



(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)



1-0024202

(51)⁷ G10L 19/093

(13) B

(21) 1-2015-02881

(22) 07/01/2014

(86) PCT/EP2014/050139 07/01/2014

(87) WO2014/108393A1 17/07/2014

(30) 61/750,052 08/01/2013 US; 61/875,528 09/09/2013 US

(45) 25/06/2020 387

(43) 25/11/2015 332A

(73) DOLBY INTERNATIONAL AB (NL)

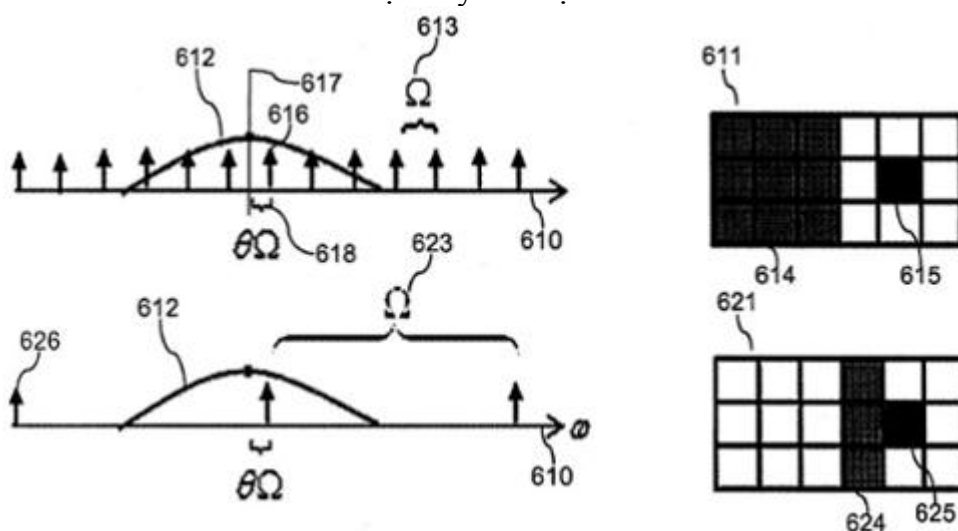
Apollo Building, 3E, Herikerbergweg 1-35, NL-1101 CN Amsterdam, Netherlands

(72) VILLEMOES, Lars (DK).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ HỆ THỐNG ƯỚC TÍNH MẪU THỨ NHẤT CỦA TÍN HIỆU DẢI TẦN CON THỨ NHẤT TRONG DẢI TẦN CON THỨ NHẤT CỦA TÍN HIỆU ÂM THANH, PHƯƠNG PHÁP MÃ HÓA TÍN HIỆU ÂM THANH VÀ GIẢI MÃ TÍN HIỆU ÂM THANH ĐÃ MÃ HÓA VÀ CÁC THIẾT BỊ XỬ LÝ TÍN HIỆU ÂM THANH

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và hệ thống ước tính mẫu thứ nhất (615) của tín hiệu dải tần con thứ nhất trong dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh. Phương pháp này bao gồm việc xác định tham số mô hình (613) của mô hình tín hiệu; việc xác định hệ số dự báo cần được dùng cho mẫu liền trước (614) của các tín hiệu dải tần con được giải mã thứ nhất thu được từ tín hiệu dải tần con thứ nhất, dựa trên mô hình tín hiệu, dựa trên tham số mô hình (613) và dựa trên giàn lọc phân tích (612); trong đó khe thời gian của mẫu liền trước (614) đứng trước khe thời gian của mẫu thứ nhất (615); và xác định giá trị ước tính của mẫu thứ nhất (615) bằng cách áp dụng hệ số dự báo vào mẫu liền trước (614). Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp mã hóa tín hiệu âm thanh và giải mã tín hiệu âm thanh đã mã hóa và các thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các hệ thống mã hóa nguồn âm thanh. Cụ thể là, sáng chế đề cập đến các hệ thống mã hóa nguồn âm thanh có sử dụng phép dự báo tuyến tính kết hợp với giàn lọc.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Có hai công cụ xử lý tín hiệu quan trọng được áp dụng trong các hệ thống mã hóa nguồn của các tín hiệu âm thanh, đó là giàn lọc lấy mẫu tới hạn và phép dự báo tuyến tính. Các giàn lọc lấy mẫu tới hạn (ví dụ, các giàn lọc dựa vào bộ biến đổi cosin rời rạc (modified discrete cosine transform - MDCT)) cho phép truy cập trực tiếp vào các biểu diễn tần suất - thời gian khi mà tính không thích hợp nhận thức được và sự dư thừa tín hiệu có thể được khai thác. Dự báo tuyến tính cho phép việc lập mô hình nguồn hiệu quả của các tín hiệu âm thanh, đặc biệt là các tín hiệu thoại. Sự kết hợp của hai công cụ này, tức là, việc sử dụng phép dự báo trong các dải tần con của giàn lọc, chủ yếu được dùng trong việc mã hóa âm thanh tốc độ truyền bit cao. Đối với việc mã hóa tốc độ truyền bit thấp, thử thách với phép dự báo trong các dải tần con là phải giữ cho hao tổn (tức là tốc độ truyền bit) cho phần mô tả các chỉ số dự báo ở mức thấp. Thử thách khác là phải kiểm soát việc tạo nhiễu của tín hiệu sai số dự báo thu được bởi chỉ số dự báo dải tần con.

Đối với thử thách mã hóa phần mô tả của chỉ số dự báo dải tần con theo cách tiết kiệm bit, một hướng khả thi là ước tính chỉ số dự báo từ các phần tín hiệu âm thanh được giải mã trước đó và qua đó tránh được hoàn toàn phát sinh hao tổn của phần mô tả chỉ số dự báo. Nếu chỉ số dự báo có thể được xác định từ các phần tín hiệu âm thanh được giải mã trước đó, thì chỉ số dự báo này có thể được xác định tại bộ mã hóa và tại bộ giải mã, mà không cần truyền phần mô tả chỉ số dự báo từ bộ mã hóa đến bộ giải

mã. Sơ đồ này được gọi là sơ đồ dự đoán tùy biến lùi. Tuy nhiên, sơ đồ dự đoán tùy biến lùi này thường suy giảm đáng kể khi tốc độ truyền bit của tín hiệu âm thanh được mã hóa giảm. Cách thay thế hoặc bổ sung cho việc mã hóa hiệu quả chỉ số dự báo dài tần con là xác định phần mô tả chỉ số dự báo tự nhiên hơn, ví dụ phần mô tả mà khai thác kết cấu vốn có của tín hiệu âm thanh cần được mã hóa. Ví dụ, việc mã hóa thoại có tốc độ bit thấp thường dùng sơ đồ tùy biến tiến dựa trên biểu diễn thu gọn của chỉ số dự báo ngắn hạn (sử dụng các tương quan ngắn hạn) và chỉ số dự báo dài hạn (sử dụng các tương quan dài hạn theo cao độ cơ bản của tín hiệu thoại).

Đối với thử thách về kiểm soát việc tạo nhiễu của tín hiệu sai số dự báo, quan sát thấy rằng trong khi việc tạo nhiễu của chỉ số dự báo có thể được kiểm soát tốt bên trong dải tần con, tín hiệu âm thanh đầu ra cuối cùng của bộ mã hóa thường biểu thị các nhiễu răng cưa (ngoại trừ các tín hiệu âm thanh biểu thị dạng nhiễu dạng phổ gần như bằng phẳng).

Trường hợp quan trọng của chỉ số dự báo dài tần con là việc thực hiện phép dự báo dài hạn trong giàn lọc với các cửa sổ chồng lấn lên nhau. Chỉ số dự báo dài hạn thường khai thác các phần thừa trong các tín hiệu âm thanh theo chu kỳ và gần theo chu kỳ (như các tín hiệu thoại biểu thị cao độ vốn có), và có thể được mô tả bằng một hoặc số lượng ít các tham số dự đoán. Chỉ số dự báo dài hạn này có thể được xác định trong thời gian liên tục bằng độ trễ phản ánh tính chu kỳ của tín hiệu âm thanh. Khi độ trễ này là lớn so với độ dài của cửa sổ giàn lọc, chỉ số dự báo dài hạn có thể được thực hiện trong miền thời gian rời rạc nhờ sự dịch chuyển hoặc độ trễ một phần và có thể được chuyển đổi trở lại thành chỉ số dự báo chỉ nguyên nhân trong miền dải tần con này. Chỉ số dự báo dài hạn này thường không biểu thị các nhiễu răng cưa, nhưng có sự bất lợi đáng kể về sự phức tạp tính toán do nhu cầu về các phép toán giàn lọc bổ sung để chuyển đổi từ miền thời gian đến miền dải tần con gây ra. Hơn thế nữa, phương pháp xác định độ trễ trong miền thời gian và chuyển đổi độ trễ này thành chỉ số dự báo dài tần con không áp dụng được cho trường hợp mà chu kỳ của tín hiệu âm thanh cần được mã hóa là tương đương hoặc nhỏ hơn kích thước cửa sổ giàn lọc.

Bản mô tả này giải quyết các nhược điểm nêu trên của phép dự báo dài tần con. Cụ thể, bản mô tả này mô tả các phương pháp và hệ thống cho phép mô tả hiệu quả tốc

độ bit của các chỉ số dự báo dải tần con và/hoặc cho phép làm giảm các nhiễu răng cưa do các chỉ số dự báo dải tần con gây ra. Cụ thể, phương pháp và các hệ thống được mô tả trong bản mô tả này cho phép hoạt động của các bộ lập mã âm thanh tốc độ bit thấp nhờ sử dụng phép dự báo dải tần con, dẫn đến làm giảm mức độ nhiễu răng cưa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Phần mô tả này mô tả các phương pháp và hệ thống mà cải thiện chất lượng của việc lập mã nguồn âm thanh sử dụng phép dự báo trong miền dải tần con của giàn lọc lấy mẫu tới hạn. Các phương pháp và hệ thống này có thể sử dụng phần mô tả ngắn gọn của các chỉ số dự báo dải tần con, trong đó phần mô tả dựa trên các mô hình tín hiệu. Theo cách khác hoặc ngoài ra, các phương pháp và hệ thống này có thể sử dụng cách thực hiện hiệu quả của các chỉ số dự báo một cách trực tiếp trong miền dải tần con. Theo cách khác hoặc ngoài ra, các phương pháp và hệ thống có thể sử dụng các số hạng chỉ số dự báo giữa dải tần con, như được mô tả trong phần mô tả này, để làm giảm các nhiễu răng cưa.

Như được bộc lộ trong phần mô tả này, phần mô tả ngắn gọn của các chỉ số dự báo dải tần con có thể bao gồm tần số hình sin, chu kỳ của tín hiệu chu kỳ, phổ phi điều hòa yếu do đối mặt với sự rung của dải cứng, và/hoặc tập hợp các cao độ cho tín hiệu nhiều âm. Thấy rằng đối với trường hợp của chỉ số dự báo dài hạn, thì mô hình tín hiệu chu kỳ đưa ra các chỉ số dự báo chỉ nguyên nhân có chất lượng cao cho dãy các tham số trễ (hoặc độ trễ) mà bao gồm các giá trị ngắn hơn và/hoặc dài hơn kích thước cửa sổ giàn lọc. Điều này có nghĩa là mô hình tín hiệu chu kỳ có thể được sử dụng để thực hiện chỉ số dự báo dài hạn dải tần con một cách hiệu quả. Chuyển tiếp liền mạch được tạo ra từ phép dự báo dựa trên mô hình tín hiệu hình sin đến trị số gần đúng của độ trễ tùy ý.

Việc thực hiện trực tiếp các chỉ số dự báo trong miền dải tần con cho phép truy cập tường minh vào các đặc tính nhận thức của các biến dạng lượng tử hóa được tạo ra. Hơn thế nữa, việc thực hiện các chỉ số dự báo trong miền dải tần con cho phép truy cập vào các đặc điểm số như độ lợi dự đoán và sự phụ thuộc của các chỉ số dự báo trên các tham số. Ví dụ, phép phân tích dựa trên mô hình tín hiệu có thể biểu thị rằng độ lợi dự đoán chỉ có nghĩa trong một nhóm nhỏ của các dải tần con được xem xét, và sự biến

thiên của các hệ số chỉ số dự báo dưới dạng hàm số của tham số được chọn để chuyển tiếp có thể có ích trong việc thiết kế các loại tham số, cũng như các thuật toán mã hóa hiệu quả. Ngoài ra, độ phức tạp trong tính toán có thể được làm giảm đáng kể so với các phép thực hiện chỉ số dự báo mà phụ thuộc vào việc sử dụng các thuật toán hoạt động cả trong miền thời gian và trong miền dải tần con. Cụ thể, các phương pháp và hệ thống được mô tả trong phần mô tả này có thể được sử dụng để thực hiện phép dự báo dải tần con một cách trực tiếp trong miền dải tần con mà không cần phải xác định và dùng chỉ số dự báo (ví dụ, độ trễ dài hạn) trong miền thời gian.

Việc sử dụng các số hạng giữa dải tần con trong các chỉ số dự báo dải tần con cho phép các đặc điểm tạo nhiễu miền tần số được cải thiện đáng kể so với các chỉ số dự báo trong dải (mà chỉ dựa duy nhất vào phép dự báo trong dải). Nhờ thực hiện điều này, các nhiễu răng cưa có thể giảm xuống, qua đó cho phép sử dụng phép dự báo dải tần con cho các hệ thống mã hóa âm thanh có tốc độ bit tương đối thấp.

Theo một khía cạnh, phương pháp ước tính mẫu thứ nhất của dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh được mô tả. Dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh có thể được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà lần lượt đưa ra nhiều tín hiệu dải tần con trong nhiều dải tần con từ tín hiệu âm thanh. Tín hiệu âm thanh miền thời gian này có thể được đưa vào giàn lọc phân tích, qua đó tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con trong nhiều dải tần con. Mỗi dải trong số nhiều dải tần con thường bao trùm dãy tần số khác nhau của tín hiệu âm thanh, qua đó cho phép truy cập vào các thành phần tần số khác nhau của tín hiệu âm thanh. Nhiều dải tần con này có thể có khoảng cách dải tần con bằng nhau hoặc đồng nhất. Dải tần con thứ nhất tương ứng với một trong số nhiều dải tần con được tạo ra bởi giàn lọc phân tích.

Giàn lọc phân tích có thể có nhiều đặc điểm khác nhau. Giàn lọc tổng hợp bao gồm nhiều bộ lọc tổng hợp có thể có các đặc điểm tương tự hoặc giống nhau. Các đặc điểm được mô tả đối với giàn lọc phân tích và các bộ lọc phân tích cũng có thể được áp dụng cho các đặc điểm của giàn lọc tổng hợp và các bộ lọc tổng hợp. Thông thường, sự kết hợp của giàn lọc phân tích và giàn lọc tổng hợp cho phép tái tạo tín hiệu âm thanh một cách hoàn hảo. Các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích có thể bất biến dịch chuyển với các bộ lọc phân tích khác. Theo cách khác hoặc ngoài ra, các bộ lọc phân

tích của giàn lọc phân tích có thể bao gồm hàm cửa sổ thông thường. Cụ thể, các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích có thể bao gồm các phiên bản điều biến khác nhau của hàm cửa sổ thông thường. Theo một phương án, hàm cửa sổ thông thường được điều biến nhờ sử dụng hàm cosin, qua đó tạo ra giàn lọc phân tích được điều biến bằng cosin. Cụ thể, giàn lọc phân tích này có thể bao gồm (hoặc có thể tương đương với) một hoặc nhiều trong số biến đổi MDCT, QMF và/hoặc ELT. Hàm cửa sổ thông thường có thể có thời lượng hữu hạn K . Thời lượng của hàm cửa sổ thông thường có thể là sao cho các mẫu tiếp theo của tín hiệu dải tần con được xác định nhờ sử dụng các đoạn chồng lấn của tín hiệu âm thanh miền thời gian. Như vậy, giàn lọc phân tích có thể bao gồm biến đổi chồng lấn. Các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích có thể tạo ra cơ sở trực giao và/hoặc trực chuẩn. Một đặc điểm khác là giàn lọc phân tích có thể tương đương với giàn lọc lấy mẫu tới hạn. Cụ thể, số lượng mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con có thể tương ứng với số lượng mẫu của tín hiệu âm thanh miền thời gian.

Phương pháp này có thể bao gồm việc xác định tham số mô hình của mô hình tín hiệu. Cần lưu ý rằng mô hình tín hiệu có thể được mô tả nhờ sử dụng nhiều tham số mô hình. Như vậy, phương pháp này có thể bao gồm việc xác định nhiều tham số mô hình của mô hình tín hiệu. (Các) tham số mô hình có thể được tách ra từ dòng bit thu mà bao gồm hoặc là chỉ báo của tham số mô hình và tín hiệu sai số dự báo. Thay vào đó, (các) tham số mô hình có thể được xác định bằng cách khớp mô hình tín hiệu với tín hiệu âm thanh (ví dụ trên cơ sở khung nối tiếp), ví dụ sử dụng phép tính gần đúng sai số quân phương.

Mô hình tín hiệu có thể bao gồm một hoặc nhiều thành phần mô hình hình sin. Trong trường hợp này, tham số mô hình có thể chỉ báo một hoặc nhiều tần số của một hoặc nhiều thành phần mô hình hình sin này. Ví dụ, tham số mô hình có thể là chỉ báo của tần số cơ sở Ω của mô hình tín hiệu đa hình sin, trong đó tín hiệu đa hình sin này bao gồm các thành phần mô hình hình sin ở các tần số mà tương ứng với các bội số $q\Omega$ của tần số cơ sở Ω . Như vậy, mô hình tín hiệu đa hình sin có thể bao gồm thành phần tín hiệu chu kỳ, trong đó thành phần tín hiệu chu kỳ này bao gồm nhiều thành phần hình sin và trong đó nhiều thành phần hình sin này có tần số là bội số của tần số cơ sở Ω . Như sẽ được thể hiện trong phần mô tả này, thành phần tín hiệu chu kỳ này có thể được sử dụng để lập mô hình độ trễ trong miền thời gian (như được sử dụng, ví dụ, đối

với các chỉ số dự báo dài hạn). Mô hình tín hiệu có thể bao gồm một hoặc nhiều tham số mô hình mà chỉ báo sự dịch chuyển và/hoặc sai lệch của mô hình tín hiệu so với mô hình tín hiệu chu kỳ. Sự dịch chuyển và/hoặc sai lệch này có thể chỉ báo sự sai lệch của các tần số của nhiều thành phần hình sin của mô hình tín hiệu chu kỳ từ các bội số $q\Omega$ tương ứng của tần số cơ sở Ω .

Mô hình tín hiệu có thể bao gồm nhiều thành phần tín hiệu chu kỳ. Mỗi thành phần tín hiệu chu kỳ có thể được mô tả nhờ sử dụng một hoặc nhiều tham số mô hình. Các tham số mô hình có thể là chỉ báo của nhiều tần số cơ sở $\Omega_0, \Omega_1, \dots, \Omega_{M-1}$ của nhiều thành phần tín hiệu chu kỳ. Theo cách khác hoặc ngoài ra, mô hình tín hiệu có thể được mô tả bằng tham số lũy biến định trước và/hoặc có thể điều chỉnh được (mà có thể là một trong số các tham số mô hình). Tham số lũy biến có thể được tạo cấu hình để làm đều hoặc làm phẳng phổ vạch thành phần tín hiệu chu kỳ. Ví dụ cụ thể của các mô hình tín hiệu và các tham số mô hình đi kèm được mô tả trong phần mô tả phương án của phần mô tả này.

