



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

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

(11)



1-0028180

(51)⁷ H04S 3/00; G10L 19/008

(13) B

(21) 1-2016-04015

(22) 24/03/2015

(86) PCT/EP2015/056206 24/03/2015

(87) WO 2015/144674 A1 01/10/2015

(30) 14305423.7 24/03/2014 EP; 14305559.8 15/04/2014 EP

(45) 25/05/2021 398

(43) 25/01/2017 346A

(73) DOLBY INTERNATIONAL AB (SE)

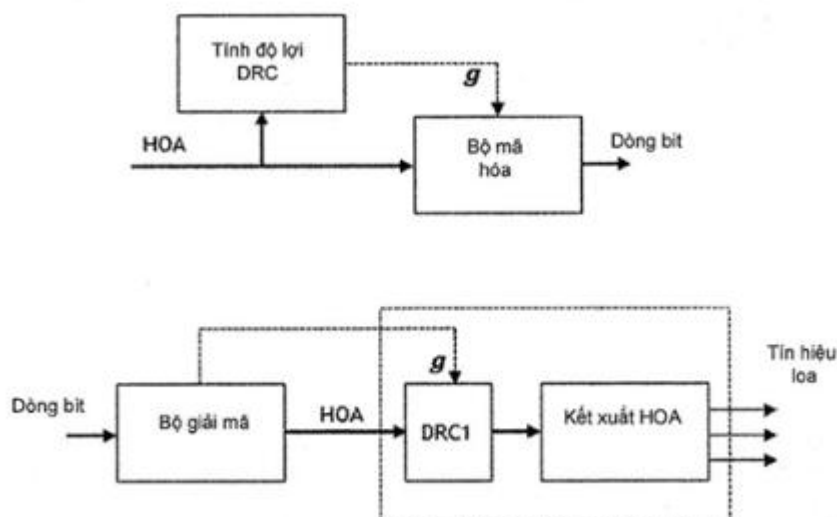
Apollo Building, 3E, Herikerbergweg 1-35 1101 CN Amsterdam Zuidoost The Netherlands

(72) BOEHM, Johannes (DE); KEILER, Florian (DE).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP VÀ THIẾT BỊ NÉN DẢI ĐỘNG VÀ VẬT GHI BẮT BIẾN ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết áp dụng phép nén dải động cho tín hiệu ambisonics bậc cao hơn và vật ghi lưu trữ đọc được bằng máy tính. Cụ thể là, điều khiển khoảng động (Dynamic Range Control - DRC) không thể được áp dụng một cách đơn giản cho tín hiệu dựa trên Ambisonics bậc cao hơn (Higher Order Ambisonics - HOA). Phương pháp thực hiện DRC trên tín hiệu HOA bao gồm biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian, phân tích tín hiệu HOA biến đổi, và thu được, từ kết quả phân tích này, các hệ số độ lợi mà có thể sử dụng để nén động. Hệ số độ lợi có thể được truyền cùng với tín hiệu HOA. Khi áp dụng DRC, tín hiệu HOA được biến đổi thành miền không gian, hệ số độ lợi được trích xuất và nhân với tín hiệu HOA biến đổi trong miền không gian, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được bù độ lợi được thu nhận. Tín hiệu HOA biến đổi được bù độ lợi được biến đổi trở lại thành miền HOA, trong đó tín hiệu HOA được bù độ lợi được thu nhận. Hơn nữa, sáng chế còn đề cập đến vật ghi ghi đọc được bằng máy tính có các lệnh thực thi được bằng máy tính mà khiến cho máy tính thực hiện phương pháp áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị thực hiện sự nén dải động (Dynamic range compression - DRC) thành tín hiệu Ambisonics, và cụ thể hơn đề cập đến tín hiệu Ambisonics bậc cao hơn (Higher Order Ambisonics - HOA).

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của nén dải động (Dynamic Range Compression - DRC) là để làm giảm dải động của tín hiệu âm thanh. Hệ số độ lợi thay đổi theo thời gian được áp dụng cho tín hiệu âm thanh này. Thông thường, hệ số độ lợi này phụ thuộc vào đường bao biên độ của tín hiệu để điều chỉnh độ lợi. Ánh xạ này thường là không tuyến tính. Biên độ lớn được ánh xạ lên biên độ nhỏ hơn trong khi các âm thanh yếu thường được khuếch đại. Bối cảnh là môi trường nhiều, lắng nghe vào đêm khuya, loa nhỏ hoặc nghe tai nghe di động.

Khái niệm chung để tạo dòng hoặc phát rộng âm thanh là để tạo ra độ lợi DRC trước khi truyền và áp dụng các độ lợi này sau khi nhận và giải mã. Nguyên tắc sử dụng DRC, tức là DRC thường được áp dụng như thế nào cho tín hiệu âm thanh, được thể hiện trên Fig.1 a). Mức tín hiệu, thường là đường bao tín hiệu, được dò, và độ lợi thay đổi theo thời gian liên quan g_{DRC} được tính toán. Độ lợi được sử dụng để thay đổi biên độ của tín hiệu âm thanh này. Fig.1 b) thể hiện nguyên tắc sử dụng DRC để mã hóa/giải mã, trong đó các hệ số độ lợi được truyền cùng với tín hiệu âm thanh được lập mã. Ở phía bộ giải mã, các độ lợi được áp dụng cho tín hiệu âm thanh được giải mã nhằm làm giảm dải động của nó.

Đối với âm thanh 3D, các độ lợi khác nhau có thể được áp dụng cho các kênh loa mà biểu diễn các vị trí không gian khác nhau. Sau đó, các vị trí này cần được biết ở phía gửi để có thể tạo ra tập độ lợi phù hợp. Điều này thường chỉ có thể đối với các điều kiện lý tưởng, trong khi trong các trường hợp thực tế số lượng loa và sự bố trí của chúng thay đổi theo nhiều cách. Điều này chịu ảnh hưởng nhiều hơn từ các cân nhắc thực tế so với từ đặc điểm kỹ thuật. Ambisonics bậc cao hơn (Higher Order Ambisonics - HOA) là định dạng âm thanh cho phép việc kết xuất linh hoạt. Tín hiệu HOA bao gồm các kênh hệ số mà không trực tiếp biểu diễn mức âm thanh. Do đó, DRC không thể được áp dụng một cách đơn giản cho tín hiệu trên cơ sở HOA.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế giải quyết được ít nhất vấn đề DRC có thể được áp dụng như thế nào cho tín hiệu HOA. Tín hiệu HOA được phân tích nhằm thu được một hoặc nhiều hệ số độ lợi. Theo một phương án, thu được ít nhất hai hệ số độ lợi, và việc phân tích tín hiệu HOA bao gồm việc biến đổi thành miền không gian (iDSHT). Một hoặc nhiều hệ số độ lợi này được truyền cùng với tín hiệu HOA gốc. Chỉ báo đặc biệt có thể được truyền để chỉ báo tất cả các hệ số độ lợi có bằng nhau hay không. Đây là trường hợp ở chế độ đơn giản hóa, trái lại ít nhất hai hệ số độ lợi khác nhau được sử dụng ở chế độ không được đơn giản hóa. Ở bộ giải mã, một hoặc nhiều độ lợi này có thể (nhưng không nhất thiết) được áp dụng cho tín hiệu HOA. Người dùng có lựa chọn có áp dụng một hoặc nhiều độ lợi này hay không. Ưu điểm của chế độ đơn giản hóa là ở chỗ nó đòi hỏi khá ít phép tính, vì chỉ có một hệ số độ lợi được sử dụng, và vì hệ số độ lợi này có thể được áp dụng cho các kênh hệ số của tín hiệu HOA một cách trực tiếp trong miền HOA, do đó biến đổi thành miền không gian và biến đổi tiếp theo trở lại miền HOA có thể được bỏ qua. Ở chế độ đơn giản hóa, hệ số độ lợi được thu nhận bằng phân tích chỉ kênh hệ số bậc zêrô của tín hiệu HOA.

Theo một phương án của sáng chế, phương pháp thực hiện DRC trên tín hiệu HOA bao gồm bước biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian (bằng DSHT ngược), phân tích tín hiệu HOA biến đổi và thu được, từ kết quả phân tích này, các hệ số độ lợi mà có thể sử dụng để nén dải động. Trong các bước tiếp theo, các hệ số độ lợi thu được được nhân (trong miền không gian) với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi được thu nhận. Cuối cùng, tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi được biến đổi trở lại thành miền HOA (bằng DSHT), tức là miền hệ số, trong đó tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận.

Hơn nữa, theo một phương án của sáng chế, phương pháp thực hiện DRC ở chế độ đơn giản hóa trên tín hiệu HOA bao gồm phân tích tín hiệu HOA và thu được từ kết quả phân tích này hệ số độ lợi mà có thể sử dụng để nén dải động. Trong các bước tiếp theo, khi đánh giá chỉ báo, hệ số độ lợi thu được được nhân với các kênh hệ số của tín hiệu HOA (trong miền HOA), trong đó tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận. Ngoài ra khi đánh giá chỉ báo, có thể xác định rằng việc biến đổi tín hiệu HOA có thể được bỏ qua. Báo hiệu để chỉ báo chế độ đơn giản hóa, tức là chỉ một hệ số độ lợi được sử dụng, có thể được thiết lập một cách không rõ ràng, ví dụ nếu chỉ có

chế độ đơn giản hóa có thể được sử dụng do phần cứng hoặc các hạn chế khác, hoặc rõ ràng, ví dụ khi người dùng chọn chế độ đơn giản hóa hoặc không đơn giản hóa.

Hơn nữa, theo một phương án của sáng chế, phương pháp áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA bao gồm nhận tín hiệu HOA, báo hiệu và các hệ số độ lợi, xác định rằng báo hiệu chỉ báo chế độ không đơn giản hóa, việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian (sử dụng DSHT ngược), trong đó tín hiệu HOA biến đổi được thu nhận, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén dải động được thu nhận, và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén dải động trở lại thành miền HOA (tức là miền hệ số) (nhờ sử dụng DSHT), trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận. Hệ số độ lợi có thể được nhận cùng với tín hiệu HOA hoặc riêng rẽ.

Hơn nữa, theo một phương án của sáng chế, phương pháp áp dụng hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA bao gồm bước nhận tín hiệu HOA, chỉ báo và hệ số độ lợi, xác định rằng báo hiệu chỉ báo chế độ đơn giản hóa, và sau bước xác định nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA, trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận. Hệ số độ lợi có thể được nhận cùng với tín hiệu HOA hoặc riêng rẽ.

Thiết bị để áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA được bộc lộ trong điểm 11 Yêu cầu bảo hộ.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bằng máy tính có các lệnh thực thi được để khiến cho máy tính thực hiện phương pháp áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA, bao gồm các bước như nêu trên.

Theo một phương án, sáng chế đề xuất vật ghi đọc được bằng máy tính có các lệnh thực thi được để khiến cho máy tính thực hiện phương pháp thực hiện DRC trên tín hiệu HOA, bao gồm các bước như nêu trên.

Các phương án có lợi theo sáng chế được bộc lộ trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc, phần mô tả và hình vẽ sau.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các phương án ví dụ theo sáng chế được mô tả với sự tham chiếu đến các hình vẽ đi kèm, trong đó:

Fig.1 thể hiện nguyên tắc chung của DRC áp dụng cho âm thanh;

Fig.2 thể hiện phương pháp chung để áp dụng DRC cho tín hiệu trên cơ sở HOA theo sáng chế;

Fig.3 thể hiện mạng lưới loa cầu đối với $N=1$ đến $N=6$;

Fig.4 thể hiện việc tạo ra độ lợi DRC cho HOA;

Fig.5 thể hiện việc áp dụng DRC cho tín hiệu HOA;

Fig.6 thể hiện quy trình nén dải động ở phía bộ giải mã;

Fig.7 thể hiện DRC cho HOA trong miền QMF kết hợp với bước kết xuất; và

Fig.8 thể hiện DRC cho HOA trong miền QMF kết hợp với bước kết xuất đối với trường hợp đơn giản là nhóm một độ lợi DRC.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế mô tả cách DRC có thể được áp dụng cho HOA. Điều này thường không dễ dàng vì HOA là dạng mô tả trường âm thanh. Fig.2 mô tả nguyên tắc của phương pháp. Ở phía mã hóa hoặc truyền, như thể hiện trên Fig.2 a), tín hiệu HOA được phân tích, độ lợi DRC g được tính từ việc phân tích tín hiệu HOA, và độ lợi DRC được lập mã và truyền cùng với dạng biểu diễn mã hóa của nội dung HOA. Đây có thể là dòng bit đa hợp hoặc hai hoặc nhiều dòng bit riêng rẽ.

Ở phía giải mã hoặc nhận, như thể hiện trên Fig.2 b), các độ lợi g được trích xuất từ dòng bit hoặc các dòng bit này. Sau khi giải mã dòng bit hoặc các dòng bit này trong bộ giải mã, các độ lợi g được áp dụng cho tín hiệu HOA như được mô tả dưới đây. Bằng cách đó, các độ lợi được áp dụng cho tín hiệu HOA, tức là nhìn chung tín hiệu HOA rút gọn dải động được thu nhận. Cuối cùng, tín hiệu HOA được điều chỉnh dải động được kết xuất trong bộ kết xuất HOA.

Trong phần tiếp theo, các giả định và định nghĩa được sử dụng sẽ được giải thích.

Các giả định rằng bộ kết xuất HOA là bảo toàn năng lượng, tức là hàm điều hòa cầu chuẩn hóa N3D được sử dụng, và năng lượng của tín hiệu một chiều mã hóa bên trong biểu diễn HOA được duy trì sau khi kết xuất. Ví dụ, WO2015/007889A_(PD130040) mô tả cách để đạt được sự kết xuất HOA bảo toàn năng lượng này.

