



(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)



1-0024052

(51)⁷

H04S 3/00

(13) B

(21) 1-2015-00164

(22) 16/07/2013

(86) PCT/EP2013/065034 16/07/2013

(87) WO2014/012945 23/01/2014

(30) 12305862.0 16/07/2012 EP

(45) 25/06/2020 387

(43) 25/05/2015 326A

(73) DOLBY INTERNATIONAL AB (SE)

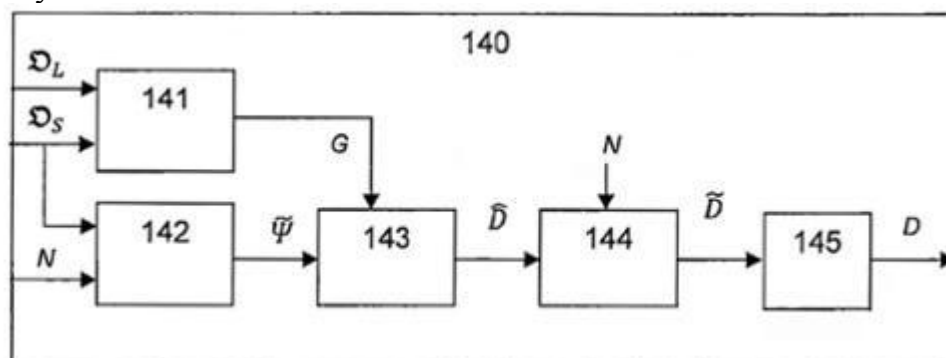
Apollo Building, 3E, Herikerbergweg 1-35, 1101 CN Amsterdam Zuidoost,
Netherlands

(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 KẾT XUẤT DẠNG BIỂU DIỄN TRƯỜNG ÂM THANH AMBISONIC BẬC CAO ĐỂ PHÁT LẠI ÂM THANH, VÀ VẬT GHI ĐỌC ĐƯỢC BẰNG MÁY TÍNH

(57) Sáng chế đề cập đến kỹ thuật kết xuất trường âm thanh, như ambisonic bậc cao (Higher-Order Ambisonic - HOA), đối với các cài đặt loa phóng thanh tùy ý, trong đó việc kết xuất tạo ra các đặc tính định vị được cải thiện nhiều và bảo toàn năng lượng. Đạt được điều này bằng loại ma trận giải mã mới đối với dữ liệu trường âm thanh, và phương pháp mới để thu được ma trận giải mã. Trong phương pháp kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh đối với các cài đặt loa phóng thanh trong không gian tùy ý, ma trận giải mã (D) để kết xuất cách bố trí cho trước của các loa phóng thanh đích thu được bằng các bước: thu được số lượng (L) loa đích, các vị trí của chúng ($\mathfrak{D}_L$), các vị trí ($\mathfrak{D}_S$) của lưới mô hình hình cầu và bậc HOA (N), tạo ra (141) ma trận hỗn hợp (G) từ các vị trí ($\mathfrak{D}_S$) của lưới mô hình hóa và các vị trí ($\mathfrak{D}_L$) của các loa, tạo ra (142) ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$) từ các vị trí ($\mathfrak{D}_S$) của lưới mô hình hình cầu và bậc HOA, tính toán (143) ma trận giải mã thứ nhất ($\tilde{D}$) từ ma trận hỗn hợp (G) và ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$), và làm tròn và chia tỷ lệ (144, 145) ma trận giải mã thứ nhất ($\tilde{D}$) với các hệ số làm tròn và chia tỷ lệ. Ngoài ra, sáng chế cũng đề cập đến thiết bị kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh ambisonic bậc cao để phát lại âm thanh và vật ghi đọc được bằng máy tính.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp và thiết bị kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh, và cụ thể là, dạng biểu diễn âm thanh định dạng ambisonic, để phát lại âm thanh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Định vị chính xác là mục tiêu then chốt đối với hệ thống mô phỏng âm thanh trong không gian bất kỳ. Các hệ thống mô phỏng này có thể áp dụng cho các hệ thống hội thảo, trò chơi hoặc các môi trường ảo khác mà có lợi từ âm thanh 3D. Các cảnh âm thanh 3D có thể được tổng hợp hoặc được ghi dưới dạng trường âm thanh tự nhiên. Các tín hiệu trường âm thanh như, ví dụ, ambisonic mang dạng biểu diễn trường âm thanh mong muốn. Định dạng ambisonic dựa trên khai triển hàm điều hòa cầu đối với trường âm thanh. Trong khi định dạng ambisonic cơ bản hoặc định dạng B sử dụng các hàm điều hòa cầu có bậc 0 và 1, ambisonic bậc cao (Higher Order Ambisonics - HOA) còn sử dụng các hàm điều hòa cầu ít nhất là bậc 2. Quy trình giải mã hoặc kết xuất yêu cầu thu được các tín hiệu loa phóng thanh riêng biệt từ các tín hiệu định dạng ambisonic này. Cách bố trí trong không gian của các loa phóng thanh dùng để chỉ cài đặt loa phóng thanh trong bản mô tả này. Tuy nhiên, trong khi các phương pháp kết xuất đã biết chỉ thích hợp với các cài đặt loa phóng thanh thông thường, thì các cài đặt tùy ý phổ biến hơn nhiều. Nếu các phương pháp kết xuất này được áp dụng với các cài đặt loa phóng thanh tùy ý, thì hướng tính âm thanh sẽ bị ảnh hưởng xấu.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất phương pháp kết xuất/giải mã dạng biểu diễn trường âm thanh với cả cách phân bố loa phóng thanh trong không gian thông thường và không thông thường, trong đó việc kết xuất/giải mã tạo ra các đặc tính định vị được cải thiện lớn và bảo toàn năng lượng. Cụ thể là, sáng chế đề xuất phương pháp mới để thu được ma trận giải mã với dữ liệu trường âm thanh, ví dụ, ở định dạng HOA. Do định dạng HOA mô tả trường âm thanh, mà không đề cập trực tiếp đến các vị trí loa phóng thanh, và do các tín

hiệu loa phóng thanh cần thu được là cần thiết ở định dạng âm thanh dựa trên kênh, việc giải mã các tín hiệu HOA luôn liên quan một cách chặt chẽ để kết xuất tín hiệu âm thanh. Do đó, sáng chế đề cập đến cả kỹ thuật giải mã và kết xuất các định dạng âm thanh liên quan đến trường âm thanh.

Một ưu điểm của sáng chế đó là đạt được kỹ thuật giải mã bảo toàn năng lượng có các đặc tính có định hướng rất tốt. Thuật ngữ “bảo toàn năng lượng” nghĩa là năng lượng trong tín hiệu định hướng HOA được bảo toàn sau khi giải mã, sao cho, ví dụ, đường cong không gian hướng biên độ không đổi sẽ được nhận biết với âm lượng không đổi. Thuật ngữ “các đặc tính hướng tốt” đề cập đến hướng tính của loa được đặc trưng bởi búp sóng chính định hướng và các búp sóng phụ nhỏ, trong đó hướng tính được tăng so với kỹ thuật kết xuất/giải mã thông thường.

Sáng chế bộc lộ kỹ thuật kết xuất các tín hiệu trường âm thanh, như ambisonic bậc cao (HOA), đối với các cài đặt loa phóng thanh độc quyền, trong đó việc kết xuất tạo ra các đặc tính định vị được cải thiện nhiều và bảo toàn năng lượng. Có thể đạt được điều này nhờ loại ma trận giải mã mới đối với dữ liệu trường âm thanh, và phương pháp mới để thu được ma trận giải mã. Trong phương pháp kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh đối với các cài đặt loa phóng thanh trong không gian tùy ý, ma trận giải mã để kết xuất đến cách bố trí cho trước của các loa phóng thanh đích thu được bằng các bước thu được một số loa đích và các vị trí của chúng, các vị trí của lưới mô hình hình cầu và bậc HOA, tạo ra ma trận hỗn hợp từ các vị trí của lưới mô hình hóa và các vị trí của loa, tạo ra ma trận kiểu từ các vị trí của lưới mô hình hình cầu và bậc HOA, tính toán ma trận giải mã thứ nhất từ ma trận hỗn hợp và ma trận kiểu, và làm tròn và chia tỷ lệ ma trận giải mã thứ nhất với các hệ số làm tròn và chia tỷ lệ để thu được ma trận giải mã bảo toàn năng lượng.

Theo một phương án, sáng chế đề cập đến phương pháp giải mã và/hoặc kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh để phát lại âm thanh theo điểm 1 yêu cầu bảo hộ. Theo phương án khác, sáng chế đề cập đến thiết bị giải mã và/hoặc kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh để phát lại âm thanh theo điểm 11 yêu cầu bảo hộ. Theo phương án khác nữa, sáng chế đề cập đến vật ghi đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh thực thi được khiến cho máy tính thực hiện phương pháp giải mã và/hoặc kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh để phát lại âm thanh theo điểm 19 yêu cầu bảo hộ.

Thông thường, sáng chế sử dụng phương pháp sau đây. Thứ nhất, các hàm quét được suy ra mà tùy thuộc vào cài đặt loa phóng thanh mà được sử dụng để phát lại. Thứ hai, ma trận giải mã (ví dụ, ma trận giải mã ambisonic) được tính toán từ các hàm quét này (hoặc ma trận hỗn hợp thu được từ các hàm quét) đối với tất cả loa phóng thanh của cài đặt loa phóng thanh. Theo bước thứ ba, ma trận giải mã được tạo ra và xử lý để bảo toàn năng lượng. Cuối cùng, ma trận giải mã được lọc để làm tròn búp sóng chính quét loa phóng thanh và chặn các búp sóng phụ. Ma trận giải mã đã lọc được sử dụng để kết xuất tín hiệu âm thanh đối với cài đặt loa phóng thanh cho trước. Các búp sóng phụ là tác dụng phụ của kết xuất và tạo ra các tín hiệu âm thanh theo các hướng không mong muốn. Do kỹ thuật kết xuất được tối ưu đối với cài đặt loa phóng thanh cho trước, nên các búp sóng phụ bị ngắt quãng. Đó là một trong số các ưu điểm của sáng chế mà các búp sóng phụ được giảm thiểu, sao cho hướng tính của các tín hiệu loa phóng thanh được cải thiện.

Theo một phương án của sáng chế, phương pháp kết xuất/giải mã dạng biểu diễn trường âm thanh để phát lại âm thanh bao gồm các bước đệm các mẫu thời gian HOA $b(t)$ nhận được, trong đó các khối gồm M mẫu và chỉ số thời gian $\square$ được tạo thành, lọc các hệ số $B(\square)$ để thu được các hệ số lọc tần số $\hat{B}(\mu)$, kết xuất các hệ số lọc tần số $\hat{B}(\mu)$ đến miền không gian bằng cách sử dụng ma trận giải mã D , trong đó thu được tín hiệu không gian $W(\square)$. Theo một phương án, phương pháp này còn bao gồm các bước làm trễ các mẫu thời gian $w(t)$ theo cách riêng lẻ với mỗi trong số L kênh trong các đường trễ, trong đó thu được L tín hiệu số, và chuyển đổi số thành tương tự (D/A) và khuếch đại L tín hiệu số, trong đó thu được L tín hiệu loa phóng thanh tương tự.

Ma trận giải mã D đối với bước kết xuất, nghĩa là để kết xuất đến cách bố trí cho trước của các loa đích, thu được bằng các bước thu được một số loa đích và các vị trí của loa, xác định các vị trí của lưới mô hình hình cầu và bậc HOA, tạo ra ma trận hỗn hợp từ các vị trí của lưới mô hình hình cầu và các vị trí của loa, tạo ra ma trận kiểu từ lưới mô hình hình cầu và bậc HOA, tính toán ma trận giải mã thứ nhất từ ma trận hỗn hợp G và ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$, và làm tròn và chia tỷ lệ ma trận giải mã thứ nhất bằng các hệ số làm tròn và tỷ lệ, trong đó thu được ma trận giải mã.

Theo khía cạnh khác, thiết bị giải mã dạng biểu diễn trường âm thanh để phát lại âm thanh bao gồm bộ xử lý kết xuất có bộ tính toán ma trận giải mã để thu được ma trận giải mã D , bộ tính toán ma trận giải mã bao gồm phương tiện thu được số lượng L loa

dịch và phương tiện thu được các vị trí $\mathfrak{D}_L$ của các loa, phương tiện xác định các vị trí của lưới mô hình hình cầu $\mathfrak{D}_S$ và phương tiện thu được bậc HOA N, và bộ xử lý thứ nhất để tạo ra ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ từ các vị trí của lưới mô hình hình cầu $\mathfrak{D}_S$ và các vị trí của các loa, bộ xử lý thứ hai để tạo ra ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ từ lưới mô hình hình cầu $\mathfrak{D}_S$ và bậc HOA N, bộ xử lý thứ ba để thực hiện khai triển giá trị kì dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ với ma trận hỗn hợp chuyển vị Hermitian $\mathbf{G}$ theo $\mathbf{U} \mathbf{S} \mathbf{V}^H = \tilde{\Psi} \mathbf{G}^H$, trong đó $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ được suy ra từ các ma trận đơn nguyên và $\mathbf{S}$ là ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kì dị, phương tiện tính để tính toán ma trận giải mã thứ nhất $\hat{\mathbf{D}}$ từ các ma trận $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ theo $\hat{\mathbf{D}} = \mathbf{V} \hat{\mathbf{S}} \mathbf{U}^H$, trong đó $\hat{\mathbf{S}}$ là ma trận đơn vị hoặc ma trận đường chéo được suy ra từ ma trận đường chéo nói trên có các phần tử giá trị kì dị, và bộ làm tròn và chia tỷ lệ để làm tròn và chia tỷ lệ ma trận giải mã thứ nhất $\hat{\mathbf{D}}$ với các hệ số làm tròn $\hbar$, trong đó thu được ma trận giải mã $\mathbf{D}$.

Theo khía cạnh khác nữa, vật ghi đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh thực thi được mà khi được thực thi trên máy tính khiến cho máy tính thực hiện phương pháp giải mã dạng biểu diễn trường âm thanh để phát lại âm thanh như được bộc lộ trên đây.