(Các) tham số mô hình có thể được xác định sao cho trị số trung bình của tín hiệu sai số dự báo bình phương được giảm xuống (ví dụ, giảm đến mức tối thiểu). Tín hiệu sai số dự báo có thể được xác định dựa trên sự khác nhau giữa mẫu thứ nhất và giá trị ước tính của mẫu thứ nhất. Cụ thể, trị số trung bình của tín hiệu sai số dự báo bình phương có thể được xác định dựa trên nhiều mẫu thứ nhất tiếp theo của tín hiệu dải tần con thứ nhất và dựa trên nhiều mẫu thứ nhất được ước tính tương ứng. Cụ thể, phần mô tả này đề xuất lập mô hình tín hiệu âm thanh hoặc ít nhất là tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh nhờ sử dụng mô hình tín hiệu mà được mô tả bởi một hoặc nhiều tham số mô hình. Các tham số mô hình được sử dụng để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo của chỉ số dự báo tuyến tính mà xác định tín hiệu dải tần con được ước tính thứ nhất. Sự khác nhau giữa tín hiệu dải tần con thứ nhất và tín hiệu dải tần con được ước tính thứ nhất tạo ra tín hiệu dải tần con sai số dự báo. Một hoặc nhiều tham số mô hình có thể được xác định sao cho trị số trung bình của tín hiệu dải tần con sai số dự báo bình phương được giảm xuống (ví dụ, giảm đến mức tối thiểu).

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc xác định hệ số dự báo cần áp dụng cho mẫu liền trước của tín hiệu dải tần con được giải mã thứ nhất thu được từ tín hiệu dải

tần con thứ nhất. Cụ thể, mẫu liên trước này có thể được xác định bằng cách cộng thêm (phiên bản đã được lượng tử hóa) tín hiệu sai số dự báo vào mẫu tương ứng của tín hiệu dải tần con thứ nhất. Tín hiệu dải tần con được giải mã thứ nhất này có thể giống với tín hiệu dải tần con thứ nhất (ví dụ trong trường hợp bộ mã hóa không hao hụt). Khe thời gian của mẫu liên trước thường đứng trước khe thời gian của mẫu thứ nhất. Cụ thể, phương pháp này có thể bao gồm việc xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo của bộ lọc dự đoán đệ quy (phản hồi xung hữu hạn) mà được tạo cấu hình để xác định mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất từ một hoặc nhiều mẫu liên trước.

Một hoặc nhiều hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên mô hình tín hiệu, dựa trên tham số mô hình và dựa trên giàn lọc phân tích. Cụ thể, hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên đánh giá phân tích của mô hình tín hiệu và của giàn lọc phân tích. Đánh giá phân tích của mô hình tín hiệu và của giàn lọc phân tích có thể dẫn đến việc xác định bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích. Như vậy, hệ số dự báo có thể được xác định nhờ sử dụng bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích, trong đó bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích này có thể được định trước dựa trên mô hình tín hiệu và dựa trên giàn lọc phân tích. Bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích có thể đưa ra (các) hệ số dự báo dưới dạng hàm số của tham số được có nguồn gốc từ từ (các) tham số mô hình. Tham số có nguồn gốc từ tham số mô hình này có thể là, ví dụ, tham số mô hình hoặc có thể thu được từ tham số mô hình nhờ sử dụng hàm số được định trước. Như vậy, một hoặc nhiều hệ số dự báo có thể được xác định theo cách hiệu quả về mặt tính toán nhờ sử dụng bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích định trước mà đưa ra một hoặc nhiều hệ số dự báo phụ thuộc (chỉ) vào một hoặc nhiều tham số được suy ra (chỉ) từ một hoặc nhiều tham số mô hình. Do đó, việc xác định hệ số dự báo có thể được đơn giản hóa thành việc tìm kiếm đơn giản của mục vào trong bảng tìm kiếm.

Như được chỉ ra trên đây, giàn lọc phân tích có thể bao gồm hoặc có thể biểu thị cấu trúc được điều biến. Kết quả của cấu trúc điều biến này là quan sát thấy rằng giá trị tuyệt đối của một hoặc nhiều hệ số dự báo không phụ thuộc vào số chỉ số của dải tần con thứ nhất. Điều này có nghĩa là bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích có thể bất biến dịch chuyển (ngoại trừ giá trị dấu) đối với chỉ số của nhiều dải tần con. Trong các trường hợp này, tham số có nguồn gốc từ tham số mô hình, tức là tham số mà được nhập vào bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích để xác định hệ số dự báo có thể thu được

bằng cách biểu diễn tham số mô hình theo cách tương đối với một trong số nhiều dải tần con.

Như được thể hiện trên đây, tham số mô hình có thể là chỉ báo của tần số cơ sở Ω của mô hình tín hiệu đa hình sin (ví dụ, mô hình tín hiệu chu kỳ). Trong các trường hợp này, việc xác định hệ số dự báo có thể bao gồm việc xác định bội số của tần số cơ sở Ω mà nằm trong dải tần con thứ nhất. Nếu bội số của tần số cơ sở Ω nằm trong dải tần con thứ nhất, độ lệch tương đối của bội số của tần số cơ sở Ω so với tần số trung tâm của dải tần con thứ nhất có thể được xác định. Cụ thể, độ lệch tương đối của bội số của tần số cơ sở Ω mà gần nhất với tần số trung tâm của dải tần con thứ nhất có thể được xác định. Bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích có thể được định trước sao cho bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích đưa ra hệ số dự báo dưới dạng hàm số của các độ lệch tương đối có thể có so với tần số trung tâm của dải tần con (ví dụ dưới dạng hàm số của tần số chuẩn f và/hoặc dưới dạng hàm số của tham số dịch chuyển Θ , như được mô tả trong phần mô tả này). Như vậy, hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên bảng tìm kiếm và/hoặc dựa trên hàm giải tích nhờ sử dụng độ lệch tương đối được xác định. Bảng tìm kiếm định trước có thể bao gồm số lượng giới hạn các mục vào cho số lượng giới hạn các độ lệch tương đối có thể có. Trong trường hợp này, độ lệch tương đối được xác định này có thể được làm tròn đến độ lệch tương đối có thể có gần nhất từ số lượng giới hạn của các độ lệch tương đối có thể có, trước khi tìm kiếm hệ số dự báo từ bảng tìm kiếm.

Mặt khác, nếu bội số của tần số cơ sở Ω không nằm trong dải tần con thứ nhất, hoặc đúng hơn là, nằm trong dải tần số mở rộng xung quanh dải tần con thứ nhất, hệ số dự báo có thể được thiết lập là zero. Trong những trường hợp này, mẫu thứ nhất được ước tính có thể cũng là zero.

Việc xác định hệ số dự báo có thể bao gồm việc lựa chọn một trong số nhiều bảng tìm kiếm dựa trên tham số mô hình. Ví dụ, tham số mô hình có thể là chỉ báo của tần số cơ sở Ω của mô hình tín hiệu chu kỳ. Tần số cơ sở Ω của mô hình tín hiệu chu kỳ tương ứng với chu kỳ T của mô hình tín hiệu chu kỳ. Phần mô tả này cho thấy rằng trong trường hợp các chu kỳ T tương đối nhỏ, thì mô hình tín hiệu chu kỳ đồng quy về mô hình hình sin đơn nhất. Hơn nữa, phần mô tả này cho thấy rằng trong trường hợp các

chu kỳ T tương đối lớn, thì các bảng tìm kiếm từ từ thay đổi theo giá trị tuyệt đối của T và chủ yếu phụ thuộc vào độ lệch tương đối (tức là phụ thuộc vào tham số dịch chuyển Θ). Như vậy, nhiều bảng tìm kiếm có thể được xác định trước cho nhiều giá trị khác nhau của chu kỳ T . Tham số mô hình (tức là chu kỳ T) có thể được sử dụng để chọn ra bảng tìm kiếm thích hợp trong số nhiều bảng tìm kiếm và hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên bảng tìm kiếm được chọn trong số nhiều bảng tìm kiếm này (nhờ sử dụng độ lệch tương đối, ví dụ nhờ sử dụng tham số dịch chuyển Θ). Như vậy, tham số mô hình (thể hiện, ví dụ, chu kỳ T) mà có độ chính xác tương đối cao có thể được giải mã thành một cặp tham số (ví dụ chu kỳ T và độ lệch tương đối) với độ chính xác giảm. Tham số thứ nhất (ví dụ như chu kỳ T) của cặp tham số có thể được sử dụng để chọn ra bảng tìm kiếm cụ thể và tham số thứ hai (ví dụ như độ lệch tương đối) có thể được sử dụng để xác định mục vào trong bảng tìm kiếm được chọn.

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc xác định giá trị ước tính của mẫu thứ nhất bằng cách áp dụng hệ số dự báo cho mẫu liền trước. Việc áp dụng hệ số dự báo cho mẫu liền trước có thể bao gồm bước nhân hệ số dự báo với giá trị của mẫu liền trước, qua đó tạo ra ước tính của mẫu thứ nhất. Thông thường, nhiều mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất được xác định bằng cách áp dụng hệ số dự báo cho chuỗi các mẫu liền trước. Việc xác định giá trị ước tính của mẫu thứ nhất có thể còn bao gồm bước áp dụng độ lợi lập thang tỉ lệ vào hệ số dự báo và/hoặc vào mẫu thứ nhất. Độ lợi lập thang tỉ lệ (hoặc số chỉ của nó) có thể được sử dụng, ví dụ, cho dự đoán dài hạn (LTP). Nói cách khác, độ lợi lập thang tỉ lệ có thể có được từ chỉ số dự báo khác (ví dụ, từ chỉ số dự báo dài hạn). Độ lợi lập thang tỉ lệ có thể là khác nhau đối với các dải tần con khác nhau. Hơn nữa, độ lợi lập thang tỉ lệ có thể được truyền đi dưới dạng một phần của tín hiệu âm thanh được mã hóa.

Như vậy, phần mô tả hiệu quả của chỉ số dự báo dải tần con (bao gồm một hoặc nhiều hệ số dự báo) được tạo ra nhờ sử dụng mô hình tín hiệu mà được mô tả bởi tham số mô hình. Tham số mô hình này được sử dụng để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo của chỉ số dự báo dải tần con. Điều này có nghĩa là bộ mã hóa âm thanh không cần truyền số chỉ của một hoặc nhiều hệ số dự báo, mà là số chỉ của tham số mô hình. Thông thường, tham số mô hình có thể được mã hóa hiệu quả hơn (tức là với số lượng

bit thấp hơn) một hoặc nhiều hệ số dự báo. Do đó, việc sử dụng phép dự báo dựa trên mô hình cho phép mã hóa dải tần con với tốc độ bit thấp.

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc xác định mặt nạ dự báo chỉ báo nhiều mẫu liên trước trong nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo. Nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo có thể bao gồm ít nhất là một trong số nhiều dải tần con, mà khác với dải tần con thứ nhất. Như vậy, chỉ số dự báo dải tần con có thể được tạo cấu hình để ước tính mẫu của tín hiệu dải tần con thứ nhất từ các mẫu của một hoặc nhiều tín hiệu dải tần con khác từ nhiều tín hiệu dải tần con, mà khác với tín hiệu dải tần con thứ nhất. Phân mô tả này gọi điều này là dự đoán dải tần con chéo. Mặt nạ dự báo có thể định nghĩa sự sắp xếp của nhiều mẫu liên trước (ví dụ độ trễ thời gian với khe thời gian của mẫu thứ nhất và/hoặc độ trễ chỉ số dải tần con với số chỉ số của dải tần con thứ nhất) mà được dùng để ước tính mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất.

Phương pháp này có thể tiến hành xác định nhiều hệ số dự báo cần được áp dụng vào nhiều mẫu liên trước. Nhiều hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên mô hình tín hiệu, dựa trên tham số mô hình và dựa trên giàn lọc phân tích (ví dụ sử dụng các sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình nêu trên và trong bản mô tả này). Như vậy, nhiều hệ số dự báo có thể được xác định nhờ sử dụng một hoặc nhiều tham số mô hình. Nói cách khác, số lượng giới hạn của các tham số mô hình có thể đủ để xác định nhiều hệ số dự báo. Điều này có nghĩa là nhờ sử dụng phép dự báo dải tần con dựa trên mô hình, phép dự báo dải tần con chéo có thể được thực hiện theo cách hiệu quả về tốc độ bit.

Phương pháp này có thể bao gồm việc xác định giá trị ước tính của mẫu thứ nhất bằng cách áp dụng nhiều hệ số dự báo vào nhiều mẫu liên trước, một cách lần lượt. Việc xác định giá trị ước tính của mẫu thứ nhất thường bao gồm việc xác định tổng của nhiều mẫu liên trước được gán trọng số bằng nhiều hệ số dự báo tương ứng.

Như được bộc lộ như trên, tham số mô hình có thể chỉ báo chu kỳ T . Nhiều bảng tìm kiếm, mà được sử dụng để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo, có thể bao gồm các bảng tìm kiếm đối với các giá trị khác nhau của chu kỳ T . Cụ thể, nhiều bảng tìm kiếm có thể bao gồm các bảng tìm kiếm đối với các giá trị khác nhau của chu kỳ T trong khoảng $[T_{min}, T_{max}]$ tại kích thước bước được định trước ΔT . Phân mô tả này biểu thị là T_{min} có thể nằm trong khoảng 0,25 và T_{max} có thể nằm trong khoảng 2,5.

T_{min} có thể được lựa chọn sao cho $T < T_{min}$, tín hiệu âm thanh có thể được lập mô hình nhờ sử dụng mô hình tín hiệu bao gồm thành phần mô hình tín hiệu hình sin đơn. T_{max} có thể được chọn sao cho $T > T_{max}$, các bảng tìm kiếm đối với các chu kỳ T_{max} đến $T_{max} + 1$ gần như tương ứng với các bảng tìm kiếm đối với các chu kỳ $T_{max} - 1$ đến T_{max} . Điều tương tự cũng thường áp dụng cho các chu kỳ $T_{max} + n$ đến $T_{max} + n + 1$, trong đó thường là $n \geq 0$.

Phương pháp này có thể bao gồm việc xác định bảng tìm kiếm được chọn là bảng tìm kiếm đối với chu kỳ T được chỉ báo bởi tham số mô hình. Sau khi đã chọn bảng tìm kiếm bao gồm hoặc chỉ báo một hoặc nhiều hệ số dự báo, tham số tìm kiếm có thể được sử dụng để xác định một hoặc nhiều mục vào thích hợp trong bảng tìm kiếm được chọn, mà chỉ báo một hoặc nhiều hệ số dự báo, một cách lần lượt. Tham số tìm kiếm có thể tương ứng với hoặc có thể được suy ra từ tham số dịch chuyển Θ .

Phương pháp này có thể bao gồm, đối tham số mô hình chỉ báo chu kỳ $T > T_{max}$, việc xác định chu kỳ dư T_r bằng cách lấy T trừ đi trị số số nguyên, sao cho chu kỳ dư T_r nằm trong khoảng $[T_{max} - 1, T_{max}]$. Bảng tìm kiếm đối với việc xác định hệ số dự báo có thể được xác định sau đó là bảng tìm kiếm đối với chu kỳ dư T_r .

Phương pháp này có thể bao gồm, đối với tham số mô hình chỉ báo chu kỳ $T < T_{min}$, việc chọn bảng tìm kiếm để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo là bảng tìm kiếm đối với chu kỳ T_{min} . Hơn nữa, tham số tìm kiếm (ví dụ tham số dịch chuyển Θ) đối với việc xác định một hoặc nhiều mục vào của bảng tìm kiếm được chọn mà đưa ra một hoặc nhiều hệ số dự báo, có thể được chia theo tỷ lệ T_{min}/T . Một hoặc nhiều hệ số dự báo có thể được xác định sau đó nhờ sử dụng bảng tìm kiếm được chọn và tham số tìm kiếm được chia tỷ lệ. Cụ thể, một hoặc nhiều hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên một hoặc nhiều mục vào của bảng tìm kiếm được chọn tương ứng với tham số tìm kiếm được chia tỷ lệ. Như vậy, số lượng các bảng tìm kiếm có thể được giới hạn ở khoảng được định trước $[T_{min}, T_{max}]$, qua đó giới hạn các yêu cầu về bộ nhớ của bộ mã hóa / bộ giải mã âm thanh. Tuy nhiên, các hệ số dự báo có thể được xác định cho tất cả các giá trị có thể có của chu kỳ T nhờ sử dụng các bảng tìm kiếm được định trước, qua đó cho phép việc thực hiện hiệu quả về mặt tính toán của bộ mã hóa / bộ giải mã âm thanh.

Theo một khía cạnh khác, phương pháp ước tính mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh được mô tả. Như được bộc lộ như trên, tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh có thể được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con trong nhiều dải tần con, từ tín hiệu âm thanh, một cách lần lượt. Các chi tiết nêu trên cũng có thể áp dụng được cho phương pháp được mô tả dưới đây.

Phương pháp này bao gồm việc xác định mặt nạ dự báo chỉ báo nhiều mẫu liên trước trong nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo. Nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo bao gồm ít nhất là một trong số nhiều dải tần con, mà khác với dải tần con thứ nhất. Cụ thể, nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo có thể bao gồm dải tần con thứ nhất và/hoặc nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo có thể bao gồm một hoặc nhiều trong số nhiều dải tần con ngay sát với dải tần con thứ nhất.

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc xác định nhiều hệ số dự báo cần được áp dụng vào nhiều mẫu liên trước. Nhiều mẫu liên trước thường được suy ra từ nhiều tín hiệu dải tần con của tín hiệu âm thanh. Cụ thể, nhiều mẫu liên trước thường tương ứng với các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã. Nhiều hệ số dự báo có thể tương ứng với các hệ số dự báo của bộ lọc dự đoán đệ quy (phản hồi xung hữu hạn) mà cũng xét đến một hoặc nhiều mẫu của các dải tần con mà khác với dải tần con thứ nhất. Giá trị ước tính của mẫu thứ nhất có thể được xác định bằng cách áp dụng nhiều hệ số dự báo vào nhiều mẫu liên trước, một cách lần lượt. Như vậy, phương pháp cho phép dự báo dải tần con nhờ sử dụng một hoặc nhiều mẫu từ các dải tần con khác (ví dụ, các dải tần con liền kề khác). Bằng cách này, các nhiễu răng cưa gây ra bởi các bộ lập mã dựa trên dự đoán dải tần con có thể được làm đi.

Phương pháp này có thể còn bao gồm việc xác định tham số mô hình của mô hình tín hiệu. Nhiều hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên mô hình tín hiệu, dựa trên tham số mô hình và dựa trên giàn lọc phân tích. Như vậy, nhiều hệ số dự báo có thể được xác định nhờ sử dụng phép dự báo dựa trên mô hình như được mô tả trong phần mô tả này. Cụ thể, nhiều hệ số dự báo có thể được xác định nhờ sử dụng bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích. Bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích có thể được định trước dựa trên mô hình tín hiệu và dựa trên giàn lọc phân tích. Hơn nữa, bảng tìm kiếm và/hoặc

hàm giải tích có thể tạo ra nhiều hệ số dự báo (duy nhất) dưới dạng hàm số của tham số được suy ra từ tham số mô hình. Do đó, tham số mô hình có thể trực tiếp tạo ra nhiều hệ số dự báo nhờ sử dụng bảng tìm kiếm và/hoặc hàm giải tích. Như vậy, tham số mô hình có thể được sử dụng để mô tả hệ số của chỉ số dự báo dài tần con chéo một cách hiệu quả.

Theo một khía cạnh khác, phương pháp mã hóa tín hiệu âm thanh được mô tả. Phương pháp này có thể bao gồm việc xác định nhiều tín hiệu dài tần con từ tín hiệu âm thanh nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích. Phương pháp này có thể thúc đẩy việc ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dài tần con nhờ sử dụng bất kỳ phương pháp dự đoán nào trong các phương pháp được mô tả trong phần mô tả này, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dài tần con được ước tính. Hơn nữa, các mẫu của nhiều tín hiệu dài tần con sai số dự báo có thể được xác định dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dài tần con và các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dài tần con được ước tính. Phương pháp này có thể thúc đẩy việc lượng tử hóa nhiều tín hiệu dài tần con sai số dự báo, và có thể thúc đẩy việc tạo ra tín hiệu âm thanh được mã hóa. Tín hiệu âm thanh được mã hóa có thể chỉ báo (ví dụ, có thể bao gồm) nhiều tín hiệu dài tần con sai số dự báo được lượng tử hóa. Hơn nữa, tín hiệu đã mã hóa có thể chỉ báo (ví dụ, có thể bao gồm) một hoặc nhiều tham số được dùng để ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dài tần con được ước tính, ví dụ chỉ báo một hoặc nhiều tham số mô hình được dùng để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo mà sau đó được dùng để ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dài tần con được ước tính.