Sau đây là định nghĩa của các thuật ngữ được sử dụng.

$\mathbf{B} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ biểu thị khối τ mẫu HOA, $\mathbf{B} = [\mathbf{b}(1), \mathbf{b}(2), \dots, \mathbf{b}(t), \dots, \mathbf{b}(\tau)]$, với vector $\mathbf{b}(t) = [b_1, b_2, \dots, b_o, \dots, b_{(N+1)^2}]^T = [B_0^0, B_1^{-1}, \dots, B_n^m, \dots, B_N^N]^T$ mà chứa các hệ số Ambisonics trong bậc ACN (chỉ số vector $o = n^2 + n + m + 1$, với chỉ số bậc hệ số n và chỉ số mức hệ số m). N biểu thị bậc cắt bớt của HOA. Số lượng hệ số bậc cao hơn trong $\mathbf{b}$ là $(N+1)^2$. Chỉ số mẫu cho một khối dữ liệu là t . τ có thể thường nằm trong khoảng từ một mẫu đến 64 mẫu hoặc nhiều hơn.

Tín hiệu bậc zêrô $\theta_o = [b_1(1), b_1(2), \dots, b_1(\tau)]$ là hàng đầu tiên của $\mathbf{B}$. $\mathbf{D} \in \mathbb{R}^{L \times (N+1)^2}$ biểu thị ma trận kết xuất bảo toàn năng lượng mà kết xuất khỏi mẫu HOA thành khối L kênh loa trong miền không gian: $\mathbf{W} = \mathbf{D}\mathbf{B}$, với $\mathbf{W} \in \mathbb{R}^{L \times \tau}$. Đây là quy trình giả định của bộ kết xuất HOA trên Fig.2 b) (kết xuất HOA).

$\mathbf{D}_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$ biểu thị ma trận kết xuất liên quan đến các kênh $L_L = (N+1)^2$ mà được định vị trên hình cầu theo cách rất đều đặn, theo cách mà tất cả các vị trí lân cận có cùng khoảng cách. $\mathbf{D}_L$ là phương trình điều kiện mạnh và dạng nghịch đảo $\mathbf{D}_L^{-1}$ của nó tồn tại. Do đó, cả hai xác định cặp ma trận biến đổi (Biến đổi hàm điều hòa cầu rời rạc - Discrete Spherical Harmonics Transform (DSHT)):

$$\mathbf{W}_L = \mathbf{D}_L \mathbf{B}, \mathbf{B} = \mathbf{D}_L^{-1} \mathbf{W}_L$$

$\mathbf{g}$ là vectơ của trị số DRC độ lợi $L_L = (N+1)^2$. Các trị số độ lợi được giả định là được áp dụng cho khối τ mẫu và được giả định là nhẵn giữa các khối. Để truyền, các trị số độ lợi mà có cùng giá trị có thể được kết hợp thành các nhóm độ lợi. Nếu chỉ có nhóm một độ lợi được sử dụng, điều này nghĩa là giá trị một độ lợi DRC, ở đây được ký hiệu bằng g_1 , được áp dụng cho tất cả τ mẫu của kênh loa.

Đối với mỗi bậc cắt bớt HOA N , lưới loa ảo $L_L = (N+1)^2$ lý tưởng và ma trận kết xuất liên quan $\mathbf{D}_L$ được xác định. Các vị trí loa ảo mô phỏng các vùng không gian bao quanh người nghe ảo. Các lưới đối với $N=1$ đến 6 được thể hiện trên Fig.3, trong đó các vùng liên quan đến loa là các ô màu tối. Một vị trí làm mẫu luôn liên quan đến vị trí loa trung tâm (góc phương vị = 0, độ dốc = $\pi/2$; Lưu ý rằng góc phương vị được đo từ hướng phía trước đối với vị trí nghe). Vị trí làm mẫu, $\mathbf{D}_L$, $\mathbf{D}_L^{-1}$ được biết ở phía bộ giải mã khi độ lợi DRC được tạo ra. Ở phía bộ giải mã, $\mathbf{D}_L$ và $\mathbf{D}_L^{-1}$ cần được biết để áp dụng các giá trị độ lợi.

Việc tạo độ lợi DRC đối với các sản phẩm HOA như sau.

Tín hiệu HOA được biến đổi thành miền không gian bằng $\mathbf{W}_L = \mathbf{D}_L \mathbf{B}$. Lên đến $L_L = (N+1)^2$ độ lợi DRC g_l được tạo ra bằng cách phân tích các tín hiệu này. Nếu nội dung là tổ hợp của HOA và các đối tượng âm thanh (Audio object - AO), các tín hiệu AO như ví dụ các rãnh hội thoại có thể được sử dụng để lập chuỗi bên. Điều này được thể hiện trên Fig.4 b). Khi tạo ra các trị số độ lợi DRC khác nhau liên quan đến các vùng không gian khác nhau, cần lưu ý rằng các độ lợi này không ảnh hưởng đến độ ổn định hình ảnh không gian ở phía bộ giải mã. Để tránh điều này, một độ lợi có thể được gán cho tất cả L kênh, trong trường hợp đơn giản nhất (còn gọi là chế độ đơn

giản hóa). Điều này có thể được thực hiện bằng cách phân tích tất cả các tín hiệu không gian $\mathbf{W}$, hoặc bằng cách phân tích khối mẫu hệ số HOA bậc zêrô (θ_o), và sự biến đổi thành miền không gian là không cần thiết (Fig.4a). Các phân tích sau là giống với phân tích tín hiệu trộn xuống của $\mathbf{W}$. Chi tiết hơn được mô tả dưới đây.

Trên Fig.4, việc tạo độ lợi DRC cho HOA được thể hiện trên Fig.4 a) minh họa cách mà một độ lợi đơn nhất g_1 (đối với nhóm một độ lợi) có thể được tạo ra từ thành phần HOA bậc zêrô θ_o (tùy ý với việc tạo chuỗi bên từ các AO). Thành phần HOA bậc zêrô θ_o được phân tích trong khối phân tích DRC 41s và độ lợi đơn nhất g_1 được rút ra. Độ lợi đơn nhất g_1 được mã hóa một cách riêng rẽ trong bộ mã hóa độ lợi DRC 42s. Độ lợi mã hóa này sau đó được mã hóa cùng với tín hiệu HOA $\mathbf{B}$ trong bộ mã hóa 43, mà xuất ra dòng bit mã hóa. Tùy ý, các tín hiệu khác 44 có thể được đưa vào quá trình mã hóa. Fig.4 b) mô tả cách hai hoặc nhiều độ lợi DRC được tạo ra bằng cách biến đổi 40 biểu diễn HOA thành miền không gian. Tín hiệu HOA biến đổi $\mathbf{W}_L$ sau đó được phân tích trong khối phân tích DRC 41 và các trị số độ lợi $\mathbf{g}$ được trích xuất và mã hóa trong bộ mã hóa độ lợi DRC 42. Ngoài ra ở đây, độ lợi mã hóa này được mã hóa cùng với tín hiệu HOA $\mathbf{B}$ trong bộ mã hóa 43, và tùy ý các tín hiệu khác 44 có thể được đưa vào quá trình mã hóa. Ví dụ, âm thanh từ phía sau (ví dụ âm nền) có thể có sự suy giảm nhiều hơn âm thanh xuất phát từ phía trước và phía bên. Điều này dẫn đến $(N + 1)^2$ trị số độ lợi trong $\mathbf{g}$ có thể được truyền trong các nhóm hai độ lợi đối với ví dụ này. Tùy ý, ở đây cũng có thể sử dụng việc tạo chuỗi bên bằng các dạng sóng đối tượng âm thanh và thông tin về hướng của chúng. Việc tạo chuỗi bên nghĩa là độ lợi DRC cho tín hiệu được thu được từ một tín hiệu khác. Điều này làm giảm công suất của tín hiệu HOA. Các âm thanh gây xao lãng này trong hỗn hợp HOA cùng chia sẻ vùng nguồn không gian với âm thanh nổi của AO có thể có các độ lợi suy giảm mạnh hơn so với các âm thanh cách xa về mặt không gian.

Các giá trị độ lợi được truyền đến phía bộ thu hoặc bộ giải mã.

Số lượng biến thiên từ 1 đến $L_L = (N + 1)^2$ trị số độ lợi liên quan đến khối τ mẫu được truyền. Các trị số độ lợi có thể được gán cho các nhóm kênh để truyền. Theo một phương án, tất cả các độ lợi bằng nhau được kết hợp trong một nhóm kênh để tối thiểu hóa dữ liệu truyền. Nếu một độ lợi được truyền, nó liên quan đến tất cả L_L kênh. Được truyền là các trị số độ lợi g_{l_g} của các nhóm kênh và số lượng của chúng. Việc sử dụng các nhóm kênh được báo hiệu, do đó bộ thu hoặc bộ giải mã có thể áp dụng các giá trị độ lợi một cách chính xác.

Các giá trị độ lợi được áp dụng như sau.

Bộ thu/bộ giải mã có thể xác định số lượng của các trị số độ lợi mã hóa được truyền, giải mã 51 thông tin liên quan và gán 52 đến 55 độ lợi cho $L_L = (N + 1)^2$ kênh.

Nếu chỉ có một giá trị độ lợi (một nhóm kênh) được truyền, nó có thể được áp dụng một cách trực tiếp 52 cho tín hiệu HOA ($\mathbf{B}_{DRC} = g_1 \mathbf{B}$), như thể hiện trên Fig.5 a). Điều này có ưu điểm vì việc giải mã là đơn giản hơn nhiều và đòi hỏi việc xử lý ít hơn đáng kể. Lý do là không đòi hỏi phép tính ma trận nào; thay vào đó, các giá trị độ lợi có thể được áp dụng 52 một cách trực tiếp, ví dụ nhân với các hệ số HOA. Để biết thêm chi tiết, xem phần dưới đây.

Nếu hai hoặc nhiều độ lợi được truyền, các độ lợi của nhóm kênh này được gán cho mỗi L độ lợi kênh $\mathbf{g} = [g_1, \dots, g_L]$.

Đối với mạng lưới loa đều ảo, tín hiệu loa có áp dụng độ lợi DRC được tính toán là

$$\widehat{\mathbf{W}}_L = \text{diag}(\mathbf{g}) \cdot \mathbf{W}_L.$$

Biểu diễn HOA biến đổi thu được sau đó được tính toán là

$$\mathbf{B}_{DRC} = \mathbf{D}_L^{-1} \widehat{\mathbf{W}}_L.$$

Điều này có thể được đơn giản hóa, như được thể hiện trên Fig.5 b). Thay vì biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian, áp dụng các độ lợi và biến đổi kết quả trở lại thành miền HOA, vector độ lợi được biến đổi 53 thành miền HOA là:

$$\mathbf{G} = \mathbf{D}_L^{-1} \text{diag}(\mathbf{g}) \mathbf{D}_L,$$

với $\mathbf{g} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$. Ma trận độ lợi được áp dụng một cách trực tiếp cho các hệ số HOA trong khối gán độ lợi 54: $\mathbf{B}_{DRC} = \mathbf{G}\mathbf{B}$.

Điều này hiệu quả hơn đối với các phép tính toán cần thiết đối với $(N + 1)^2 < \tau$. Tức là, giải pháp này có ưu điểm so với các giải pháp thông thường vì việc giải mã là đơn giản hơn nhiều và đòi hỏi việc xử lý ít hơn đáng kể. Lý do là không đòi hỏi phép tính ma trận nào; thay vào đó, các giá trị độ lợi có thể được áp dụng một cách trực tiếp, ví dụ nhân với các hệ số HOA trong khối gán độ lợi 54.

Theo một phương án, một cách hiệu quả hơn nữa để áp dụng ma trận độ lợi là thao tác, trong khối biến đổi ma trận bộ kết xuất 57, ma trận bộ kết xuất bằng $\widehat{\mathbf{D}} = \mathbf{D}\mathbf{G}$, áp dụng DRC và kết xuất tín hiệu HOA trong một bước: $\mathbf{W} = \widehat{\mathbf{D}}\mathbf{B}$. Điều này được thể hiện trên Fig.5 c). Điều này có lợi nếu $L < \tau$.

Tóm lại, Fig.5 thể hiện việc áp dụng DRC cho tín hiệu HOA theo các phương án khác nhau. Trên Fig.5 a), độ lợi của nhóm đơn kênh được truyền và giải mã 51 và áp dụng một cách trực tiếp lên các hệ số HOA 52. Sau đó, các hệ số HOA được kết xuất 56 nhờ sử dụng ma trận kết xuất bình thường.

Trên Fig. 5 b), nhiều hơn một độ lợi nhóm kênh được truyền và giải mã 51. Việc giải mã này tạo ra vector độ lợi $\mathbf{g}$ của $(N + 1)^2$ trị số độ lợi. Ma trận độ lợi $\mathbf{G}$ được tạo và áp dụng 54 cho khối mẫu HOA. Các khối này sau đó được kết xuất 56 bằng cách sử dụng ma trận kết xuất bình thường.

Trên Fig. 5 c), thay vì áp dụng ma trận độ lợi/trị số độ lợi được giải mã cho tín hiệu HOA một cách trực tiếp, nó được áp dụng một cách trực tiếp lên ma trận của bộ kết xuất. Điều này được thực hiện trong khối biến đổi ma trận bộ kết xuất 57, và có lợi về mặt tính toán nếu cỡ khối DRC τ lớn hơn số lượng của các kênh xuất L . Trong trường hợp này, mẫu HOA được kết xuất 57 bằng cách sử dụng ma trận kết xuất biến đổi.