Các mục đích, dấu hiệu và các ưu điểm khác theo sáng chế sẽ trở nên rõ ràng dựa vào phần mô tả sau đây và các điểm yêu cầu bảo hộ khi tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

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

Fig.1 là lưu đồ thể hiện phương pháp theo một phương án của sáng chế;

Fig.2 là lưu đồ thể hiện phương pháp để xây dựng ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$;

Fig.3 là sơ đồ khối thể hiện bộ kết xuất;

Fig.4 là lưu đồ thể hiện các bước giản lược của quy trình tạo ra ma trận giải mã;

Fig.5 là sơ đồ khối thể hiện bộ tạo ra ma trận giải mã;

Fig.6 là cài đặt 16 loa làm ví dụ, trong đó các loa được thể hiện là các nút được kết nối;

Fig.7 là cài đặt 16 loa làm ví dụ trên thực tế, trong đó các nút được thể hiện là các loa;

Fig.8 là sơ đồ năng lượng thể hiện tỷ lệ $\hat{E}/E$ là không đổi với các đặc điểm bảo toàn năng lượng hoàn hảo với ma trận giải mã thu được theo kỹ thuật đã biết [14], với $N=3$;

Fig.9 là sơ đồ áp suất âm thanh với ma trận giải mã được thiết kế theo kỹ thuật đã biết [14] với $N=3$, trong đó chùm quét của loa trung tâm có các búp sóng phụ mạnh;

Fig.10 là sơ đồ năng lượng thể hiện tỷ lệ $\hat{E}/E$ có các dao động lớn hơn 4 dB với ma trận giải mã thu được theo kỹ thuật đã biết [2], với $N=3$;

Fig.11 là sơ đồ áp suất âm thanh với ma trận giải mã được thiết kế theo kỹ thuật đã biết [2] với $N=3$, trong đó chùm quét của loa trung tâm có các búp sóng phụ nhỏ;

Fig.12 là sơ đồ năng lượng thể hiện tỷ lệ $\hat{E}/E$ có các dao động nhỏ hơn 1 dB như thu được bằng phương pháp hoặc thiết bị theo sáng chế, trong đó các vùng quét không gian có biên độ không đổi được nhận biết được với âm lượng bằng nhau;

Fig.13 là sơ đồ áp suất âm thanh với ma trận giải mã được thiết kế theo phương pháp theo sáng chế, trong đó loa trung tâm có chùm quét có các búp sóng phụ nhỏ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nói chung, sáng chế đề cập đến việc kết xuất (nghĩa là giải mã) các tín hiệu âm thanh được định dạng bằng trường âm thanh như các tín hiệu âm thanh ambisonic bậc cao (HOA) đến các loa phóng thanh, trong đó các loa phóng thanh ở các vị trí thông thường hoặc không thông thường, đối xứng hoặc không đối xứng. Các tín hiệu âm thanh có thể thích hợp để dẫn nhiều loa phóng thanh hơn so với sẵn có, ví dụ, một số hệ số HOA có thể lớn hơn số loa phóng thanh. Sáng chế đề xuất các ma trận giải mã bảo toàn năng lượng đối với các bộ giải mã có các đặc tính hướng rất tốt, nghĩa là các búp sóng hướng tính của loa thường bao gồm búp sóng chính hướng mạnh hơn và các búp sóng phụ nhỏ hơn các búp sóng hướng tính của loa thu được bằng các ma trận giải mã thông thường. Bảo toàn năng lượng nghĩa là năng lượng trong tín hiệu hướng HOA được bảo toàn sau khi giải mã, sao cho, ví dụ, đường cong không gian hướng biên độ không đổi sẽ được nhận biết với âm lượng không đổi.

Fig.1 thể hiện lưu đồ về phương pháp theo một phương án của sáng chế. Theo phương án này, phương pháp kết xuất (nghĩa là giải mã) dạng biểu diễn trường âm thanh HOA để phát lại âm thanh sử dụng ma trận giải mã mà được tạo ra như sau: thứ nhất, số lượng L loa phóng thanh đích, các vị trí $\mathbf{D}_L$ của các loa phóng thanh, lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S$ và bậc thứ N (ví dụ, bậc HOA) được xác định 11. Từ các vị trí $\mathbf{D}_L$ của các loa và lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S$, ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ được tạo ra 12, và từ lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S$ và bậc HOA N , ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ được tạo ra 13. Ma trận giải mã thứ nhất $\tilde{D}$ được tính toán 14 từ ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ và ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$. Ma trận giải mã thứ nhất $\tilde{D}$ được làm tròn 15 với các hệ số làm tròn, trong đó thu được ma trận giải mã được làm tròn $\tilde{D}$, và ma trận giải mã được làm tròn $\tilde{D}$ được nhân 16 với hệ số chia tỷ lệ thu được từ ma trận giải mã được làm tròn $\tilde{D}$, trong đó thu được ma trận giải mã D . Theo một phương án, việc làm tròn 15 và chia tỷ lệ 16 được thực hiện trong một bước.

Theo một phương án, các hệ số làm tròn h thu được bằng một trong hai phương pháp khác nhau, tùy thuộc vào số loa phóng thanh L và số kênh hệ số HOA $O_{3D}=(N+1)^2$. Nếu số loa phóng thanh L nhỏ hơn số kênh hệ số HOA O_{3D} , thì sử dụng phương pháp mới để thu được các hệ số làm tròn.

Theo một phương án, các ma trận giải mã tương ứng với nhiều cách sắp xếp loa phóng thanh khác nhau được tạo ra và lưu trữ để sử dụng sau. Cách bố trí loa phóng thanh khác nhau có thể khác nhau bởi ít nhất số loa phóng thanh, vị trí của một hoặc nhiều loa phóng thanh và bậc N của tín hiệu âm thanh đầu vào. Tiếp đó, khi khởi động hệ thống kết xuất, ma trận giải mã thích hợp được xác định, tìm kiếm từ bộ lưu trữ theo nhu cầu hiện tại, và được sử dụng để giải mã.

Theo một phương án, ma trận giải mã D thu được bằng cách thực hiện khai triển giá trị kỳ dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ với ma trận hỗn hợp chuyển vị Hermitian $\mathbf{G}^H$ theo $\mathbf{USV}^H = \tilde{\Psi}\mathbf{G}^H$, và tính toán ma trận giải mã thứ nhất $\tilde{D}$ từ các ma trận $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ theo $\tilde{D} = \mathbf{V}\mathbf{U}^H$. $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ được suy ra từ các ma trận đơn nguyên, và $\mathbf{S}$ là ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kỳ dị của khai triển giá trị kỳ dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ với ma trận hỗn hợp chuyển vị Hermitian $\mathbf{G}^H$. Các ma trận giải mã thu được theo phương án này thường ổn định hơn về số học so với các ma trận giải mã thu được bằng phương án thay thế được mô tả dưới đây. Ma trận chuyển vị Hermitian của một ma trận là ma trận chuyển vị phức liên hợp của ma trận đó.

Theo phương án thay thế, ma trận giải mã D thu được bằng cách thực hiện khai triển giá trị kì dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu chuyển vị Hermitian $\tilde{\Psi}^H$ với ma trận hỗn hợp G theo $U S V^H = G \tilde{\Psi}^H$, trong đó ma trận giải mã thứ nhất được suy ra bằng $\hat{D} = U V^H$.

Theo một phương án, khai triển giá trị kì dị rút gọn được thực hiện trên ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ và ma trận hỗn hợp G theo $U S V^H = G \tilde{\Psi}^H$, trong đó ma trận giải mã thứ nhất được suy ra bằng $\hat{D} = U \hat{S} V^H$, trong đó $\hat{S}$ là ma trận khai triển giá trị kì dị rút gọn cắt cụt mà được suy ra từ ma trận khai triển giá trị kì dị S bằng cách thay thế tất cả giá trị kì dị lớn hơn hoặc bằng ngưỡng thr bằng các số 1, và thay thế các phần tử mà nhỏ hơn ngưỡng thr bằng các số 0. Ngưỡng thr tùy thuộc vào các giá trị thực của ma trận khai triển giá trị kì dị và có thể, ví dụ, theo bậc $0,06 * S_1$ (phần tử tối đa của S).

Theo một phương án, khai triển giá trị kì dị rút gọn được thực hiện trên ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ và ma trận hỗn hợp G theo $V S U^H = G \tilde{\Psi}^H$, trong đó ma trận giải mã thứ nhất được suy ra bằng $\hat{D} = V \hat{S} U^H$. $\hat{S}$ và ngưỡng thr là như được mô tả trên đây với phương án trước. Ngưỡng thr thường được suy ra từ giá trị kì dị lớn nhất.

Theo một phương án, hai phương pháp khác nhau để tính toán các hệ số làm tròn được sử dụng, tùy thuộc vào bậc HOA N và số loa đích L : nếu có ít loa đích hơn các kênh HOA, nghĩa là nếu $O_{3D} = (N^2+1) > L$, các hệ số làm tròn và chia tỷ lệ $\mathbf{h}$ tương ứng với tập hợp thông thường của các hệ số $\max \mathbf{r}_E$ mà được suy ra từ các số 0 của đa thức Legendre của bậc thứ $N + 1$; nếu không, nếu có đủ các loa đích, nghĩa là nếu $O_{3D} = (N^2+1) \leq L$, các hệ số của $\mathbf{h}$ được tạo cấu trúc từ các phần tử $\mathcal{K}$ của cửa sổ Kaiser với $\text{len}=(2N+1)$ và độ rộng $=2N$ theo $\mathbf{h} = c_f [\mathcal{K}_{N+1}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+3}, \mathcal{K}_{N+3}, 3eo\mathcal{K}_{2N}]^T$ với hệ số chia tỷ lệ c_f . Các phần tử được dùng của cửa sổ Kaiser bắt đầu bằng phần tử thứ $(N+1)$, mà chỉ được sử dụng một lần, và tiếp tục bằng các phần tử sau đó mà được sử dụng lặp lại: phần tử thứ $(N+2)$ được sử dụng ba lần, v.v..

Theo một phương án, hệ số chia tỷ lệ thu được từ ma trận giải mã được làm tròn. Cụ thể là, theo một phương án, hệ số thu được theo $c_f = \frac{1}{\sqrt{\sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^{O_{3D}} |\tilde{a}_{l,q}|^2}}$.

Sau đây, hệ thống kết xuất đầy đủ được mô tả. Mục đích chính của sáng chế là giai đoạn khởi đầu của bộ kết xuất, trong đó ma trận giải mã D được tạo ra như được mô tả

trên đây. Ở đây, mục đích chính là công nghệ để suy ra một hoặc nhiều ma trận giải mã, ví dụ, với sách mã. Để tạo ra ma trận giải mã, cần biết bao nhiêu loa đích có sẵn, và chúng được đặt ở đâu (nghĩa là các vị trí của chúng).

Fig.2 thể hiện lưu đồ về phương pháp xây dựng ma trận hỗn hợp G , theo một phương án của sáng chế. Theo phương án này, ma trận hỗn hợp ban đầu chỉ có các số 0 được tạo ra 21, và với tất cả nguồn ảo s có phương tạo góc $\mathbf{\Omega}_s = [\theta_s, \phi_s]^T$ và bán kính r_s , các bước sau được thực hiện. Thứ nhất, ba loa phóng thanh l_1, l_2, l_3 được xác định 22 ở xung quanh vị trí $[1, \mathbf{\Omega}_s^T]^T$, trong đó bán kính đơn vị được giả định, và ma trận $\mathbf{R} = [\mathbf{r}_{l_1}, \mathbf{r}_{l_2}, \mathbf{r}_{l_3}]$ được xây dựng 23, với $\mathbf{r}_{l_i} = [1, \hat{\mathbf{\Omega}}_{l_i}^T]^T$. Ma trận $\mathbf{R}$ được chuyển đổi 24 thành các tọa độ Cartesian, theo $\mathbf{L}_t = \text{spherical_to_cartesian}(\mathbf{R})$. Tiếp đó, vị trí nguồn ảo được xây dựng 25 theo $\mathbf{s} = (\sin \Theta_s \cos \phi_s, \sin \Theta_s \sin \phi_s, \cos \Theta_s)^T$, và độ khuếch đại $\mathbf{g}$ được tính toán 26 theo $\mathbf{g} = \mathbf{L}_t^{-1} \mathbf{s}$, với $\mathbf{g} = (g_{l_1}, g_{l_2}, g_{l_3})^T$. Độ khuếch đại được chuẩn hóa 27 theo $\mathbf{g} = \mathbf{g} / \|\mathbf{g}\|_2$, và các phần tử tương ứng $G_{l,s}$ của $\mathbf{G}$ được thay thế bằng độ khuếch đại chuẩn hóa: $G_{l_1,s} = g_{l_1}, G_{l_2,s} = g_{l_2}, G_{l_3,s} = g_{l_3}$.

Phần sau đây đưa ra giới thiệu ngắn gọn về ambisonic bậc cao (HOA) và xác định các tín hiệu được xử lý, nghĩa là được kết xuất cho các loa phóng thanh.

Ambisonic bậc cao (HOA) dựa trên mô tả của trường âm thanh trong diện tích nhỏ gọn đang quan tâm, mà được giả định là không có các nguồn âm thanh. Trong trường hợp đó, tập tính không gian-thời gian của áp suất âm thanh $p(t, \mathbf{x})$ tại thời điểm t và vị trí $\mathbf{x} = [r, \theta, \phi]^T$ trong diện tích quan tâm (trong các tọa độ cầu: bán kính r , độ nghiêng θ , góc phương vị ϕ) được xác định hoàn toàn vật lý bằng công thức sóng đồng nhất. Có thể thấy rằng biến đổi Fourier của áp suất âm thanh so với thời gian, nghĩa là,

$$P(\omega, \mathbf{x}) = \mathcal{F}_t \{ p(t, \mathbf{x}) \} \quad (1)$$

trong đó, ω là tần số góc (và $\mathcal{F}_t \{ \cdot \}$ tương ứng với $\int_{-\infty}^{\infty} p(t, \mathbf{x}) e^{-\omega t} dt$), có thể được mở rộng thành một loạt hàm điều hòa cầu (Spherical Harmonics - SHs) theo [13]:

$$P(kc_s, \mathbf{x}) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=-n}^n A_n^m(k) j_n(kr) Y_n^m(\theta, \phi) \quad (2)$$

Trong công thức (2), c_s là vận tốc của âm thanh và $k = \frac{\omega}{c_s}$ là số sóng góc. Hơn nữa, $j_n(\cdot)$ chỉ các hàm Bessel cầu thuộc loại thứ nhất và bậc thứ n và $Y_n^m(\cdot)$ chỉ các hàm

điều hòa cầu (SH) theo bậc n và độ m . Thông tin hoàn chỉnh về trường âm thanh thực tế chứa trong các hệ số trường âm thanh $A_n^m(k)$.