Theo một khía cạnh khác, phương pháp giải mã tín hiệu âm thanh được mã hóa được mô tả. Tín hiệu âm thanh được mã hóa thường chỉ báo nhiều tín hiệu dài tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số cần được dùng để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dài tần con được ước tính. Phương pháp này có thể bao gồm việc khử lượng tử hóa nhiều tín hiệu dài tần con sai số dự báo được lượng tử hóa, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dài tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa. Hơn nữa, phương pháp này có thể bao gồm việc ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dài tần con được ước tính nhờ sử dụng phương pháp dự đoán bất kỳ trong số các phương pháp được mô tả trong phần mô tả này. Các mẫu của nhiều tín hiệu dài tần con được giải mã có thể được xác định dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dài tần con được

ước tính và dựa trên mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa. Tín hiệu âm thanh được giải mã có thể được xác định từ nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã nhờ sử dụng giàn lọc tổng hợp bao gồm nhiều bộ lọc tổng hợp.

Theo một khía cạnh khác, hệ thống được tạo cấu hình để ước tính một hoặc nhiều mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh được mô tả. Tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh có thể được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con từ tín hiệu âm thanh trong nhiều dải tần con tương ứng. Hệ thống này có thể bao gồm bộ tính toán chỉ số dự báo được tạo cấu hình để xác định tham số mô hình của mô hình tín hiệu. Hơn nữa, bộ tính toán chỉ số dự báo có thể được tạo cấu hình để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo cần được áp dụng vào một hoặc nhiều mẫu liên trước của tín hiệu dải tần con được giải mã thứ nhất được suy ra từ tín hiệu dải tần con thứ nhất. Như vậy, bộ tính toán chỉ số dự báo có thể được tạo cấu hình để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo của bộ lọc dự đoán đệ quy, đặc biệt là bộ lọc dự đoán dải tần con đệ quy. Một hoặc nhiều hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên mô hình tín hiệu, dựa trên tham số mô hình và dựa trên giàn lọc phân tích (ví dụ nhờ sử dụng các phương pháp dự đoán dựa trên mô hình được mô tả trong phần mô tả này). Các khe thời gian của một hoặc nhiều mẫu liên trước thường ở trước các khe thời gian của một hoặc nhiều mẫu thứ nhất. Hệ thống này có thể còn bao gồm chỉ số dự báo dải tần con được tạo cấu hình để xác định giá trị ước tính của một hoặc nhiều mẫu thứ nhất bằng cách áp dụng một hoặc nhiều hệ số dự báo vào một hoặc nhiều mẫu liên trước.

Theo một khía cạnh khác, hệ thống được tạo cấu hình để ước tính một hoặc nhiều mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh được mô tả. Tín hiệu dải tần con thứ nhất tương ứng với dải tần con thứ nhất của nhiều dải tần con. Tín hiệu dải tần con thứ nhất thường được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con cho nhiều dải tần con, một cách lần lượt. Hệ thống này bao gồm bộ tính toán chỉ số dự báo được tạo cấu hình để xác định mật độ dự báo chỉ báo nhiều mẫu liên trước trong nhiều dải tần con hỗ trợ mật độ dự báo. Nhiều dải tần con hỗ trợ mật độ dự báo bao gồm ít nhất là một trong số nhiều dải tần con, mà khác với dải tần con thứ nhất. Bộ tính toán chỉ số dự báo còn được tạo cấu hình để xác định nhiều hệ số dự báo (hoặc bộ lọc dự đoán đệ quy) cần

được áp dụng vào nhiều mẫu liên trước. Hơn nữa, hệ thống này bao gồm chỉ số dự báo dải tần con được tạo cấu hình để xác định giá trị ước tính của một hoặc nhiều mẫu thứ nhất bằng cách áp dụng nhiều hệ số dự báo vào nhiều mẫu liên trước, một cách lần lượt.

Theo một khía cạnh khác, bộ mã hóa âm thanh được tạo cấu hình để mã hóa tín hiệu âm thanh được mô tả. Bộ mã hóa âm thanh bao gồm giàn lọc phân tích được tạo cấu hình để xác định nhiều tín hiệu dải tần con từ tín hiệu âm thanh nhờ sử dụng nhiều bộ lọc phân tích. Hơn nữa, bộ mã hóa âm thanh bao gồm bộ tính toán chỉ số dự báo và chỉ số dự báo dải tần con như được mô tả trong phần mô tả này, mà được tạo cấu hình để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính. Ngoài ra, bộ mã hóa có thể bao gồm đơn vị vi sai được tạo cấu hình để xác định các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con và của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính. Bộ lượng tử hóa có thể được sử dụng để lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo. Hơn nữa, bộ tạo dòng bit có thể được tạo cấu hình để tạo ra tín hiệu âm thanh được mã hóa chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số (ví dụ một hoặc nhiều tham số mô hình) được dùng để ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính.

Theo một khía cạnh khác, bộ giải mã âm thanh được tạo cấu hình để giải mã tín hiệu âm thanh được mã hóa được mô tả. Tín hiệu âm thanh được mã hóa chỉ báo (ví dụ bao gồm) nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và một hoặc nhiều tham số được dùng để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính. Bộ giải mã âm thanh có thể bao gồm bộ khử lượng tử hóa được tạo cấu hình để khử lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa. Hơn nữa, bộ giải mã bao gồm bộ tính toán chỉ số dự báo và chỉ số dự báo dải tần con như được mô tả trong phần mô tả này, mà được tạo cấu hình để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính. Bộ cộng có thể được sử dụng để xác định mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính và dựa trên mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa. Hơn nữa, giàn lọc tổng hợp có thể được sử dụng để xác định tín hiệu âm thanh

được giải mã từ nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã nhờ sử dụng nhiều bộ lọc tổng hợp.

Theo một khía cạnh khác, chương trình phần mềm được mô tả. Chương trình phần mềm này có thể được điều chỉnh để thực thi trên bộ xử lý và để thực hiện các bước của phương pháp được bộc lộ trong phần mô tả này khi được thực hiện trên bộ xử lý.

Theo một khía cạnh khác, phương tiện lưu trữ được mô tả. Phương tiện lưu trữ này có thể bao gồm chương trình phần mềm được điều chỉnh để thực thi trên bộ xử lý và để thực hiện các bước của phương pháp được bộc lộ trong phần mô tả này khi được thực hiện trên bộ xử lý.

Theo một khía cạnh khác, sản phẩm chương trình máy tính được mô tả. Chương trình máy tính có thể bao gồm các lệnh khả thi để thực hiện các bước của phương pháp được bộc lộ trong phần mô tả này khi được thực thi trên máy tính.

Cần lưu ý rằng các phương pháp và hệ thống bao gồm các phương án ưu tiên của nó như được bộc lộ trong phần mô tả này có thể được sử dụng riêng lẻ hoặc kết hợp với các phương pháp và hệ thống khác mà đã được bộc lộ trong phần mô tả này. Hơn nữa, tất cả khía cạnh của các phương pháp và hệ thống được bộc lộ trong phần mô tả này có thể được kết hợp một cách tùy ý. Cụ thể, các đặc điểm của các yêu cầu bảo hộ có thể được kết hợp với đặc điểm khác theo cách tùy ý.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Dưới đây, sáng chế được mô tả thông qua các ví dụ thể hiện mà không hạn chế phạm vi hay bản chất của sáng chế, với sự viện dẫn đến các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Fig.1 thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã âm thanh dùng làm ví dụ dùng phép dự báo tuyến tính trong miền gián lọc (tức là trong miền dải tần con);

Fig.2 thể hiện các mặt nạ dự báo dùng làm ví dụ trong lưới tần số thời gian;

Fig.3 thể hiện dữ liệu được lập thành bảng dùng làm ví dụ cho bộ tính toán chỉ số dự báo dựa trên mô hình tín hiệu hình sin;

Fig.4 thể hiện tập nhiều dùng làm ví dụ hình thành từ phép dự báo dải tần con trong dải;

Fig.5 thể hiện tập nhiều dùng làm ví dụ hình thành từ phép dự báo dải con chéo; và

Fig.6a thể hiện lưới lượng tử hóa hai chiều dùng làm ví dụ có cơ sở là dữ liệu được lập thành bảng dùng cho việc tính toán chỉ số dự báo dựa trên mô hình theo chu kỳ;

Fig.6b thể hiện việc sử dụng các mặt nạ dự báo khác nhau cho các khoảng khác nhau của các chu kỳ tín hiệu; và

Figs. 7a và 7b thể hiện các biểu đồ tiến trình của các phương pháp mã hóa và giải mã dùng làm ví dụ sử dụng phép dự báo dải tần con dựa trên mô hình.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án được mô tả dưới đây chỉ thể hiện cho các nguyên lý của sáng chế đối với phép dự báo dựa trên mô hình trong giàn lọc lấy mẫu tới hạn. Cần phải hiểu rằng những cải biến và thay đổi của các sắp xếp và các chi tiết được mô tả trong đó là hiển nhiên với những người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực. Do đó, sáng chế chỉ bị giới hạn bởi phạm vi của các yêu cầu bảo và không bị giới hạn bởi các chi tiết cụ thể được trình bày trong phần mô tả và giải thích các phương án trong đó.

Fig.1 thể hiện sơ đồ khối của bộ giải mã âm thanh dùng làm ví dụ 100 áp dụng dự báo tuyến tính trong miền giàn lọc (còn gọi là miền dải tần con). Bộ giải mã âm thanh 100 nhận dòng bit chứa thông tin về tín hiệu sai số dự báo (còn gọi là tín hiệu dư) và có thể có thông tin về phần mô tả chỉ số dự báo được bộ mã hóa tương ứng sử dụng để xác định tín hiệu sai số dự báo từ tín hiệu âm thanh đầu vào gốc. Thông tin về tín hiệu sai số dự báo có thể liên quan đến các dải tần con của tín hiệu âm thanh đầu vào và

thông tin về phần mô tả của chỉ số dự báo có thể liên quan đến một hoặc nhiều chỉ số dự báo dải tần con.

Thông tin dòng bit thu được được đưa vào bộ khử lượng tử hóa 101 mà có thể cho ra các mẫu 111 của các tín hiệu dải tần con sai số dự báo. Các mẫu này có thể được thêm vào đầu ra 112 của chỉ số dự báo dải tần con 103 và tổng 113 có thể được chuyển đến bộ đệm dải tần con 104 mà giữ bản ghi của các mẫu được giải mã trước đó 113 của các dải tần con của tín hiệu âm thanh được giải mã. Đầu ra của chỉ số dự báo dải tần con 103 có thể được gọi là các tín hiệu dải tần con được ước tính 112. Các mẫu được giải mã 113 của các dải tần con của tín hiệu âm thanh được giải mã có thể được đưa vào giàn lọc tổng hợp 102 mà chuyển các mẫu dải tần con đến miền thời gian, qua đó đạt được các mẫu miền thời gian 114 của tín hiệu âm thanh được giải mã.

Nói cách khác, bộ giải mã 100 có thể hoạt động trong miền dải tần con. Cụ thể, bộ giải mã 100 có thể xác định nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính 112 nhờ sử dụng chỉ số dự báo dải tần con 103. Hơn nữa, bộ giải mã 100 có thể xác định nhiều tín hiệu dải tần con dư 111 nhờ sử dụng bộ khử lượng tử hóa 101. Các cặp tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính 112 và nhiều tín hiệu dải tần con dư 111 có thể được thêm vào để đạt được nhiều tín hiệu giải con được giải mã 113 tương ứng. Nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã 113 có thể được đưa vào giàn lọc tổng hợp 102 để đạt được tín hiệu âm thanh được giải mã trong miền thời gian 114.

Theo một phương án của chỉ số dự báo dải tần con 103, mẫu cho trước của tín hiệu dải tần con được ước tính 112 cho trước có thể thu được bằng tổ hợp tuyến tính của các mẫu dải tần con trong bộ đệm 104 mà tương ứng với khoảng thời gian khác và tần số khác (tức là dải tần con khác) hơn là mẫu cho trước của tín hiệu dải tần con được ước tính 112 cho trước. Nói cách khác, mẫu của tín hiệu dải tần con được ước tính 112 tại khoảng thời gian thứ nhất và trong dải tần con thứ nhất có thể được xác định dựa trên một hoặc nhiều mẫu của các tín hiệu dải tần con được giải mã 113 mà liên quan đến khoảng thời gian thứ hai (khác với khoảng thời gian thứ nhất) và liên quan đến dải tần con thứ hai (khác với dải tần con thứ nhất). Việc thu thập các hệ số dự báo và các dữ liệu đi kèm đến mặt nạ thời gian và tần số có thể định nghĩa chỉ số dự báo 103, và thông tin này có thể được trang bị bởi bộ tính toán chỉ số dự báo 105 của bộ giải mã

100. Bộ tính toán chỉ số dự báo 105 cho ra thông tin định nghĩa chỉ số dự báo 103 thông qua việc chuyển đổi dữ liệu mô hình tín hiệu có trong dòng bit thu được. Gia lượng bổ sung có thể được truyền đi, mà điều biến tỷ lệ của đầu ra của chỉ số dự báo 103. Theo một phương án của bộ tính toán chỉ số dự báo 105, dữ liệu mô hình tín hiệu được cung cấp dưới dạng phổ vạch được tham số hóa một cách hiệu quả, trong đó mỗi vạch trong phổ vạch được tham số hóa, hoặc nhóm các vạch tiếp theo của phổ vạch được tham số hóa, được dùng để chỉ ra các giá trị được lập thành bảng của các hệ số chỉ số dự báo. Như vậy, dữ liệu mô hình tín hiệu được cung cấp trong dòng bit thu được có thể được sử dụng để xác định các mục vào trong bảng tìm kiếm được định trước, trong đó các mục vào từ bảng tìm kiếm cung cấp một hoặc nhiều giá trị của các hệ số chỉ số dự báo (còn gọi là các hệ số dự báo) cần được sử dụng bởi chỉ số dự báo 103. Phương pháp được áp dụng cho bảng tìm kiếm có thể phụ thuộc vào sự cân bằng giữa các yêu cầu về độ phức tạp và bộ nhớ. Ví dụ, kiểu tìm kiếm lân cận gần nhất có thể được sử dụng để đạt được độ phức tạp thấp nhất, trong khi phương pháp tìm kiếm nội suy có thể có hiệu suất tương tự với kích thước bảng nhỏ hơn.

Như được chỉ báo ở trên, dòng bit thu được có thể bao gồm một hoặc nhiều gia lượng được truyền đi trực tiếp rõ ràng (hoặc các chỉ báo được truyền đi trực tiếp rõ ràng của gia lượng). Các gia lượng có thể được dùng làm một phần của quá trình hoạt động của chỉ số dự đoán hoặc dùng sau quá trình này. Một hoặc nhiều gia lượng được truyền đi trực tiếp rõ ràng có thể là khác nhau đối với các dải tần con khác nhau. (Các chỉ báo của) Các gia lượng bổ sung được truyền đi trực tiếp rõ ràng được cung cấp thêm đến một hoặc nhiều tham số mô hình mà được sử dụng để xác định các hệ số dự báo của chỉ số dự báo 103. Như vậy, các gia lượng bổ sung có thể được sử dụng để chia tỷ lệ các hệ số dự báo của chỉ số dự báo 103.

Fig.2 thể hiện các hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo được dùng làm ví dụ trong lưới tần số thời gian. Các hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo có thể được dùng cho các chỉ số dự báo 103 mà hoạt động trong giàn lọc với phép giải tần số thời gian đồng nhất như giàn lọc được điều biến theo hình cosin (ví dụ giàn lọc MDCT). Điểm đặc biệt được thể hiện trên sơ đồ 201, trong đó mẫu dải con đích có màu tối 211 là đầu ra của phép dự đoán dựa trên mẫu dải tần con có màu sáng 212. Trong các sơ đồ từ 202 đến 205, việc thu thập các mẫu dải tần con có màu sáng chỉ báo hàm hỗ trợ mặt nạ chỉ số dự đoán. Sự kết

hợp của các mẫu dải con gốc 212 và các mẫu dải con đích 211 sẽ được gọi là mặt nạ dự báo 201. Lưới tần số-thời gian có thể được sử dụng để sắp xếp các mẫu dải tần con trong vùng lân cận của mẫu dải con đích. Chỉ số khe thời gian tăng từ trái sang phải và chỉ số tần số dải con tăng từ dưới lên trên. Fig.2 thể hiện các ví dụ mẫu của mặt nạ dự báo và hàm hỗ trợ mặt nạ chỉ số dự đoán và cần lưu ý rằng nhiều mặt nạ dự báo và hàm hỗ trợ mặt nạ chỉ số dự đoán khác có thể được sử dụng. Các mặt nạ dự báo được dùng làm ví dụ là:

- Mặt nạ dự đoán 202 định nghĩa phép dự báo trong dải của mẫu dải con ước tính 221 tại khoảng thời gian k từ hai mẫu dải con được giải mã trước đó 222 tại các khoảng thời gian $k-1$ và $k-2$.
- Mặt nạ dự đoán 203 định nghĩa phép dự đoán dải chéo của mẫu dải con ước tính 231 tại khoảng thời gian k và trong dải tần con n dựa trên ba mẫu dải con được giải mã trước đó 232 tại khoảng thời gian $k-1$ và trong các dải con $n-1, n, n+1$.
- Mặt nạ dự đoán 204 định nghĩa phép dự đoán dải chéo của ba các mẫu dải tần con ước tính 241 tại khoảng thời gian k và trong ba dải con khác nhau $n-1, n, n+1$ dựa trên ba mẫu dải con được giải mã trước đó 242 tại khoảng thời gian $k-1$ và trong các dải con $n-1, n, n+1$. Phép dự đoán dải chéo có thể được thực hiện sao cho mỗi mẫu dải con ước tính 241 có thể được xác định dựa trên cả ba mẫu dải con được giải mã trước đó 242 trong các dải tần con $n-1, n, n+1$.
- Mặt nạ dự đoán 205 định nghĩa phép dự đoán dải chéo của mẫu dải con ước tính 251 tại khoảng thời gian k và trong dải tần con n dựa trên mười hai mẫu dải con được giải mã trước đó 252 tại các khoảng thời gian $k-2, k-3, k-4, k-5$ và trong các dải con $n-1, n, n+1$.

Fig.3 thể hiện dữ liệu được lập thành bảng cho bộ tính toán chỉ số dự báo dựa trên mô hình tín hiệu hình sin 105 mà hoạt động trong giàn lọc được điều biến theo hình cosin. Hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo giống trong sơ đồ 204. Đối với thông số tần số cho trước, dải tần con với tần số trung tâm của dải con gần nhất có thể được chọn làm dải

con đích giữa. Sự khác nhau giữa thông số tần số và tần số trung tâm của dải con đích giữa có thể được tính toán trong các đơn vị lập khoảng cách tần số của giàn lọc (các khoang tần số). Phép tính này cho giá trị nằm giữa -0,5 và 0,5 mà có thể được làm tròn đến mục vào sẵn có gần nhất trong dữ liệu được lập thành bảng, được mô tả bằng cách hoành độ của chín đồ thị 301 trên Fig.3. Điều này tạo ra ma trận 3×3 của các hệ số mà cần được áp dụng vào các giá trị gần nhất của nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã 113 trong bộ đệm dải tần con 104 của dải con đích và hai dải con liền kề của nó. Vector 3×1 được tạo ra tạo thành sự đóng góp của chỉ số dự báo dải tần con 103 vào ba dải tần con này cho thông số tần số cho trước. Quá trình này có thể lặp lại theo cách cộng hưởng đối với tất cả các thành phần tín hiệu hình sin trong mô hình tín hiệu.