Trong phần tiếp theo, việc tính các ma trận DSHT (biến đổi hàm điều hòa cầu rời rạc - Discrete Spherical Harmonics Transform) lý tưởng cho DRC được mô tả. Các ma trận DSHT này được tối ưu hóa một cách đặc biệt để sử dụng trong DRC và khác với các ma trận DSHT được sử dụng cho mục đích khác, ví dụ nén tốc độ dữ liệu.

Các yêu cầu đối với ma trận kết xuất và mã hóa lý tưởng $\mathbf{D}_L$ và $\mathbf{D}_L^{-1}$ liên quan đến cách bố trí dạng cầu lý tưởng được rút ra dưới đây. Cuối cùng, các yêu cầu này là như sau:

- (1) ma trận kết xuất $\mathbf{D}_L$ phải là khả nghịch, tức là, $\mathbf{D}_L^{-1}$ cần tồn tại;
- (2) tổng của các biên độ trong miền không gian nên được phản ánh dưới dạng hệ số HOA bậc zêrô sau biến đổi miền không gian thành miền HOA, và nên được bảo toàn sau biến đổi sau đó thành miền không gian (yêu cầu biên độ); và
- (3) năng lượng của tín hiệu không gian nên được bảo toàn khi biến đổi thành miền HOA và trở lại thành miền không gian (yêu cầu bảo toàn năng lượng).

Ngay cả đối với các cách bố trí kết xuất lý tưởng, yêu cầu 2 và 3 có vẻ mâu thuẫn với nhau. Khi sử dụng cách đơn giản để suy ra các ma trận biến đổi DSHT, như các ma trận được biết qua giải pháp kỹ thuật đã biết, chỉ yêu cầu này hoặc yêu cầu còn lại trong số các yêu cầu (2) và (3) có thể được thỏa mãn mà không có lỗi. Việc thỏa

mãn một trong các yêu cầu (2) và (3) mà không có lỗi dẫn đến các lỗi vượt quá 3dB đối với yêu cầu còn lại. Điều này dẫn đến các nhiễu lạ nghe rõ. Phương pháp giải quyết vấn đề này được mô tả như sau.

Đầu tiên, cách bố trí dạng cầu lý tưởng với $L = (N + 1)^2$ được chọn. L hướng của các vị trí loa (ảo) được đưa ra bởi $\mathbf{\Omega}_l$ và ma trận chế độ liên quan được biểu thị là $\mathbf{\Psi}_L = [\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_1), \dots, \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_1), \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_L)]^T$. Mỗi $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_l)$ là vector chế độ chứa hàm điều hòa cầu theo hướng $\mathbf{\Omega}_l$. L độ lợi cầu phương liên quan đến các vị trí bố trí dạng cầu được sắp xếp trong vector $\mathbf{q}$. Các độ lợi cầu phương này ước lượng vùng cầu quanh các vị trí này và tổng tất cả lên đến giá trị là 4π liên quan đến mặt của hình cầu với bán kính là một.

Ma trận kết xuất nguyên mẫu thứ nhất $\tilde{\mathbf{D}}_L$ được rút ra là

$$\tilde{\mathbf{D}}_L = \text{diag}(\mathbf{q}) \frac{\mathbf{\Psi}_L}{L}.$$

Lưu ý rằng việc chia cho L có thể được bỏ qua do do bước chuẩn hóa sau (xem dưới đây).

Thứ hai, phép khai triển giá trị suy biến liên hợp được thực hiện: $\tilde{\mathbf{D}}_L = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T$ và ma trận nguyên mẫu thứ hai được rút ra là

$$\hat{\tilde{\mathbf{D}}}_L = \mathbf{U}\mathbf{V}^T.$$

Thứ ba, ma trận nguyên mẫu này được chuẩn hóa:

$$\check{\mathbf{D}}_L = \frac{\hat{\tilde{\mathbf{D}}}_L}{\left\| \hat{\tilde{\mathbf{D}}}_L \right\|_k},$$

trong đó k biểu thị loại định chuẩn ma trận. Hai loại định chuẩn ma trận thể hiện tính năng tốt ngang nhau. Định chuẩn $k = 1$ hoặc định chuẩn Frobenius nên được sử dụng. Ma trận này thỏa mãn yêu cầu 3 (bảo toàn năng lượng).

Thứ tư, trong bước cuối cùng, sai số biên độ để thỏa mãn yêu cầu 2 được thay thế:

Vector hàng $\mathbf{e}$ được tính là $= -\frac{\mathbf{1}_L^T \tilde{\mathbf{D}}_L - [1, 0, 0, \dots, 0]}{L}$, trong đó $[1, 0, 0, \dots, 0]$ là vector hàng có $(N + 1)^2$ thành phần đều bằng không ngoại trừ thành phần thứ nhất với giá trị

là một. $\mathbf{1}_L^T \tilde{\mathbf{D}}_L$ biểu thị tổng của các vector của các hàng là $\tilde{\mathbf{D}}_L$. Ma trận kết xuất $\mathbf{D}_L$ bây giờ được suy ra bằng cách thay thế sai số biên độ:

$$\mathbf{D}_L = \tilde{\mathbf{D}}_L + [\mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \dots]^T,$$

trong đó vector $\mathbf{e}$ được cộng vào mỗi dòng của $\tilde{\mathbf{D}}_L$. Ma trận này thỏa mãn yêu cầu 2 và yêu cầu 3. Các thành phần của hàng thứ nhất của $\mathbf{D}_L^{-1}$ đều là một.

Trong phần sau, các yêu cầu chi tiết đối với DRC được giải thích.

Thứ nhất, L_L độ lợi giống nhau với giá trị là g_1 áp dụng trong miền không gian là giống nhau để áp dụng độ lợi g_1 cho các hệ số HOA:

$$\mathbf{D}_L^{-1} \mathbf{g} \mathbf{W}_L = \mathbf{D}_L^{-1} g_1 \mathbf{I} \mathbf{D}_L \mathbf{B} = g_1 \mathbf{D}_L^{-1} \mathbf{D}_L \mathbf{B} = g_1 \mathbf{B}$$

Điều này dẫn đến yêu cầu: $\mathbf{D}_L^{-1} \mathbf{D}_L = \mathbf{I}$, nghĩa là $L = (N + 1)^2$ và $\mathbf{D}_L^{-1}$ cần tồn tại (tầm thường).

Thứ hai, phân tích tín hiệu tổng trong miền không gian là bằng với phân tích thành phần HOA bậc zêrô. Các bộ phân tích DRC sử dụng năng lượng của các tín hiệu cũng như biên độ của nó. Do đó tín hiệu tổng có liên quan đến biên độ và năng lượng.

Mô hình tín hiệu của HOA: $\mathbf{B} = \Psi_e \mathbf{X}_s$, $\mathbf{X}_s \in \mathbb{R}^{S \times \tau}$ là ma trận của S tín hiệu hướng; $\Psi_e = [\varphi(\Omega_1), \dots, \varphi(\Omega_s), \varphi(\Omega_s)]$ là ma trận chế độ N3D liên quan đến các hướng $\Omega_1, \dots, \Omega_s$. Vector chế độ $\varphi(\Omega_s) = [Y_0^0(\Omega_s), Y_1^{-1}(\Omega_s), \dots, Y_N^N(\Omega_s)]^T$ được tập hợp bên ngoài hàm điều hòa cầu. Theo ký hiệu N3D thành phần bậc zêrô $Y_0^0(\Omega_s) = 1$ không phụ thuộc vào hướng.

Tín hiệu HOA của thành phần bậc zêrô cần trở thành tổng của tín hiệu hướng $\boldsymbol{\theta}_o = [b_1(1), b_1(2), \dots, b_1(T)] = \mathbf{1}_S^T \mathbf{X}_s$ để phản ánh biên độ chính xác của tín hiệu lấy tổng. $\mathbf{1}_S$ là vector được tập hợp bên ngoài S thành phần với giá trị là 1. Năng lượng của tín hiệu hướng được bảo toàn trong bước trộn này vì $\boldsymbol{\theta}_o \boldsymbol{\theta}_o^T = \mathbf{1}_S^T \mathbf{X}_s \mathbf{X}_s^T \mathbf{1}_S$. Nó sẽ được đơn giản hóa thành $\sum_{s=1}^S \sum_{t=1}^{\tau} X_{s,t}^2 = \|\mathbf{X}_s\|_{fro}^2$ nếu các tín hiệu $\mathbf{X}_s$ không tương quan.

Tổng của các biên độ trong miền không gian được cho bởi $\mathbf{1}_L^T \mathbf{W}_L = \mathbf{1}_L^T \mathbf{D}_L \Psi_e \mathbf{X}_s = \mathbf{1}_L^T \mathbf{M}_L \mathbf{X}_s$ với ma trận quét HOA $\mathbf{M}_L = \mathbf{D}_L \Psi_e$.

Nó sẽ trở thành $\boldsymbol{\theta}_o = \mathbf{1}_S^T \mathbf{X}_s$ đối với $\mathbf{1}_L^T \mathbf{M}_L = \mathbf{1}_L^T \mathbf{D}_L \Psi_e = \mathbf{1}_S^T$. Yêu cầu sau có thể được so sánh với yêu cầu của tổng các biên độ đôi khi được sử dụng trong phép quét giống VBAP. Theo kinh nghiệm, có thể thấy rằng điều này có thể đạt được trong phép xấp xỉ gần đúng đối với các thiết lập loa cầu rất đối xứng với $\mathbf{D}_L = \Psi_e^{-1}$, vì ở đó

các tác giả sáng chế tìm thấy:
 $\mathbf{1}_L^T \mathbf{D}_L \approx [1,0,0,\dots,0] \Rightarrow \mathbf{1}_L^T \mathbf{D}_L \boldsymbol{\Psi}_e \approx [Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_1), \dots, Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_s)] = \mathbf{1}_S^T$. Yêu cầu biên độ sau đó có thể đạt được với độ chính xác cần thiết.

Điều này cũng bảo đảm rằng yêu cầu năng lượng đối với tín hiệu tổng có thể được đáp ứng:

Tổng năng lượng trong miền không gian được cho bởi: $\mathbf{1}_L^T \mathbf{W}_L \mathbf{W}_L^T \mathbf{1}_L = \mathbf{1}_L^T \mathbf{M}_L \mathbf{X}_s \mathbf{X}_s^T \mathbf{M}_L^T \mathbf{1}_L$ mà sẽ trở thành, trong phép xấp xỉ gần đúng, $\mathbf{1}_S^T \mathbf{X}_s \mathbf{X}_s^T \mathbf{1}_S$, tồn tại thiết lập loa đối xứng lý tưởng yêu cầu. Điều này dẫn đến yêu cầu: $\mathbf{1}_L^T \mathbf{D}_L \approx [1,0,0,\dots,0]$ và ngoài ra, từ mô hình tín hiệu các tác giả sáng chế có thể kết luận rằng hàng trên cùng của $\mathbf{D}_L^{-1}$ cần phải là $[1,1,1,1,\dots]$, tức là vector có độ dài L với các thành phần “một”) để tín hiệu bậc zêrô được mã hóa lại giữ được biên độ và năng lượng.

Thứ ba, sự bảo toàn năng lượng là điều kiện tiên quyết: Năng lượng của tín hiệu $\mathbf{x}_s \in \mathbb{R}^{1 \times \tau}$ nên được bảo toàn sau khi biến đổi thành HOA và kết xuất không gian đến các loa không phụ thuộc vào hướng của tín hiệu $\boldsymbol{\Omega}_s$. Điều này dẫn đến $\|\mathbf{D}_L \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_s)\|_2^2 = 1$. Điều này có thể đạt được bằng cách mô phỏng $\mathbf{D}_L$ từ các ma trận quay và ma trận độ lợi đường chéo: $\mathbf{D}_L = \mathbf{U} \mathbf{V}^T \text{diag}(\mathbf{a})$ (sự phụ thuộc vào hướng ($\boldsymbol{\Omega}_s$) được loại bỏ để làm rõ):

$$\|\mathbf{D}_L \boldsymbol{\varphi}\|_2^2 = \boldsymbol{\varphi}^T \mathbf{D}_L^T \mathbf{D}_L \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\varphi}^T \text{diag}(\mathbf{a}) \mathbf{V} \mathbf{U}^T \mathbf{U} \mathbf{V}^T \text{diag}(\mathbf{a}) \boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{\varphi}^T \text{diag}(\mathbf{a})^2 \boldsymbol{\varphi} = \sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 \varphi_o^2 \equiv 1$$

Đối với hàm điều hòa cầu $\varphi_o^2 = Y_n^{m2}(\boldsymbol{\Omega}_s) = 1$, thì tất cả các độ lợi a_o^2 liên quan đến $\|\mathbf{D}_L\|_{fro}^2 = \sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 = 1$ sẽ thỏa mãn phương trình này. Nếu tất cả các độ lợi được chọn bằng nhau, điều này dẫn đến $a_o^2 = (N+1)^{-2}$. Yêu cầu $\mathbf{V} \mathbf{V}^T = \mathbf{1}$ có thể đạt được đối với $L \geq (N+1)^2$ và chỉ được làm gần đúng đối với $L < (N+1)^2$.)

Điều này dẫn đến yêu cầu: $\mathbf{D}_L^T \mathbf{D}_L = \text{diag}(\mathbf{a})^2$ với $\sum_{o=1}^{(N+1)^2} a_o^2 = 1$.