Nói chung, nên lưu ý rằng các SH là các hàm giá trị phức. Tuy nhiên, nhờ kết hợp tuyến tính thích hợp của chúng, có thể thu được các hàm giá trị thực và thực hiện mở rộng đối với các hàm này.

Liên quan đến mô tả trường âm thanh áp lực trong công thức (2), trường nguồn có thể được xác định là:

$$D(k, c_s, \mathbf{\Omega}) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=-n}^n B_n^m(k) Y_n^m(\mathbf{\Omega}), \quad (3)$$

với trường nguồn hoặc mật độ biên [12] $D(k, c_s, \mathbf{\Omega})$ tùy thuộc vào số sóng góc và phương tạo góc $\mathbf{\Omega} = [\theta, \phi]^T$. Trường nguồn có thể bao gồm các nguồn trường xa /trường gần, liên tục/không liên tục [1]. Các hệ số trường nguồn B_n^m liên quan đến các hệ số trường âm thanh A_n^m bằng, [1]:

$$A_n^m = \begin{cases} 4\pi i^n B_n^m & \text{đối với trường xa} \\ -i k h_n^{(2)}(kr_s) B_n^m & \text{đối với trường gần} \end{cases} \quad (4)$$

trong đó, $h_n^{(2)}$ là hàm Hankel cầu thuộc loại thứ hai và r_s là khoảng cách nguồn từ gốc.

Các tín hiệu trong miền HOA có thể được biểu diễn trong miền tần số hoặc trong miền thời gian dưới dạng biến đổi Fourier ngược của các hệ số trường nguồn hoặc trường âm thanh. Phần mô tả sau sẽ giả định việc sử dụng dạng biểu diễn miền thời gian của các hệ số trường nguồn:

$$b_n^m = i\mathcal{F}_t \{ B_n^m \} \quad (5)$$

của số hữu hạn. Các chuỗi vô hạn trong công thức (3) bị cắt cụt với $n = N$. Sự cắt cụt tương ứng với sự giới hạn băng thông không gian. Số hệ số (hoặc các kênh HOA) được đưa ra bằng:

$$O_{3D} = (N + 1)^2 \text{ với } 3D \quad (6)$$

hoặc bằng $O_{2D} = 2N + 1$ chỉ với các mô tả 2D. Các hệ số b_n^m bao gồm thông tin âm thanh của một mẫu thời gian t để mô phỏng sau bằng các loa phóng thanh. Chúng có thể được lưu trữ hoặc được truyền và do đó là đối tượng của việc nén tốc độ dữ liệu. Một mẫu thời gian t của các hệ số có thể được biểu diễn bằng vector $\mathbf{b}(t)$ có các phần tử O_{3D} :

$$\mathbf{b}(t) := [b_0^0(t), b_1^{-1}(t), b_1^0(t), b_1^1(t), b_2^{-2}(t), \dots, b_N^N(t)]^T \quad (7)$$

và khối M mẫu thời gian bằng ma trận $\mathbf{B} \in \mathbb{C}^{O_{3D} \times D}$

$$\mathbf{B} := [\mathbf{b}(t_{\text{START}} + 1), \mathbf{b}(t_{\text{START}} + 2), \dots, \mathbf{b}(t_{\text{START}} + M)] \quad (8)$$

Các dạng biểu diễn hai chiều của các trường âm thanh có thể được suy ra bằng cách mở rộng với các hàm điều hòa hình tròn. Đây là trường hợp đặc biệt của việc mô tả chung được thể hiện trên đây bằng cách sử dụng độ nghiêng cố định là $\theta = \frac{\pi}{2}$, trọng số khác của các hệ số và tập hợp rút gọn gồm các hệ số O_{2D} ($m = \pm n$). Do đó, tất cả các xem xét sau cũng áp dụng với các dạng biểu diễn 2D; thuật ngữ “hình cầu” cần được thay thế bằng thuật ngữ “hình tròn”.

Theo một phương án, siêu dữ liệu được gửi cùng với dữ liệu hệ số, cho phép nhận dạng rõ ràng dữ liệu hệ số. Tất cả thông tin cần thiết để suy ra vector mẫu thời gian $\mathbf{b}(t)$ được đưa ra, hoặc thông qua siêu dữ liệu được truyền hoặc do ngữ cảnh cho trước. Hơn nữa, nên lưu ý rằng ít nhất một trong bậc HOA N hoặc O_{3D} , và ngoài ra theo một phương án, còn đặc biệt cùng với r_s để chỉ ra ghi trường gần đã được biết ở bộ giải mã.

Tiếp theo, kết xuất tín hiệu HOA đến các loa phóng thanh được mô tả. Phần này thể hiện nguyên lý giải mã cơ bản và một số tính chất toán học.

Thứ nhất, việc giải mã cơ bản giả định các tín hiệu loa phóng thanh sóng phẳng và thứ hai, khoảng cách từ các loa đến gốc có thể được bỏ qua. Mẫu thời gian của các hệ số HOA $\mathbf{b}$ được kết xuất đến L loa phóng thanh mà được đặt tại các hướng cầu $\hat{\Omega}_l = [\hat{\theta}_l, \hat{\phi}_l]^T$ với $l = 1, \dots, L$ có thể được mô tả bằng [10]:

$$\mathbf{w} = \mathbf{D}\mathbf{b} \quad (9)$$

trong đó, $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{L \times 1}$ biểu diễn mẫu thời gian của L tín hiệu loa và ma trận giải mã $\mathbf{D} \in \mathbb{C}^{L \times O_{3D}}$. Ma trận giải mã có thể được suy ra bằng

$$\mathbf{D} = \mathbf{\Psi}^+ \quad (10)$$

trong đó, $\mathbf{\Psi}^+$ là ma trận giả nghịch đảo của ma trận kiểu $\mathbf{\Psi}$. Ma trận kiểu $\mathbf{\Psi}$ được xác định là

$$\mathbf{\Psi} = [\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_L] \quad (11)$$

với $\mathbf{\Psi} \in \mathbb{C}^{O_{3D} \times L}$ và $\mathbf{y}_l = [Y_0^0(\hat{\Omega}_l), Y_1^{-1}(\hat{\Omega}_l), \dots, Y_N^N(\hat{\Omega}_l)]^H$ bao gồm các hàm điều hòa cầu của các hướng loa $\hat{\Omega}_l = [\hat{\theta}_l, \hat{\phi}_l]^T$ trong đó H chỉ ma trận chuyển vị phức kết hợp (còn được gọi là Hermitian).

Tiếp đó, ma trận giả nghịch đảo của ma trận bằng khai triển giá trị kì dị (Singular Value Decomposition - SVD) được mô tả. Một cách phổ biến để suy ra ma trận giả nghịch đảo trước tiên là tính toán SVD nên:

$$\Psi = U S V^H \quad (12)$$

trong đó, $U \in \mathbb{C}^{O_{3D} \times K}$, $V \in \mathbb{C}^{L \times K}$ được suy ra từ các ma trận quay và $S = \text{diag}(S_1, \dots, S_K) \in \mathbb{R}^{K \times K}$ là ma trận đường chéo của các giá trị kì dị theo thứ tự giảm dần $S_1 \geq S_2 \geq \dots \geq S_K$ với $K > 0$ và $K \leq \min(O_{3D}, L)$. Ma trận giả nghịch đảo này được xác định bằng

$$\Psi^+ = V \widehat{S} U^H \quad (13)$$

trong đó, $\widehat{S} = \text{diag}(S_1^{-1}, \dots, S_K^{-1})$. Với các ma trận có điều kiện xấu có các giá trị rất nhỏ S_k , các giá trị nghịch đảo tương ứng S_k^{-1} được thay thế bằng 0. Đây còn được gọi là sự khai triển giá trị kì dị cắt cụt. Thông thường, ngưỡng phát hiện đối với giá trị kì dị lớn nhất S_1 được chọn để nhận dạng các giá trị nghịch đảo tương ứng được thay thế bằng 0.

Sau đây, đặc tính bảo toàn năng lượng được mô tả. Năng lượng tín hiệu trong miền HOA được đưa ra bằng

$$E = \mathbf{b}^H \mathbf{b} \quad (14)$$

và năng lượng tương ứng trong miền không gian bằng

$$\widehat{E} = \mathbf{w}^H \mathbf{w} = \mathbf{b}^H \mathbf{D}^H \mathbf{D} \mathbf{b}. \quad (15)$$

Tỷ lệ $\widehat{E} / E$ đối với ma trận giải mã bảo toàn năng lượng là (về cơ bản) không đổi. Điều này chỉ thu được nếu $\mathbf{D}^H \mathbf{D} = c\mathbf{I}$, với ma trận đơn vị $\mathbf{I}$ và hằng số $c \in \mathbb{R}$. Việc này yêu cầu $\mathbf{D}$ có số điều kiện chuẩn 2 $\text{cond}(\mathbf{D}) = 1$. Một lần nữa việc này yêu cầu SVD (khai triển giá trị kì dị) của $\mathbf{D}$ tạo ra các giá trị kì dị: $\mathbf{D} = U S V^H$ với $S = \text{diag}(S_1, \dots, S_K)$.

Thông thường, thiết kế kết xuất bảo toàn năng lượng là đã được biết trong lĩnh vực kỹ thuật. Thiết kế ma trận giải mã bảo toàn năng lượng đối với $L \geq O_{3D}$ được đề xuất trong [14] bằng

$$\mathbf{D} = V U^H \quad (16)$$

trong đó, $\widehat{S}$ từ phương trình (13) bắt buộc là $\widehat{S} = \mathbf{I}$ và do đó bỏ qua phương trình (16). Tích số $\mathbf{D}^H \mathbf{D} = U V^H V U^H = \mathbf{I}$ và tỷ lệ $\widehat{E} / E$ bằng một. Lợi ích của phương pháp thiết kế này là sự bảo toàn năng lượng mà bảo đảm ẩn tượng âm thanh trong không gian đồng nhất mà các vùng quét không gian không có các dao động theo âm lượng nhận biết được.

Nhược điểm của thiết kế này là mất độ chính xác hướng tính và các búp sóng phụ chùm loa phóng thanh mạnh với các vị trí loa không thông thường, không đối xứng (xem Fig.8 và Fig.9). Sáng chế có thể khắc phục nhược điểm này.

Ngoài ra, các thiết kế kết xuất với các loa được đặt không thông thường đã được biết trong lĩnh vực kỹ thuật: Trong [2], phương pháp thiết kế bộ giải mã với $L \geq O_{3D}$ và $L < O_{3D}$ được mô tả mà cho phép kết xuất với độ chính xác cao theo hướng tính được mô phỏng. Nhược điểm của phương pháp thiết kế này là các bộ kết xuất được suy ra không bảo toàn năng lượng (xem, Fig.10 và Fig.11).

Kỹ thuật tích chập cầu có thể được sử dụng để làm tròn trong không gian. Đây là quy trình lọc trong không gian, hoặc cửa sổ trong miền hệ số (tích chập). Mục đích của nó là giảm thiểu các búp sóng phụ, còn được gọi là các búp sóng quét. Hệ số mới $\tilde{b}_n^m$ được đưa ra bằng tích số gia trọng của hệ số HOA gốc b_n^m và hệ số vùng h_n^0 [5]:

$$\tilde{b}_n^m = 2\pi \sqrt{\frac{4\pi}{2n+1}} h_n^0 b_n^m \quad (17)$$

Điều này tương đương với tích chập trái trên S^2 trong miền không gian [5]. Tiện lợi là, điều này được sử dụng trong [5] để làm tròn các đặc tính hướng của các tín hiệu loa phóng thanh trước khi kết xuất/giải mã bằng cách tính trọng số cho các hệ số HOA $\mathbf{B}$ bằng:

$$\tilde{\mathbf{B}} = \text{diag}(\mathbf{h})\mathbf{B}, \quad (18)$$

với vector $\mathbf{h} = d_f \left(h_0^0, \frac{h_1^0}{\sqrt{3}}, \frac{h_1^0}{\sqrt{3}}, \frac{h_2^0}{\sqrt{3}}, \frac{h_2^0}{\sqrt{5}}, \frac{h_2^0}{\sqrt{5}}, \dots, \frac{h_N^0}{\sqrt{2N+1}} \right)^T$ chứa các hệ số gia trọng giá trị thực và hệ số không đổi d_f . Ý tưởng làm tròn là làm giảm các hệ số HOA bằng việc tăng chỉ số bậc n . Ví dụ đã được biết về làm tròn các hệ số gia trọng $\mathbf{h}$ còn gọi là $\max \mathbf{r}_V$, $\max \mathbf{r}_E$ và các hệ số trong pha [4]. Hệ số thứ nhất cung cấp chùm biên độ cố định (không đáng kể, $\mathbf{h} = (1, 1, \dots, 1)^T$, vector có độ dài O_{3D} chỉ với các số 1), hệ số thứ hai cung cấp công suất góc được phân chia đều và đặc tính trong pha đó là ngăn búp sóng phụ hoàn toàn.

Sau đây, sáng chế cung cấp mô tả chi tiết hơn và các phương án của giải pháp được bộc lộ.

Thứ nhất, kiến trúc của bộ kết xuất được mô tả liên quan đến sự khởi đầu của bộ này, tập tính khởi động và việc xử lý.

Mỗi lần cài đặt loa phóng thanh, nghĩa là số loa phóng thanh hoặc vị trí của loa phóng thanh bất kỳ liên quan đến vị trí nghe thay đổi, bộ kết xuất cần thực hiện quy trình khởi đầu để xác định tập hợp ma trận giải mã đối với bậc HOA N bất kỳ mà hỗ trợ các tín hiệu đầu vào HOA được hỗ trợ có. Ngoài ra, độ trễ loa riêng lẻ d_l đối với các đường trễ và độ khuếch đại của loa g_l được xác định từ khoảng cách giữa loa và vị trí nghe. Quy trình này được mô tả sau đây. Theo một phương án, các ma trận giải mã được suy ra được lưu trữ trong sách mã. Mỗi lần các đặc tính đầu vào âm thanh HOA thay đổi, bộ điều khiển kết xuất hiện xác định các đặc tính hợp lệ hiện tại và lựa chọn ma trận giải mã thích hợp từ sách mã. Chìa khóa của sách mã có thể là bậc HOA N hoặc, tương đương là, O_{3D} (xem phương trình (6)).