Nói cách khác, Fig.3 thể hiện ví dụ của phần mô tả dựa trên mô hình của chỉ số dự báo dải tần con. Giả sử tín hiệu âm thanh đầu vào bao gồm một hoặc nhiều thành phần tín hiệu hình sin tại các tần số cơ sở $\Omega_0, \Omega_1, \dots, \Omega_{M-1}$. Đối với mỗi thành phần trong số một hoặc nhiều thành phần tín hiệu hình sin, nhờ sử dụng mặt nạ dự đoán được định trước (ví dụ mặt nạ dự báo 204), thì có thể xác định được chỉ số dự báo dải tần con. Tần số cơ sở Ω của tín hiệu âm thanh đầu vào có thể nằm trong một trong số các dải tần con của giàn lọc. Dải con này có thể gọi là dải con giữa cho tần số cơ sở Ω cụ thể này. Tần số cơ sở Ω có thể được thể hiện là dãy giá trị từ -0,5 và 0,5 tương ứng tần số trung tâm của dải con giữa. Bộ mã hóa âm thanh có thể truyền thông tin về tần số cơ sở Ω đến bộ giải mã 100. Bộ tính toán chỉ số dự báo 105 của bộ giải mã 100 có thể sử dụng ma trận ba nhân ba trên Fig.3 để xác định ma trận ba nhân ba của các hệ số dự báo bằng cách xác định giá trị hệ số 302 cho giá trị tần số tương ứng 303 của tần số cơ sở Ω . Điều này có nghĩa là, hệ số của chỉ số dự báo dải tần con 103 sử dụng mặt nạ dự báo 204 có thể được xác định bằng cách chỉ sử dụng thông tin thu được về tần số cơ sở Ω cụ thể. Nói cách khác, bằng cách lập mô hình tín hiệu âm thanh đầu vào sử dụng, ví dụ, mô hình của một trong nhiều thành phần tín hiệu hình sin, có thể cung cấp phần mô tả hiệu quả tốc độ bit của chỉ số dự báo dải tần con.

Fig.4 thể hiện tập nhiễu được dùng làm ví dụ hình thành từ phép dự báo dải tần con trong dải trong giàn lọc được điều biến theo hình cosin. Mô hình tín hiệu được dùng để thực hiện phép dự báo dải tần con trong dải là quá trình bất định tự hồi quy trình tự thứ hai với sự cộng hưởng có đỉnh, như được mô tả bằng phương trình vi phân

trình tự thứ hai định hướng bởi tập nhiễu trắng Gauss ngẫu nhiên. Đường cong 401 thể hiện phổ từ đo được khi thực tế hóa quá trình này. Trong ví dụ này, mặt nạ dự báo 202 trên Fig.2 được áp dụng. Tức là, bộ tính toán chỉ số dự báo 105 cung cấp chỉ số dự báo dải tần con 103 cho dải tần con đích cho trước 221 dựa trên các mẫu dải tần con trước đó 222 chỉ trong cùng một dải tần con. Thay thế bộ khử lượng tử hóa 101 bằng bộ tạo tập nhiễu trắng Gauss đã tạo ra phổ từ tổng hợp 402. Như có thể thấy trên hình vẽ, các nhiễu răng cưa rất mạnh xảy ra trong khi tổng hợp, do phổ tổng hợp 402 bao gồm các đỉnh không trùng với phổ gốc 401.

Fig.5 thể hiện tập nhiễu được dùng làm ví dụ hình thành từ phép dự báo dải con chéo. Cài đặt giống với trên Fig.4, ngoại trừ thực tế là mặt nạ dự báo 203 được áp dụng. Do đó, bộ tính toán 105 trang bị chỉ số dự báo 103 cho dải con đích cho trước 231 dựa trên các mẫu dải tần con trước đó 232 trong dải con đích và trong hai dải con liền kề của nó. Như có thể thấy trên Fig.5, phổ 502 của tín hiệu được tổng hợp về cơ bản là trùng với phổ 501 của tín hiệu gốc, tức là các vấn đề về thành phần lạ về cơ bản là được loại bỏ khi sử dụng phép dự báo dải con chéo.

Như vậy, các hình vẽ Fig.4 và Fig.5 thể hiện rằng khi sử dụng phép dự báo dải tần con chéo, tức là khi dự đoán mẫu dải tần con dựa trên các mẫu dải con trước đó của một hoặc nhiều dải con liền kề, các nhiễu răng cưa do phép dự đoán dải tần con gây ra có thể giảm xuống. Kết quả là, phép dự đoán dải tần con cũng có thể được áp dụng trong trường hợp các bộ mã hóa âm thanh tốc độ bit thấp mà không có nguy cơ gây ra các nhiễu răng cưa có thể nghe thấy. Việc sử dụng phép dự báo dải tần con chéo thường làm tăng số lượng của các hệ số dự báo. Tuy nhiên, như được thể hiện trong trường hợp trên Fig.3, việc sử dụng các mô hình đối với tín hiệu âm thanh đầu vào (ví dụ việc sử dụng mô hình có đường hình sin hoặc mô hình theo chu kỳ) cho phần mô tả hiệu quả chỉ số dự báo dải tần con, qua đó cho phép sử dụng phép dự báo dải tần con chéo cho các bộ lập mã âm thanh tốc độ bit thấp.

Sau đây, phần mô tả của các nguyên lý của phép dự báo dựa trên mô hình trong gian lọc lấy mẫu tới hạn sẽ được mô tả sơ bộ có viện dẫn đến các hình vẽ Fig.1-6, và bằng cách thêm vào hệ thống thuật ngữ toán học thích hợp.

Dự đoán tuyến tính có cơ sở là mô hình tín hiệu khả thi là phép dự đoán của quy trình bất định có tính ổn định yếu có kỳ vọng bằng 0 $x(t)$ mà số liệu thống kê của nó được xác định bởi hàm tự tương quan của nó $r(\tau) = E\{x(t)x(t-\tau)\}$. Với vai trò là mô hình tốt đối với các giàn lọc lấy mẫu tới hạn cần được xét đến ở đây, nó cho phép $\{w_\alpha : \alpha \in A\}$ là tập hợp của các dạng sóng tổng hợp giá trị thực $w_\alpha(t)$ mà cấu thành cơ sở trực chuẩn. Nói cách khác, giàn lọc có thể được biểu diễn bởi các dạng sóng $\{w_\alpha : \alpha \in A\}$. Các mẫu dải con của tín hiệu miền thời gian $s(t)$ thu được bởi các tích trong

$$\langle s, w_\alpha \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) w_\alpha(t) dt, \quad (1)$$

và tín hiệu được khôi phục bởi

$$s(t) = \sum_{\alpha \in A} \langle s, w_\alpha \rangle w_\alpha(t), \quad (2)$$

Các mẫu dải tần con $\langle x, w_\alpha \rangle$ của quy trình $x(t)$ là các biến ngẫu nhiên, ma trận hiệp phương sai $R_{\alpha\beta}$ của nó được xác định bởi hàm tự tương quan $r(\tau)$ như sau

$$R_{\alpha\beta} = E\{\langle x, w_\alpha \rangle \langle x, w_\beta \rangle\} = \langle W_{\alpha\beta}, r \rangle, \quad (3)$$

trong đó $W_{\alpha\beta}(\tau)$ là tương quan chéo của hai dạng sóng tổng hợp

$$W_{\alpha\beta}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} w_\alpha(t) w_\beta(t-\tau) dt. \quad (4)$$

Phép dự báo tuyến tính của mẫu dải con $\langle x, w_\alpha \rangle$ từ tập hợp hoặc các mẫu dải tần con được giải mã $\{\langle x, w_\beta \rangle : \beta \in B\}$ được định nghĩa bởi

$$\sum_{\beta \in B} c_\beta \langle x, w_\beta \rangle. \quad (5)$$

Trong phương trình (5), tập B định rõ các mẫu dải con gốc, tức là tập B định rõ hàm hỗ trợ cho mặt nạ dự báo. Trị số trung bình của sai số dự đoán bình phương được đưa ra bởi

$$E \left\{ \left(\sum_{\beta \in B} c_{\beta} \langle x, w_{\beta} \rangle - \langle x, w_{\alpha} \rangle \right)^2 \right\} = \sum_{\beta, \gamma \in B} c_{\gamma} R_{\gamma\beta} c_{\beta} - 2 \sum_{\beta \in B} R_{\alpha\beta} c_{\beta} + R_{\alpha\alpha},$$

(6)

và thu được nghiệm sai số quân phương (MSE) nhỏ nhất bằng cách giải các phương trình chuẩn tắc đối với các hệ số dự báo c_{β} ,

$$\sum_{\beta \in B} R_{\gamma\beta} c_{\beta} = R_{\gamma\alpha}, \quad \gamma \in B. \quad (7)$$

Khi các hệ số dự báo thỏa mãn phương trình (7), thì vế phải của phương trình (6) được rút gọn thành $R_{\alpha\alpha} - \sum_{\beta} R_{\alpha\beta} c_{\beta}$. Các phương trình chuẩn tắc (7) có thể được giải một cách hiệu quả nhờ sử dụng, ví dụ, thuật toán Levinson-Durbin.

Sáng chế đề xuất việc truyền biểu diễn thông số của mô hình tín hiệu mà từ đó có thể lấy được các hệ số dự báo $\{c_{\beta} : \beta \in B\}$ trong bộ tính toán chỉ số dự báo 105. Ví dụ, mô hình tín hiệu có thể đưa ra biểu diễn thông số của hàm tự tương quan $r(\tau)$ của mô hình tín hiệu. Bộ giải mã 100 có thể lấy được hàm tự tương quan $r(\tau)$ bằng cách sử dụng biểu diễn thông số thu được và có thể kết hợp hàm tự tương quan $r(\tau)$ với dạng sóng tổng hợp tương quan chéo $W_{\alpha\beta}(\tau)$ để thu được các mục vào ma trận hiệp phương sai cần cho các phương trình chuẩn tắc (7). Sau đó, có thể giải các phương trình này để có được các hệ số dự báo.

Nói cách khác, tín hiệu âm thanh đầu vào cần được mã hóa có thể được lập mô hình bởi quy trình $x(t)$ mà có thể được mô tả nhờ sử dụng số lượng giới hạn của các tham số mô hình. Cụ thể, quy trình lập mô hình $x(t)$ có thể sao cho hàm tự tương quan của nó $r(\tau) = E\{x(t)x(t-\tau)\}$ có thể được mô tả nhờ sử dụng số lượng giới hạn các thông số. Số lượng giới hạn của các thông số để mô tả hàm tự tương quan $r(\tau)$ có thể được truyền đến bộ giải mã 100. Bộ tính toán chỉ số dự báo 105 của bộ giải mã 100 có thể

xác định hàm tự tương quan $r(\tau)$ từ các thông số thu được và có thể sử dụng phương trình (3) để xác định ma trận hiệp phương sai $R_{\alpha\beta}$ của các tín hiệu dải tần con mà từ đó phương trình chuẩn tắc (7) có thể được xác định. Phương trình chuẩn tắc (7) sau đó có thể được giải bởi bộ tính toán chỉ số dự báo 105, qua đó đạt được các hệ số dự báo c_β .

Sau đây, các mô hình tín hiệu được dùng làm mẫu được mô tả mà có thể được sử dụng để áp dụng sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình được mô tả như trên một cách hiệu quả. Các mô hình tín hiệu được mô tả sau đây thường rất thích hợp để mã hóa các tín hiệu âm thanh, ví dụ để mã hóa các tín hiệu tiếng nói.

Ví dụ của mô hình tín hiệu được đưa ra bởi quy trình hình sin

$$x(t) = a \cos(\xi t) + b \sin(\xi t), \quad (8)$$

trong đó các biến ngẫu nhiên a, b là không tương quan, có kỳ vọng bằng 0, và phương sai bằng 1. Hàm tự tương quan của quy trình hình sin này được đưa ra bởi

$$r(\tau) = \cos(\xi \tau). \quad (9)$$

Sự tổng quát hóa của quy trình hình sin này là mô hình đa hàm sin bao gồm tập hợp các tần số (góc) S , tức là bao gồm nhiều tần số (góc) ξ khác nhau,

$$x(t) = \sum_{\xi \in S} a_\xi \cos(\xi t) + b_\xi \sin(\xi t). \quad (10)$$

Giả sử rằng tất cả các biến ngẫu nhiên a_ξ, b_ξ không tương quan theo cặp, có kỳ vọng bằng 0, và phương sai bằng 1, quy trình đa hàm sin có hàm tự tương quan

$$r(\tau) = \sum_{\xi \in S} \cos(\xi \tau). \quad (11)$$

Mật độ phổ công suất (PSD) của quy trình đa hàm sin (mà tương ứng với biến đổi Fourier của hàm tự tương quan), là phổ vạch

$$P(\omega) = \frac{1}{2} \sum_{\xi \in S} (\delta(\omega - \xi) + \delta(\omega + \xi)). \quad (12)$$

Sự cân nhắc về số trị có thể dẫn đến việc thay thế quy trình đa hàm sin thuần túy bằng hàm tự tương quan của quy trình xử lý phương trình với quy trình đa hàm sin lũy biến có hàm tự tương quan $r(\tau) = \exp(-\varepsilon|\tau|) \sum_{\xi \in S} \cos(\xi\tau)$ trong đó $\varepsilon > 0$ là tham số lũy biến tương đối nhỏ. Mô hình sau dẫn đến PSD dương một cách chính xác mà không có các hàm xung.

Ví dụ của các phần mô tả ngắn gọn của tập hợp các tần số S của mô hình đa hàm sin là như sau

1. Tần số cơ sở đơn $\Omega: S = \{\Omega\nu: \nu = 1, 2, \dots\}$
2. M các tần số cơ sở: $\Omega_0, \Omega_1, \dots, \Omega_{M-1}: S = \{\Omega_k\nu: \nu = 1, 2, \dots, k = 0, 1, \dots, M-1\}$
3. Tần số cơ sở dịch chuyển dải bên đơn $\Omega, \theta: S = \{\Omega(\nu + \theta): \nu = 1, 2, \dots\}$
4. Mô hình phi hài hòa yếu: $\Omega, \alpha: S = \{\Omega\nu \cdot (1 + \alpha\nu^2)^{1/2}: \nu = 1, 2, \dots\}$, với α mô tả thành phần phi hài hòa của mô hình.

Như vậy, mô hình gồm đa hàm sin (có thể bị lũy biến) biểu thị PSD được đưa ra bởi phương trình (12) có thể được mô tả một cách hiệu quả nhờ sử dụng một trong những phần mô tả được dùng làm ví dụ liệt kê như trên. Ví dụ, tập hợp đầu đủ S của các tần số của phổ vạch của phương trình (12) có thể được mô tả bằng cách chỉ sử dụng tần số cơ sở đơn Ω . Nếu tín hiệu âm thanh đầu vào cần được mã hóa có thể được mô tả tốt nhờ sử dụng mô hình đa hàm sin biểu thị tần số cơ sở đơn Ω , chỉ số dự báo dựa trên mô hình có thể được mô tả bằng thông số đơn (tức là bằng tần số cơ sở Ω), bất kể số lượng hệ số dự báo (tức là bất kể mặt nạ dự báo 202, 203, 204, 205) được chỉ số dự báo dải tần con 103 sử dụng.

Trường hợp mô tả tập S của các tần số tạo ra quy trình $x(t)$ mà lập mô hình các tín hiệu âm thanh đầu vào với chu kỳ $T = 2\pi/\Omega$. Khi đưa đóng góp tần số không (DC) cùng với phương sai 1/2 vào phương trình (11) và tùy theo việc thừa số $2/T$ làm thay

đôi tỷ lệ của kết quả, hàm tự tương quan của quy trình mô hình theo chu kỳ $x(t)$ có thể được viết dưới dạng

$$r(\tau) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \delta(\tau - kT). \quad (13)$$

Với định nghĩa của hệ số lũy biến $\rho = \exp(-T\varepsilon)$, hàm tự tương quan của phiên bản lũy biến của mô hình theo chu kỳ được đưa ra bởi

$$r(\tau) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} \rho^{|k|} \delta(\tau - kT). \quad (14)$$

Phương trình (14) cũng tương ứng với hàm tự tương quan của quy trình được định nghĩa bởi một vòng trễ có tạp nhiễu trắng $z(t)$, tức là, của quy trình mô hình

$$x(t) = \rho x(t - T) + \sqrt{1 - \rho^2} z(t). \quad (15)$$

Điều này có nghĩa là quy trình theo chu kỳ mà biểu thị tần số cơ sở đơn Ω tương ứng với độ trễ trong miền thời gian, trong đó độ trễ là $T = 2\pi/\Omega$.

Các mô hình tín hiệu toàn cầu nêu trên thường có phổ công suất phẳng phạm vi lớn, do giả thuyết phương sai đơn vị của các thông số biên độ hình sin a_ξ, b_ξ . Tuy nhiên, cần lưu ý rằng các mô hình tín hiệu thường chỉ được xem xét cục bộ đối với nhóm con của các dải con của giàn lọc lấy mẫu tới hạn, trong đó giàn lọc là phương tiện để hình thành phổ tổng quát. Nói cách khác, đối với tín hiệu có dạng phổ với độ biến thiên chậm so với chiều rộng của các dải con, các mô hình phổ công suất phẳng sẽ so khớp với tín hiệu, và sau đó, các chỉ số dự báo dựa trên mô hình sẽ đưa ra các cấp độ phù hợp của gia lượng dự đoán.

Một cách khái quát hơn, mô hình PSD có thể được mô tả về tham số hóa chuẩn của các quá trình tự hồi quy (AR) hoặc tự hồi quy kết hợp trung bình trượt (ARMA). Điều này sẽ làm tăng hiệu suất của phép dự báo dựa trên mô hình với chi phí hợp lý để làm tăng các tham số mô hình mô tả.

Sự biến thiên khác thu được loại bỏ giả định dừng đối với mô hình tín hiệu ngẫu nhiên. Hàm tự tương quan sau đó trở thành hàm có hai biến $r(t, s) = E\{x(t)x(s)\}$. Ví dụ,

các mô hình hình sin không dừng tương ứng có thể bao gồm biên độ (AM) và biến tần (FM).

Hơn nữa, mô hình tín hiệu mang tính tất định hơn có thể được sử dụng. Như có thể thấy trong các ví dụ sau đây, phép dự đoán có thể có sai số triệt tiêu trong một số trường hợp. Trong những trường hợp này, có thể tránh cách tiếp cận mang tính xác suất. Khi phép dự đoán là lý tưởng cho mọi tín hiệu trong không gian mô hình, không cần phải thực hiện trị số trung bình của phép biểu diễn dự đoán thông qua tính toán xác suất trên không gian mô hình được xét đến.

Sau đây, nhiều khía cạnh khác nhau về các giàn lọc được điều biến được mô tả. Cụ thể, các khía cạnh được mô tả mà ảnh hưởng đến việc xác định ma trận hiệp phương sai, qua đó đưa ra phương tiện hữu hiệu để xác định các hệ số dự báo của chỉ số dự báo dải tần con.