Ví dụ, trường hợp với vị trí cầu lý tưởng (đối với bậc của HOA là N=1 đến N=3) được mô tả trong phần sau (Các bảng 1 đến 3). Vị trí cầu lý tưởng đối với các bậc HOA khác (N=4 đến N=6) được mô tả thêm dưới đây (Các bảng 4 đến 6). Tất cả các vị trí được đề cập dưới đây được rút ra từ các vị trí biến đổi được công bố trên [1]. Phương pháp này để suy ra các vị trí này và các độ lợi cầu phương/cầu tích liên quan

được công bố trên [2]. Trong các bảng này, góc phương vị được đo ngược chiều kim đồng hồ từ hướng phía trước liên quan đến vị trí nghe và độ dốc được đo từ trục z với độ dốc bằng 0 ở trên vị trí nghe.

Các vị trí N=1

Vị trí dạng cầu Ω_i		q_i
Độ dốc θ / rad	Góc phương vị ϕ / rad	Độ lợi cầu phương
0,33983655	3,14159265	3,14159271
1,57079667	0,00000000	3,14159267
2,06167886	1,95839324	3,14159262
2,06167892	-1,95839316	3,14159262

a)

D_L :

0,2500 -0,0000 0,4082 -0,1443
 0,2500 0,0000 -0,0000 0,4330
 0,2500 0,3536 -0,2041 -0,1443
 0,2500 -0,3536 -0,2041 -0,1443

b)

Bảng 1: a) Vị trí dạng cầu của loa ảo đối với bậc của HOA là N=1, và b) ma trận kết xuất thu được đối với biến đổi không gian (DSHT)

Các vị trí N=2

Vị trí dạng cầu Ω_i		q_i
Độ dốc θ / rad	Góc phương vị ϕ / rad	Độ lợi cầu phương
1,57079633	0,00000000	1,41002219
2,35131567	3,14159265	1,36874571
1,21127801	-1,18149779	1,36874584
1,21127606	1,18149755	1,36874598
1,31812905	-2,45289512	1,41002213
0,00975782	-0,00009218	1,41002214
1,31812792	2,45289621	1,41002230
2,41880319	1,19514740	1,41002223
2,41880555	-1,19514441	1,41002209

a)

D_L :

0,1117 0,0000 0,0067 0,2001 0,0000 -0,0000 -0,0931 -0,0078 0,2235
 0,1099 -0,0000 -0,1237 -0,1249 -0,0000 0,0000 0,0486 0,2399 0,0889
 0,1099 -0,1523 0,0619 0,0625 -0,1278 -0,1266 -0,0850 0,0841 -0,1455
 0,1099 0,1523 0,0619 0,0625 0,1278 0,1266 -0,0850 0,0841 -0,1455
 0,1117 -0,1272 0,0450 -0,1479 0,1938 -0,0427 -0,0898 -0,1001 0,0350
 0,1117 -0,0000 0,2001 0,0086 0,0000 -0,0000 0,2402 -0,0040 0,0310
 0,1117 0,1272 0,0450 -0,1479 -0,1938 0,0427 -0,0898 -0,1001 0,0350
 0,1117 0,1272 -0,1484 0,0436 0,0408 -0,1942 0,0769 -0,0982 -0,0612
 0,1117 -0,1272 -0,1484 0,0436 -0,0408 0,1942 0,0769 -0,0982 -0,0612

b)

Bảng 2: a) Vị trí dạng cầu của loa ảo đối với bậc của HOA là N=2 và b) ma trận kết xuất thu được đối với biến đổi không gian (DSHT)

Các vị trí N=3

Vị trí dạng cầu Ω_l		φ
Độ dốc θ / rad	Góc phương vị ϕ / rad	Độ lợi cầu phương
0,49220083	0,00000000	0,75567412
1,12054210	-0,87303924	0,75567398
2,52370429	-0,05517088	0,75567401
2,49233024	-2,15479457	0,87457076
1,57082248	0,00000000	0,87457075
2,02713647	1,01643753	0,75567388
1,61486095	-2,60674413	0,75567396
2,02713675	-1,01643766	0,75567398
1,08936018	2,89490077	0,75567412
1,18114721	0,89523032	0,75567399
0,65554353	1,89029902	0,75567382
1,60934762	1,91089719	0,87457082
2,68498672	2,02012831	0,75567392
1,46575084	-1,76455426	0,75567402
0,58248614	-2,22170415	0,87457060
2,00306837	2,81329239	0,75567389

Bảng 3 a): Vị trí dạng cầu của loa ảo đối với bậc của HOA là N=3

D_L :

0,061457	-0,000075	0,093499	0,050400	-0,000027	0,000060	0,091035	0,098988	0,026750	0,019405	0,001461	0,003133	0,065741	0,124248	0,086602	0,029345
0,061457	-0,073257	0,046432	0,061316	-0,094748	-0,071487	-0,029426	0,059688	-0,016892	-0,055360	-0,097812	-0,010980	-0,082425	-0,007027	-0,048502	-0,080998
0,061457	-0,003584	-0,086661	0,061312	-0,004319	0,006362	0,068273	-0,111895	0,039506	0,008330	0,001142	-0,027428	-0,044323	0,125349	-0,097700	0,021534
0,065628	-0,057573	-0,090918	-0,038050	0,042921	0,102558	0,066570	0,067780	-0,018289	0,008866	-0,087449	-0,104655	-0,011720	-0,061567	0,025778	0,023749
0,065628	-0,000000	-0,000003	0,114142	-0,000000	0,000000	-0,073690	-0,000007	0,127634	0,002742	0,000000	0,010620	0,012464	-0,093807	0,009642	0,121106
0,061457	0,081011	-0,046687	0,050396	0,085735	-0,079893	-0,028706	-0,049469	-0,042390	0,016897	-0,101358	0,003784	0,101201	-0,012537	0,040833	-0,076613
0,061457	-0,054202	-0,004471	-0,091238	0,104013	0,005102	-0,068089	0,008829	0,056943	-0,149185	0,004553	0,050065	0,007556	0,060425	-0,003395	-0,002394
0,061457	-0,080936	-0,046816	0,050396	-0,085707	0,079834	-0,028795	-0,049516	-0,042442	-0,030388	0,099898	0,015986	0,082103	-0,014540	0,065488	-0,078162
0,061457	0,023227	0,049179	-0,091237	-0,044356	0,023858	-0,024641	-0,094498	0,082023	0,072649	-0,042376	-0,007211	-0,082403	0,008618	0,112746	-0,042512
0,061457	0,076842	0,040224	0,061316	0,099067	0,065125	-0,038969	0,052207	-0,022402	0,028674	0,096668	-0,032684	-0,098253	-0,008594	-0,028068	-0,082210
0,061457	0,061293	0,084298	-0,020472	-0,026210	0,108838	0,060891	-0,036183	-0,035381	-0,026726	-0,058661	0,111083	0,035312	-0,053574	-0,087737	0,014123
0,065628	0,107524	-0,004399	-0,038047	-0,080156	-0,009268	-0,073361	0,003280	-0,099081	-0,064714	0,014164	-0,085660	-0,004839	0,038775	0,016889	0,101473
0,061457	0,042357	-0,095230	-0,020477	-0,018235	-0,084766	0,096995	0,040799	-0,014532	-0,025100	0,058531	0,110659	-0,076710	-0,053780	0,056883	0,013978
0,061457	-0,103651	0,010933	-0,020474	0,044445	-0,024073	-0,066259	-0,004608	-0,108789	0,127480	0,000140	0,071265	-0,019816	0,026559	-0,016573	0,076201
0,065628	-0,049951	0,095320	-0,038045	0,037235	-0,093290	0,080481	-0,071053	-0,010264	-0,018490	0,073275	-0,097597	0,032029	-0,080959	-0,030699	0,008722
0,061457	0,030975	-0,044701	-0,091239	-0,059658	-0,028961	-0,032307	0,085658	0,077606	0,084920	0,037824	-0,010382	0,084083	0,002412	-0,102187	-0,047341

b)

Bảng 3 b): ma trận kết xuất thu được đối với biến đổi không gian (DSHT)

Thuật ngữ phép cầu phương số học thường được viết tắt thành phép cầu phương và là từ đồng nghĩa đối với *phép lấy tích phân số học*, đặc biệt như áp dụng

cho các tích phân một chiều. Phép lấy tích phân số học trên nhiều hơn một chiều được gọi là phép cầu tích trong bản mô tả này.

Các trường hợp áp dụng thông thường để áp dụng các độ lợi DRC cho tín hiệu HOA được thể hiện trên Fig.5, như được mô tả ở trên. Đối với các ứng dụng nội dung trộn, như ví dụ HOA cộng với các đối tượng âm thanh, việc áp dụng độ lợi DRC có thể được thực hiện theo ít nhất là hai cách để kết xuất linh hoạt.

Fig.6 thể hiện việc xử lý nén dải động (Dynamic Range Compression - DRC) ví dụ ở phía bộ giải mã. Trên Fig.6 a), DRC được áp dụng trước khi kết xuất và trộn. Trên Fig.6 b), DRC được áp dụng cho tín hiệu loa, tức là sau khi kết xuất và trộn.

Trên Fig.6a), độ lợi DRC được áp dụng cho các đối tượng âm thanh và HOA riêng rẽ: độ lợi DRC được áp dụng cho các đối tượng âm thanh ở khối DRC của các đối tượng âm thanh 610, và độ lợi DRC được áp dụng cho HOA ở khối DRC của HOA 615. Ở đây, việc thực hiện khối DRC của HOA 615 phù hợp với một trong các phương án trên Fig.5. Trên Fig.6b), một độ lợi đơn nhất được áp dụng cho tất cả các kênh của tín hiệu hỗn hợp của HOA được kết xuất và tín hiệu đối tượng âm thanh kết xuất. Ở đây, không thể xảy ra sự tăng cường và sự suy yếu không gian. Độ lợi DRC liên quan không thể được tạo ra bằng cách phân tích tín hiệu tổng hỗn hợp kết xuất, vì sự bố trí loa của vị trí sử dụng không được biết tại thời điểm tạo ở vị trí phát rộng hoặc tạo nội dung. Độ lợi DRC có thể được rút ra nhờ phân tích $\mathbf{y}_m \in \mathbb{R}^{1 \times \tau}$ trong đó $\mathbf{y}_m$ là hỗn hợp của tín hiệu HOA bậc zêrô $\mathbf{b}_w$ và trộn xuống đơn của S đối tượng âm thanh $\mathbf{x}_s$:

$$\mathbf{y}_m = \mathbf{b}_o + \sum_{s=1}^S \mathbf{x}_s .$$

Trong phần sau, giải pháp được bộc lộ sẽ được mô tả chi tiết hơn nữa.

DRC cho nội dung HOA

DRC được áp dụng cho tín hiệu HOA trước khi kết xuất, hoặc có thể được kết hợp với kết xuất.

DRC cho HOA có thể được áp dụng trong miền thời gian hoặc trong miền giàn lọc giàn bộ lọc QMF.

Đối với DRC trong miền thời gian, bộ giải mã DRC tạo ra $(N + 1)^2$ trị số độ lợi $\mathbf{g}_{arc} = [g_1, \dots, g_{(N+1)^2}]^T$ theo số lượng của HOA các kênh hệ số của tín hiệu HOA $\mathbf{c}$. N là bậc của HOA.

Các độ lợi DRC được áp dụng cho tín hiệu HOA theo:

$$\mathbf{c}_{arc} = \mathbf{D}_L^{-1} \text{diag}(\mathbf{g}_{arc}) \mathbf{D}_L \mathbf{c}$$

trong đó $\mathbf{c}$ là vector của một mẫu thời gian của các hệ số HOA ($\mathbf{c} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$), và $\mathbf{D}_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$ và $\mathbf{D}_L^{-1}$ nghịch đảo của nó là các ma trận liên quan đến biến đổi hàm điều hòa cầu rời rạc (Discrete Spherical Harmonics Transform - DSHT) được tối ưu hóa cho các mục đích DRC.

Theo một phương án, có thể thuận lợi để làm giảm tải tính toán ở mức $(N + 1)^4$ phép tính mỗi mẫu, khi bao gồm bước kết xuất và tính tín hiệu loa một cách trực tiếp bằng: $\mathbf{w}_{arc} = (\mathbf{D} \mathbf{D}_L^{-1}) (\text{diag}(\mathbf{g}_{arc}) \mathbf{D}_L) \mathbf{c}$, trong đó $\mathbf{D}$ là ma trận kết xuất và $(\mathbf{D} \mathbf{D}_L^{-1})$ có thể được tính toán trước.

Nếu tất cả các độ lợi $\mathbf{g}_1, \dots, \mathbf{g}_{(N+1)^2}$ có cùng giá trị là $\mathbf{g}_{drc}$, như ở chế độ đơn giản hóa, nhóm một độ lợi đơn đã được sử dụng để truyền độ lợi DRC của bộ mã hóa. Trường hợp này có thể được dán cờ bởi bộ giải mã DRC, vì trong trường hợp này việc tính trong bộ lọc không gian là không cần thiết, do đó phép tính đơn giản hóa thành:

$$\mathbf{c}_{drc} = \mathbf{g}_{drc} \mathbf{c}.$$

Phần trên mô tả cách để thu được và áp dụng DRC các trị số độ lợi. Trong phần sau, việc tính toán các ma trận DSHT đối với DRC được mô tả.