Các bước xử lý dữ liệu giảm lược để kết xuất được giải thích tham chiếu đến Fig.3, mà thể hiện sơ đồ khối của các khối xử lý của bộ kết xuất. Các khối này là bộ đệm thứ nhất 31, bộ lọc miền tần số 32, bộ xử lý kết xuất 33, bộ đệm thứ hai 34, bộ trễ 35 đối với L kênh, và bộ chuyển đổi số thành tương tự và bộ khuếch đại 36.

Các mẫu thời gian HOA với chỉ số thời gian t và các kênh hệ số HOA O_{3D} $\mathbf{b}(t)$ trước tiên được lưu trữ trong bộ đệm thứ nhất 31 để tạo thành các khối gồm M mẫu với chỉ số khối μ . Các hệ số của $\mathbf{B}(\mu)$ là tần số được lọc trong bộ lọc miền tần số 32 để thu được các khối lọc tần số $\widehat{\mathbf{B}}(\mu)$. Công nghệ này được biết (xem [3]) để bù khoảng cách các nguồn loa phóng thanh dạng cầu và cho phép thao tác ghi trường gần. Các tần số khối được lọc tần số $\widehat{\mathbf{B}}(\mu)$ được kết xuất thành miền không gian trong bộ xử lý kết xuất 33 bằng:

$$\mathbf{W}(\mu) = \mathbf{D}\widehat{\mathbf{B}}(\mu) \quad (19)$$

với $\mathbf{W}(\mu) \in \mathbb{R}^{L \times M}$ biểu diễn tín hiệu không gian trong L kênh với các khối gồm M mẫu thời gian. Tín hiệu được đệm trong bộ đệm thứ hai 34 và được nối tiếp hóa để tạo thành các mẫu thời gian đơn có chỉ số thời gian t trong L kênh, được gọi là $\mathbf{w}(t)$ trên Fig.3. Đây là tín hiệu chuỗi mà dẫn vào L đường trễ số trong bộ trễ 35. Các đường trễ bù cho các khoảng cách khác nhau của vị trí nghe đến loa riêng lẻ l có độ trễ d_l mẫu. Về nguyên tắc, mỗi đường trễ trong FIFO (bộ nhớ vào trước ra trước). Sau đó, các tín hiệu được bù trễ 35 được chuyển đổi D/A và được khuếch đại trong bộ chuyển đổi số thành tương tự và bộ khuếch đại 36, mà tạo ra tín hiệu 365 mà có thể được dẫn đến L loa phóng thanh.

Bù độ khuếch đại của loa g_l có thể được xem xét trước khi chuyển đổi D/A hoặc bằng cách thích ứng khuếch đại kênh loa trong miền tương tự.

Việc khởi tạo bộ kết xuất hoạt động như sau.

Thứ nhất, số loa và các vị trí cần được biết. Bước thứ nhất của việc khởi tạo là tạo sẵn số loa mới L và các vị trí có liên quan $\widehat{\mathbf{D}}_L = [\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_L]$, với $\mathbf{r}_l = [r_l, \widehat{\theta}_l, \widehat{\phi}_l]^T = [r_l, \widehat{\Omega}_l^T]^T$, trong đó r_l là khoảng cách từ vị trí nghe đến loa l , và trong đó $\widehat{\theta}_l, \widehat{\phi}_l$ là các góc cầu có liên quan. Các phương pháp khác nhau có thể áp dụng, ví dụ, đầu vào thủ công của các vị trí loa hoặc khởi tạo tự động nhờ tín hiệu kiểm tra. Đầu vào thủ công của các vị trí loa $\widehat{\mathbf{D}}_L$ có thể được thực hiện bằng cách sử dụng giao diện thích hợp, như thiết bị di động được kết nối hoặc giao diện người dùng được tích hợp với thiết bị để lựa chọn các tập hợp vị trí định trước. Sự khởi tạo tự động có thể được thực hiện bằng cách sử dụng mảng micro và các tín hiệu kiểm tra loa được chỉ định bằng bộ đánh giá để suy ra $\widehat{\mathbf{D}}_L$. Khoảng cách tối đa r_{max} được xác định bằng $r_{max} = \max(r_1, \dots, r_L)$, khoảng cách tối thiểu r_{min} bằng $r_{min} = \min(r_1, \dots, r_L)$.

L khoảng cách r_l và r_{max} được đưa vào đường trễ và bộ bù độ khuếch đại 35. Số mẫu độ trễ với mỗi kênh loa d_l được xác định bằng

$$d_l = \lfloor (r_{max} - r_l)f_s/c + 0.5 \rfloor \quad (20)$$

bằng cách tốc độ lấy mẫu f_s , tốc độ âm thanh c ($c \cong 343m/s$ ở nhiệt độ $20^\circ C$) và $\lfloor x + 0.5 \rfloor$ chỉ ra việc làm tròn đến số nguyên tiếp theo. Để bù các độ khuếch đại của loa với r_l khác nhau, độ khuếch đại của loa g_l được xác định bằng $g_l = \frac{r_l}{r_{min}}$, hoặc được suy ra bằng cách đo âm thanh.

Sự tính toán các ma trận giải mã, ví dụ, với sách mã, là như sau. Các bước giản lược của phương pháp tạo ra ma trận giải mã, theo một phương án, được thể hiện trên Fig.4. Fig.5 thể hiện, theo một phương án, các khối xử lý của thiết bị tương ứng để tạo ra ma trận giải mã. Các đầu vào là các hướng loa $\mathbf{D}_L$, lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S$ và bậc HOA N .

Các hướng loa $\mathbf{D}_L = [\widehat{\Omega}_1, \dots, \widehat{\Omega}_L]$ có thể được biểu diễn là các góc cầu $\widehat{\Omega}_l = [\widehat{\theta}_l, \widehat{\phi}_l]^T$, và lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S = [\Omega_1, \dots, \Omega_S]$ bằng các góc cầu $\Omega_s = [\theta_s, \phi_s]^T$. Số hướng được chọn lớn hơn số loa ($S > L$) và lớn hơn số hệ số HOA ($S > O_{3D}$). Các hướng của lưới nên lấy mẫu hình cầu đơn vị theo cách rất thông thường. Các lưới thích

hợp được thảo luận trong [6], [9] và có thể được tìm thấy trong [7], [8]. Lưới $\mathfrak{D}_S$ được chọn một lần. Ví dụ, lưới $S = 324$ từ [6] là đủ để giải mã các ma trận lên đến bậc HOA $N = 9$. Các lưới khác có thể được sử dụng đối với các bậc HOA khác nhau. Bậc HOA N được chọn tăng lên để điền vào sách mã từ $N = 1, \dots, N_{max}$, với N_{max} là bậc HOA tối đa của nội dung đầu vào HOA được hỗ trợ.

Các hướng loa $\mathfrak{D}_L$ và lưới mô hình hình cầu $\mathfrak{D}_S$ được đưa vào khối ma trận hỗn hợp dựng 41 mà tạo ra ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ của khối này. Lưới mô hình hình cầu $\mathfrak{D}_S$ và bậc HOA N được đưa vào khối ma trận kiểu dựng 42 mà tạo ra ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ của khối này. Ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ và ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ được đưa vào khối ma trận giải mã dựng 43 mà tạo ra ma trận giải mã $\hat{\mathbf{D}}$ của khối này. Ma trận giải mã được đưa vào khối ma trận giải mã tron 44 mà làm tron và chia tỷ lệ ma trận giải mã. Phần mô tả chi tiết hơn được nêu dưới sau đây. Đầu ra của khối ma trận giải mã tron 44 là ma trận giải mã $\mathbf{D}$, mà được lưu trữ trong sách mã với chìa khóa liên quan N (hoặc theo cách khác là O_{3D}). Trong khối ma trận kiểu dựng 42, lưới mô hình hình cầu $\mathfrak{D}_S$ được sử dụng để dựng ma trận kiểu tương tự với phương trình (11): $\tilde{\Psi} = [\mathbf{y}_1, \dots, \mathbf{y}_S]$ với $\mathbf{y}_s = [Y_0^0(\boldsymbol{\Omega}_s), Y_1^{-1}(\boldsymbol{\Omega}_s), \dots, Y_N^N(\boldsymbol{\Omega}_s)]^H$. Lưu ý rằng ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ được gọi là $\mathbf{\Xi}$ trong [2].

Trong khối ma trận hỗn hợp dựng 41, ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ được tạo ra với $\mathbf{G} \in \mathbb{R}^{L \times S}$. Lưu ý rằng ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ được gọi là $\mathbf{W}$ trong [2]. Hàng thứ l^{th} của ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ chứa các độ khuếch đại hỗn hợp để trộn các nguồn ảo S từ các hướng $\mathfrak{D}_S$ đến loa l . Theo một phương án, kỹ thuật quét biên độ cơ sở vectơ (Vector Base Amplitude Panning - VBAP) [11] được sử dụng để suy ra các độ khuếch đại hỗn hợp này, cũng như trong [2]. Thuật toán để suy ra $\mathbf{G}$ được tóm tắt như sau.

- 1 Tạo ra $\mathbf{G}$ với các giá trị 0 (nghĩa là khởi tạo $\mathbf{G}$)
- 2 với mọi $s = 1 \dots S$
- 3 {
- 4 Tìm kiếm 3 loa l_1, l_2, l_3 mà nằm quanh vị trí $[1, \boldsymbol{\Omega}_s^T]^T$, giả định bán kính đơn vị và ma trận dựng $\mathbf{R} = [\mathbf{r}_{l_1}, \mathbf{r}_{l_2}, \mathbf{r}_{l_3}]$ với $\mathbf{r}_{l_i} = [1, \hat{\boldsymbol{\Omega}}_{l_i}^T]^T$.
- 5 Tính toán $\mathbf{L}_t = \text{spherical_to_cartesian}(\mathbf{R})$ trong tọa độ Cartesian.
- 6 Dựng vị trí nguồn ảo $\mathbf{s} = (\sin \Theta_s \cos \phi_s, \sin \Theta_s \sin \phi_s, \cos \Theta_s)^T$.

- 7 Tính toán $\mathbf{g} = \mathbf{L}_t^{-1}\mathbf{s}$, với $\mathbf{g} = (g_{l_1}, g_{l_2}, g_{l_3})^T$
 8 Chuẩn hóa các độ khuếch đại: $\mathbf{g} = \mathbf{g}/\|\mathbf{g}\|_2$
 9 Điền các phần tử liên quan $G_{l,s}$ của $\mathbf{G}$ bằng các phần tử $\mathbf{g}$:
 $G_{l_1,s} = g_{l_1}, G_{l_2,s} = g_{l_2}, G_{l_3,s} = g_{l_3}$
 10 }

Trong khối ma trận giải mã dựng 43, sự khai triển giá trị kì dị rút gọn của tích ma trận giữa ma trận kiểu và ma trận hỗn hợp chuyển vị được tính toán. Đây là khía cạnh quan trọng của sáng chế, mà có thể được thực hiện theo các cách khác nhau. Theo một phương án, sự khai triển giá trị kì dị rút gọn $\mathbf{S}$ của tích ma trận giữa ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ và ma trận hỗn hợp chuyển vị $\mathbf{G}^T$ được tính toán theo:

$$\mathbf{U} \mathbf{S} \mathbf{V}^H = \tilde{\Psi} \mathbf{G}^T$$

Theo phương án thay thế, sự khai triển giá trị kì dị rút gọn $\mathbf{S}$ của tích ma trận giữa ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ và ma trận hỗn hợp giả nghịch đảo $\mathbf{G}^+$ được tính toán theo:

$$\mathbf{U} \mathbf{S} \mathbf{V}^H = \tilde{\Psi} \mathbf{G}^+$$

trong đó, $\mathbf{G}^+$ là ma trận giả nghịch đảo của ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$.

Theo một phương án, ma trận đường chéo, trong đó $\hat{\mathbf{S}} = \text{diag}(\hat{S}_1, \dots, \hat{S}_K)$ được tạo ra trong đó phần tử đường chéo thứ nhất là phần tử đường chéo nghịch đảo của $\mathbf{S}$: $\hat{S}_1 = 1$, và các phần tử đường chéo k sau đó được thiết lập về giá trị một ($\hat{S}_k = 1$) nếu $S_k \geq a S_1$, trong đó a là giá trị ngưỡng, hoặc được thiết lập về giá trị không ($\hat{S}_k = 0$) nếu $S_k < a S_1$.

Giá trị ngưỡng thích hợp a được thấy là khoảng 0,06. Các độ lệch nhỏ, ví dụ, nằm trong khoảng $\pm 0,01$ hoặc khoảng $\pm 10\%$ có thể chấp nhận được. Tiếp đó, ma trận giải mã được tính toán như sau: $\hat{\mathbf{D}} = \mathbf{V} \hat{\mathbf{S}} \mathbf{U}^H$.

Trong khối ma trận giải mã tron 44, ma trận giải mã được làm tron. Thay vì áp dụng các hệ số làm tron cho các hệ số HOA trước khi giải mã, được biết trong lĩnh vực kỹ thuật, thì nó có thể kết hợp trực tiếp với ma trận giải mã. Việc này tiết kiệm một bước xử lý, hoặc khối xử lý một cách tương ứng.

$$\mathbf{D} = \hat{\mathbf{D}} \text{diag}(\mathbf{h}) \quad (21)$$

Để thu được các đặc tính bảo toàn năng lượng tốt cũng với các bộ giải mã với nội dung HOA có nhiều hệ số hơn các loa phóng thanh (nghĩa là $O_{3D} > L$), các hệ số làm tron được áp dụng $\mathbf{h}$ được chọn tùy thuộc vào bậc HOA N ($O_{3D} = (N + 1)^2$):

Với $L \geq O_{3D}$, $\mathbf{h}$ tương ứng với các hệ số $\max \mathbf{r}_E$ được suy ra từ các số 0 của các đa thức Legendre bậc $N + 1$, như trong [4].