Giàn lọc được điều biến có thể được mô tả là có bộ chỉ mục hai chiều của các dạng sóng tổng hợp $\alpha = (n, k)$ trong đó $n = 0, 1, \dots$ là chỉ mục dải con (dải tần số) và trong đó $k \in \mathbb{Z}$ là chỉ mục mẫu dải con (khe thời gian). Để dễ giải thích, giả sử rằng các dạng sóng tổng hợp được cho trong khoảng thời gian liên tục và được chuẩn tắc hóa thành bước thời gian đơn vị,

$$w_{n,k}(t) = u_n(t - k), \quad (16)$$

trong đó

$$u_n(t) = v(t) \cos \left[\pi \left(n + \frac{1}{2} \right) \left(t + \frac{1}{2} \right) \right], \quad (17)$$

trong trường hợp giàn lọc được điều biến theo hình cosin. Giả sử rằng hàm cửa sổ $v(t)$ là giá trị thực và chẵn. Tùy vào các thay đổi nhỏ của quy tắc điều biến, nó bao hàm nhiều trường hợp rất liên quan như MDCT (Bộ biến đổi cosin rời rạc), QMF (Bộ lọc gương cầu phương), và ELT (Bộ biến đổi chồng lấn mở rộng) với các dải tần con L khi lấy mẫu tại bước thời gian $1/L$. Cửa sổ này được cho là có thời lượng hoặc độ dài hữu hạn với sự hỗ trợ trong khoảng $[-K/2, K/2]$, trong đó K là hệ số chồng lấn của biến đổi chồng lấn và trong đó K chỉ báo độ dài của hàm cửa sổ này.

Do cấu trúc bất biến dịch chuyển, thấy rằng hàm tương quan chéo của dạng sóng tổng hợp này (như được định nghĩa trong phương trình (4)) có thể được viết dưới dạng

$$W_{n,k,m,l}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} w_{n,k}(t) w_{m,l}(t-\tau) dt = \int_{-\infty}^{\infty} u_n(t) u_m(t-l+k-\tau) dt. \quad (18)$$

Tức là, $W_{n,k,m,l}(\tau) = U_{n,m}(\tau-l+k)$, với định nghĩa $U_{n,m}(\tau) = W_{n,0,m,0}(\tau)$. Cấu trúc điều kiện (17) cho phép khai triển rộng hơn thành

$$U_{n,m}(\tau) = \frac{1}{2} \kappa_{n-m}(\tau) \cos \frac{\pi}{2} [(n+m+1)\tau + (n-m)] \\ + \frac{1}{2} \kappa_{n+m+1}(\tau) \cos \frac{\pi}{2} [(n-m)\tau + (n+m+1)]. \quad (19)$$

trong đó hàm kernel κ_ν biểu diễn việc lấy mẫu với bước dải tần con giàn lọc trong biến tần số của phân bố Wigner-Ville của cửa sổ giàn lọc

$$\kappa_\nu(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} v\left(t + \frac{\tau}{2}\right) v\left(t - \frac{\tau}{2}\right) \cos(\pi \nu t) dt. \quad (20)$$

Hàm kernel có trị số thực và chẵn đối với cả ν và τ , do các giả thiết nêu trên trên hàm cửa sổ $v(t)$. Phép biến đổi Fourier của nó là tích của các phản hồi cửa sổ dịch chuyển,

$$\hat{\kappa}_\nu(\omega) = \hat{v}\left(\omega + \frac{\pi}{2}\nu\right) \hat{v}\left(\omega - \frac{\pi}{2}\nu\right). \quad (21)$$

Có thể thấy từ các phương trình (20) và (21) rằng hàm kernel $\kappa_\nu(\tau)$ triệt tiêu $|\tau| > K$ và suy giảm nhanh dưới dạng hàm số của $|\nu|$ đối với các lựa chọn tiêu biểu của các cửa sổ giàn lọc $v(t)$. Kết quả là, số hạng thứ hai của phương trình (19) chứa $\nu = n+m+1$ có thể thường xuyên bị bỏ qua trừ các dải tần con thấp nhất.

Đối với hàm tự tương quan $r(\tau)$ của mô hình tín hiệu cho trước, các công thức nêu trên có thể được lồng vào định nghĩa của ma trận hiệp phương sai mẫu dải con được đưa ra bởi phương trình (3). Có được $R_{n,k,m,l} = R_{n,m}[k-l]$ với định nghĩa

$$R_{n,m}[\lambda] = \int_{-\infty}^{\infty} U_{n,m}(\tau) r(\tau + \lambda) d\tau. \quad (22)$$

Dưới dạng hàm số của mật độ phổ công suất $P(\omega)$ của mô hình tín hiệu cho trước (mà tương ứng với phép biến đổi Fourier của hàm tự tương quan $r(\tau)$), thấy rằng

$$R_{n,m}[\lambda] = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{U}_{n,m}(\omega) P(\omega) \exp(-i\omega\lambda) d\omega. \quad (23)$$

trong đó $\hat{U}_{n,m}(\omega)$ là phép biến đổi Fourier của $U_{n,m}(\tau)$, trong đó n, m xác định các chỉ mục dải con, và trong đó λ biểu diễn độ trễ khe thời gian ($\lambda = k - l$). Biểu thức của phương trình (23) có thể được viết lại dưới dạng

$$\begin{aligned} R_{n,m}[\lambda] = & \frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{K}_{n-m} \left(\omega - \frac{\pi}{2}(n+m+1) \right) P(\omega) \cos \left(\omega\lambda - \frac{\pi}{2}(n-m) \right) d\omega \\ & + \frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \hat{K}_{n+m+1} \left(\omega - \frac{\pi}{2}(n-m) \right) P(\omega) \cos \left(\omega\lambda - \frac{\pi}{2}(n+m+1) \right) d\omega. \end{aligned} \quad (24)$$

Một nhận biết quan trọng là số hạng thứ nhất của phương trình (24) gần như có đặc điểm bất biến đối với các thay đổi về tần số. Nếu số hạng thứ hai của phương trình (24) được loại bỏ và $P(\omega)$ được thay đổi bởi số nguyên ν nhân với khoảng cách dải tần con π thành $P(\omega - \pi\nu)$, tìm ra thay đổi tương ứng trong các hiệp phương sai $R_{n,m}[\lambda] = \pm R_{n-\nu, m-\nu}[\lambda]$, trong đó tín hiệu này phụ thuộc vào các giá trị (nguyên) của độ trễ thời gian λ . Điều này phản ánh tác dụng của việc sử dụng giàn lọc với cấu trúc điều biến, so với giàn lọc thông thường.

Phương trình (24) đưa ra cách thức hiệu quả để xác định các hệ số ma trận của ma trận hiệp phương sai mẫu dải con khi biết PSD của mô hình tín hiệu cơ sở. Ví dụ, trong trường hợp quy trình dự đoán dựa trên mô hình hình sin mà sử dụng mô hình tín hiệu $x(t)$ bao gồm một hình sin đơn ở tần số (góc) ξ , PSD được đưa ra bởi $P(\omega) = \frac{1}{2}(\delta(\omega - \xi) + \delta(\omega + \xi))$. Đưa $P(\omega)$ vào phương trình (24) cho ra bốn số hạng, ba trong đó có thể bị loại trừ dưới giả thiết $n+m+1$ có giá trị lớn. Số hạng còn lại trở thành

$$\begin{aligned}
R_{n,m}[\lambda] &\approx \frac{1}{8\pi} \hat{K}_{n-m} \left(\xi - \frac{\pi}{2}(n+m+1) \right) \cos \left(\xi\lambda - \frac{\pi}{2}(n-m) \right) \\
&= \frac{1}{8\pi} \hat{v} \left(\xi - \pi(n + \frac{1}{2}) \right) \hat{v} \left(\xi - \pi(m + \frac{1}{2}) \right) \cos \left(\xi\lambda - \frac{\pi}{2}(n-m) \right).
\end{aligned} \tag{25}$$

Phương trình (25) đưa ra cách thức hiệu quả để xác định ma trận hiệp phương sai dải tần con $R_{n,m}$. Mẫu dải tần $\langle x, w_{p,0} \rangle$ có thể được dự đoán chính xác bởi tập hợp các mẫu dải tần con xung quanh $\{ \langle x, w_{n,k} \rangle : (n,k) \in B \}$ với giả định rằng các mẫu này bị ảnh hưởng đáng kể bởi tần số được xét đến. Tần số tuyệt đối ξ có thể được biểu diễn dưới dạng các số hạng tương ứng, tương ứng với tần số trung tâm của $\pi(p + \frac{1}{2})$ của dải tần con, là $\xi = \pi(p + \frac{1}{2} + f)$, trong đó p là chỉ mục dải tần con của dải tần con bao gồm tần số ξ , và trong đó f là tham số tần số chuẩn mà có giá trị nằm giữa -0,5 và +0,5 và chỉ báo vị trí của tần số ξ tương ứng với tần số trung tâm của dải tần con p . Xác định ma trận hiệp phương sai dải tần con $R_{n,m}$, các hệ số chỉ số dự báo $c_m[l]$ mà được áp dụng vào mẫu dải tần con trong dải tần con m tại chỉ số mẫu l để ước tính mẫu dải tần con trong dải tần con n tại chỉ số mẫu k được tìm ra bằng cách giải các phương trình chuẩn tắc (7), mà đối với trường hợp này có thể được viết thành

$$\sum_{(m,l) \in B} R_{n,m}[k-l] c_m[l] = R_{n,p}[k], \quad (n,k) \in B. \tag{26}$$

Trong phương trình (26), tập B mô tả giá đỡ mặt nạ dự báo như ví dụ thể hiện trên Fig.2. Nói cách khác, tập B xác định các dải tần con m và các chỉ số mẫu l mà được dùng để dự đoán mẫu đích.

Sau đây, lời giải của các phương trình chuẩn tắc (26) đối với các giá đỡ mặt nạ dự báo khác nhau (như được thể hiện trên Fig.2) được đưa ra để làm ví dụ. Mẫu của chỉ số dự báo kết quả trình tự thứ hai thu được bằng cách chọn ra hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo $B = \{(p, -1), (p, -2)\}$. Hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo này tương ứng với mặt nạ dự báo 202 trên Fig.2. Các phương trình chuẩn tắc (26) cho phép dự báo hai nhánh này, dùng giá trị gần đúng của phương trình (25), trở thành

$$\hat{v}(\xi - \pi(p + \frac{1}{2}))^2 \sum_{l=-1,-2} \cos(\xi(k-l)) c_p[l] = \hat{v}(\xi - \pi(p + \frac{1}{2}))^2 \cos(-\xi k), \quad k = -1, -2. \quad (27)$$

Lời giải của phương trình (27) được đưa ra bởi $c_p[-1] = 2\cos(\xi)$, $c_p[-2] = -1$ và nó là duy nhất miễn là tần số $\xi = \pi(p + \frac{1}{2} + f)$ không được chọn sao cho $\hat{v}(f) = 0$. Thấy rằng trị số trung bình của sai số dự đoán bình phương theo phương trình (6) triệt tiêu. Do đó, phép dự báo hình sin là lý tưởng, dựa theo giá trị gần đúng của phương trình (25). Đặc điểm bất biến đối với các thay đổi về tần số được thể hiện ở đây bởi thực tế là khi sử dụng định nghĩa $\xi = \pi(p + \frac{1}{2} + f)$, thì hệ số dự báo $c_p[-1]$ có thể được viết lại theo tần số chuẩn f , thành $c_p[-1] = -2(-1)^p \sin(\pi f)$. Điều này có nghĩa là các hệ số dự báo chỉ phụ thuộc vào tần số chuẩn f trong một dải tần con cụ thể. Tuy nhiên, giá trị tuyệt đối của các hệ số dự báo không phụ thuộc vào chỉ mục dải con p .

Như được thảo luận như trên đối với Fig.4, phép dự báo trong dải có các nhược điểm nhất định về các nhiễu răng cưa trong quá trình tạo nhiễu. Ví dụ tiếp theo liên quan đến trạng thái được cải thiện như được thể hiện bởi Fig.5. Phép dự đoán kết quả giữa dải như được đưa ra trong bản mô tả này thu được bằng cách chọn ra hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo $B = \{(p-1, -1), (p, -1), (p+1, -1)\}$, chỉ cần một khe thời gian sớm hơn thay vì hai, và thực hiện việc tạo nhiễu với phân bố tần số răng cưa ít hơn mặt nạ dự báo thông thường 202 của ví dụ thứ nhất. Hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo $B = \{(p-1, -1), (p, -1), (p+1, -1)\}$ tương ứng với mặt nạ dự báo 203 trên Fig.2. Các phương trình chuẩn tắc (26) dựa trên giá trị gần đúng của phương trình (25) trong trường hợp này bị rút gọn thành hai phương trình cho ba hằng số ẩn $c_m[-1]$, $m = p-1, p, p+1$,

$$\begin{cases} \hat{v}(\pi f) c_p[-1] = (-1)^{p+1} \hat{v}(\pi f) \sin(\pi f) \\ \hat{v}(\pi(f+1)) c_{p-1}[-1] - \hat{v}(\pi(f-1)) c_{p+1}[-1] = (-1)^p \hat{v}(\pi f) \cos(\pi f) \end{cases} \quad (28)$$

Thấy rằng bất kỳ cách giải nào cho các phương trình (28) đều dẫn đến trị số trung bình triệt tiêu của sai số dự đoán bình phương theo phương trình (6). Một phương án khả thi để chọn ra một trong vô số cách giải cho các phương trình (28) là cực tiểu hóa tổng bình phương của các hệ số dự báo. Điều này đưa ra các hệ số được đưa ra bởi

$$\left\{ \begin{array}{l} c_{p-1}[-1] = \frac{(-1)^p \hat{v}(\pi f) \hat{v}(\pi(f+1)) \cos(\pi f)}{\hat{v}(\pi(f-1))^2 + \hat{v}(\pi(f+1))^2} \\ c_p[-1] = (-1)^{p+1} \sin(\pi f) \\ c_{p+1}[-1] = \frac{(-1)^{p+1} \hat{v}(\pi f) \hat{v}(\pi(f-1)) \cos(\pi f)}{\hat{v}(\pi(f-1))^2 + \hat{v}(\pi(f+1))^2} \end{array} \right\}. \quad (29)$$

Thấy rõ từ các công thức (29) là các hệ số dự báo chỉ phụ thuộc vào tần số chuẩn f đối với điểm giữa của dải con đích p , và còn phụ thuộc vào tính chẵn lẻ của dải con đích p .

Nhờ sử dụng cùng một hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo $B = \{(p-1, -1), (p, -1), (p+1, -1)\}$ để dự đoán ba mẫu dải tần con $\langle x, w_{m,0} \rangle$ để $m = p-1, p, p+1$, như được thể hiện bởi mặt nạ dự báo 204 trên Fig.2, thu được mặt nạ dự đoán 3×3 . Khi đưa chiến lược tự nhiên hơn vào để tránh sự nhập nhằng trong các phương trình chuẩn tắc, chẳng hạn như bằng cách chèn vào mô hình hình sin lũy biến $r(\tau) = \exp(-\varepsilon|\tau|)\cos(\xi\tau)$ tương ứng với $P(\omega) = \varepsilon \left((\varepsilon^2 + (\omega - \xi)^2)^{-1} + (\varepsilon^2 + (\omega + \xi)^2)^{-1} \right)$, các phép tính bằng số dẫn đến các yếu tố mặt nạ dự đoán 3×3 trên Fig.3. Các yếu tố ma trận dự đoán được thể hiện là hàm của tần số chuẩn $f \in [-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}]$ trong trường hợp hệ số chồng lấn $K=2$ với hàm cửa sổ hình sin $v(t) = \cos(\pi t/2)$ và trong trường hợp dải con lẻ p .

Như vậy, thấy rằng các mô hình tín hiệu $x(t)$ có thể được sử dụng để mô tả các đặc điểm cơ bản của tín hiệu âm thanh đầu vào cần được mã hóa. Các thông số mô tả hàm tự tương quan $r(\tau)$ có thể được truyền đến bộ giải mã 100, qua đó cho phép bộ giải mã 100 tính toán chỉ số dự báo từ các thông số được truyền và từ sự hiểu biết về mô hình tín hiệu $x(t)$. Thấy rằng đối với các giàn lọc được điều biến, có thể có được các phương tiện hiệu quả để xác định ma trận hiệp phương sai dải tần con của mô hình tín hiệu và để giải các phương trình chuẩn tắc nhằm xác định các hệ số chỉ số dự báo. Cụ thể, thấy rằng các hệ số chỉ số dự báo thu được là bất biến đối với các thay đổi về dải tần con và thường chỉ phụ thuộc vào tần số chuẩn tương ứng với một dải tần con cụ thể. Kết quả là, có thể cung cấp các bảng tìm kiếm được định trước (như ví dụ thể hiện

trên Fig.3), cho phép xác định các hệ số chỉ số dự báo mà nhận biết tần số chuẩn f không phụ thuộc (ngoại trừ giá trị chắn lẻ) vào chỉ mục dải con p để xác định các hệ số chỉ số dự báo.

Sau đây, phép dự đoán dựa trên mô hình theo chu kỳ, ví dụ nhờ sử dụng tần số cơ sở đơn Ω , sẽ được mô tả chi tiết hơn. Hàm tự tương quan $r(\tau)$ của mô hình theo chu kỳ này được đưa ra bởi phương trình (13). PSD hoặc phổ vạch tương ứng được đưa ra bởi

$$P(\omega) = \Omega \sum_{q \in \mathbb{Z}} \delta(\omega - q\Omega). \quad (30)$$

Nếu chu kỳ T của mô hình theo chu kỳ là đủ nhỏ, chẳng hạn như $T \leq 1$, tần số cơ sở $\Omega = 2\pi/T$ là đủ lớn để cho phép áp dụng mô hình hình sin như thu được ở trên nhờ sử dụng tần số riêng $\xi = q\Omega$ gần nhất với tần số trung tâm $\pi(p + \frac{1}{2})$ của dải tần con p của mẫu dải con đích cần dự đoán. Điều này có nghĩa là các tín hiệu theo chu kỳ có chu kỳ nhỏ T , tức là chu kỳ nhỏ so với bước thời gian của giàn lọc, có thể được lập mô hình và dự đoán tốt nhờ sử dụng mô hình hình sin nêu trên.

Nếu chu kỳ T là đủ lớn so với khoảng thời gian K của cửa sổ giàn lọc $v(t)$, chỉ số dự báo giảm xuống bằng giá trị xấp xỉ của độ trễ do T . Như sẽ được thể hiện sau đây, các hệ số của chỉ số dự báo này có thể được đọc trực tiếp từ hàm tương quan chéo dạng sóng được đưa ra bởi phương trình (19).

Việc lồng mô hình theo phương trình (13) vào phương trình (22) dẫn đến

$$R_{n,m}[\lambda] = \sum_{q \in \mathbb{Z}} U_{n,m}(qT - \lambda), \quad (31)$$

Nhận biết quan trọng là nếu $T \geq 2K$, thì nhiều nhất là một số hạng của phương trình (31) là khác 0 đối với mỗi λ vì $U_{n,m}(\tau) = 0$ để $|\tau| > K$. Bằng cách chọn hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo $B = I \times J$ với đường kính khe thời gian $D = |J| \leq T - K$, quan sát thấy rằng $(n,k), (m,l) \in B$ kéo theo $|k-l| \leq T - K$, và do đó số hạng đơn của phương trình (31) là sao cho $q = 0$. Điều này cho phép $R_{n,m}[k-l] = U_{n,m}(k-l)$, là tích trong của các dạng sóng trực giao và triệt tiêu trừ khi $n=m$ và $k=l$. Tóm lại, các phương trình chuẩn tắc (7) trở thành

$$c_n[k] = R_{n,p}[k], \quad (n, k) \in B. \quad (32)$$

Hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo có thể được chọn để đặt đúng tâm ở khoảng $k = k_0 \approx -T$, trong trường hợp mà vế phải của phương trình (32) có sự đóng góp đơn của nó từ $q = -1$. Do đó các hệ số được đưa ra bởi

$$c_n[k] = U_{n,p}[-k - T], \quad (n, k) \in B, \quad (33)$$

trong đó biểu thức tường minh từ phương trình (19) có thể được lồng vào. Dạng hình học của hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo cho trường hợp này có thể có sự xuất hiện của hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo của mặt nạ dự báo 205 trên Fig.2. Trị số trung bình của sai số dự đoán bình phương được đưa ra bởi phương trình (6) bằng với chuẩn bình phương của phép chiếu của $u_p(t+T)$ lên khoảng trống được nối bởi phần bù của các dạng sóng xấp xỉ $w_{m,l}(t)$, $(m, l) \notin B$.