Trong phần sau, $\mathbf{D}_L$ được gọi là $\mathbf{D}_{DSHT}$. Các ma trận để xác định bộ lọc không gian $\mathbf{D}_{DSHT}$ và $\mathbf{D}_{DSHT}^{-1}$ nghịch đảo của nó được tính như sau:

Tập vị trí dạng cầu $\mathbf{\Omega}_{DSHT} = [\mathbf{\Omega}_1, \mathbf{\Omega}_1, \dots, \mathbf{\Omega}_{(N+1)^2}]$ với $\mathbf{\Omega}_1 = [\theta_l, \phi_l]^T$ và các độ lợi cầu phương (cầu tích) liên quan $\mathbf{q} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$ được chọn, được lấy chỉ số là bậc N của HOA từ các bảng 1 đến 4. Ma trận chế độ $\mathbf{\Psi}_{DSHT}$ liên quan đến các vị trí này được tính như mô tả ở trên. Tức là, ma trận chế độ $\mathbf{\Psi}_{DSHT}$ bao gồm các vector chế độ theo $\mathbf{\Psi}_{DSHT} = [\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_1), \dots, \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_1), \boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_{(N+1)^2})]$ với mỗi $\boldsymbol{\varphi}(\mathbf{\Omega}_1)$ là vector chế độ mà chứa hàm điều hòa cầu của phương định trước $\mathbf{\Omega}_1$ với $\mathbf{\Omega}_1 = [\theta_l, \phi_l]^T$. Phương định trước phụ thuộc vào bậc N của HOA, theo Bảng 1 đến 6 (ví dụ đối với $1 \leq N \leq 6$). Ma trận nguyên mẫu thứ nhất được tính là $\tilde{\mathbf{D}}_1 = \text{diag}(\mathbf{q}) \frac{\mathbf{\Psi}_{DSHT}^T}{(N+1)^2}$ (việc chia cho $(N+1)^2$ có thể

được bỏ qua do phép chuẩn hóa sau đó). Khai triển giá trị suy biến liên hợp được thực hiện $\tilde{\mathbf{D}}_1 = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T$ và ma trận nguyên mẫu mới được tính là: $\hat{\tilde{\mathbf{D}}}_2 = \mathbf{U}\mathbf{V}^T$. Ma trận này được chuẩn hóa bằng: $\tilde{\mathbf{D}}_2 = \frac{\hat{\tilde{\mathbf{D}}}_2}{\|\hat{\tilde{\mathbf{D}}}_2\|_{fro}}$. Vector hàng $\mathbf{e}$ được tính là $\mathbf{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \tilde{\mathbf{D}}_2 - [1,0,0,\dots,0]}{(N+1)^2}$, trong đó $[1,0,0,\dots,0]$ là vector hàng có $(N+1)^2$ thành phần đều bằng không ngoại trừ thành phần thứ nhất với giá trị là một. $\mathbf{1}_L^T \tilde{\mathbf{D}}_2$ biểu thị tổng của các hàng của $\tilde{\mathbf{D}}_2$. Ma trận tối ưu hóa DSHT $\mathbf{D}_{DSHT}$ được rút ra là: $\mathbf{D}_{DSHT} = \tilde{\mathbf{D}}_2 + [\mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \dots]^T$. Phát hiện rằng, nếu $-\mathbf{e}$ được sử dụng thay vì $\mathbf{e}$, sáng chế cho ra các kết quả hơi tệ một chút nhưng vẫn dùng được.

Đối với DRC trong miền giàn bộ lọc QMF, áp dụng như sau.

Các bộ giải mã DRC tạo ra giá trị độ lợi $g_{ch}(n, m)$ cho mỗi lát tần số thời gian n, m đối với $(N+1)^2$ kênh không gian. Các độ lợi đối với khe thời gian n và dải tần số m được chỉnh hợp trong $\mathbf{g}(n, m) \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$.

DRC nhiều dải được áp dụng trong miền giàn bộ lọc QMF. Các bước xử lý được thể hiện trên Fig.7. Tín hiệu HOA tái tạo được biến đổi thành miền không gian bằng (DSHT nghịch đảo): $\mathbf{W}_{DSHT} = \mathbf{D}_{DSHT} \mathbf{C}$, trong đó $\mathbf{C} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ là khối gồm τ mẫu HOA và $\mathbf{W}_{DSHT} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ là khối của các mẫu không gian thích ứng với độ chi tiết thời gian đầu vào của giàn bộ lọc QMF. Sau đó giàn bộ lọc phân tích QMF được áp dụng. Let $\hat{\mathbf{w}}_{DSHT}(n, m) \in \mathbb{C}^{(N+1)^2 \times 1}$ biểu thị vector của các kênh không gian theo mỗi lát tần số thời gian (n, m) . Sau đó độ lợi DRC được áp dụng: $\tilde{\mathbf{w}}_{DRC}(n, m) = \text{diag}(\mathbf{g}(n, m)) \hat{\mathbf{w}}_{DSHT}(n, m)$.

Để tối thiểu hóa độ phức tạp tính toán, DSHT và quá trình kết xuất ra các kênh loa được kết hợp: $\mathbf{w}(n, m) = \mathbf{D} \mathbf{D}_{DSHT}^{-1} \tilde{\mathbf{w}}_{DRC}(n, m)$, trong đó $\mathbf{D}$ biểu thị ma trận kết xuất HOA. Sau đó, các tín hiệu QMF có thể được cấp cho bộ trộn để xử lý tiếp.

Fig.7 thể hiện DRC đối với HOA trong miền QMF kết hợp với bước kết xuất.

Nếu chỉ có nhóm một độ lợi cho DRC được sử dụng, trường hợp này nên được dán cờ bởi bộ giải mã DRC vì có thể đơn giản hóa tính toán lại. Trong trường hợp này các độ lợi trong vector $\mathbf{g}(n, m)$ đều có cùng giá trị $g_{DRC}(n, m)$. Giàn bộ lọc QMF có thể được áp dụng một cách trực tiếp cho tín hiệu HOA và độ lợi $g_{DRC}(n, m)$ có thể được nhân lên trong miền giàn bộ lọc.

Fig.8 thể hiện DRC đối với HOA trong miền QMF (miền bộ lọc của bộ lọc gương cầu phương) kết hợp với bước kết xuất, với sự đơn giản hóa tính toán đối với trường hợp đơn giản của nhóm một độ lợi DRC.

Từ các phần trên, rõ ràng rằng, theo một phương án sáng chế đề cập đến phương pháp áp dụng các hệ số độ lợi của phép nén dải động cho tín hiệu HOA, phương pháp này bao gồm các bước nhận tín hiệu HOA và một hoặc nhiều hệ số độ lợi, biến đổi 40 tín hiệu HOA thành miền không gian, trong đó iDSHT được sử dụng với ma trận biến đổi thu được từ vị trí dạng cầu của loa ảo và độ lợi cầu phương q , và trong đó tín hiệu HOA biến đổi được thu nhận, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động được thu nhận, và biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động trở lại thành miền HOA là miền hệ số và sử dụng biến đổi hàm điều hòa cầu rời rạc (Discrete Spherical Harmonics Transform - DSHT), trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận.

Hơn nữa, ma trận biến đổi được tính toán theo $\mathbf{D}_{DSHT} = \tilde{\mathbf{D}}_2 + [\mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \dots]^T$ trong đó $\tilde{\mathbf{D}}_2 = \frac{\hat{\mathbf{D}}_2}{\|\hat{\mathbf{D}}_2\|_{fro}}$ là dạng chuẩn hóa của $\hat{\mathbf{D}}_2 = \mathbf{U}\mathbf{V}^T$ với $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ thu được từ $\tilde{\mathbf{D}}_1 = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T = \text{diag}(\mathbf{q}) \frac{\Psi_{DSHT}}{(N+1)^2}$, với Ψ_{DSHT} là ma trận chế độ chuyển vị của hàm điều hòa cầu liên quan đến vị trí sử dụng trên hình cầu của loa ảo, và $\mathbf{e}^T$ là dạng chuyển vị của $\mathbf{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \tilde{\mathbf{D}}_2 - [1, 0, 0, \dots, 0]}{(N+1)^2}$.

Hơn nữa, theo một phương án sáng chế đề cập đến thiết bị để áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA, thiết bị này bao gồm bộ xử lý hoặc một hoặc nhiều thành phần xử lý được làm thích ứng để nhận tín hiệu HOA và một hoặc nhiều hệ số độ lợi, việc biến đổi 40 tín hiệu HOA thành miền không gian, trong đó iDSHT được sử dụng với ma trận biến đổi thu được từ vị trí dạng cầu của loa ảo và độ lợi cầu phương q , và trong đó tín hiệu HOA biến đổi được thu nhận, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động được thu nhận, và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động trở lại thành miền HOA là miền hệ số và sử dụng biến đổi hàm điều hòa cầu rời rạc (Discrete Spherical Harmonics Transform - DSHT), trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận. Hơn nữa, ma trận biến đổi được tính toán theo

$\mathbf{D}_{DSHT} = \tilde{\mathbf{D}}_2 + [\mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \dots]^T$ trong đó $\tilde{\mathbf{D}}_2 = \frac{\hat{\mathbf{D}}_2}{\|\hat{\mathbf{D}}_2\|_{fro}}$ là dạng chuẩn hóa của

$\hat{\mathbf{D}}_2 = \mathbf{U}\mathbf{V}^T$ với $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ thu được từ $\tilde{\mathbf{D}}_1 = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T = \text{diag}(\mathbf{q}) \frac{\Psi_{DSHT}}{(N+1)^2}$, với Ψ_{DSHT} là ma trận chế độ chuyển vị của hàm điều hòa cầu liên quan đến vị trí sử dụng trên hình cầu của loa ảo, và $\mathbf{e}^T$ là dạng chuyển vị của $\mathbf{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \tilde{\mathbf{D}}_2 - [1, 0, 0, \dots, 0]}{(N+1)^2}$.

Hơn nữa, theo một phương án sáng chế đề cập đến vật ghi đọc được bằng máy tính có các lệnh thực thi được bằng máy tính mà khi được thực thi trên máy tính khiến cho máy tính thực hiện phương pháp áp dụng các hệ số độ lợi của phép nén dải động cho tín hiệu Ambisonics bậc cao hơn (Higher Order Ambisonics - HOA), phương pháp này bao gồm nhận tín hiệu HOA và một hoặc nhiều hệ số độ lợi, việc biến đổi 40 tín hiệu HOA thành miền không gian, trong đó iDSHT được sử dụng với ma trận biến đổi thu được từ vị trí dạng cầu của loa ảo và độ lợi cầu phương q , và trong đó tín hiệu HOA biến đổi được thu nhận, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động được thu nhận, và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động trở lại thành miền HOA là miền hệ số và sử dụng biến đổi hàm điều hòa cầu rời rạc (Discrete Spherical Harmonics Transform - DSHT), trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận. Hơn nữa, ma trận biến đổi được tính toán theo $\mathbf{D}_{DSHT} = \tilde{\mathbf{D}}_2 + [\mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \mathbf{e}^T, \dots]^T$ trong đó $\tilde{\mathbf{D}}_2 = \frac{\hat{\mathbf{D}}_2}{\|\hat{\mathbf{D}}_2\|_{fro}}$ là

dạng chuẩn hóa của $\hat{\mathbf{D}}_2 = \mathbf{U}\mathbf{V}^T$ với $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ thu được từ $\tilde{\mathbf{D}}_1 = \mathbf{U}\mathbf{S}\mathbf{V}^T = \text{diag}(\mathbf{q}) \frac{\Psi_{DSHT}}{(N+1)^2}$, với Ψ_{DSHT} là ma trận chế độ chuyển vị của hàm điều hòa cầu liên quan đến vị trí sử dụng trên hình cầu của loa ảo, và $\mathbf{e}^T$ là dạng chuyển vị của $\mathbf{e} = -\frac{\mathbf{1}_L^T \tilde{\mathbf{D}}_2 - [1, 0, 0, \dots, 0]}{(N+1)^2}$.

Hơn nữa, theo một phương án sáng chế đề cập đến phương pháp thực hiện DRC trên tín hiệu HOA, phương pháp này bao gồm các bước thiết lập hoặc xác định chế độ, chế độ này là chế độ đơn giản hóa hoặc chế độ không đơn giản hóa, ở chế độ không đơn giản hóa, việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian, trong đó DSHT ngược được sử dụng, ở chế độ không đơn giản hóa, phân tích tín hiệu HOA biến đổi, và ở chế độ đơn giản hóa, phân tích tín hiệu HOA, thu được, từ kết quả phân tích này, một hoặc nhiều hệ số độ lợi mà có thể sử dụng để nén dải động, trong đó chỉ một hệ số độ lợi được thu nhận ở chế độ đơn giản hóa và trong đó hai hoặc nhiều hệ

số độ lợi khác nhau được thu nhận ở chế độ không đơn giản hóa, ở chế độ đơn giản hóa nhân hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA, trong đó tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận, ở chế độ không đơn giản hóa, nhân các hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi được thu nhận, và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA, trong đó tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận.

Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm các bước nhận báo hiệu chỉ báo chế độ đơn giản hóa hoặc chế độ không đơn giản hóa, chọn chế độ không đơn giản hóa nếu báo hiệu này chỉ báo chế độ không đơn giản hóa, và chọn chế độ đơn giản hóa nếu báo hiệu này chỉ báo chế độ đơn giản hóa, trong đó các bước biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động trở lại thành miền HOA chỉ được thực hiện ở chế độ không đơn giản hóa, và trong đó ở chế độ đơn giản hóa chỉ một hệ số độ lợi được nhân với tín hiệu HOA.

Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm các bước, ở chế độ đơn giản hóa phân tích tín hiệu HOA, và ở chế độ không đơn giản hóa phân tích tín hiệu HOA biến đổi, sau đó thu được, từ kết quả phân tích này, một hoặc nhiều hệ số độ lợi mà có thể sử dụng để nén dải động, trong đó ở chế độ không đơn giản hóa hai hoặc nhiều hệ số độ lợi khác nhau được thu nhận và ở chế độ đơn giản hóa chỉ một hệ số độ lợi được thu nhận, trong đó ở chế độ đơn giản hóa tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận bằng cách nhân hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA, và trong đó ở chế độ không đơn giản hóa tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi này được thu nhận bằng cách nhân hai hoặc nhiều hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA biến đổi, và trong đó ở chế độ không đơn giản hóa việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian này sử dụng DSHT ngược.