Với $L < O_{3D}$, các hệ số của $\mathbf{h}$ được tạo cấu trúc từ cửa sổ Kaiser như sau:

$$\mathcal{K} = \text{KaiserWindow}(\text{len}, \text{width}) \quad (22)$$

với $\text{len} = 2N + 1$, $\text{width} = 2N$, trong đó $\mathcal{K}$ là vector với $2N + 1$ phần tử giá trị thực. Các phần tử được tạo ra bằng công thức cửa sổ Kaiser

$$\mathcal{K}_i = \frac{I_0\left(\text{width} \sqrt{1 - \left(\frac{2i}{\text{len} - 1} - 1\right)^2}\right)}{I_0(\text{width})} \quad (23)$$

trong đó, $I_0(\cdot)$ biểu thị hàm Bessel biến đổi bậc 0 thuộc loại thứ nhất. Vector $\mathbf{h}$ được tạo cấu trúc từ các phần tử của:

$$\mathbf{h} = c_f [\mathcal{K}_{N+1}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+3}, \mathcal{K}_{N+3}, \dots, \mathcal{K}_{2N}]^T$$

trong đó, mọi phần tử $\mathcal{K}_{N+1+n}$ lấy $2n + 1$ lần lặp lại với chỉ số bậc HOA $n = 0..N$, và c_f là hệ số chia tỷ lệ không đổi để giữ âm lượng bằng nhau giữa các chương trình bậc HOA khác nhau. Cụ thể là, các phần tử được sử dụng của cửa sổ Kaiser bắt đầu với phần tử thứ (N+1) mà được sử dụng chỉ một lần, và tiếp tục bằng cách phần tử sau đó mà được sử dụng lặp lại: phần tử thứ (N+2) được sử dụng 3 lần, v.v..

Theo một phương án, ma trận giải mã làm tròn được chia tỷ lệ. Theo một phương án, việc chia tỷ lệ được thực hiện trong khối ma trận giải mã tròn 44, như được thể hiện trên Fig.4 a). Theo phương án khác, việc chia tỷ lệ được thực hiện là bước riêng biệt trong khối ma trận chia tỷ lệ 45, như được thể hiện trên Fig.4 b).

Theo một phương án, hệ số chia tỷ lệ không đổi thu được từ ma trận giải mã. Cụ thể là, hệ số này có thể thu được theo chuẩn Frobenius của ma trận giải mã:

$$c_f = \frac{1}{\sqrt{\sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^{O_{3D}} |\tilde{d}_{l,q}|^2}}.$$

trong đó $\tilde{d}_{l,q}$ là phần tử ma trận theo dòng l và cột q của ma trận $\tilde{\mathbf{D}}$ (sau khi làm tròn).

Ma trận được chuẩn hóa là $\mathbf{D} = c_f \tilde{\mathbf{D}}$.

Theo một khía cạnh của sáng chế, Fig.5 thể hiện thiết bị giải mã dạng biểu diễn trường âm thanh để phát lại âm thanh. Thiết bị này bao gồm bộ xử lý kết xuất 33 có bộ tính toán ma trận giải mã 140 để thu được ma trận giải mã $\mathbf{D}$, bộ tính toán ma trận giải

mã 140 bao gồm phương tiện 1x để thu được số lượng L loa đích và phương tiện để thu được các vị trí $\mathbf{D}_L$ của các loa, phương tiện 1y để xác định các vị trí của lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S$ và phương tiện 1z để thu được bậc HOA N, và bộ xử lý thứ nhất 141 để tạo ra ma trận hỗn hợp $\mathbf{G}$ từ các vị trí của lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S$ và các vị trí của các loa, bộ xử lý thứ hai 142 để tạo ra ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ từ lưới mô hình hình cầu $\mathbf{D}_S$ và bậc HOA N, bộ xử lý thứ ba 143 để thực hiện khai triển giá trị kì dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu $\tilde{\Psi}$ với ma trận hỗn hợp chuyển vị Hermitian $\mathbf{G}$ theo $\mathbf{U} \mathbf{S} \mathbf{V}^H = \tilde{\Psi} \mathbf{G}^H$, trong đó $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ được suy ra từ các ma trận đơn nguyên và S là ma trận đường chéo với các phần tử giá trị kì dị, phương tiện tính 144 để tính toán ma trận giải mã thứ nhất $\hat{\mathbf{D}}$ từ các ma trận $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ theo $\hat{\mathbf{D}} = \mathbf{V} \mathbf{U}^H$, và bộ làm tròn và chia tỷ lệ 145 để làm tròn và chia tỷ lệ ma trận giải mã thứ nhất $\hat{\mathbf{D}}$ với các hệ số làm tròn $\mathbf{h}$, trong đó thu được ma trận giải mã $\mathbf{D}$. Theo một phương án, bộ làm tròn và chia tỷ lệ 145 là bộ làm tròn 1451 để làm tròn ma trận giải mã thứ nhất $\hat{\mathbf{D}}$ trong đó thu được ma trận giải mã được làm tròn $\hat{\mathbf{D}}$, và bộ chia tỷ lệ 1452 để chia tỷ lệ ma trận giải mã được làm tròn $\hat{\mathbf{D}}$, trong đó thu được ma trận giải mã $\mathbf{D}$.

Fig.6 thể hiện các vị trí loa trong cài đặt 16 loa làm ví dụ trong sơ đồ nút, trong đó các loa được thể hiện là các nút được kết nối. Các kết nối chính được thể hiện là các đường nét liền, các kết nối phụ là các đường nét đứt. Fig.7 thể hiện việc cài đặt loa tương tự với 16 loa trong hình vẽ rút gọn.

Sau đây, các kết quả ví dụ thu được với cài đặt loa trên các Fig.5 và Fig.6 được mô tả. Sự phân phối năng lượng của tín hiệu âm thanh, và cụ thể là tỷ lệ $\hat{E}/E$ được thể hiện theo dB trên 2 hình cầu (tất cả các hướng kiểm tra). Dưới dạng ví dụ cho chùm quét loa mạnh, chùm loa trung tâm (loa 7 trên Fig.6) được thể hiện. Ví dụ, ma trận giải mã mà được thiết kế như trong [14], với $N=3$, tạo ra tỷ lệ $\hat{E}/E$ như được thể hiện trên Fig.8. Nó tạo ra các đặc tính bảo toàn năng lượng gần như hoàn hảo, do tỷ lệ $\hat{E}/E$ là gần như không đổi: sự khác nhau giữa các vùng tối (tương ứng với âm lượng nhỏ hơn) và các vùng sáng (tương ứng với âm lượng lớn hơn) là nhỏ hơn 0,01dB. Tuy nhiên, như được thể hiện trên Fig.9, chùm quét tương ứng của loa trung tâm có các búp sóng phụ mạnh. Điều này làm nhiều sự nhận biết trong không gian, đặc biệt với người nghe ở ngoài trung tâm.

Mặt khác, ma trận giải mã mà được thiết kế như trong [2], với $N=3$, tạo ra tỷ lệ $\hat{E}/E$ như được thể hiện trên Fig.9. Trong quy mô được sử dụng trên Fig.10, các vùng tối

tương ứng với các âm lượng xuống tới -2dB và các vùng sáng tương ứng với các âm lượng cao lên đến +2dB. Do đó, tỷ lệ $\hat{E}/E$ thể hiện các dao động lớn hơn 4dB, điều này là bất lợi do các vùng quét không gian, ví dụ, từ vị trí loa phía trên đến vị trí loa trung tâm với biên độ không đổi không thể nhận biết được với âm lượng bằng nhau. Tuy nhiên, như được thể hiện trên Fig.11, chùm quét tương ứng của loa trung tâm có các búp sóng phụ rất nhỏ mà có lợi với các vị trí nghe ngoài trung tâm.

Fig.12 thể hiện sự phân bố năng lượng của tín hiệu âm thanh mà thu được bằng ma trận giải mã theo sáng chế, minh họa với $N=3$ để dễ so sánh. Thang đo (được thể hiện ở bên phải của Fig.12) của tỷ lệ $\hat{E}/E$ nằm trong khoảng từ 3,15 đến 3,45dB. Do đó, các dao động theo tỷ lệ nhỏ hơn 0,31dB, và phân bố năng lượng trong trường âm thanh là rất đồng đều. Do đó, các vùng quét không gian bất kỳ có biên độ không đổi được nhận biết với âm lượng bằng nhau. Chùm quét của loa trung tâm có các búp sóng phụ rất nhỏ, như được thể hiện trên Fig.13. Điều này có lợi với các vị trí nghe ngoài trung tâm, trong đó các búp sóng phụ có thể nghe rõ và do đó sẽ bị ngắt quãng. Do đó, sáng chế đề xuất các ưu điểm kết hợp có thể đạt được theo kỹ thuật đã biết trong [14] và [2], mà không bị ảnh hưởng từ các nhược điểm của chúng.

Nên lưu ý rằng bất cứ khi nào loa được đề cập trong bản mô tả này, thì có nghĩa là nhắc tới thiết bị phát ra âm thanh như loa phóng thanh chẳng hạn.

Các lưu đồ và/hoặc sơ đồ khối trong các hình vẽ minh họa cấu hình, hoạt động và chức năng của các phương án có thể có của các hệ thống, phương pháp và các sản phẩm chương trình máy tính theo các phương án khác nhau của sáng chế. Liên quan đến vấn đề này, mỗi khối trong lưu đồ hoặc các sơ đồ khối có thể biểu diễn môđun, đoạn hoặc phần của mã, mà bao gồm một hoặc nhiều lệnh thực thi được để thực hiện các hàm logic cụ thể.

Cũng nên lưu ý rằng, theo một số phương án thay thế, các chức năng được nêu trong khối có thể xảy ra không theo thứ tự nêu trên các hình vẽ. Ví dụ, hai khối được thể hiện nối tiếp có thể, thực tế, được thực hiện về cơ bản là đồng thời, hoặc các khối có thể đôi khi được thực hiện theo thứ tự ngược lại, hoặc các khối có thể được thực hiện theo thứ tự thay thế cho nhau, tùy thuộc vào chức năng liên quan. Cũng nên lưu ý rằng mỗi khối để minh họa các sơ đồ khối và/hoặc lưu đồ, và tổ hợp các khối để minh họa các sơ

đồ khối và/hoặc lưu đồ, có thể được thực hiện bằng các hệ thống dựa trên phần cứng chuyên dụng mà thực hiện các chức năng hoặc hoạt động cụ thể, hoặc tổ hợp của các lệnh máy tính và phần mềm chuyên dụng. Trong khi không được mô tả rõ ràng, các phương án có thể được sử dụng ở dạng tổ hợp hoặc tổ hợp nhỏ bất kỳ.

Hơn nữa, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ hiểu rằng các khía cạnh của sáng chế có thể được thể hiện dưới dạng hệ thống, phương pháp hoặc vật ghi đọc được bằng máy tính. Do đó, các khía cạnh của sáng chế có thể có dạng phương án phần cứng hoàn chỉnh, phương án phần mềm hoàn chỉnh (bao gồm phần sụn, phần mềm cư trú, vi mã, v.v.), hoặc phương án kết hợp các khía cạnh phần cứng và phần mềm mà có thể thường được gọi là “mạch”, “mô đun”, hoặc “hệ thống”. Hơn nữa, các khía cạnh của sáng chế có thể có dạng phương tiện lưu trữ đọc được bằng máy tính. Tổ hợp bất kỳ của một hoặc nhiều vật ghi đọc được bằng máy tính có thể được sử dụng. Vật ghi đọc được bằng máy tính như được sử dụng trong bản mô tả này được coi là vật ghi bất biến có dung lượng sẵn có để lưu trữ thông tin ở đó cũng như dung lượng sẵn có để hỗ trợ việc tìm kiếm thông tin trên đó.

Ngoài ra, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng các sơ đồ khối được thể hiện ở đây biểu diễn các hình vẽ mang tính khái niệm về các thành phần hệ thống minh họa và/hoặc mạch thể hiện các nguyên lý của sáng chế. Tương tự, cần hiểu rằng bất kỳ lưu đồ, sơ đồ dòng, sơ đồ chuyển tiếp trạng thái, mã giả, và tương tự biểu diễn các quy trình khác nhau mà về cơ bản có thể được biểu diễn trong vật ghi đọc được bằng máy tính và còn được thực hiện bằng máy tính hoặc bộ xử lý, cho dù máy tính hoặc bộ xử lý như vậy được thể hiện một cách rõ ràng hay không.

Danh mục tài liệu trích dẫn

- [1] T.D. Abhayapala. Generalized framework for spherical microphone arrays: Spatial and frequency decomposition. In Proc. IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), (accepted) Vol. X, pp. , April 2008, Las Vegas, USA.
- [2] Johann-Markus Batke, Florian Keiler, and Johannes Boehm. Method and device for decoding an audio soundfield representation for audio playback. International Patent Application WO2011/117399 (PD100011).
- [3] Jérôme Daniel, Rozenn Nicol, and Sébastien Moreau. Further investigations of high order ambisonics and wavefield synthesis for holophonic sound imaging. In *AES Convention Paper 5788 Presented at the 114th Convention*, March 2003. Paper 4795 presented at the 114th Convention.
- [4] Jérôme Daniel. Représentation de champs acoustiques, application a la transmission et a la reproduction de scenes sonores complexes dans un contexte multimedia. PhD thesis, Universite Paris 6, 2001.
- [5] James R. Driscoll and Dennis M. Healy Jr. Computing Fourier transforms and convolutions on the 2-sphere. *Advances in Applied Mathematics*, 15:202–250, 1994.
- [6] Jörg Fliege. Integration nodes for the sphere. <http://www.personal.soton.ac.uk/jf1w07/nodes/nodes.html>, Online, accessed 2012-06-01.
- [7] Jörg Fliege and Ulrike Maier. A two-stage approach for computing cubature formulae for the sphere. Technical Report, Fachbereich Mathematik, Universität Dortmund, 1999.
- [8] R. H. Hardin and N. J. A. Sloane. Webpage: Spherical designs, spherical t-designs. <http://www2.research.att.com/~njas/sphdesigns/>.
- [9] R. H. Hardin and N. J. A. Sloane. McLaren's improved snub cube and other new spherical designs in three dimensions. *Discrete and Computational Geometry*, 15:429–441, 1996.
- [10] M. A. Poletti. Three-dimensional surround sound systems based on spherical harmonics. *J. Audio Eng. Soc.*, 53(11):1004–1025, November 2005.
- [11] Ville Pulkki. *Spatial Sound Generation and Perception by Amplitude Panning Techniques*. PhD thesis, Helsinki University of Technology, 2001.
- [12] Boaz Rafaely. Plane-wave decomposition of the sound field on a sphere by spherical convolution. *J. Acoust. Soc. Am.*, 4(116):2149–2157, October 2004.

