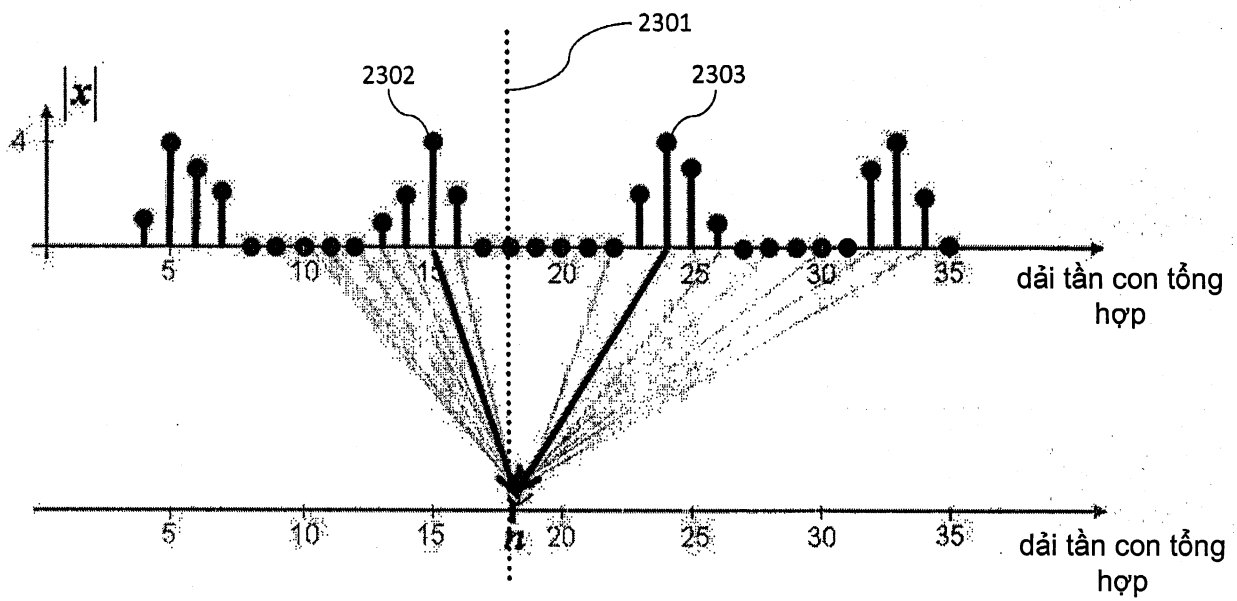


Fig. 23

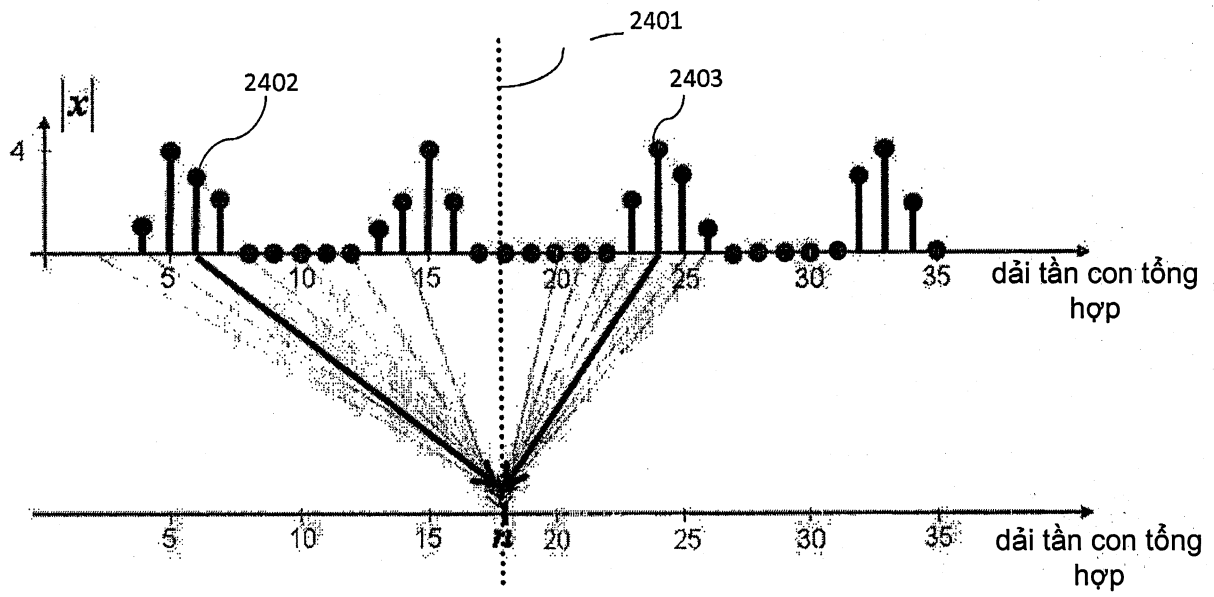


Fig. 24