Theo một phương án, tín hiệu HOA được chia thành các băng con tần số, và (các) hệ số độ lợi được thu nhận và áp dụng cho mỗi băng con tần số một cách riêng rẽ, với các độ lợi riêng cho mỗi băng con. Theo một phương án, các bước phân tích tín hiệu HOA (hoặc tín hiệu HOA biến đổi), thu được một hoặc nhiều hệ số độ lợi, nhân (các) hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA (hoặc tín hiệu HOA biến đổi), và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA được áp dụng cho mỗi băng con tần số một cách riêng rẽ, với các độ lợi riêng cho mỗi băng con. Cần lưu ý rằng thứ tự theo tuần tự của việc chia tín hiệu HOA thành các băng con

tần số và việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian có thể được hoán đổi, và/hoặc thứ tự theo tuần tự của việc tổng hợp các băng con và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA có thể được hoán đổi, theo cách độc lập với nhau.

Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm, trước bước nhân hệ số độ lợi, bước truyền tín hiệu HOA biến đổi cùng với các hệ số độ lợi thu được và số lượng của các hệ số độ lợi này.

Theo một phương án, ma trận biến đổi được tính toán từ ma trận chế độ Ψ_{DSHT} và độ lợi cầu phương tương ứng, trong đó ma trận chế độ Ψ_{DSHT} bao gồm các vector chế độ theo $\Psi_{DSHT} = [\varphi(\Omega_1), \dots, \varphi(\Omega_1), \varphi(\Omega_{(N+1)^2})]$ với mỗi $\varphi(\Omega_1)$ là vector chế độ chứa hàm điều hòa cầu của phương định trước Ω_1 với $\Omega_1 = [\theta_l, \phi_l]^T$. Phương định trước phụ thuộc vào bậc N của HOA.

Theo một phương án, tín hiệu HOA $\mathbf{B}$ được biến đổi thành miền không gian để thu được tín hiệu HOA biến đổi $\mathbf{W}_{DSHT}$, và tín hiệu HOA biến đổi $\mathbf{W}_{DSHT}$ được nhân với các giá trị độ lợi $diag(\mathbf{g})$ theo từng mẫu theo $\mathbf{W}_{DSHT} = diag(\mathbf{g}) \mathbf{D}_L \mathbf{B}$, và phương pháp này bao gồm bước tiếp theo là biến đổi tín hiệu HOA biến đổi thành miền không gian thứ hai khác theo $\mathbf{W}_2 = \hat{\mathbf{D}} \mathbf{W}_{DSHT}$, trong đó $\hat{\mathbf{D}}$ được tính trước trong giai đoạn khởi tạo theo $\hat{\mathbf{D}} = \mathbf{D} \mathbf{D}_L^{-1}$ và trong đó $\mathbf{D}$ là ma trận kết xuất mà biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian thứ hai khác.

Theo một phương án, ít nhất nếu $(N + 1)^2 < \tau$, với N là bậc HOA và τ là cỡ khối DRC, phương pháp này còn bao gồm các bước việc biến đổi 53 vector độ lợi thành miền HOA theo $\mathbf{G} = \mathbf{D}_L^{-1} diag(\mathbf{g}) \mathbf{D}_L$, với $\mathbf{G}$ là ma trận độ lợi và $\mathbf{D}_L$ là ma trận DSHT xác định DSHT này, và việc áp dụng ma trận độ lợi $\mathbf{G}$ cho các hệ số HOA của tín hiệu HOA $\mathbf{B}$ theo $\mathbf{B}_{DRC} = \mathbf{G}\mathbf{B}$, trong đó tín hiệu HOA được nén bởi DRC $\mathbf{B}_{DRC}$ được thu nhận.

Theo một phương án, ít nhất nếu $L < \tau$, với L là số lượng của các kênh xuất và τ là cỡ khối DRC, phương pháp này còn bao gồm các bước việc áp dụng ma trận độ lợi $\mathbf{G}$ cho ma trận kết xuất $\mathbf{D}$ theo $\hat{\mathbf{D}} = \mathbf{D}\mathbf{G}$, trong đó ma trận bộ kết xuất nén khoảng động $\hat{\mathbf{D}}$ được thu nhận, và kết xuất tín hiệu HOA với ma trận kết xuất nén khoảng động.

Theo một phương án, sáng chế đề cập đến phương pháp áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA, phương pháp này bao gồm các bước nhận tín hiệu HOA

cùng với báo hiệu và một hoặc nhiều hệ số độ lợi, báo hiệu chỉ báo chế độ đơn giản hóa hoặc chế độ không đơn giản hóa, trong đó chỉ một hệ số độ lợi được nhận nếu báo hiệu chỉ báo chế độ đơn giản hóa, chọn chế độ đơn giản hóa hoặc chế độ không đơn giản hóa theo báo hiệu này, ở chế độ đơn giản hóa nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA, trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận, và ở chế độ không đơn giản hóa việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được thu nhận, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi nén khoảng động được thu nhận, và biến đổi tín hiệu HOA biến đổi nén khoảng động trở lại thành miền HOA, trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận.

Hơn nữa, theo một phương án, sáng chế đề cập đến thiết bị thực hiện DRC trên tín hiệu HOA, thiết bị này bao gồm bộ xử lý hoặc một hoặc nhiều thành phần xử lý được làm thích ứng để thiết lập hoặc xác định chế độ, chế độ này là chế độ đơn giản hóa hoặc chế độ không đơn giản hóa, ở chế độ không đơn giản hóa việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian, trong đó DSHT ngược được sử dụng, ở chế độ không đơn giản hóa phân tích tín hiệu HOA biến đổi, trong khi ở chế độ đơn giản hóa phân tích tín hiệu HOA, thu được, từ kết quả phân tích này, một hoặc nhiều hệ số độ lợi mà có thể sử dụng để nén dải động, trong đó chỉ một hệ số độ lợi được thu nhận ở chế độ đơn giản hóa và trong đó hai hoặc nhiều hệ số độ lợi khác nhau được thu nhận ở chế độ không đơn giản hóa, ở chế độ đơn giản hóa nhân hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA, trong đó tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận, và ở chế độ không đơn giản hóa nhân các hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi được thu nhận, và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA, trong đó tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận.

Theo một phương án đối với chỉ chế độ không đơn giản hóa, thiết bị thực hiện DRC trên tín hiệu HOA bao gồm bộ xử lý hoặc một hoặc nhiều thành phần xử lý được làm thích ứng để biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian, phân tích tín hiệu HOA biến đổi, thu được, từ kết quả phân tích này, các hệ số độ lợi mà có thể sử dụng để nén dải động, nhân các hệ số thu được với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi được thu nhận, và biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA, trong đó tín hiệu HOA được nén bởi độ lợi được thu nhận. Theo một phương án, thiết bị này còn bao gồm đơn vị truyền để

truyền, trước khi nhân hệ số độ lợi thu được hoặc các hệ số độ lợi, tín hiệu HOA cùng với hệ số độ lợi thu được hoặc các hệ số độ lợi.

Ngoài ra ở đây còn lưu ý rằng thứ tự theo tuần tự của việc chia tín hiệu HOA thành các băng con tần số và việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian có thể được hoán đổi, và thứ tự theo tuần tự của việc tổng hợp các băng con và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA có thể được hoán đổi, theo cách độc lập với nhau.

Hơn nữa, theo một phương án, sáng chế đề cập đến thiết bị để áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA, thiết bị này bao gồm bộ xử lý hoặc một hoặc nhiều thành phần xử lý được làm thích ứng để nhận tín hiệu HOA cùng với báo hiệu và một hoặc nhiều hệ số độ lợi, báo hiệu chỉ báo chế độ đơn giản hóa hoặc chế độ không đơn giản hóa, trong đó chỉ một hệ số độ lợi được nhận nếu báo hiệu chỉ báo chế độ đơn giản hóa, thiết lập thiết bị này đến chế độ đơn giản hóa hoặc chế độ không đơn giản hóa, theo báo hiệu này, ở chế độ đơn giản hóa, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA, trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận; và ở chế độ không đơn giản hóa, biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được thu nhận, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi nén khoảng động được thu nhận, và biến đổi tín hiệu HOA biến đổi nén khoảng động trở lại thành miền HOA, trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận.

Theo một phương án, thiết bị này còn bao gồm đơn vị truyền để truyền, trước khi nhân các hệ số thu được, tín hiệu HOA cùng với các hệ số độ lợi thu được. Theo một phương án, tín hiệu HOA được chia thành các băng con tần số, và việc phân tích tín hiệu HOA biến đổi, thu được các hệ số độ lợi, nhân các hệ số thu được với tín hiệu HOA biến đổi và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA được áp dụng cho mỗi băng con tần số một cách riêng rẽ, với các độ lợi riêng cho mỗi băng con.

Theo một phương án về thiết bị áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA, tín hiệu HOA được chia thành nhiều băng con tần số, và thu được một hoặc nhiều hệ số độ lợi, nhân các hệ số độ lợi thu được với tín hiệu HOA hoặc tín hiệu HOA biến đổi, và ở chế độ không đơn giản hóa việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén bởi độ lợi trở lại thành miền HOA được áp dụng cho mỗi băng con tần số một cách riêng rẽ, với các độ lợi riêng cho mỗi băng con.

Hơn nữa, theo một phương án trong đó chỉ chế độ không đơn giản hóa được sử dụng, sáng chế đề cập đến thiết bị áp dụng các hệ số độ lợi DRC cho tín hiệu HOA, thiết bị này bao gồm bộ xử lý hoặc một hoặc nhiều thành phần xử lý được làm thích ứng để nhận tín hiệu HOA cùng với các hệ số độ lợi, việc biến đổi tín hiệu HOA thành miền không gian (sử dụng iDSHT), trong đó tín hiệu HOA biến đổi được thu nhận, nhân hệ số độ lợi với tín hiệu HOA biến đổi, trong đó tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động được thu nhận, và việc biến đổi tín hiệu HOA biến đổi được nén khoảng động trở lại thành miền HOA (tức là miền hệ số) (sử dụng DSHT), trong đó tín hiệu HOA nén dải động được thu nhận.

Các bảng 4-6 sau đây liệt kê vị trí dạng cầu của loa ảo đối với HOA có bậc N với $N=4, 5$ hoặc 6.

Mặc dù các dấu hiệu mới cơ bản của sáng chế đã được thể hiện, mô tả và chỉ ra như được áp dụng cho các phương án ưu tiên của chúng, nhưng cần hiểu rằng các sự lược bớt, thay thế và thay đổi khác nhau ở thiết bị và phương pháp được mô tả, ở dạng và chi tiết của các thiết bị được mô tả, và ở hoạt động của chúng, có thể được thực hiện bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này mà không nằm ngoài ý tưởng của sáng chế. Được dự tính một cách rõ ràng rằng tất cả các tổ hợp của các yếu tố mà thực hiện gần như cùng chức năng theo gần như cùng cách để đạt được cùng kết quả là nằm trong phạm vi của sáng chế. Sự thay thế các yếu tố này từ một phương án được mô tả thành một dạng khác cũng được dự tính và xem xét một cách đầy đủ.

Cần hiểu rằng sáng chế đã được mô tả chỉ bằng cách lấy ví dụ, và các cải biến về chi tiết có thể được thực hiện mà không nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Mỗi dấu hiệu được bộc lộ trong phần mô tả và (khi thích hợp) trong các yêu cầu bảo hộ và hình vẽ có thể được đưa ra một cách độc lập hoặc trong tổ hợp thích hợp bất kỳ. Các dấu hiệu này có thể, khi thích hợp, được thực thi trong phần cứng, phần mềm hoặc tổ hợp của cả hai.