- [13] Earl G. Williams. *Fourier Acoustics*, volume 93 of *Applied Mathematical Sciences*. Academic Press, 1999.
- [14] F. Zotter, H. Pomberger, and M. Noisternig. Energy-preserving ambisonic decoding. *ActaAcustica united with Acustica*, 98(1):37–47, January/February 2012.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh ambisonic bậc cao để phát lại âm thanh, phương pháp này bao gồm các bước:

đệm (31) các mẫu thời gian HOA nhận được $b(t)$, trong đó các khối gồm M mẫu và chỉ số thời gian μ được tạo thành;

lọc (32) các hệ số $B(\mu)$ để thu được các hệ số lọc tần số $\hat{B}(\mu)$;

kết xuất (33) các hệ số lọc tần số $\hat{B}(\mu)$ đến miền không gian bằng cách sử dụng ma trận giải mã D , trong đó thu được tín hiệu không gian $W(\mu)$;

đệm và nối tiếp hóa (34) tín hiệu không gian $W(\mu)$, trong đó thu được các mẫu thời gian $w(t)$ với L kênh;

làm trễ (35) các mẫu thời gian $w(t)$ theo cách riêng lẻ với mỗi trong số L kênh trong các đường trễ, trong đó thu được L tín hiệu số (355); và

chuyển đổi số thành tương tự và khuếch đại (36) L tín hiệu số (355), trong đó thu được L tín hiệu loa phóng thanh tương tự (365), trong đó ma trận giải mã (D) của bước kết xuất (33) là thích hợp để kết xuất theo cách bố trí cho trước của các loa đích và thu được bằng các bước:

thu được (11) số lượng (L) loa đích và các vị trí ($\mathfrak{D}_L$) của các loa;

xác định (12) các vị trí của lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) liên quan đến bậc HOA (N) theo các mẫu thời gian HOA nhận được $b(t)$;

tạo ra (41) ma trận hỗn hợp (G) từ các vị trí của lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) và các vị trí của các loa ($\mathfrak{D}_L$);

tạo ra (42) ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$) từ lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) và bậc HOA (N);

thực hiện (43) khai triển giá trị kì dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$) với ma trận hỗn hợp chuyển vị Hermitian (G) theo $U S V^H = \tilde{\Psi} G^H$, trong đó U, V được suy ra từ các ma trận đơn nguyên và S là ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kì dị, và tính toán ma trận giải mã thứ nhất ($\hat{D}$) từ các ma trận U, V theo $\hat{D} = V \hat{S} U^H$ trong đó $\hat{S}$ là ma trận khai triển giá trị kì dị rút gọn cắt cụt mà là ma trận đơn vị hoặc ma trận đường chéo biến đổi, ma trận đường chéo biến đổi được suy ra từ ma trận đường chéo nói trên có các phần tử giá trị kì dị bằng cách thay thế các phần tử giá trị kì dị lớn hơn hoặc bằng ngưỡng bởi các số 1, và thay thế các phần tử giá trị kì dị mà nhỏ hơn ngưỡng bằng các số 0; và

làm tròn và chia tỷ lệ (44, 45) ma trận giải mã thứ nhất ($\widehat{\mathbf{D}}$) với các hệ số làm tròn ($\mathcal{H}$), trong đó thu được ma trận giải mã $\widehat{\mathbf{D}}$.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước làm tròn nói trên sử dụng phương pháp làm tròn thứ nhất nếu $L \geq O_{3D}$, và phương pháp làm tròn thứ hai khác nếu $L < O_{3D}$, với $O_{3D} = (N+1)^2$, và trong đó thu được ma trận giải mã được làm tròn ($\widetilde{\mathbf{D}}$) mà sau đó được chia tỷ lệ.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó trong phương pháp làm tròn thứ hai, các hệ số gia trọng $\mathcal{H}$ được tạo cấu trúc từ các phần tử của cửa sổ Kaiser theo $\mathcal{H} = c_f [\mathcal{K}_{N+1}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+3}, \mathcal{K}_{N+3}, \dots, \mathcal{K}_{2N}]^T$, trong đó mọi phần tử $\mathcal{K}_{N+1+n}$ được lặp lại $2n + 1$ lần với chỉ số bậc HOA $n = 0..N$ và c_f là hệ số chia tỷ lệ không đổi.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó cửa sổ Kaiser thu được theo $\mathcal{K} = \text{KaiserWindow}(len, width)$, với $len = 2N + 1$, $width = 2N$, trong đó $\mathcal{K}$ là vector với $2N + 1$ phần tử giá trị thực được tạo ra bằng công thức cửa sổ Kaiser $\mathcal{K}_i = \frac{I_0\left(width \sqrt{1 - \left(\frac{2i}{len-1} - 1\right)^2}\right)}{I_0(width)}$, trong đó $I_0(\quad)$ biểu thị hàm Bessel được biến đổi bậc 0 thuộc loại thứ nhất.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó ngưỡng tùy thuộc vào giá trị thực tế của ma trận đường chéo với các phần tử giá trị kì dị.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó ngưỡng tùy thuộc vào phần tử tối đa S_1 của ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kì dị.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó ma trận giải mã thứ nhất ($\widehat{\mathbf{D}}$) được làm tròn (44) để thu được ma trận giải mã được làm tròn ($\widetilde{\mathbf{D}}$), và việc chia tỷ lệ (45) được thực hiện với hệ số chia tỷ lệ không đổi c_f mà thu được từ chuẩn

Frobenius của ma trận giải mã được làm tròn ($\tilde{D}$) theo $c_f = \frac{1}{\sqrt{\sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^{O_{3D}} |\tilde{d}_{l,q}|^2}}$, trong đó $\tilde{d}_{l,q}$ là phần tử ma trận ở dòng l và cột q của ma trận giải mã được làm tròn ($\tilde{D}$).

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó ma trận giải mã thứ nhất ($\tilde{D}$) được làm tròn để thu được ma trận giải mã được làm tròn ($\hat{D}$), và việc chia tỷ lệ được thực hiện với hệ số chia tỷ lệ không đổi c_f mà nhận được bằng tín hiệu đầu vào HOA hoặc được tìm kiếm từ bộ lưu trữ.

9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 8, trong đó trong phương pháp làm tròn thứ nhất, các hệ số gia trọng $\mathbf{h}$ được suy ra từ các số 0 của các đa thức Legendre bậc $N + 1$ theo $\mathbf{h} = d_f \left(h_0^0, \frac{h_1^0}{\sqrt{3}}, \frac{h_1^0}{\sqrt{3}}, \frac{h_2^0}{\sqrt{3}}, \frac{h_2^0}{\sqrt{5}}, \frac{h_2^0}{\sqrt{5}}, \dots, \frac{h_N^0}{\sqrt{2N+1}} \right)^T$ với các hệ số gia trọng giá trị thực và hệ số không đổi d_f .

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó các đường trễ bù cho các khoảng cách loa phóng thanh khác nhau.

11. Thiết bị kết xuất dạng biểu diễn trường âm thanh ambisonic bậc cao để phát lại âm thanh, thiết bị này bao gồm:

bộ đệm thứ nhất (31) để đệm các mẫu thời gian HOA nhận được $b(t)$, trong đó các khối gồm M mẫu và chỉ số thời gian μ được tạo thành;

bộ lọc miền tần số (32) để lọc các hệ số $B(\mu)$ để thu được các hệ số lọc tần số $\hat{B}(\mu)$;

bộ xử lý kết xuất (33) để kết xuất các hệ số lọc tần số $\hat{B}(\mu)$ đến miền không gian bằng cách sử dụng ma trận giải mã (D); và

bộ đệm thứ hai và bộ nối tiếp hóa (34) để đệm và nối tiếp hóa tín hiệu không gian $W(\mu)$, trong đó thu được các mẫu thời gian $w(t)$ với L kênh;

bộ trễ (35) có các đường trễ để làm trễ các mẫu thời gian $w(t)$ theo cách riêng lẻ với mỗi trong số L kênh; và

bộ chuyển đổi D/A và bộ khuếch đại (36) để chuyển đổi và khuếch đại L tín hiệu số, trong đó thu được L tín hiệu loa phóng thanh tương tự,

trong đó bộ xử lý kết xuất (33) có bộ tính toán ma trận giải mã để thu được ma trận giải mã (D), bộ tính toán ma trận giải mã bao gồm:

phương tiện để thu được số lượng (L) loa đích và phương tiện để thu được các vị trí ($\mathfrak{D}_L$) của các loa;

phương tiện để xác định các vị trí của lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) và phương tiện để thu được bậc HOA (N); và

bộ xử lý thứ nhất (141) để tạo ra ma trận hỗn hợp (G) từ các vị trí của lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) và các vị trí của các loa;

bộ xử lý thứ hai (142) để tạo ra ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$) từ lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) và bậc HOA (N);

bộ xử lý thứ ba (143) để thực hiện khai triển giá trị kì dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$) với ma trận hỗn hợp chuyển vị Hermitian(G) theo $\mathbf{U} \mathbf{S} \mathbf{V}^H = \tilde{\Psi} \mathbf{G}^H$, trong đó $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ thu được từ các ma trận đơn nguyên và S là ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kì dị,

phương tiện tính (144) để tính toán ma trận giải mã thứ nhất ($\hat{\mathbf{D}}$) từ các ma trận $\mathbf{U}, \mathbf{V}$ theo $\hat{\mathbf{D}} = \mathbf{V} \hat{\mathbf{S}} \mathbf{U}^H$, trong đó $\hat{\mathbf{S}}$ là ma trận khai triển giá trị kì dị rút gọn cắt cụt mà là ma trận đơn vị hoặc ma trận đường chéo được biến đổi, ma trận đường chéo biến đổi được suy ra từ ma trận đường chéo nói trên có các phần tử giá trị kì dị bằng cách thay thế các phần tử giá trị kì dị lớn hơn hoặc bằng ngưỡng bằng các số 1, và thay thế các phần tử giá trị kì dị mà nhỏ hơn ngưỡng bằng các số 0; và

bộ làm tròn và chia tỷ lệ (145) để làm tròn và chia tỷ lệ ma trận giải mã thứ nhất ($\hat{\mathbf{D}}$) có các hệ số làm tròn ($\mathbf{h}$), trong đó thu được ma trận giải mã (D).

12. Thiết bị theo điểm 11, trong đó bộ xử lý kết xuất (33) bao gồm phương tiện để áp dụng ma trận giải mã (D) vào dạng biểu diễn trường âm thanh HOA, trong đó thu được tín hiệu âm thanh được giải mã.

13. Thiết bị theo điểm 11 hoặc 12, trong đó bộ xử lý kết xuất (33) bao gồm phương tiện lưu trữ để lưu trữ ma trận giải mã để sử dụng sau.

14. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 13, trong đó bộ làm tròn và chia tỷ lệ (145) hoạt động theo phương pháp làm tròn thứ nhất nếu $L \geq O_{3D}$, và phương pháp làm tròn thứ hai khác nếu $L < O_{3D}$, với $O_{3D} = (N+1)^2$, và trong đó thu được ma trận giải mã được làm tròn ($\widehat{D}$) mà sau đó được chia tỷ lệ để thu được ma trận giải mã được làm tròn và được chia tỷ lệ (D).

15. Thiết bị theo điểm 14, trong đó trong phương pháp làm tròn thứ hai, các hệ số gia trọng $\mathbf{h}$ được tạo cấu trúc từ các phần tử của cửa sổ Kaiser theo $\mathbf{h} = c_f [\mathcal{K}_{N+1}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+2}, \mathcal{K}_{N+3}, \mathcal{K}_{N+3}, \dots, \mathcal{K}_{2N}]^T$, trong đó mọi phần tử $\mathcal{K}_{N+1+n}$ được lặp lại $2n + 1$ lần với chỉ số bậc HOA $n = 0..N$ và c_f là hệ số chia tỷ lệ không đổi.

16. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 15, trong đó ngưỡng tùy thuộc vào các giá trị thực tế của ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kì dị.

17. Thiết bị theo điểm 16, trong đó ngưỡng tùy thuộc vào phần tử tối đa S_1 của ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kì dị.

18. Thiết bị theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 17, trong đó ma trận giải mã thứ nhất ($\widehat{D}$) được làm tròn trong bộ làm tròn (144) để thu được ma trận giải mã được làm tròn ($\widehat{D}$), và việc chia tỷ lệ được thực hiện trong bộ chia tỷ lệ (145) với hệ số chia tỷ lệ không đổi c_f mà thu được từ chuẩn Frobenius của ma trận giải mã được làm tròn ($\widehat{D}$) theo $c_f = \frac{1}{\sqrt{\sum_{l=1}^L \sum_{q=1}^{O_{3D}} |\tilde{d}_{l,q}|^2}}$, trong đó $\tilde{d}_{l,q}$ là phần tử ma trận ở dòng l và cột q của ma trận giải mã được làm tròn ($\widehat{D}$).