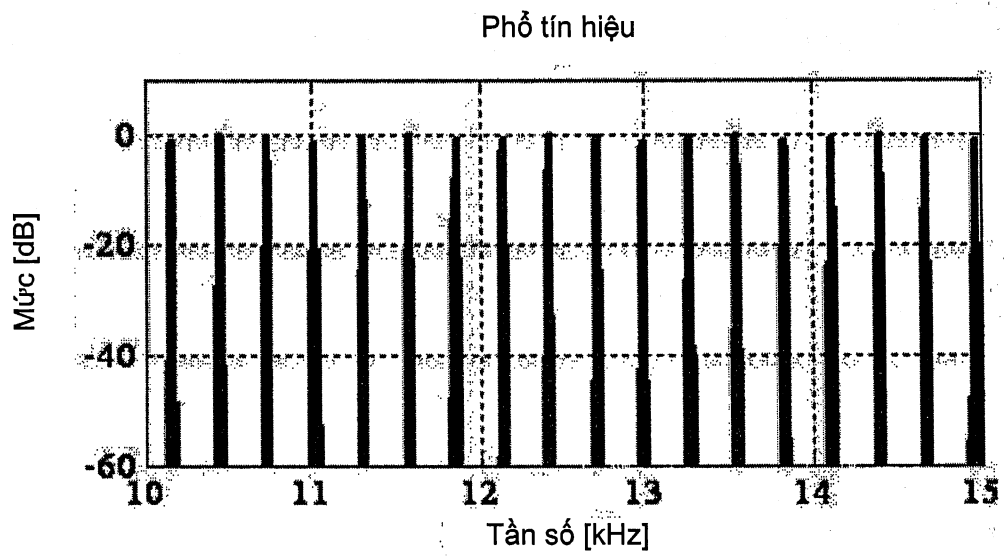


Fig. 25

Tín hiệu ra của bộ dịch chuyển đã biết