Tài liệu tham khảo:

[1] “Integration nodes for the sphere”, Jörg Fliege 2010, truy cập trực tuyến ngày 2010-10-05 <http://www.mathematik.uni-dortmund.de/lxx/research/projects/fliege/-nodes/nodes.html>

[2] “A hai-stage approach for computing cubature formulae for the sphere”, Jörg Fliege and Ulrike Maier, Technical report, Fachbereich Mathematik, Universität Dortmund, 1999

Các vị trí	Độ dốc \rad	Góc phương vị \rad	Độ lợi q				
	15	1,91827560	-2,03351312	0,48516540			
		0,27992161	2,55302196	0,50663531			
		0,47981675	-1,18580204	0,50824199			
		2,37644317	2,52383590	0,45807408			
		0,98508365	2,03459671	0,47260252			
5	20	2,18924206	1,58232601	0,49801422			
		1,49441825	-2,58932194	0,51745117			
		2,04428895	0,76615262	0,51744164			
		2,43923726	-2,63989327	0,52146074			
		1,10308418	2,88498471	0,52158484			
10	25	0,78489181	-2,54224201	0,47027748			
		2,96802845	1,25258904	0,52145388			
		1,91816652	-0,63874484	0,48036020			
		0,80829458	-0,00991977	0,50824345			

Bảng 4: Vị trí dạng cầu của loa ảo đối với bậc của HOA là N=4

30

Các vị trí N=5

	Độ dốc \rad	Góc phương vị \rad	Độ lợi q
35	1,57079633	0,00000000	0,34493574
	2,68749293	3,14159265	0,35131373
	1,92461621	-1,22481468	0,35358151
	1,95917092	3,06534485	0,36442231
	2,18883411	0,08893301	0,36437350
40	0,35664531	-2,15475973	0,33953855
	1,32915731	-1,05408340	0,35358417
	2,21829206	2,45308518	0,33534647
	1,00903070	2,31872053	0,34739607
	0,99455136	-2,29370294	0,36437101
45	1,13601102	-0,46303195	0,33534542
	0,41863640	0,63541391	0,35131934
	1,78596913	-0,56826765	0,34739591
	0,56658255	-0,66284593	0,36441956
	2,25292410	0,89044754	0,36437098
50	2,67263757	-1,71236120	0,36442208
	0,86753981	-1,50749854	0,34068122
	1,38158330	1,72190554	0,35358401
	0,98578154	0,23428465	0,35131950
	1,45079827	-1,69748851	0,34739437
55	2,09223697	-1,85025366	0,33534659
	2,62854417	1,70110685	0,34494256
	1,44817433	-2,83400771	0,33953463
	2,37827410	-0,72817212	0,34068529
	0,82285875	1,51124182	0,33534531
60	0,40679748	2,38217051	0,34493552
	0,84332549	-3,07860398	0,36437337
	1,38947809	2,83246237	0,34068522
	1,61795773	-2,27837285	0,34494274
	2,17389505	-2,58540735	0,35131361
65	1,65172710	2,28105193	0,35358166
	1,67862104	0,57097606	0,33953819
	2,02514031	1,70739195	0,34739443

	1,12965858	0,89802542	0,36442004
	2,82979093	0,17840931	0,33953488
70	1,67550339	1,18664952	0,34068114

Bảng 5: Vị trí dạng cầu của loa ảo đối với bậc N của HOA= 5

Các vị trí N=6

	Độ dốc \rad	Góc phương vị \rad	Độ lợi q
75	1,57079633	0,00000000	0,23821170
	2,42144792	0,00000000	0,23821175
	0,32919895	2,78993083	0,26169552
	1,06225899	1,49243160	0,25534085
	1,06225899	1,49243160	0,25534085
	1,01526896	-2,16495206	0,25092628
	1,10570423	-1,59180661	0,25099550
85	1,47319543	1,14258135	0,26160776
	2,15414541	1,88359269	0,24442720
	0,20805372	-0,52863458	0,25487678
	0,50141101	-2,11057110	0,25619096
	1,98041218	0,28912378	0,26288225
90	0,83752075	-2,81667891	0,25837996
	2,44130228	0,81495962	0,26772416
	1,21539727	-1,00788022	0,25534092
	2,62944184	-1,58354086	0,26437874
	1,86884674	-2,40686906	0,25619091
95	0,68705554	-1,20612227	0,25576026
	1,52325470	-1,98940871	0,26169551
	2,39097364	-2,37336381	0,25576025
	0,98667678	0,86446728	0,26014219
	2,27078506	-3,06771779	0,25099551
100	2,33605400	2,51674567	0,26455002
	1,29371004	2,03656562	0,25576032
	0,86334494	2,77720222	0,25092620

	1,94118355	-0,37820559	0,26772409		2,94031615	-0,07888534	0,26160780
	2,10323413	-1,28283816	0,24442725		1,34658213	2,57400947	0,25619094
	1,87416330	0,80785741	0,23821179		1,73906669	-0,87744928	0,26014223
	1,63423157	1,65277986	0,26437876		0,50210739	1,33550547	0,26455007
5	2,06477636	1,31341296	0,25595469	20	2,38040297	-0,75104092	0,25595462
	0,82305807	-0,47771423	0,26437883		1,41826790	0,54845193	0,26772418
	2,04154780	-1,85106655	0,25487677		1,77904107	-2,93136138	0,25092628
	0,61285067	0,33640173	0,24442716		1,35746628	-0,47759398	0,26160765
	1,08029340	0,10986230	0,25595472		1,31545731	3,12752832	0,25838016
10	1,60164764	-1,43535015	0,26455000	25	2,81487011	-3,12843671	0,25534100
	2,66513701	1,69643796	0,26014228				
	1,35887781	-2,58083733	0,25838000				
	1,78658555	2,25563014	0,25487674				
	1,83333508	2,80487382	0,26169549				
15	0,78406009	2,08860099	0,25099560				

Bảng 6: Vị trí dạng cầu của loa ảo đối
với bậc N của HOA= 6

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp nén dải động (Dynamic Range Compression-DRC), phương pháp này bao gồm các bước:

áp dụng DRC trong miền giàn bộ lọc - bộ lọc gương cầu phương (Quadrature Mirror Filter-QMF);

nhận biểu diễn âm thanh ambisonics bậc cao hơn (Higher Order Ambisonics - HOA) và giá trị độ lợi $g(n, m)$ tương ứng với lát tần số thời gian (n, m) ;

áp dụng giá trị độ lợi và ma trận biến đổi hàm điều hòa cầu rời rạc (Discrete Spherical Harmonics Transform - DSHT) cho biểu diễn âm thanh HOA,

trong đó giá trị độ lợi được áp dụng dựa trên

$\hat{w}_{DRC}(n, m) = \text{diag}(g(n, m)) \hat{w}_{DSHT}(n, m)$, trong đó $\hat{w}_{DSHT}(n, m)$

là vector của các kênh không gian cho lát tần số thời gian (n, m) , và trong đó vector $\hat{w}_{DSHT}(n, m)$ được xác định dựa trên việc áp dụng ma trận DSHT cho biểu diễn âm thanh HOA.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó biểu diễn âm thanh HOA được chia thành các dải phụ tần số và giá trị độ lợi được áp dụng riêng cho mỗi dải phụ.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ít nhất nếu $(N+1)^2 < \tau$, với N là bậc HOA và τ là kích thước khối DRC, phương pháp này còn bao gồm các bước:

biến đổi vector độ lợi thành miền HOA theo $G = D_L^{-1} \text{diag}(g) D_L$, với G là ma trận độ lợi và D_L là ma trận DSHT xác định DSHT; và

áp dụng ma trận độ lợi G cho các hệ số HOA của biểu diễn âm thanh HOA B theo $B_{DRC} = GB$, trong đó thu được tín hiệu HOA nén bởi DRC B_{DRC} .

4. Thiết bị nén dải động (Dynamic Range Compression-DRC), thiết bị này bao gồm:

bộ thu được tạo cấu hình để thu nhận biểu diễn âm thanh HOA và giá trị độ lợi $g(n, m)$ tương ứng với lát tần số thời gian (n, m) ; và

bộ giải mã âm thanh được tạo cấu hình để áp dụng DRC trong miền giàn bộ lọc QMF bằng cách áp dụng giá trị độ lợi và ma trận DSHT cho biểu diễn âm thanh HOA,

trong đó giá trị độ lợi được áp dụng dựa trên

$$\check{w}_{DRC}(n, m) = \text{diag}(g(n, m)) \hat{w}_{DSHT}(n, m), \text{ trong đó}$$

$\hat{w}_{DSHT}(n, m)$ là vectơ của các kênh không gian cho lát tần số thời gian (n, m) , và trong đó vectơ $\hat{w}_{DSHT}(n, m)$ được xác định dựa trên việc áp dụng ma trận DSHT cho biểu diễn âm thanh HOA.

5. Thiết bị theo điểm 4, trong đó biểu diễn âm thanh HOA được chia thành các dải phụ tần số và giá trị độ lợi được áp dụng riêng cho mỗi dải phụ.

6. Thiết bị theo điểm 4, trong đó ít nhất nếu $(N+1)^2 < \tau$, với N là bậc HOA và τ là kích thước khối DRC, trong đó bộ giải mã âm thanh còn được tạo cấu hình để:

biến đổi vectơ độ lợi thành miền HOA theo $G = D_L^{-1} \text{diag}(g) D_L$, với G là ma trận độ lợi và D_L là ma trận DSHT xác định DSHT; và

áp dụng ma trận độ lợi G cho các hệ số HOA của biểu diễn âm thanh HOA B theo $B_{DRC} = GB$, trong đó thu được tín hiệu HOA nén bởi DRC B_{DRC} .

7. Vật ghi bất biến đọc được bằng máy tính có các lệnh thực thi bởi máy tính mà, khi được thực thi trên máy tính, khiến cho máy tính thực hiện phương pháp áp dụng DRC, phương pháp này bao gồm:

áp dụng DRC trong miền giàn bộ lọc QMF;

nhận biểu diễn âm thanh HOA và giá trị độ lợi $g(n, m)$ tương ứng với lát tần số thời gian (n, m) ;

áp dụng giá trị độ lợi và ma trận DSHT cho biểu diễn âm thanh HOA;

trong đó giá trị độ lợi được áp dụng dựa trên

$$\check{w}_{DRC}(n, m) = \text{diag}(g(n, m)) \hat{w}_{DSHT}(n, m), \text{ trong đó } \hat{w}_{DSHT}(n, m) \text{ là}$$

vectơ của các kênh không gian cho lát tần số thời gian (n, m) , và trong đó

vector $\hat{w}_{DSHT}(n, m)$ được xác định dựa trên việc áp dụng ma trận DSHT cho biểu diễn âm thanh HOA.