19. Vật ghi đọc được bằng máy tính lưu trữ trên đó các lệnh thực thi được khiến cho máy tính thực hiện phương pháp giải mã dạng biểu diễn trường âm thanh (audio sound field representation) để phát lại âm thanh, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

đệm (31) các mẫu thời gian HOA nhận được $b(t)$, trong đó các khối gồm M mẫu và chỉ số thời gian μ được tạo thành;

lọc (32) các hệ số $B(\mu)$ để thu được các hệ số lọc tần số $\widehat{B}(\mu)$;

kết xuất (33) các hệ số lọc tần số $\hat{B}(\mu)$ đến miền không gian bằng cách sử dụng ma trận giải mã D , trong đó thu được tín hiệu không gian $W(\mu)$;

đệm và nội tiếp hóa (34) tín hiệu không gian $W(\mu)$, trong đó thu được các mẫu thời gian $w(t)$ cho L kênh;

làm trễ (35) các mẫu thời gian $w(t)$ theo cách riêng lẻ với mỗi trong số L kênh trong các đường trễ, trong đó thu được L tín hiệu số (355); và

chuyển đổi số thành tương tự và khuếch đại (36) L tín hiệu số (355), trong đó thu được L tín hiệu loa phóng thanh tương tự (365), trong đó ma trận giải mã (D) của bước kết xuất (33) là thích hợp để kết xuất theo cách bố trí cho trước của các loa đích và thu được bằng các bước

thu được (11) số lượng (L) loa đích và các vị trí ($\mathfrak{D}_L$) của các loa này;

xác định các vị trí của lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) liên quan đến bậc HOA (N) theo các mẫu thời gian HOA nhận được $b(t)$;

tạo ra ma trận hỗn hợp (G) từ các vị trí của lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) và các vị trí của các loa ($\mathfrak{D}_L$);

tạo ra ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$) từ lưới mô hình hình cầu ($\mathfrak{D}_S$) và bậc HOA (N);

thực hiện khai triển giá trị kì dị rút gọn của tích số giữa ma trận kiểu ($\tilde{\Psi}$) với ma trận hỗn hợp chuyển vị Hermitian (G) theo $U S V^H = \tilde{\Psi} G^H$, trong đó U, V thu được từ các ma trận đơn nguyên và S là ma trận đường chéo có các phần tử giá trị kì dị;

tính toán ma trận giải mã thứ nhất $\hat{D}$ từ các ma trận U, V theo $\hat{D} = V \hat{S} U^H$, trong đó $\hat{S}$ là ma trận khai triển giá trị kì dị rút gọn cắt cụt mà là ma trận đơn vị hoặc ma trận đường chéo biến đổi, ma trận đường chéo biến đổi được suy ra từ ma trận đường chéo nói trên với các phần tử giá trị kì dị bằng cách thay thế các phần tử giá trị kì dị lớn hơn hoặc bằng ngưỡng bằng các số 1, và thay thế các phần tử giá trị kì dị mà nhỏ hơn ngưỡng bằng các số 0; và

làm tròn và chia tỷ lệ ma trận giải mã thứ nhất ($\hat{D}$) với các hệ số làm tròn (h), trong đó thu được ma trận giải mã (D).

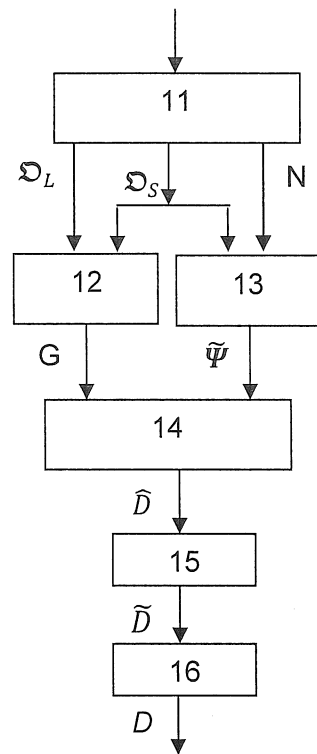


Fig.1

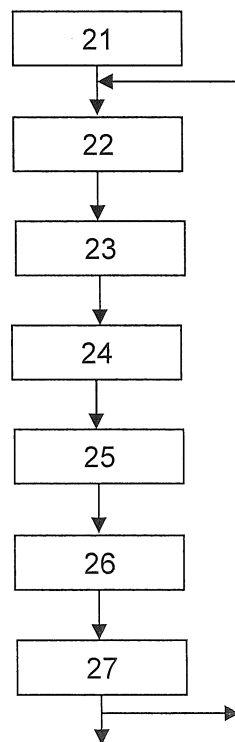


Fig.2

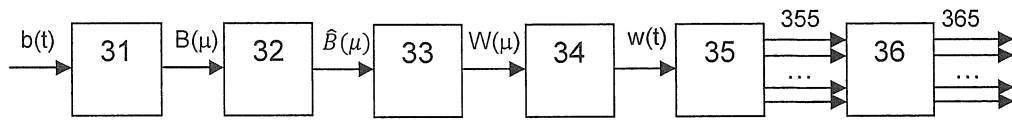
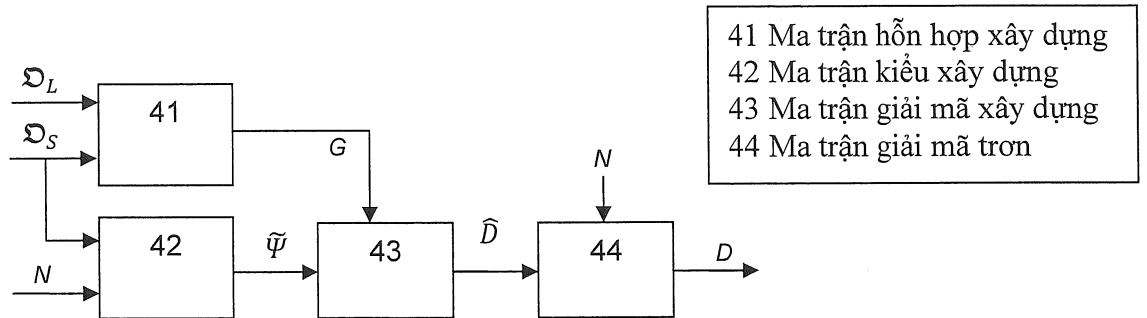
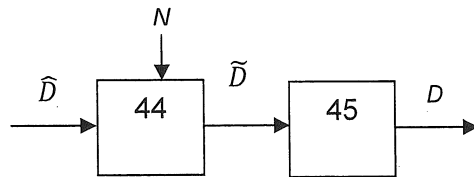


Fig.3



a)



b)