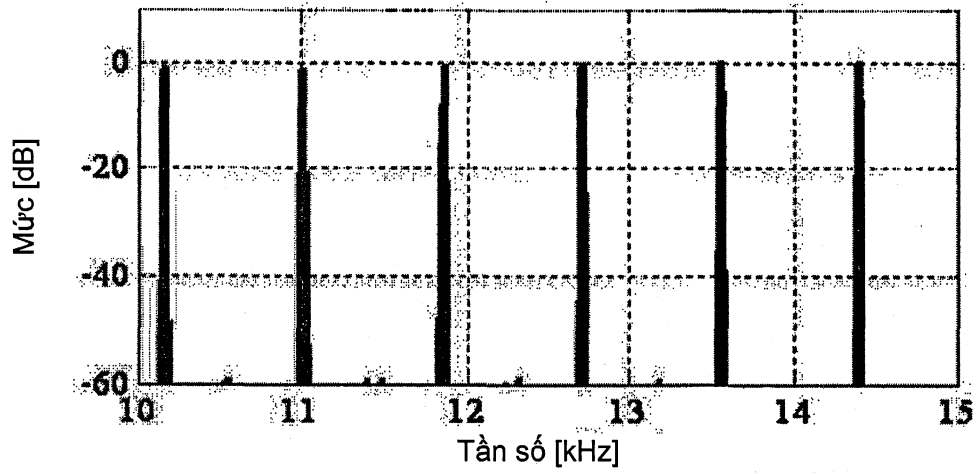


Fig. 26

Tín hiệu ra của bộ dịch chuyển theo sáng chế