Trên cơ sở đó, sáng chế đề xuất rằng mẫu dải con $\langle x, w_{p,0} \rangle$ (từ dải tần con p và tại chỉ số thời gian 0) có thể được dự đoán nhờ sử dụng hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo thích hợp B được đặt đúng tâm ở khoảng $(p, -T)$ với đường kính thời gian gần bằng T . Các phương trình chuẩn tắc có thể được giải đối với mỗi giá trị của T và p . Nói cách khác, đối với mỗi T của tín hiệu âm thanh đầu vào và đối với mỗi dải tần con p , các hệ số dự báo đối với hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo được cho trước B có thể được xác định nhờ sử dụng các phương trình chuẩn tắc (33).

Với lượng lớn các dải tần con p và khoảng rộng của các chu kỳ T , việc lập bảng trực tiếp tất cả các hệ số chỉ số dự báo là không thực tế. Nhưng theo cách tương tự với mô hình hình sin, cấu trúc điều biến của giàn lọc đưa ra sự giảm đáng kể kích thước bảng cần thiết, thông qua đặc điểm bất biến đối với các thay đổi về tần số. Nhìn chung là đủ để nghiên cứu mô hình sóng hài dịch chuyển với tham số dịch chuyển $-1/2 < \theta \leq 1/2$ được đặt đúng tâm ở khoảng giữa của dải tần con p , tức là được đặt đúng tâm ở khoảng $\pi(p + \frac{1}{2})$, được định nghĩa bởi tập con $S(\theta)$ của các tần số dương trong tập hợp các tần số $\pi(p + \frac{1}{2}) + (q + \theta)\Omega$, $q \in \mathbb{Z}$,

$$P(\omega) = \Omega \sum_{\xi \in S(\theta)} (\delta(\omega - \xi) + \delta(\omega + \xi)). \quad (34)$$

Thực vậy, dựa trên giá trị T và chỉ mục dải con đủ lớn p , mô hình theo chu kỳ theo phương trình (30) có thể được khôi phục với trị số gần đúng nhất bởi mô hình được dịch chuyển theo phương trình (34) bằng cách chọn ra tham số dịch chuyển θ thích hợp. Việc lồng phương trình (34) vào phương trình (24) với $n = p + \nu$ và $m = p + \mu$ (trong đó ν và μ định nghĩa các chỉ mục dải con xung quanh dải tần con p của hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo) và các thao tác dựa trên phép phân tích Fourier dẫn đến biểu thức sau đây cho ma trận hiệp phương sai,

$$R_{p+\nu, p+\mu}[\lambda] \approx \frac{(-1)^{p\lambda}}{2} \sum_{l \in \mathbb{Z}} \kappa_{\nu-\mu}(Tl - \lambda) \cos \left(2\pi l \theta + \frac{\pi}{2} ((\nu + \mu)(\lambda - Tl) + \lambda - \nu + \mu) \right). \quad (35)$$

Như có thể thấy, biểu thức (35) phụ thuộc vào chỉ mục dải con đích p chỉ thông qua thừa số $(-1)^{p\lambda}$. Đối với trường hợp chu kỳ lớn T và độ trễ thời gian nhỏ λ , chỉ có số hạng để $l = 0$ đóng góp vào biểu thức (35), và lại thấy rằng ma trận hiệp phương sai là ma trận đơn vị. Vế phải của các phương trình chuẩn tắc (26) hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo thích hợp B được đặt đúng tâm ở khoảng $(p, -T)$ do đó trực tiếp cho các hệ số dự báo dưới dạng

$$c_{p+\nu}[k] = \frac{(-1)^{pk}}{2} \kappa_{\nu}(-T - k) \cos \left(-2\pi \theta + \frac{\pi}{2} (\nu(k + T) + k - \nu) \right), \quad (p + \nu, k) \in B. \quad (36)$$

Điều này bù lại sự đóng góp của của thứ hạng thứ nhất của các phương trình (19) vào (33) với lựa chọn chính tắc của tham số dịch chuyển $\theta = -\pi(p + \frac{1}{2})/\Omega$.

Phương trình (36) cho phép xác định các hệ số dự báo $c_{p+\nu}[k]$ cho dải tần con $(p + \nu)$ tại chỉ số thời gian k , trong đó mẫu cần được dự đoán là mẫu từ dải tần con p tại chỉ số thời gian 0. Như có thể thấy từ phương trình (36), các hệ số dự báo $c_{p+\nu}[k]$ phụ thuộc vào chỉ mục dải con đích p chỉ thông qua thừa số $(-1)^{pk}$ mà ảnh hưởng đến dấu của hệ số dự báo. Tuy nhiên, giá trị tuyệt đối của hệ số dự báo không phụ thuộc vào chỉ số dải tần con đích p . Mặt khác, hệ số dự báo $c_{p+\nu}[k]$ phụ thuộc vào chu kỳ T và tham số dịch chuyển θ . Hơn nữa, hệ số dự báo $c_{p+\nu}[k]$ phụ thuộc vào ν và k , tức là phụ thuộc vào hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo B , được dùng để dự đoán mẫu đích trong dải con đích p .

Sáng chế đề xuất bảng tìm kiếm cho phép tìm kiếm tập hợp các hệ số dự báo $c_{p+v}[k]$ cho hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo B định trước. Đối với hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo B cho trước, bảng tìm kiếm đưa ra tập hợp các hệ số dự báo $c_{p+v}[k]$ cho tập giá trị định trước của chu kỳ T và các giá trị tham số dịch chuyển θ . Nhằm hạn chế số lượng bảng tìm kiếm các mục vào, số lượng các giá trị định trước của chu kỳ T và số lượng các giá trị định trước của tham số dịch chuyển θ cần được giới hạn. Như có thể thấy từ biểu thức (36), kích thước bước lượng tử hóa phù hợp với các giá trị định trước của chu kỳ T và tham số dịch chuyển θ nên phụ thuộc vào chu kỳ T . Cụ thể, có thể thấy rằng đối với các chu kỳ T tương đối lớn (tương ứng với khoảng thời gian K của hàm cửa sổ), các bước lượng tử hóa tương đối lớn đối với chu kỳ T và đối với tham số dịch chuyển θ có thể được sử dụng. Trên cực trị khác, để các chu kỳ T tương đối nhỏ tiến dần về 0, chỉ một đóng góp hình sin được cân nhắc, do đó chu kỳ T mất tầm quan trọng của nó. Mặt khác, các công thức để dự đoán hình sin theo phương trình (29) đòi hỏi thay đổi về tần số tuyệt đối được chuẩn tắc hóa $f = \Omega\theta/\pi = \frac{1}{2}\theta/T$ phải biến thiên từ từ, do đó kích thước bước lượng tử hóa cho tham số dịch chuyển θ cần được lập thang tỉ lệ dựa trên chu kỳ T .

Nhìn chung, sáng chế đề xuất sử dụng lượng tử hóa đồng nhất của chu kỳ T với kích thước bước ko đổi. Tham số dịch chuyển θ cũng có thể được lượng tử hóa theo cách đồng nhất, tuy nhiên, với kích thước bước tỷ lệ với $\min(T, A)$, trong đó giá trị của A phụ thuộc vào các đặc điểm của hàm cửa sổ giàn lọc. Ngoài ra, để $T < 2$, dãy các tham số dịch chuyển θ có thể được giới hạn ở $|\theta| \leq \min(CT, 1/2)$ đối với một vài hệ số C , phản ánh giới hạn trên các thay đổi về tần số tuyệt đối f .

Fig.6a thể hiện ví dụ của lưới lượng tử thu được trong mặt phẳng (T, θ) đối với $A=2$. Chỉ trong khoảng giữa nằm vào khoảng $0.25 \leq T \leq 1.5$ mới xét đến sự phụ thuộc hai chiều hoàn toàn, trong khi việc tham số hóa gần như một chiều như được đưa ra bởi các phương trình (29) và các phương trình (36) có thể được dùng cho khoảng còn lại cần được xét đến. Cụ thể, đối với các chu kỳ T mà tiến dần về 0 (ví dụ $T < 0,25$) phép dự báo dựa trên mô hình theo chu kỳ gần như tương ứng với phép dự báo dựa trên mô hình tín hiệu hình sin, và các hệ số dự báo có thể được xác định nhờ sử dụng

các công thức (29). Mặt khác, đối với các chu kỳ T mà gần như vượt quá khoảng thời gian cửa sổ K (ví dụ $T > 1,5$) tập hợp các hệ số dự báo $c_{p+\nu}[k]$ mà sử dụng phép dự báo dựa trên mô hình theo chu kỳ có thể được xác định nhờ sử dụng phương trình (36). Phương trình này có thể được biểu diễn lại thông qua phép thế $\theta = \varphi + \frac{1}{4}T\nu$. Thấy rằng

$$c_{p+\nu}[k] = \frac{(-1)^{pk}}{2} \kappa_{\nu}(-T-k) \cos\left(-2\pi\varphi + \frac{\pi}{2}((\nu+1)k - \nu)\right), \quad (p+\nu, k) \in B. \quad (37)$$

Bằng cách cho φ làm vai trò của tham số θ trong việc lập bảng, thu được cấu trúc gần như tách được trong mặt phẳng (T, φ) tương ứng. Vì các thay đổi về dấu phụ thuộc vào các chỉ số dải tần con và khe thời gian, sự phụ thuộc vào T có trong thừa số biến thiên từ từ thứ nhất, và sự phụ thuộc vào φ có trong thừa số thứ hai có 1 chu kỳ trong phương trình (37).

Có thể diễn giải tham số của giá trị bù vào bị thay đổi φ là dịch chuyển của chuỗi sóng hài trong các đơn vị của tần số cơ sở như đo được từ điểm giữa của các điểm giữa của các bin nguồn và bin đích. Sẽ là có lợi khi duy trì tham số hóa thay đổi này (T, φ) cho tất cả các giá trị của các chu kỳ T do tính đối xứng trong phương trình (37), điều này là hiển nhiên khi nhìn chung, các thay đổi đồng thời về dấu của φ và ν sẽ kéo dài và có thể được sử dụng để làm giảm kích thước của các bảng.

Như được chỉ báo ở trên, Fig.6a thể hiện lưới lượng tử hóa hai chiều nằm dưới dữ liệu được lập thành bảng dùng cho việc tính toán chỉ số dự báo dựa trên mô hình theo chu kỳ trong giàn lọc được điều biến theo hình cosin. Mô hình tín hiệu là mô hình của tín hiệu có chu kỳ T 602, được đo theo đơn vị của bước thời gian giàn lọc. Tương tự, mô hình bao gồm các đường tần số của các bội số nguyên, còn được gọi là các phần riêng, của tần số cơ sở tương ứng với chu kỳ T . Đối với mỗi dải tần con đích, tham số dịch chuyển θ 601 chỉ báo khoảng cách của phần gần nhất đến tần số trung tâm đo được theo đơn vị của tần số cơ sở Ω . Tham số dịch chuyển θ 601 có giá trị nằm giữa -0,5 và 0,5. Các dấu chữ thập màu đen 603 trên Fig.6a thể hiện mật độ thích hợp của các điểm lượng tử hóa đối với việc lập bảng của các chỉ số dự báo với độ lợi dự đoán cao dựa trên mô hình theo chu kỳ. Đối với các chu kỳ T lớn (ví dụ $T > 2$), lưới này sẽ đồng đều. Tăng mật độ của tham số dịch chuyển θ thường đòi hỏi chu kỳ T giảm. Tuy

nhiên, ở vùng bên ngoài các đường 604, khoảng cách θ lớn hơn một bin tần số của giàn lọc, vì thế có thể loại bỏ hầu hết điểm lưới trong vùng này. Đa giác 605 giới hạn vùng đủ để lập bảng hoàn chỉnh. Ngoài các đường nghiêng một chút ra ngoài các đường 604, các biên ở $T=0.25$ và $T=1.5$ được đưa vào. Điều này xảy ra do thực tế là các chu kỳ nhỏ 602 có thể được xử lý như các tín hiệu hình sin riêng biệt, và thực tế là các chỉ số dự báo cho các chu kỳ lớn 602 có thể được tính gần đúng bằng các bảng gần như một chiều chủ yếu phụ thuộc vào tham số dịch chuyển θ , (hoặc phụ thuộc vào tham số dịch chuyển được điều biến φ). Đối với phương án được thể hiện trên Fig.6a, hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo thường tương tự mặt nạ dự báo 205 trên Fig.2 đối với các chu kỳ lớn T .

Fig.6b thể hiện phép dự báo dựa trên mô hình theo chu kỳ trong trường hợp các chu kỳ tương đối lớn T và trong trường hợp các chu kỳ tương đối nhỏ T . Từ biểu đồ bên trên có thể thấy rằng đối với các chu kỳ lớn T , tức là đối với các tần số cơ sở tương đối nhỏ Ω 613, hàm cửa sổ 612 của giàn lọc đạt được lượng tương đối lớn các đường hoặc các xung Dirac 616 của PSD của tín hiệu chu kỳ. Các xung Dirac 616 nằm ở các tần số $610\omega = q\Omega$, với $q \in \mathbb{Z}$. Các tần số trung tâm của các dải tần con của giàn nằm ở các tần số $\omega = \pi(p + \frac{1}{2})$, with $p \in \mathbb{Z}$. Đối với dải tần con cho trước p , vị trí tần số của xung 616 với tần số $\omega = q\Omega$ gần nhất với tần số trung tâm của dải tần con cho trước $\omega = \pi(p + \frac{1}{2})$ có thể được mô tả theo các số hạng liên quan là $q\Omega = \pi(p + \frac{1}{2}) + \Theta\Omega$, với tham số dịch chuyển Θ nằm trong khoảng từ -0,5 đến +0,5. Như vậy, số hạng $\Theta\Omega$ phản ánh khoảng cách (về mặt tần số) từ tần số trung tâm của $\omega = \pi(p + \frac{1}{2})$ đến thành phần tần số gần nhất 616 của mô hình sóng hài. Điều này được thể hiện trong biểu đồ phía trên trên Fig.6b, trong đó tần số trung tâm của 617 là $\omega = \pi(p + \frac{1}{2})$ và trong đó khoảng cách 618 $\Theta\Omega$ được thể hiện cho trường hợp chu kỳ tương đối lớn T . Có thể thấy rằng tham số dịch chuyển Θ cho phép mô tả toàn bộ chuỗi sóng hài nhìn từ phía trung tâm dải tần con p .

Biểu đồ phía dưới trên Fig.6b thể hiện trường hợp đối với các chu kỳ tương đối nhỏ T , tức là đối với các tần số cơ sở tương đối lớn Ω 623, đặc biệt là các tần số cơ sở 623 lớn hơn độ rộng của cửa sổ 612. Có thể thấy rằng trong những trường hợp này, hàm cửa sổ 612 có thể chỉ bao gồm xung đơn 626 của tín hiệu chu kỳ, sao cho tín hiệu có thể được nhìn thấy là tín hiệu hình sin trong cửa sổ 612. Điều này có nghĩa là đối với các chu kỳ tương đối nhỏ T , sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình theo chu kỳ đồng quy về sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình hình sin.

Fig.6b cũng thể hiện các mặt nạ dự báo mẫu 611, 621 có thể được dùng lần lượt cho sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình theo chu kỳ và dùng cho sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình hình sin. Mặt nạ dự báo 611 được dùng cho sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình theo chu kỳ có thể tương ứng với mặt nạ dự báo 205 trên Fig.2 và có thể bao gồm hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo 614 để ước tính mẫu dải con đích 615. Mặt nạ dự báo 621 được dùng cho sơ đồ dự đoán dựa trên mô hình hình sin có thể tương ứng với mặt nạ dự báo 203 trên Fig.2 và có thể bao gồm hàm hỗ trợ mặt nạ dự báo 624 để ước tính mẫu dải con đích 625.

Fig.7a thể hiện phương pháp mã hóa dùng làm ví dụ 700 bao gồm phép dự báo dải tần con dựa trên mô hình nhờ sử dụng mô hình theo chu kỳ (bao gồm, ví dụ, tần số cơ sở đơn Ω). Khung của tín hiệu âm thanh đầu vào được xét đến. Đối với khung này, chu kỳ T hoặc tần số cơ sở Ω có thể được xác định (bước 701). Bộ mã hóa âm thanh có thể bao gồm các thành phần của bộ giải mã 100 được thể hiện trên Fig.1, cụ thể là, bộ mã hóa âm thanh có thể bao gồm bộ tính toán chỉ số dự báo 105 và chỉ số dự báo dải tần con 103. Chu kỳ T hoặc tần số cơ sở Ω có thể được xác định sao cho trị số trung bình của các tín hiệu dải tần con sai số dự báo bình phương 111 theo phương trình (6) được giảm xuống (ví dụ, được làm giảm đến mức tối thiểu). Ví dụ, bộ mã hóa âm thanh có thể áp dụng phương pháp thuật toán xác định các tín hiệu dải tần con sai số dự báo 111 nhờ sử dụng các tần số cơ sở Ω khác nhau và xác định tần số cơ sở Ω để trị số trung bình của các tín hiệu dải tần con sai số dự báo bình phương 111 được giảm xuống (ví dụ, được làm giảm đến mức tối thiểu). Phương pháp này thúc đẩy quá trình lượng tử hóa tạo ra các tín hiệu dải tần con sai số dự báo 111 (bước 702). Hơn nữa, phương pháp này bao gồm bước tạo ra dòng bit 703 bao gồm thông tin là chỉ báo của

tần số cơ sở được xác định Ω và chỉ báo các tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa 111.

Khi xác định tần số cơ sở Ω trong bước 701, bộ mã hóa âm thanh có thể sử dụng các phương trình (36) và/hoặc (29), để xác định các hệ số dự báo cho tần số cơ sở cụ thể Ω . Tập hợp các tần số cơ sở khả dĩ Ω có thể được giới hạn bởi số lượng bit có sẵn để truyền của thông tin là chỉ báo của tần số cơ sở được xác định Ω .

Cần lưu ý rằng hệ thống mã hóa âm thanh có thể sử dụng mô hình được định trước (ví dụ mô hình theo chu kỳ bao gồm tần số cơ sở đơn Ω hoặc mô hình bất kỳ được đề xuất theo sáng chế) và/hoặc mặt nạ dự đoán được định trước 202, 203, 204, 205. Mặt khác, hệ thống mã hóa âm thanh có thể có bậc tự do cao hơn bằng cách kích hoạt bộ mã hóa âm thanh để xác định mô hình thích hợp và/hoặc mặt nạ dự báo thích hợp cho tín hiệu âm thanh cần được mã hóa. Sau đó thông tin về mô hình được chọn và/hoặc mặt nạ dự báo được chọn được mã hóa thành dòng bit và đưa đến bộ giải mã 100 tương ứng.

Fig.7b thể hiện phương pháp dùng làm ví dụ 710 để giải mã tín hiệu âm thanh đã được mã hóa nhờ sử dụng phép dự báo dựa trên mô hình. Giả sử rằng bộ giải mã 100 nhận biết mô hình tín hiệu và mặt nạ dự báo mà bộ mã hóa sử dụng (thông qua dòng bit thu được hoặc theo các thiết lập định trước). Hơn nữa, có giả thiết đối với các mục đích minh họa rằng mô hình dự đoán theo chu kỳ đã được sử dụng. Bộ giải mã 100 tách thông tin về tần số cơ sở Ω từ dòng bit thu được (bước 711). Nhờ sử dụng thông tin về tần số cơ sở Ω , bộ giải mã 100 có thể xác định chu kỳ T . Tần số cơ sở Ω và/hoặc chu kỳ T có thể được sử dụng để xác định tập hợp các hệ số dự báo đối với các chỉ số dự báo dải tần con khác nhau (bước 712). Các chỉ số dự báo dải tần con có thể được sử dụng để xác định các tín hiệu dải tần con được ước tính (bước 713) được kết hợp (bước 714) với các tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa 111 để đạt được các tín hiệu dải tần con được giải mã 113. Các tín hiệu dải tần con được giải mã 113 có thể được lọc (bước 715) nhờ sử dụng giàn lọc tổng hợp 102, qua đó đạt được tín hiệu âm thanh miền thời gian đã giải mã 114.