Fig.4

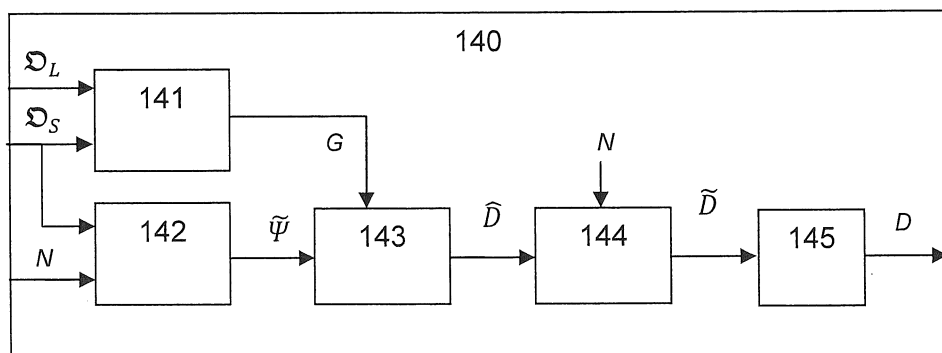


Fig.5

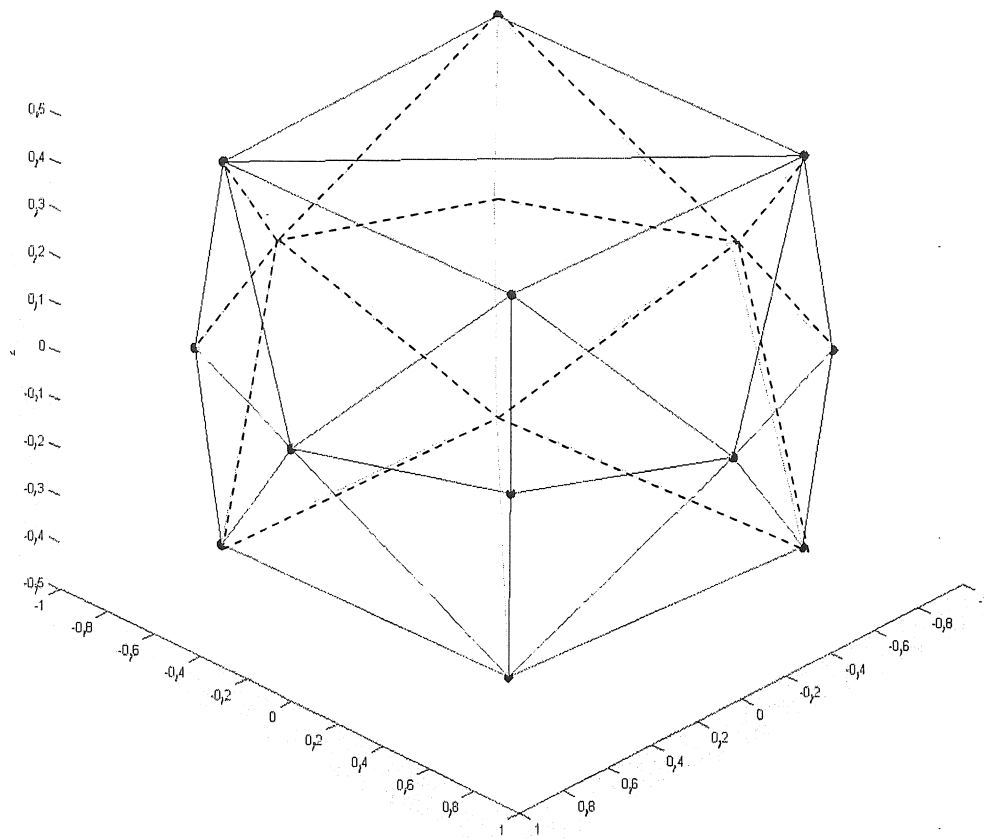


Fig.6

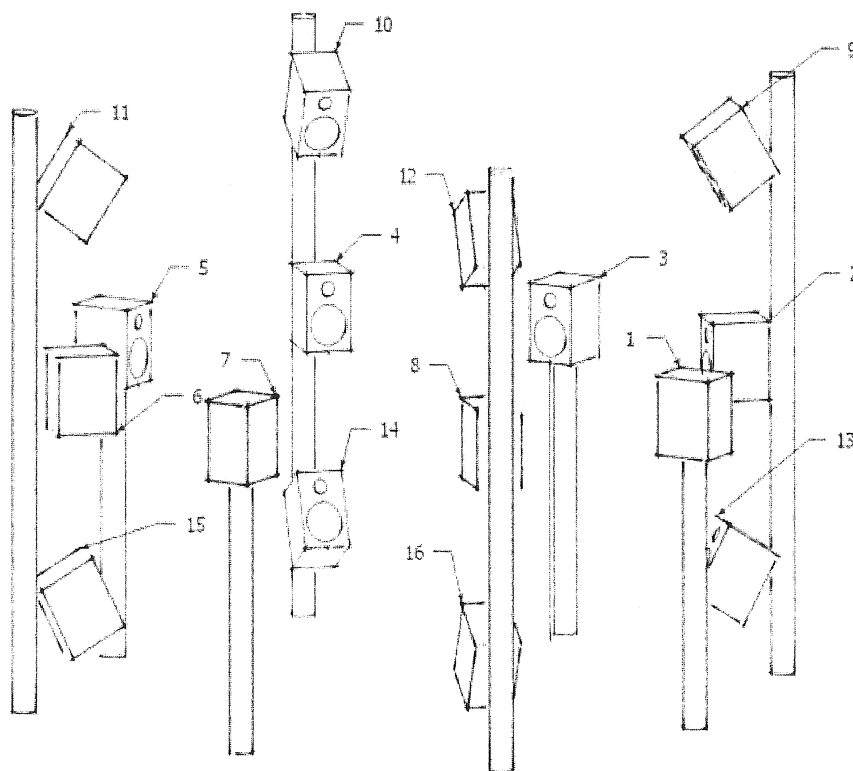


Fig.7

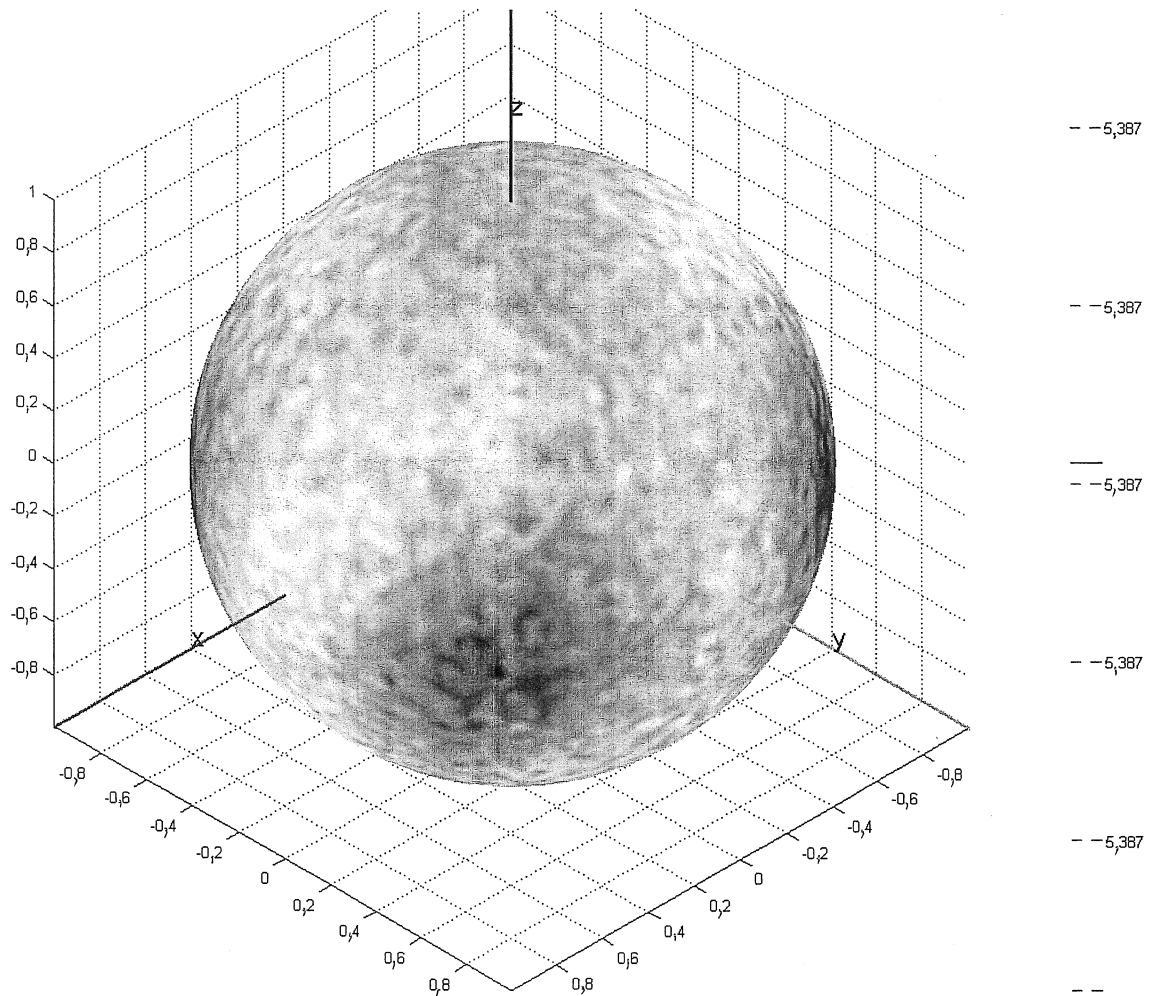


Fig.8

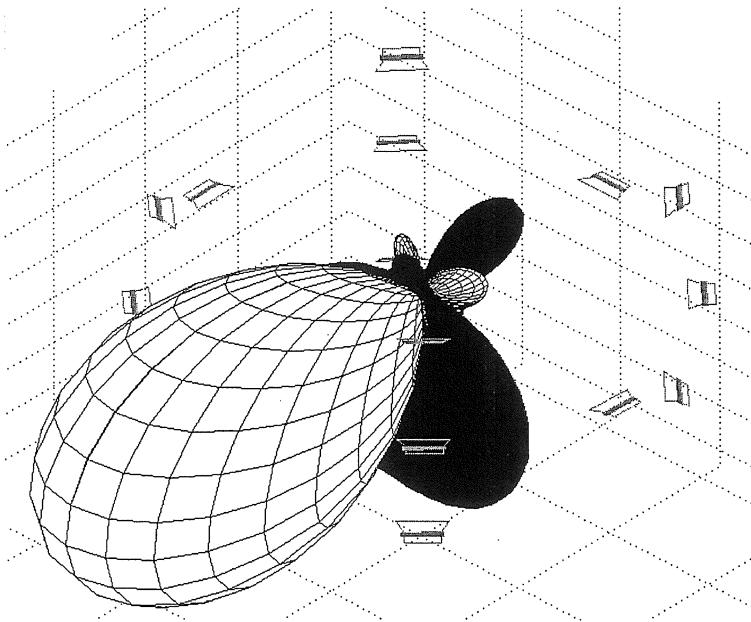


Fig.9

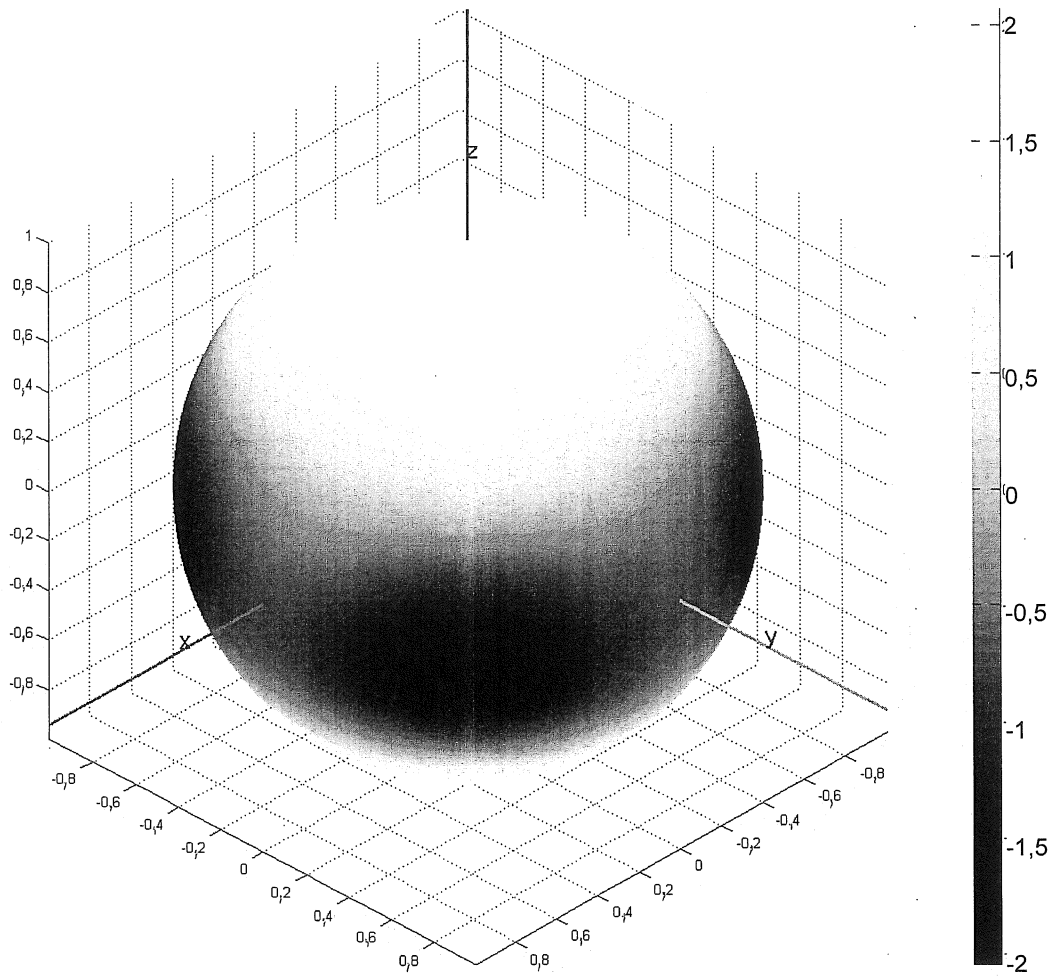


Fig.10

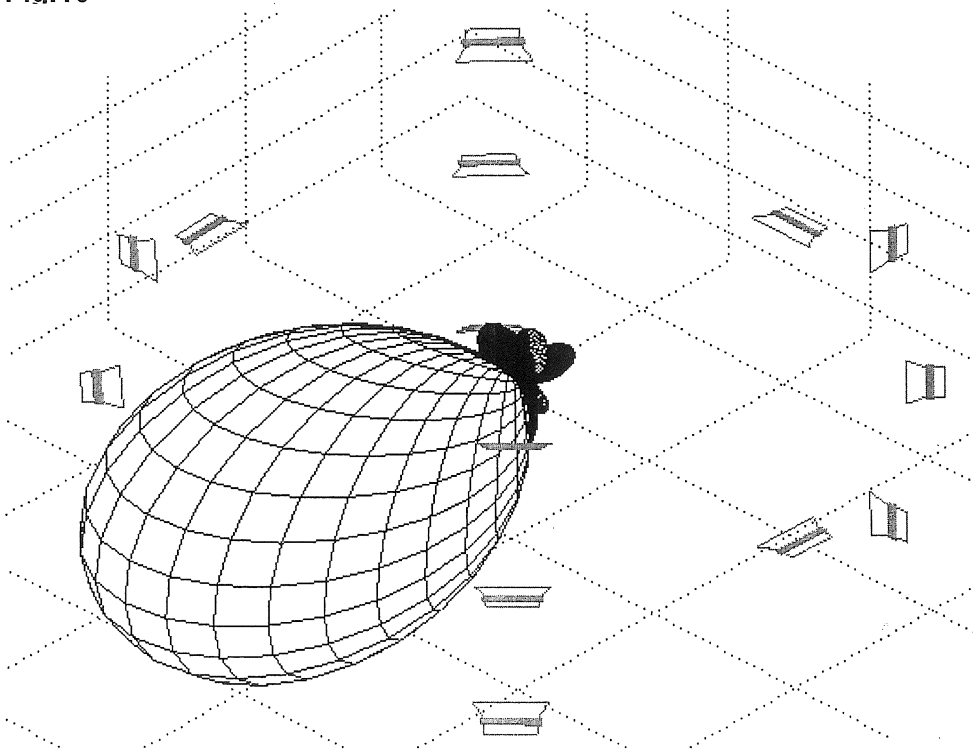


Fig.11

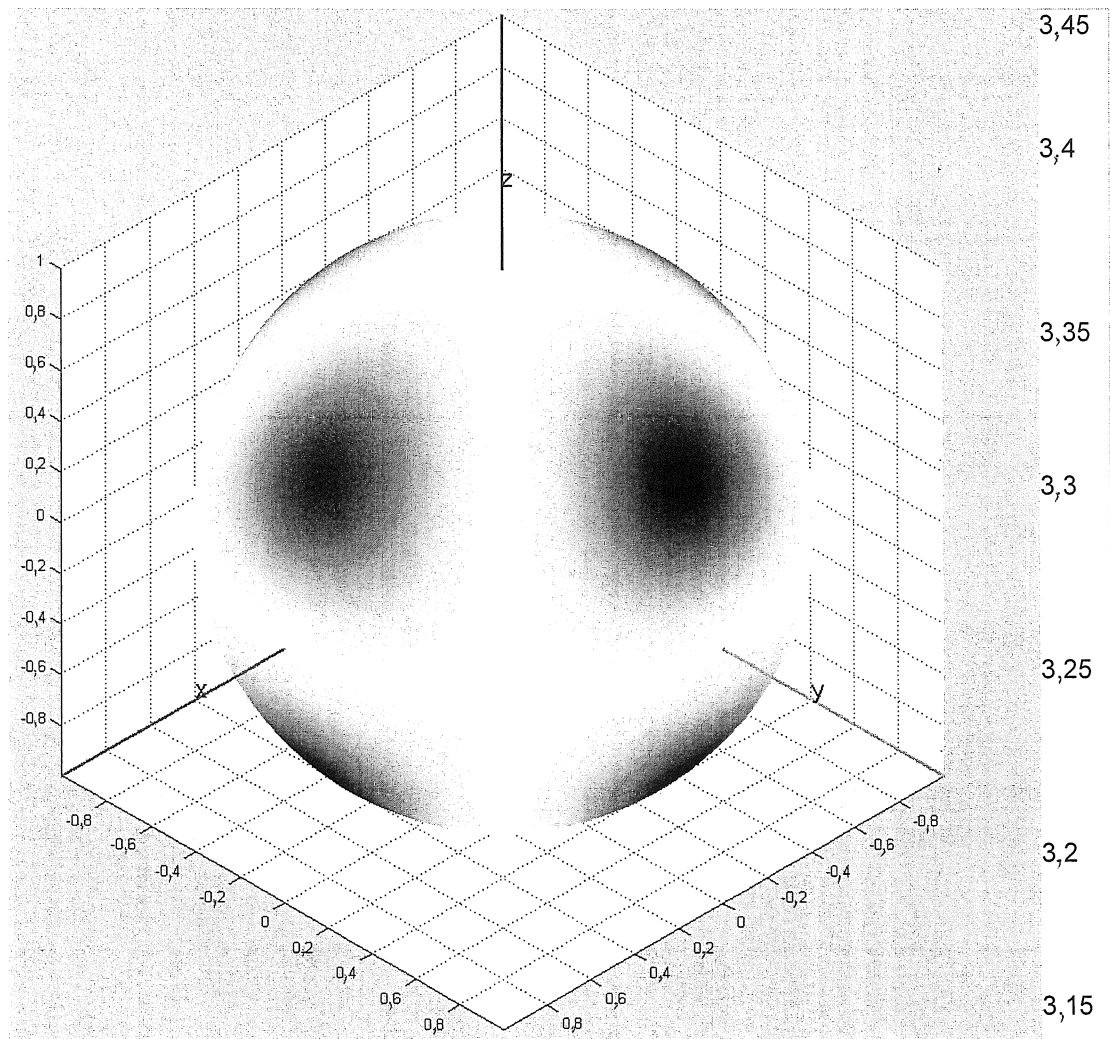


Fig.12

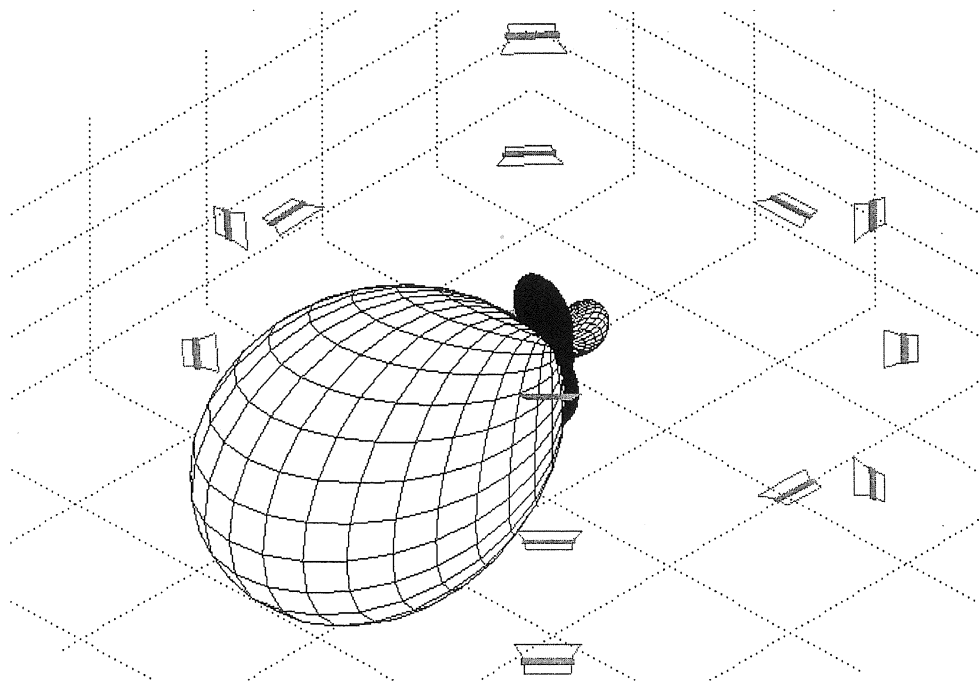


Fig.13