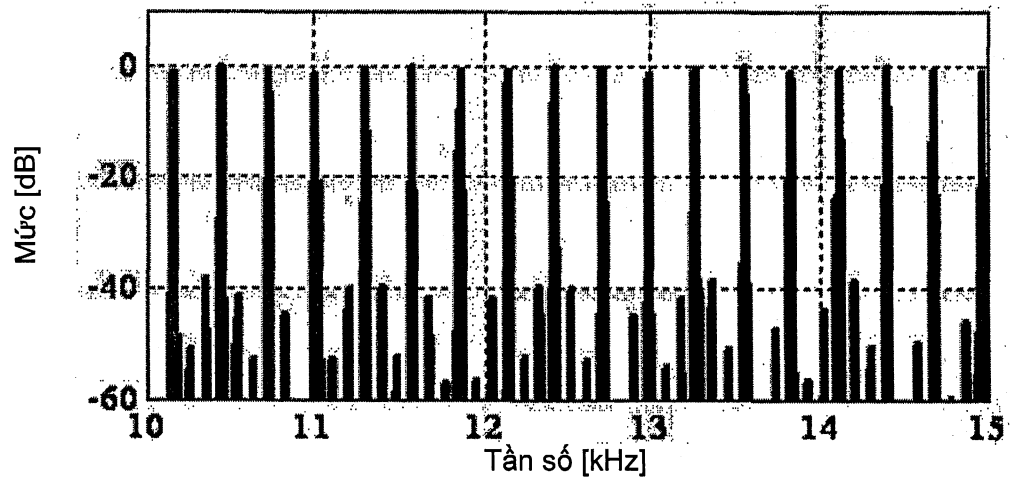


Fig. 27

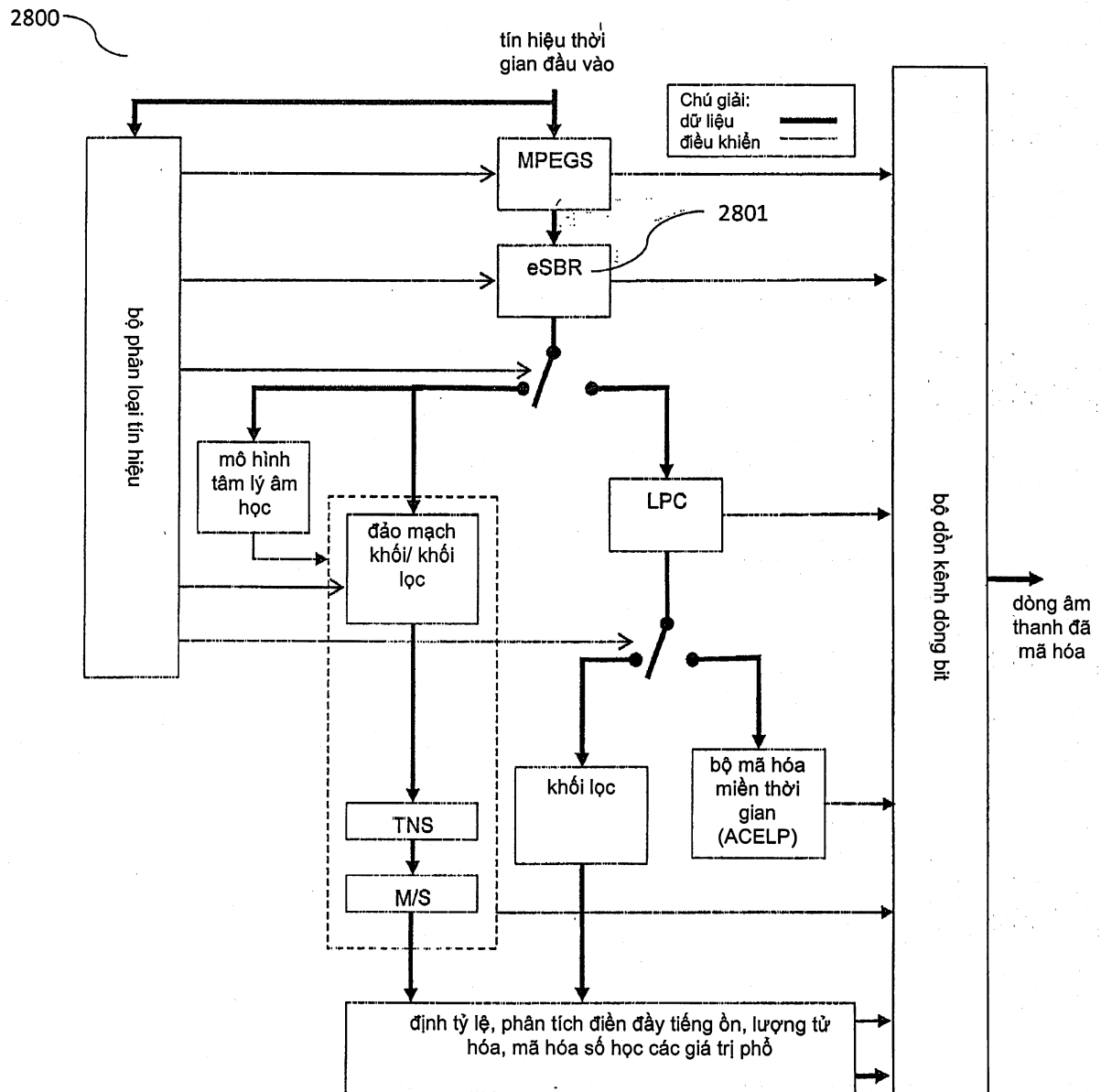


Fig. 28