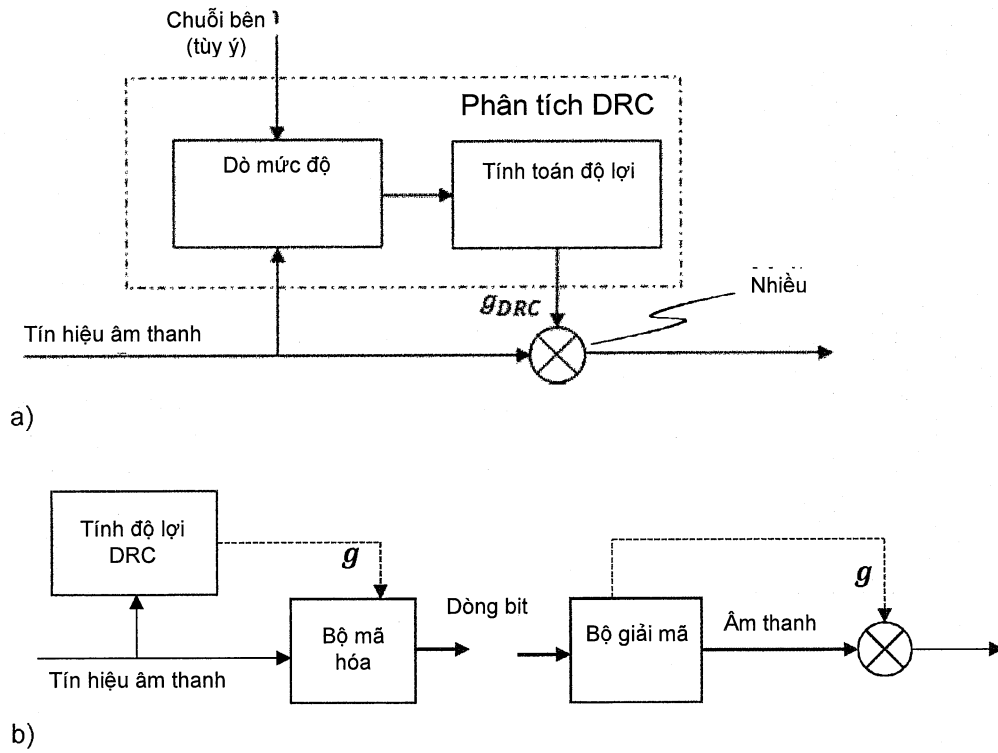


Fig.1

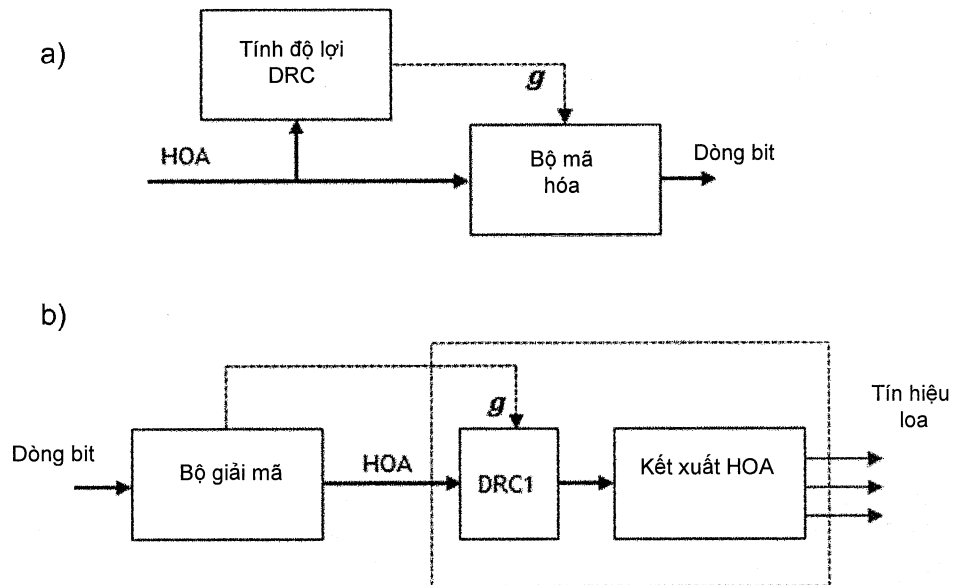


Fig.2

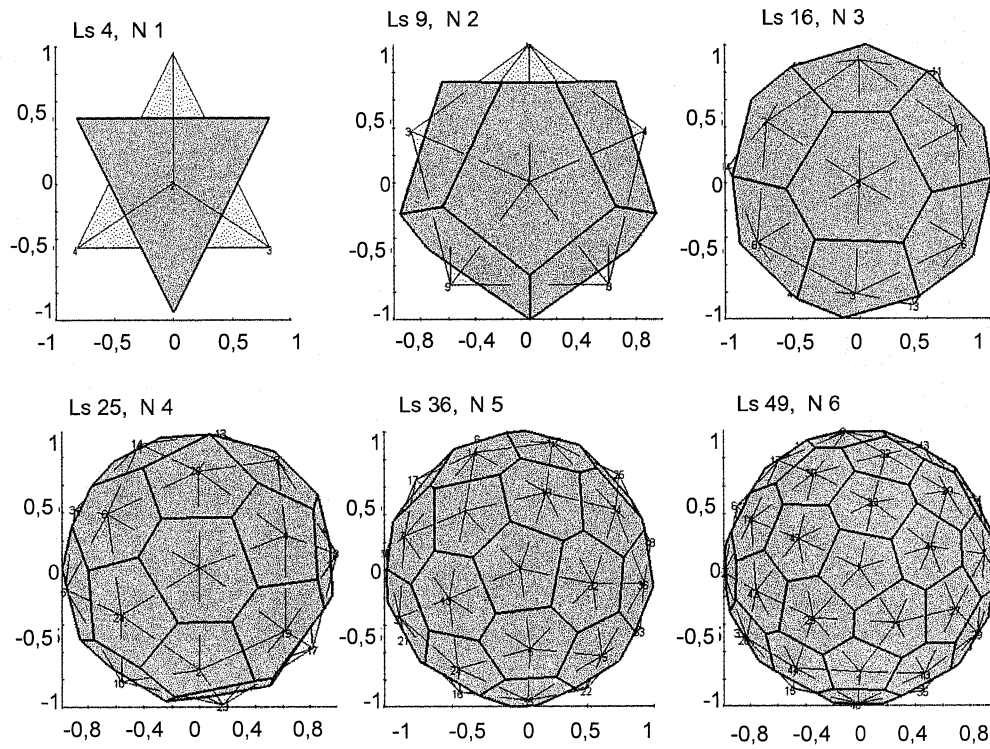


Fig.3

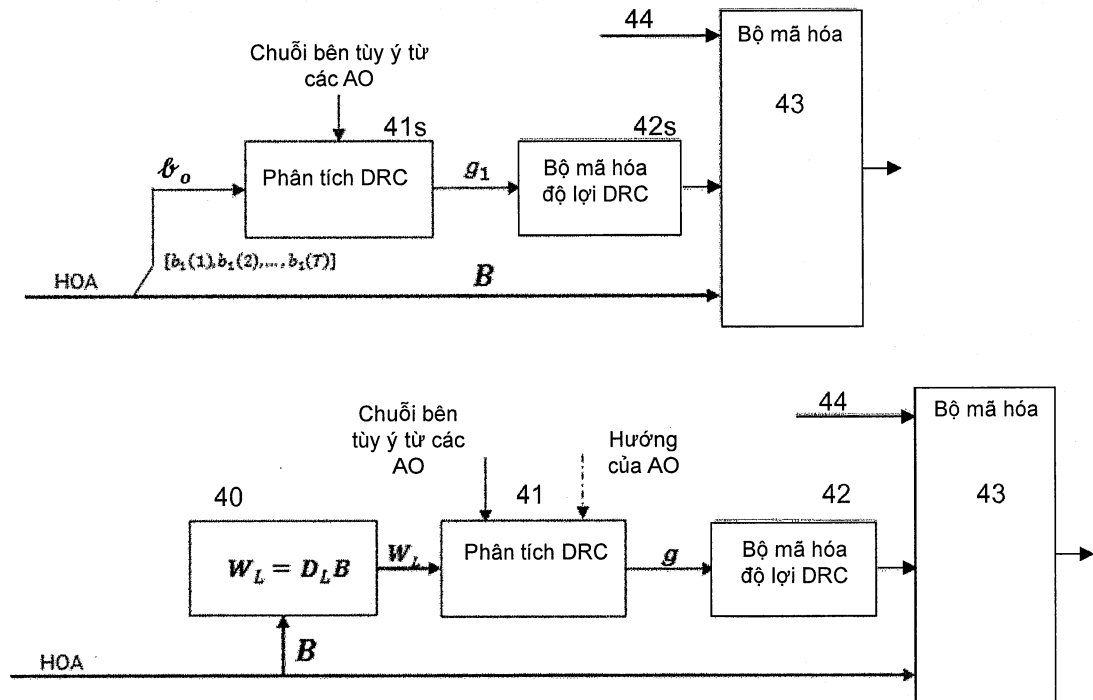


Fig.4

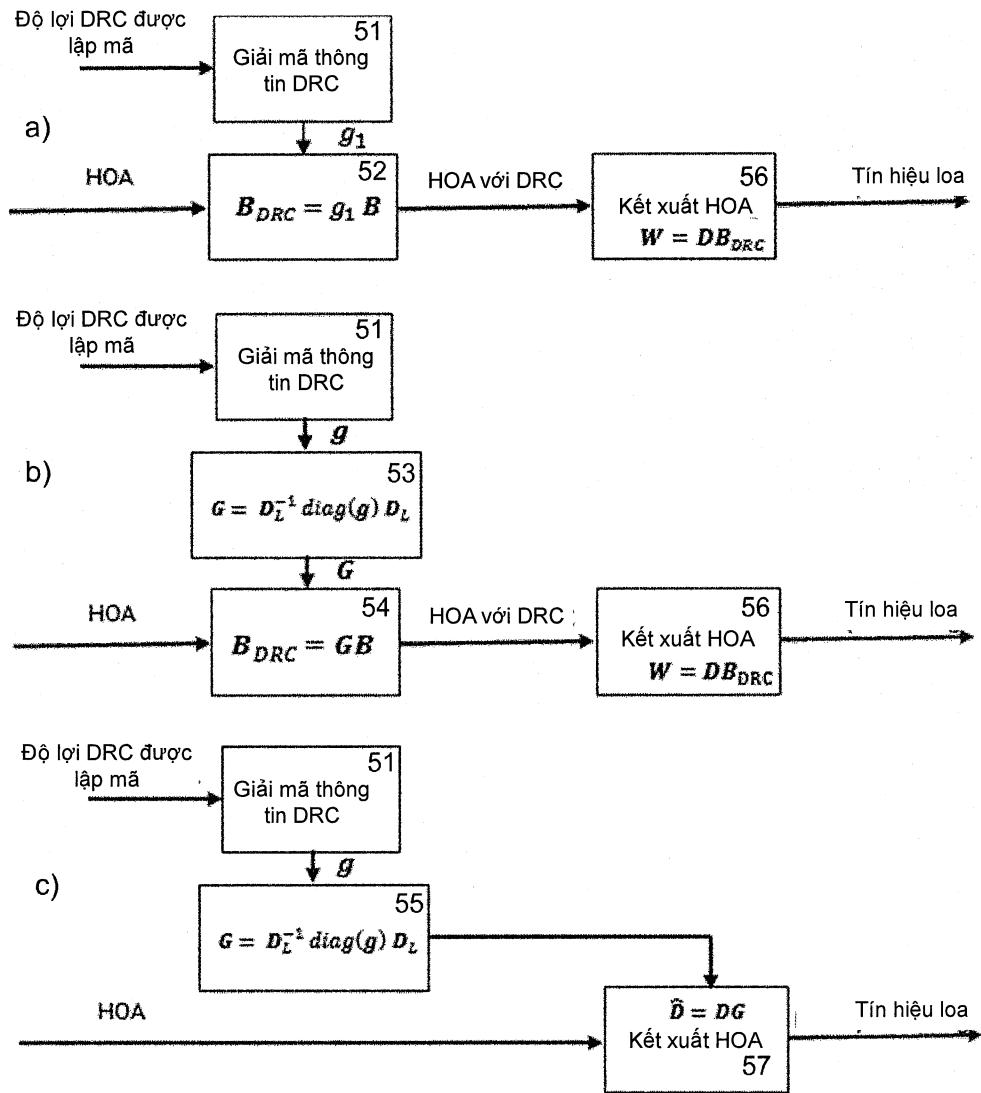


Fig.5

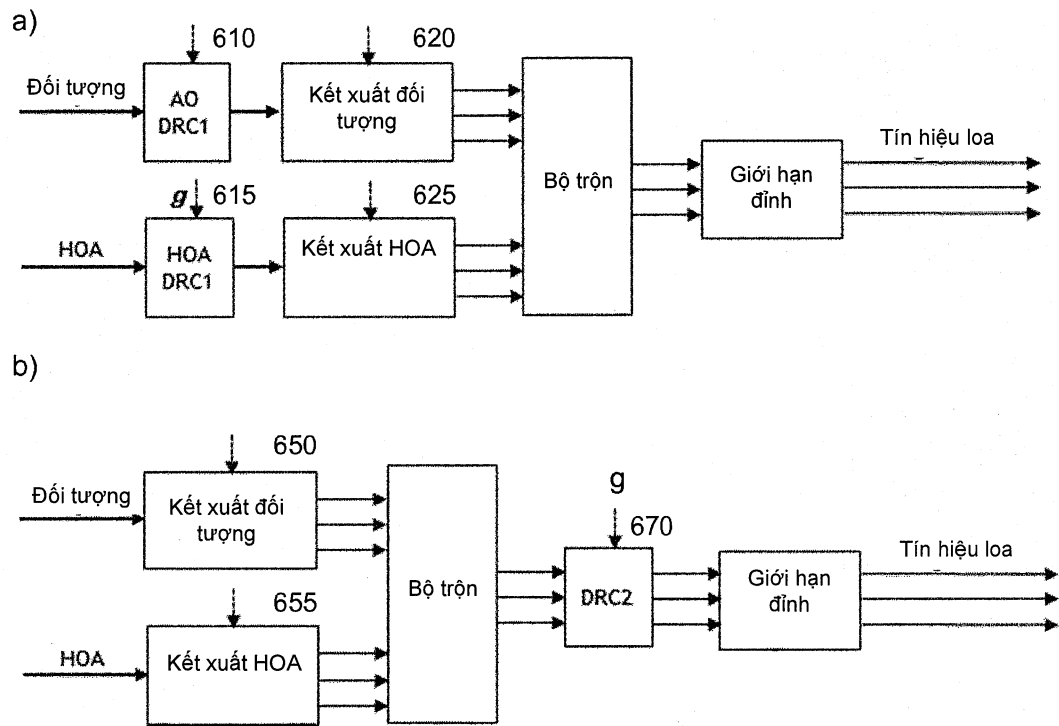


Fig.6

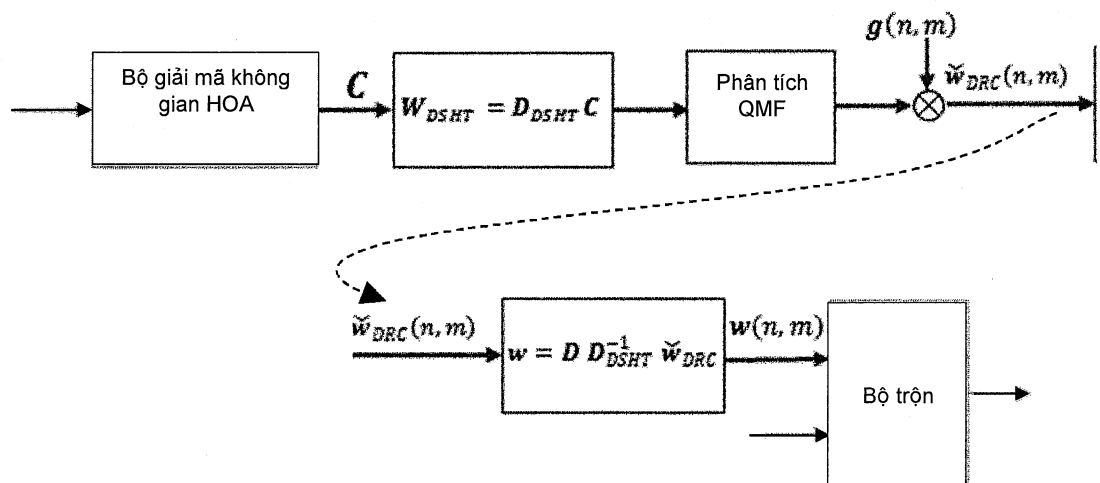


Fig.7

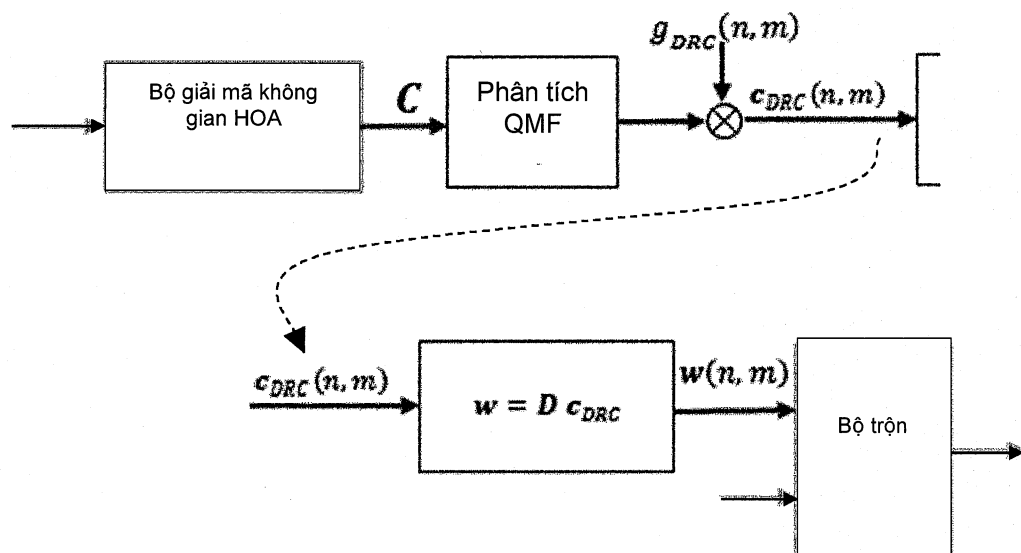


Fig.8