Bộ tính toán chỉ số dự báo 105 có thể sử dụng các phương trình (36) và/hoặc (29) để xác định các hệ số dự báo của các chỉ số dự báo dải tần con 103 dựa trên thông tin

thu được về tần số cơ sở Ω (bước 712). Điều này có thể được thực hiện một cách hiệu quả nhờ sử dụng bảng tìm kiếm như được thể hiện trên các hình vẽ Fig.6a và 3. Ví dụ, bộ tính toán chỉ số dự báo 105 có thể xác định chu kỳ T và xác định chu kỳ có nằm dưới ngưỡng thấp được định trước hay không (ví dụ $T=0,25$). Nếu trường hợp này xảy ra, quy trình dự đoán dựa trên mô hình hình sin được sử dụng. Điều này có nghĩa là dựa trên tần số cơ sở thu được Ω , các dải tần con p được xác định bao gồm bội số $\omega = q\Omega$ của tần số cơ sở, với $q \in \mathbb{Z}$. Sau đó tần số chuẩn f được xác định nhờ sử dụng hệ thức $\xi = \pi(p + \frac{1}{2} + f)$, trong đó tần số ξ tương ứng với bội số $\omega = q\Omega$ nằm trong dải tần con p . Sau đó bộ tính toán chỉ số dự báo 105 có thể sử dụng phương trình (29) hoặc bảng tìm kiếm được tính toán trước để xác định tập hợp các hệ số dự báo (nhờ sử dụng, ví dụ, mặt nạ dự báo 203 trên Fig.2 hoặc mặt nạ dự báo 621 trên Fig.6b).

Cần lưu ý rằng tập các hệ số dự báo khác có thể được xác định đối với mỗi dải tần con. Tuy nhiên, trong trường hợp quy trình dự đoán dựa trên mô hình hình sin, tập hợp các hệ số dự báo thường chỉ được xác định cho các dải tần con p , các dải tần con này chịu tác động đáng kể bởi bội số $\omega = q\Omega$ của tần số cơ sở với, với $q \in \mathbb{Z}$. Đối với các dải tần con khác, không có hệ số dự báo nào được xác định, điều này có nghĩa là các tín hiệu dải tần con được ước tính 112 cho các dải tần con khác này là bằng 0.

Để làm giảm độ phức tạp trong tính toán của bộ giải mã 100 (và của bộ mã hóa nhờ sử dụng cùng một bộ tính toán chỉ số dự báo 105), bộ tính toán chỉ số dự báo 105 có thể sử dụng bảng tìm kiếm được định trước mà đưa ra tập hợp các hệ số dự báo, tùy theo các giá trị T và Θ . Cụ thể, bộ tính toán chỉ số dự báo 105 có thể sử dụng nhiều bảng tìm kiếm cho nhiều giá trị T khác nhau. Mỗi bảng trong số nhiều bảng tìm kiếm đưa ra tập hợp các hệ số dự báo khác nhau đối với nhiều giá trị khác nhau của tham số dịch chuyển Θ .

Theo phương án thực hiện thực tế, có thể có nhiều bảng tìm kiếm cho các giá trị khác nhau của tham số chu kỳ T . Ví dụ, có thể có các bảng tìm kiếm cho các giá trị T nằm trong khoảng 0,25 và 2,5 (như được thể hiện trên Fig.6a). Có thể có các bảng tìm kiếm cho tỷ lệ hạt hoặc kích thước bước định trước của các thông số chu kỳ T khác nhau. Theo phương án thực hiện dùng làm ví dụ, kích thước bước cho tham số chu kỳ

được chuẩn tắc hóa T là $1/16$, và có các bảng tìm kiếm khác nhau cho các hệ số dự báo được lượng tử hóa đối với $T=8/32$ lên đến $T=80/32$. Do đó, có thể có tất cả là 37 bảng tìm kiếm khác nhau. Mỗi bảng có thể đưa ra các hệ số dự báo được lượng tử hóa dưới dạng hàm số của tham số dịch chuyển Θ hoặc dưới dạng hàm số của tham số dịch chuyển được điều biến φ . Các bảng tìm kiếm đối với $T=8/32$ lên đến $T=80/32$ có thể được dùng cho khoảng mà được tăng lên nửa kích thước bước, tức là $[\frac{9}{32}, \frac{81}{32}]$. Đối với chu kỳ đã cho mà khác với các chu kỳ có sẵn, các bảng tìm kiếm đã được định nghĩa cho chu kỳ này, thì bảng tìm kiếm chu kỳ chu kỳ có sẵn gần nhất có thể được sử dụng.

Như được biểu thị như trên, đối với các chu kỳ dài T (ví dụ, đối với các chu kỳ T vượt quá chu kỳ mà bảng tìm kiếm được định nghĩa cho chu kỳ đó), phương trình (36) có thể được sử dụng. Thay vào đó, đối với các chu kỳ T vượt quá các chu kỳ mà các bảng tìm kiếm đã được định nghĩa cho chu kỳ đó, ví dụ đối với các chu kỳ $T > 81/32$, chu kỳ T có thể được tách thành độ trễ số nguyên T_i và độ trễ số dư T_r , sao cho $T = T_i + T_r$. Việc tách này có thể sao cho độ trễ số dư T_r nằm trong khoảng mà phương trình (36) có thể áp dụng được và các bảng tìm kiếm là có sẵn, chẳng hạn như trong khoảng $[1,5, 2,5]$ hoặc $[49/32, 81/32]$ cho ví dụ nêu trên. Bằng cách này, các hệ số dự báo có thể được xác định nhờ sử dụng bảng tìm kiếm độ trễ số dư T_r và chỉ số dự báo dải tần con 103 có thể hoạt động trên bộ đệm dải tần con 104 đã bị làm trễ bởi độ trễ số nguyên T_i . Ví dụ, nếu chu kỳ là $T=3,7$, độ trễ số nguyên có thể là $T_i=2$, tiếp đó là độ trễ số dư $T_r=1,7$. Chỉ số dự báo có thể được áp dụng dựa trên các hệ số $T_r=1,7$ trên bộ đệm tín hiệu bị làm trễ bởi (bổ sung) $T_i=2$.

Phương pháp tách này dựa trên giả thiết hợp lý rằng bộ tách tính được giá trị gần đúng của độ trễ do T là nằm trong khoảng $[1,5, 2,5]$ hoặc $[49/32, 81/32]$. Lợi thế của quá trình tách so với việc sử dụng phương trình (36) là các hệ số dự báo có thể được xác định dựa trên các hoạt động tìm kiếm bằng bảng hiệu quả về mặt tính toán.

Như được biểu thị như trên, đối các chu kỳ ngắn ($T \leq 0,25$) phương trình (29) có thể được sử dụng để xác định các hệ số dự báo. Thay vào đó, có thể có lợi khi sử dụng các bảng tìm kiếm (đã có sẵn) (để làm giảm độ phức tạp trong tính toán). Quan sát thấy

rằng tham số dịch chuyển được điều biến φ bị giới hạn trong khoảng $|\varphi| \leq T$ với kích thước bước mẫu là $\Delta\varphi = \frac{T}{32}$ (đối với $T < 0,25$, và $C=1$, $A=1/2$).

Sáng chế đề xuất sử dụng lại bảng tìm kiếm cho chu kỳ thấp nhất $T=0,25$, thông qua việc lập thang tỉ lệ của tham số dịch chuyển được điều biến φ với T_l/T , trong đó T_l tương ứng với chu kỳ thấp nhất mà bảng tìm kiếm có sẵn (ví dụ $T_l=0,25$). Ví dụ, với $T = 0,1$ và $\varphi = 0,07$, bảng cho $T=0,25$ có thể được hỏi tham số dịch chuyển được lập thang tỉ lệ lại $\varphi = \left(\frac{0,25}{0,1}\right) \cdot 0,07 = 0,175$. Bằng cách này, các hệ số dự báo đối các chu kỳ ngắn (ví dụ $T < 0,25$) cũng có thể được xác định theo cách hiệu quả về mặt tính toán nhờ sử dụng các hoạt động tìm kiếm bằng bảng. Hơn nữa, các yêu cầu về bộ nhớ cho chỉ số dự báo có thể giảm, do số lượng các bảng tìm kiếm có thể giảm.

Theo sáng chế, sơ đồ dự đoán dải tần con dựa trên mô hình được mô tả. Sơ đồ dự đoán dải tần con dựa trên mô hình cho phép mô tả hiệu quả các chỉ số dự báo dải tần con, tức là mô tả chỉ cần số lượng bit tương đối thấp. Kết quả của việc mô tả hiệu quả đối với các chỉ số dự báo dải tần con là các sơ đồ dự đoán dải tần con chéo có thể được sử dụng để làm giảm các nhiễu răng cưa. Tổng quát, điều này cho phép đưa ra các bộ lập mã âm thanh tốc độ bit thấp nhờ sử dụng dự đoán dải tần con.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp, được thực hiện bởi thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, ước tính mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất trong dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh; trong đó tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh này được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà lần lượt tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con trong nhiều dải tần con từ tín hiệu âm thanh này, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định tham số mô hình của mô hình tín hiệu;

xác định hệ số dự báo cần áp dụng cho mẫu liền trước của tín hiệu dải tần con đã giải mã thứ nhất thu được từ tín hiệu dải tần con thứ nhất, dựa trên mô hình tín hiệu, dựa trên tham số mô hình và dựa trên giàn lọc phân tích; trong đó khe thời gian của mẫu liền trước này là ở trước khe thời gian của mẫu thứ nhất; và

xác định giá trị ước tính của mẫu thứ nhất bằng cách áp dụng hệ số dự báo vào mẫu liền trước;

trong đó:

bước xác định hệ số dự báo bao gồm xác định hệ số dự báo nhờ sử dụng bảng tìm kiếm hoặc hàm giải tích;

bảng tìm kiếm hoặc hàm giải tích đưa ra hệ số dự báo dưới dạng hàm số của tham số thu được từ tham số mô hình;

bảng tìm kiếm hoặc hàm giải tích được xác định trước dựa trên mô hình tín hiệu và dựa trên giàn lọc phân tích; và

thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó:

mô hình tín hiệu bao gồm một hoặc nhiều thành phần mô hình tín hiệu hình sin;

tham số mô hình chỉ báo tần số của một hoặc nhiều thành phần mô hình tín hiệu hình sin này, và tùy ý trong đó

tham số mô hình chỉ báo tần số cơ sở Ω của mô hình tín hiệu đa hình sin;

mô hình tín hiệu đa hình sin bao gồm thành phần tín hiệu chu kỳ;

thành phần tín hiệu chu kỳ này bao gồm nhiều thành phần tín hiệu hình sin; và

nhiều thành phần tín hiệu hình sin này có tần số là bội số của tần số cơ sở Ω .

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước xác định tham số mô hình bao gồm trích tham số mô hình từ dòng bit thu được chỉ báo tham số mô hình và tín hiệu sai số dự báo.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó:

bước xác định tham số mô hình bao gồm xác định tham số mô hình sao cho trị số trung bình của tín hiệu sai số dự báo bình phương được giảm xuống;

tín hiệu sai số dự báo được xác định dựa trên sự khác nhau giữa mẫu thứ nhất và giá trị ước tính của mẫu thứ nhất và tùy ý trong đó trị số trung bình của tín hiệu sai số dự báo bình phương được xác định dựa trên nhiều mẫu thứ nhất tiếp theo của tín hiệu dải tần con thứ nhất.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó:

tham số mô hình chỉ báo tần số cơ sở Ω của mô hình tín hiệu đa hình sin; và

bước xác định hệ số dự báo bao gồm xác định bội số của tần số cơ sở Ω mà nằm trong dải tần con thứ nhất.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó bước xác định hệ số dự báo bao gồm:

lựa chọn một trong số nhiều bảng tìm kiếm dựa trên tham số mô hình; và

xác định hệ số dự báo dựa trên bảng tìm kiếm được chọn trong số nhiều bảng tìm kiếm này.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó:

tham số mô hình chỉ báo chu kỳ T ;

nhiều bảng tìm kiếm bao gồm các bảng tìm kiếm đối với các giá trị khác nhau của chu kỳ T ;

phương pháp này bao gồm bước xác định bảng tìm kiếm được chọn là bảng tìm kiếm đối với chu kỳ T được chỉ báo bởi tham số mô hình; và tùy ý trong đó nhiều bảng tìm kiếm bao gồm các bảng tìm kiếm đối với các giá trị khác nhau của chu kỳ T nằm trong khoảng $[T_{\min}, T_{\max}]$ ở kích thước bước được định trước ΔT ;

$T_{\min}$ sao cho đối với $T < T_{\min}$, tín hiệu âm thanh có thể được lập mô hình nhờ sử dụng mô hình tín hiệu chứa một thành phần mô hình tín hiệu hình sin đơn nhất; và/hoặc

$T_{\max}$, sao cho đối với $T > T_{\max}$, các bảng tìm kiếm đối với các chu kỳ

$T_{\max}$, đến $T_{\max}+1$ tương ứng với các bảng tìm kiếm đối với các chu kỳ $T_{\max}-1$ đến $T_{\max}$.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó:

nhiều dải tần con có khoảng cách dải tần con bằng nhau; và

dải tần con thứ nhất là một trong số nhiều dải tần con; và/hoặc

các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích là bất biến dịch chuyển với nhau; và/hoặc

các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích bao gồm hàm cửa sổ thông thường; và/hoặc

các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích bao gồm các phiên bản điều biến khác nhau của hàm cửa sổ thông thường; và/hoặc

hàm cửa sổ thông thường được điều biến nhờ sử dụng hàm cosin; và/hoặc

hàm cửa sổ thông thường có thời lượng hữu hạn K ; và/hoặc

các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích tạo ra cơ sở trực giao; và/hoặc

các bộ lọc phân tích của giàn lọc phân tích tạo ra cơ sở trực chuẩn; và/hoặc

giàn lọc phân tích bao gồm giàn lọc được điều biến theo hình cosin; và/hoặc

giàn lọc phân tích là giàn lọc lấy mẫu tới hạn; và/hoặc

giàn lọc phân tích bao gồm biến đổi chồng lấn; và/hoặc

giàn lọc phân tích bao gồm một hoặc nhiều trong số các phép biến đổi MDCT, QMF, ELT; và/hoặc

giàn lọc phân tích bao gồm cấu trúc điều biến.

9. Phương pháp, được thực hiện bởi thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, để ước tính mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất trong dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh; trong đó tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà lần lượt tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con trong nhiều dải tần con từ tín hiệu âm thanh; trong đó giàn lọc phân tích này là giàn lọc lấy mẫu tới hạn; phương pháp này bao gồm các bước:

xác định mặt nạ dự báo chỉ báo nhiều mẫu liền trước trong nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo; trong đó nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo này bao gồm ít nhất một trong số nhiều dải tần con khác với dải tần con thứ nhất;

xác định nhiều hệ số dự báo cần áp dụng vào nhiều mẫu liền trước; và

xác định giá trị ước tính của mẫu thứ nhất bằng cách lần lượt áp dụng nhiều hệ số dự báo vào nhiều mẫu liền trước;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó nhiều dải tần con hỗ trợ mặt nạ dự báo

bao gồm dải tần con thứ nhất; và/hoặc

bao gồm một hoặc nhiều trong số nhiều dải tần con ngay sát với dải tần con thứ nhất.

11. Phương pháp, được thực hiện bởi thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, để mã hóa tín hiệu âm thanh, phương pháp này bao gồm các bước:

xác định nhiều tín hiệu dải tần con từ tín hiệu âm thanh nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích;

ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con nhờ sử dụng phương pháp theo điểm 1, qua đó tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

xác định các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con và các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo; và

tạo ra tín hiệu âm thanh được mã hóa chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số được dùng để ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

12. Phương pháp, được thực hiện bởi thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, để mã hóa tín hiệu âm thanh, phương pháp này bao gồm bước:

xác định các tín hiệu dải tần con từ tín hiệu âm thanh này nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích;

ước tính các mẫu của các tín hiệu dải tần con nhờ sử dụng phương pháp theo điểm 9, nhờ đó tạo ra các tín hiệu dải tần phụ đã ước tính;

xác định các mẫu của các tín hiệu dải tần con sai số dự báo dựa trên các mẫu tương ứng của các tín hiệu dải tần con và các mẫu của các tín hiệu dải tần con đã ước tính;

lượng tử hóa các các tín hiệu dải tần con sai số dự báo; và

tạo ra tín hiệu âm thanh đã mã hóa chỉ báo các tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số được sử dụng để ước tính các mẫu của các tín hiệu dải tần con được ước tính; trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

13. Phương pháp, được thực hiện bởi thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, để giải mã tín hiệu âm thanh được mã hóa; trong đó tín hiệu âm thanh được mã hóa này chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số cần được dùng để ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính; phương pháp này bao gồm các bước:

khử lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa;

ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính nhờ sử dụng phương pháp theo điểm 1;

xác định các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính và các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa; và

xác định tín hiệu âm thanh đã giải mã từ các tín hiệu dải tần con đã giải mã nhờ sử dụng giàn lọc tổng hợp bao gồm nhiều bộ lọc tổng hợp;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

14. Phương pháp, được thực hiện bởi thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, để giải mã tín hiệu âm thanh được mã hóa; trong đó tín hiệu âm thanh được mã hóa này chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số cần được dùng để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính; phương pháp này bao gồm các bước:

khử lượng tử hóa các tín hiệu dải tần con sai số dự báo đã lượng tử hóa, nhờ đó tạo ra các tín hiệu dải tần con sai số dự báo đã khử lượng tử hóa;

ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính nhờ sử dụng phương pháp theo điểm 9;

xác định mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính và mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa; và

xác định tín hiệu âm thanh đã giải mã từ các tín hiệu dải tần con đã giải mã nhờ sử dụng giàn lọc tổng hợp bao gồm nhiều bộ lọc tổng hợp;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

15. Hệ thống, bao gồm thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, được tạo cấu hình để ước tính một hoặc nhiều mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh; trong đó tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà lần lượt tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con từ tín hiệu âm thanh; trong đó hệ thống này bao gồm:

bộ tính toán chỉ số dự báo được tạo cấu hình để xác định tham số mô hình của mô hình tín hiệu; và

được tạo cấu hình để xác định một hoặc nhiều hệ số dự báo cần áp dụng vào một hoặc nhiều mẫu liền trước của tín hiệu dải tần con đã giải mã thứ nhất thu được từ tín hiệu dải tần con thứ nhất; trong đó một hoặc nhiều hệ số dự báo được xác định dựa trên mô hình tín hiệu, dựa trên tham số mô hình và dựa trên giàn lọc phân tích; trong đó các khe thời gian của một hoặc nhiều mẫu liền trước là ở trước các khe thời gian của một hoặc nhiều mẫu thứ nhất; và

bộ dự báo dải tần con được tạo cấu hình để xác định giá trị ước tính của một hoặc nhiều mẫu thứ nhất bằng cách áp dụng một hoặc nhiều hệ số dự báo vào một hoặc nhiều mẫu liền trước;

trong đó:

xác định hệ số dự báo bao gồm việc xác định hệ số dự báo nhờ sử dụng bảng tìm kiếm hoặc hàm giải tích;

bảng tìm kiếm hoặc hàm giải tích đưa ra hệ số dự báo dưới dạng hàm số của tham số thu được từ tham số mô hình;

bảng tìm kiếm hoặc hàm giải tích được xác định trước dựa trên mô hình tín hiệu và dựa trên giàn lọc phân tích; và

thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

16. Hệ thống, bao gồm thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh, được tạo cấu hình để ước tính một hoặc nhiều mẫu thứ nhất của tín hiệu dải tần con thứ nhất của tín hiệu âm thanh; trong đó tín hiệu dải tần con thứ nhất tương ứng với dải tần con thứ nhất; trong đó tín hiệu dải tần con thứ nhất được xác định nhờ sử dụng giàn lọc phân tích bao gồm nhiều bộ lọc phân tích mà lần lượt tạo ra nhiều tín hiệu dải tần con trong nhiều dải tần con; trong đó giàn lọc phân tích là giàn lọc lấy mẫu tới hạn; trong đó hệ thống này bao gồm:

bộ tính toán chỉ số dự báo được tạo cấu hình để xác định mật nạ dự báo chỉ báo nhiều mẫu liên trước trong nhiều dải tần con hỗ trợ mật nạ dự báo;

trong đó nhiều dải tần con hỗ trợ mật nạ dự báo bao gồm ít nhất là một trong số nhiều dải tần con khác với dải tần con thứ nhất; trong đó bộ tính toán chỉ số dự báo còn được tạo cấu hình để xác định nhiều hệ số dự báo cần áp dụng vào nhiều mẫu liên trước; và

bộ dự báo dải tần con được tạo cấu hình để xác định giá trị ước tính của một hoặc nhiều mẫu thứ nhất bằng cách lần lượt áp dụng nhiều hệ số dự báo vào nhiều mẫu liên trước;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

17. Thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh được tạo cấu hình để mã hóa tín hiệu âm thanh, thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh này bao gồm:

giàn lọc phân tích được tạo cấu hình để xác định nhiều tín hiệu dải tần con từ tín hiệu âm thanh nhờ sử dụng nhiều bộ lọc phân tích;

hệ thống theo điểm bất kỳ trong số các điểm 15 được tạo cấu hình để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

đơn vị vi sai được tạo cấu hình để xác định các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con và của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

bộ lượng tử hóa được tạo cấu hình để lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo; và

bộ tạo dòng bit được tạo cấu hình để tạo ra tín hiệu âm thanh được mã hóa chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số được dùng để ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý.

18. Thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh được tạo cấu hình để mã hóa tín hiệu âm thanh, thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh này bao gồm:

giàn lọc phân tích được tạo cấu hình để xác định nhiều tín hiệu dải tần con từ tín hiệu âm thanh nhờ sử dụng nhiều bộ lọc phân tích;

hệ thống theo điểm 16 được tạo cấu hình để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

đơn vị vi sai được tạo cấu hình để xác định các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con và của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

bộ lượng tử hóa được tạo cấu hình để lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo; và

bộ tạo dòng bit được tạo cấu hình để tạo ra tín hiệu âm thanh được mã hóa chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và chỉ báo một hoặc nhiều tham số được dùng để ước tính các mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một trong số nhiều bộ xử lý.

19. Thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh được tạo cấu hình để giải mã tín hiệu âm thanh được mã hóa; trong đó tín hiệu âm thanh được mã hóa chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và một hoặc nhiều tham số được dùng để ước tính mẫu

của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính; trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh này bao gồm:

bộ lượng tử hóa nghịch đảo được tạo cấu hình để khử lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa;

hệ thống theo điểm 15, được tạo cấu hình để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

bộ cộng được tạo cấu hình để xác định mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính và dựa trên mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa; và

giàn lọc tổng hợp được tạo cấu hình để xác định tín hiệu âm thanh được giải mã từ nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã nhờ sử dụng nhiều bộ lọc tổng hợp,

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý.

20. Thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh được tạo cấu hình để giải mã tín hiệu âm thanh được mã hóa; trong đó tín hiệu âm thanh được mã hóa chỉ báo nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa và một hoặc nhiều tham số được dùng để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính; trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh này bao gồm:

bộ lượng tử hóa nghịch đảo được tạo cấu hình để khử lượng tử hóa nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được lượng tử hóa, qua đó đạt được nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa;

hệ thống theo điểm 16, được tạo cấu hình để ước tính mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính;

bộ cộng được tạo cấu hình để xác định mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã dựa trên các mẫu tương ứng của nhiều tín hiệu dải tần con được ước tính và dựa trên mẫu của nhiều tín hiệu dải tần con sai số dự báo được khử lượng tử hóa; và

giàn lọc tổng hợp được tạo cấu hình để xác định tín hiệu âm thanh được giải mã từ nhiều tín hiệu dải tần con được giải mã nhờ sử dụng nhiều bộ lọc tổng hợp;

trong đó thiết bị xử lý tín hiệu âm thanh bao gồm một hoặc nhiều bộ xử lý.

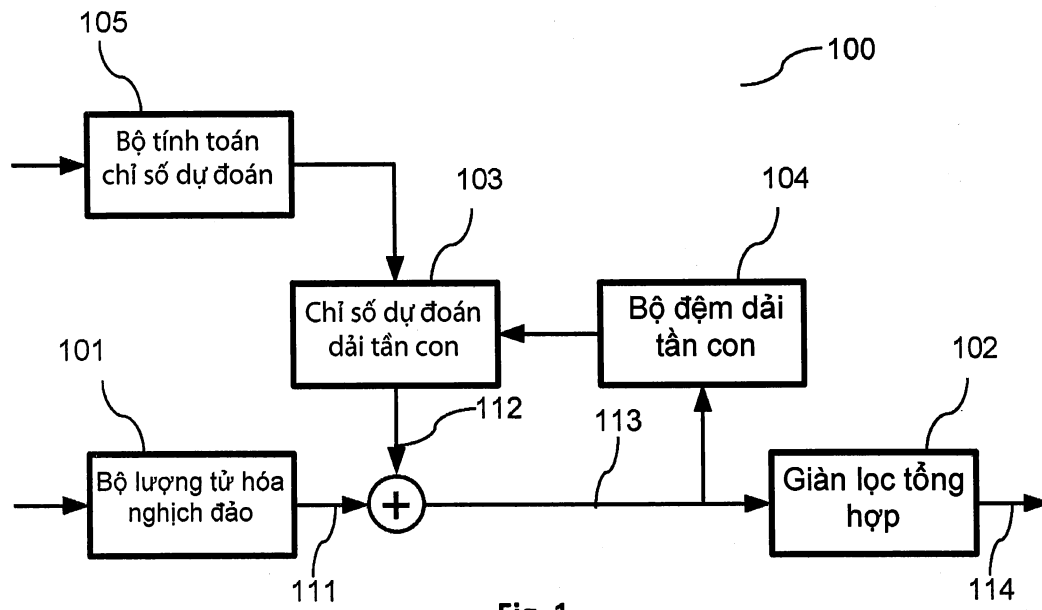


Fig. 1

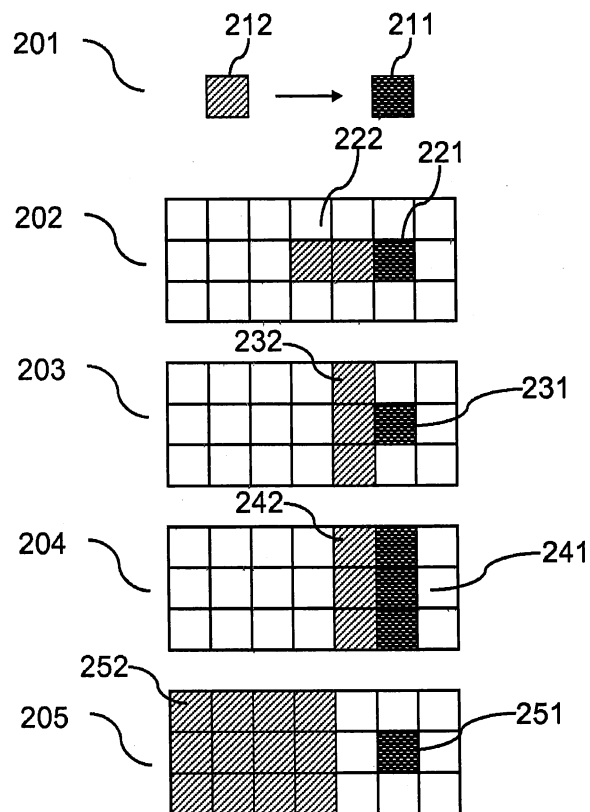


Fig. 2

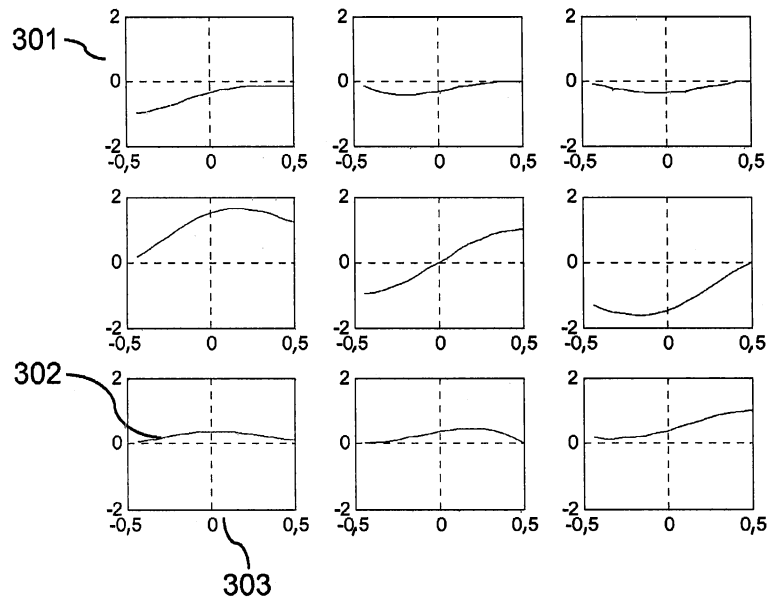


Fig. 3

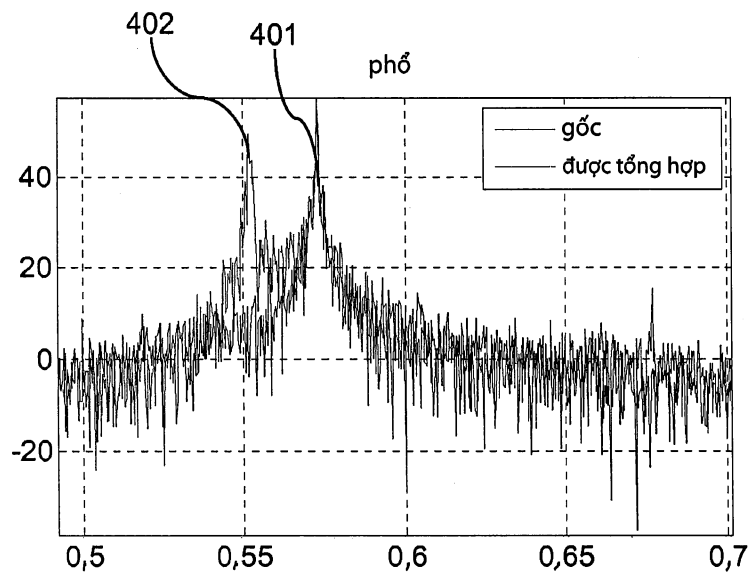


Fig. 4

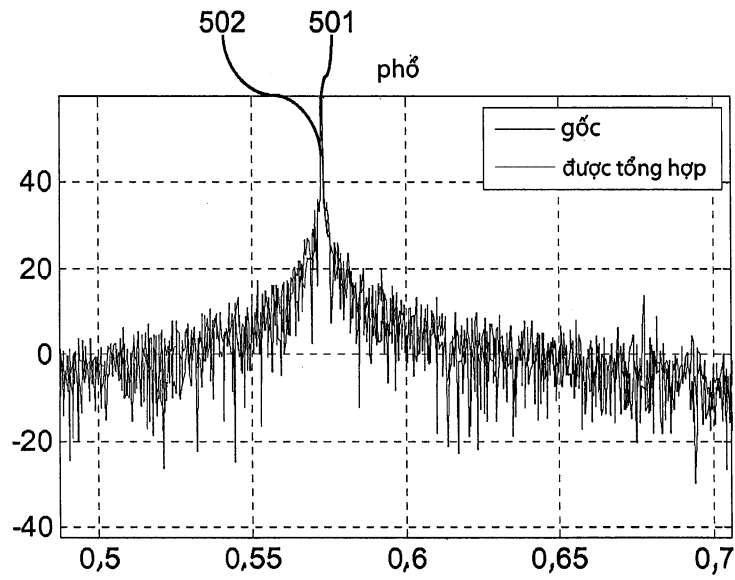


Fig. 5

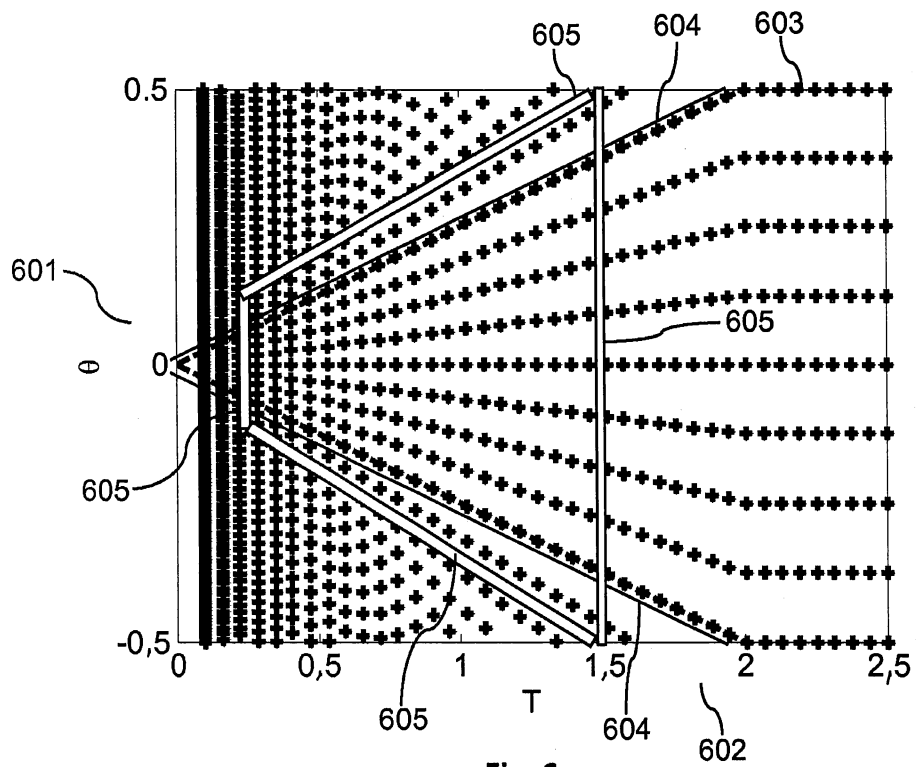


Fig. 6a

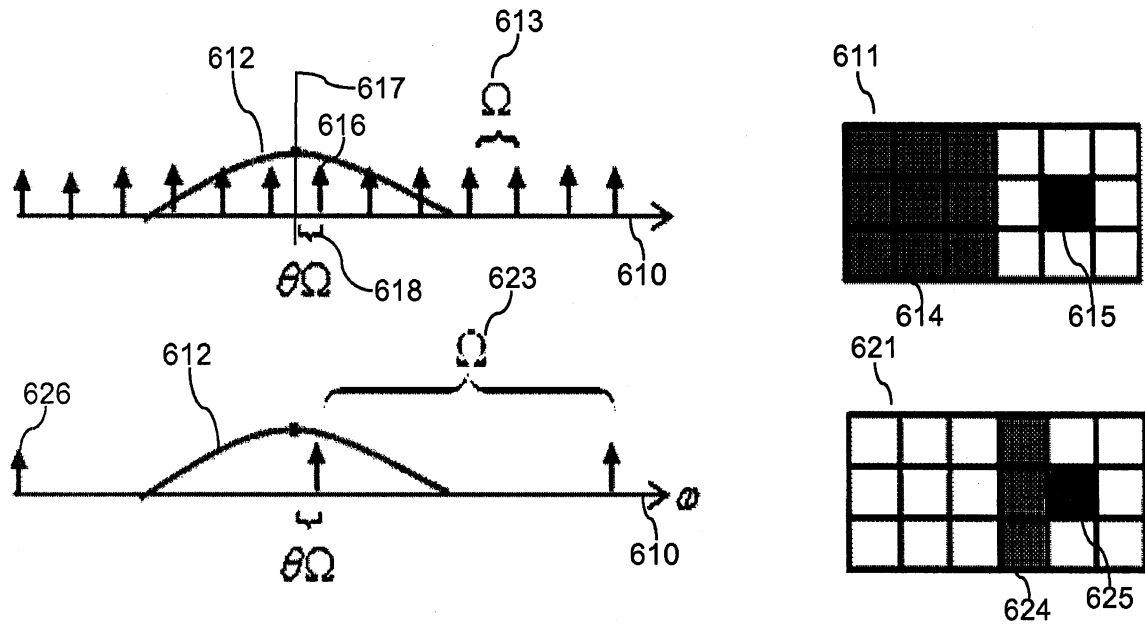


Fig. 6b

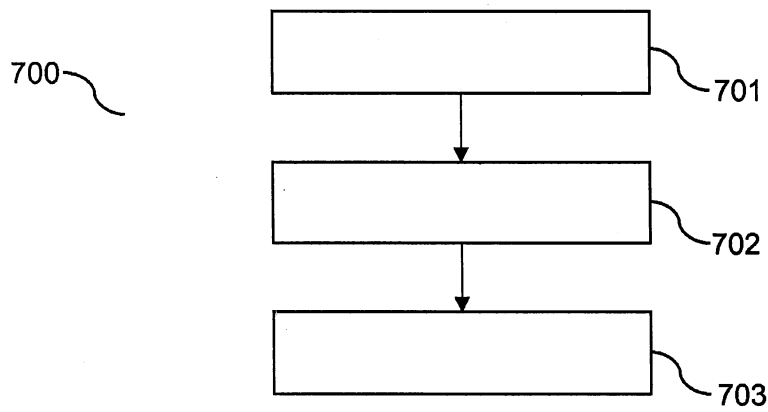
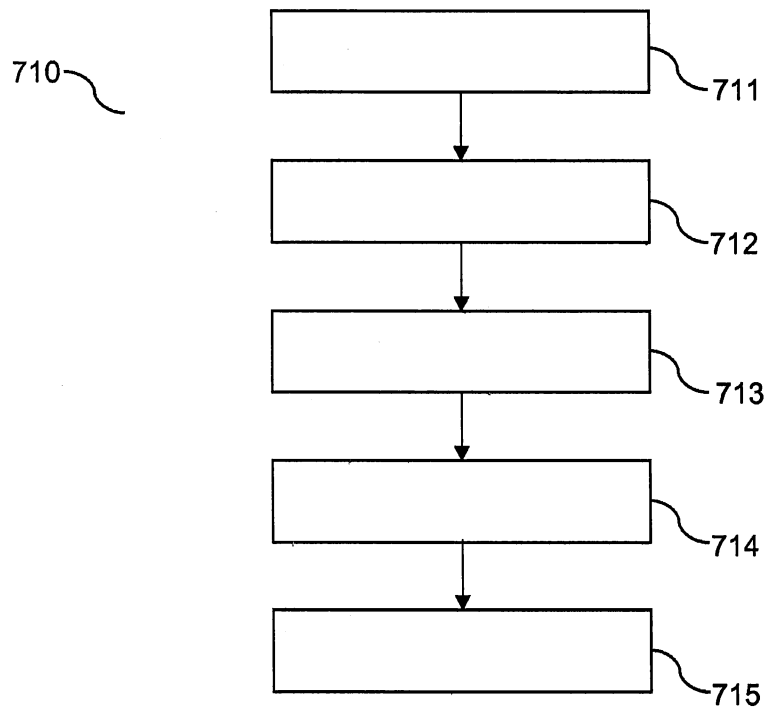


Fig. 7a

**Fig. 7b**