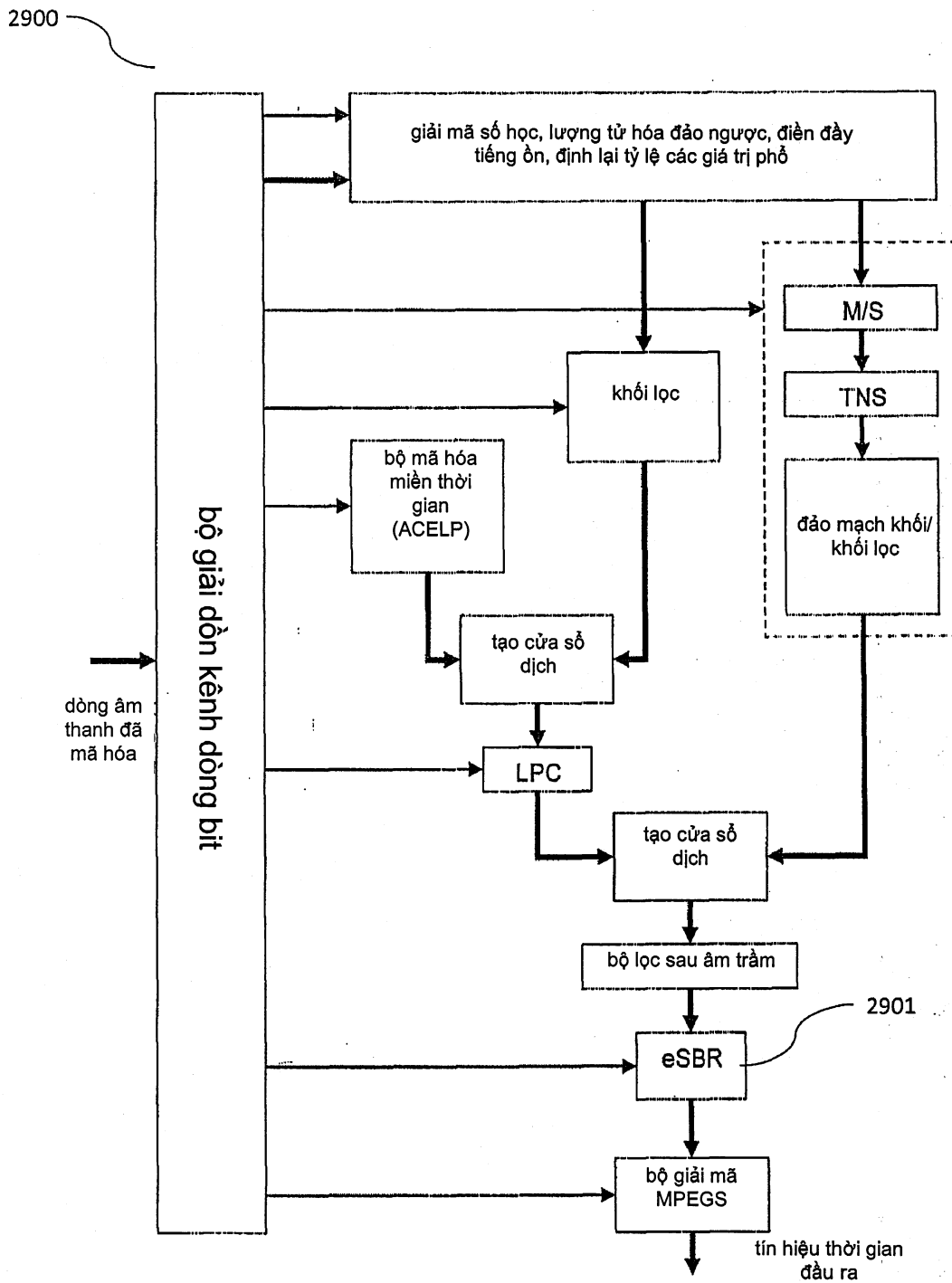


Fig. 29

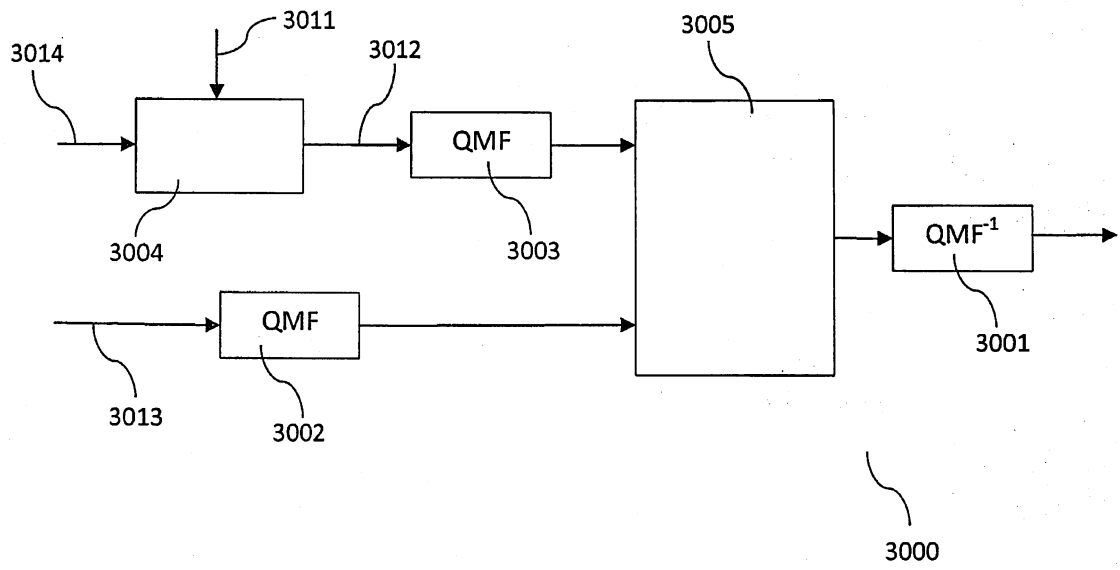


Fig. 30