



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 24 896 T2** 2005.09.29

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 932 325 B1**

(51) Int Cl.⁷: **H04S 1/00**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 24 896.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 300 468.8**

(96) Europäischer Anmeldetag: **22.01.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.07.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **27.04.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **29.09.2005**

(30) Unionspriorität:

2651298	23.01.1998	JP
3430198	30.01.1998	JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL

(73) Patentinhaber:

Onkyo Corp., Neyagawa, Osaka, JP

(72) Erfinder:

**Kasai, Joji, Neyagawa-shi, Osaka 572-8540, JP;
Sadaie, Koichi, Neyagawa-shi, Osaka 572-8540,
JP; Toyofuku, Kenichiro, Neyagawa-shi, Osaka
572-8540, JP; Takemura, Kazumasa,
Neyagawa-shi, Osaka 572-8540, JP; Nakatake,
Tetsuro, Neyagawa-shi, Osaka 572-8540, JP**

(74) Vertreter:

Arth, Bucher & Kollegen, 82152 Planegg

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zur Schallbildlokalisierung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Lokalisierung eines Schallbildes.

[0002] Herkömmlich umfasst ein Heim-Fernsehgerät (TV-Gerät), welches zur stereophonen Audiowiedergabe geeignet ist, ein Lautsprecherpaar (also einen linken Lautsprecher und einen rechten Lautsprecher). Da solch ein TV-Gerät jedoch nur eine begrenzte Breite zum Installieren der Lautsprecher darin hat, ist es nicht möglich, eine stereophone Audiowiedergabe auf zufriedenstellendem Niveau zu genießen. Falls ein solches TV-Gerät ferner ein "Surround-System" benutzt, ist es oft schwierig, Surround-Lautsprecher bereitzustellen.

[0003] In einem solchen Fall werden die Audiosignale einem Prozess zur Schallbildlokalisierung unterworfen (z.B. durch Verwendung einer kopfbezogenen Übertragungsfunktion (head-related transfer function, HRTF)) und die so verarbeiteten Signale den Lautsprechern derart zugeführt, dass das Schallbild (i.e. virtuelle Lautsprecher) an Stellen lokalisiert ist, wo die Lautsprecher eigentlich nicht aufgestellt sind. Die virtuellen Lautsprecher erwecken beim Hörer den Eindruck, dass der Abstand zwischen den tatsächlich aufgestellten Lautsprechern größer ist oder dass der wiedergegebene Klang von der Seite oder von hinten kommt, obwohl eigentlich nur zwei frontseitige Lautsprecher vor dem Hörer aufgestellt sind.

[0004] Im allgemeinen ist es im Falle eines sich bewegenden Schallbildes relativ einfach, das Schallbild an einer bestimmten Position zu lokalisieren, obwohl dies auch vom Hörer abhängt. Im Gegensatz dazu ist es im Falle eines statischen Schallbildes schwierig, das Schallbild an einer bestimmten Position zu lokalisieren.

[0005] Um das oben genannte Problem zu lösen, ist eine Technik vorgeschlagen worden, die den Hörer ein Schallbild an einer bestimmten Position erkennen lässt. Wenn diese bestimmte Position in einem Winkel θ in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite des Hörers lokalisiert ist, dann umfasst diese Technik das Erstellen (i) eines ersten verarbeiteten Signals zur Lokalisierung des Schallbildes an einer ersten Lokalisierungsposition, die in einem Winkel in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite des Hörers lokalisiert ist, wobei $\theta_1 < \theta$ ist, und (ii) eines zweiten verarbeiteten Signals zur Lokalisierung des Schallbildes an einer zweiten Lokalisierungsposition, die in einem Winkel θ_2 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite des Hörers lokalisiert ist, wobei $\theta_2 > \theta$ ist, sowie das abwechselnde Zuführen des ersten und des zweiten verarbeitenden Signals zu den Lautsprechern, um das Schallbild abwechselnd an der ersten und der zweiten Lokalisierungsposition zu

lokalisieren, und somit den Hörer das Schallbild an der vorgegebenen Position erkennen zu lassen.

[0006] Allerdings vermittelt eine solche Technik dem Hörer ein relativ unnatürliches Hörgefühl aufgrund der Regelmäßigkeit der abwechselnden Schallbildlokalisierung um die vorgegebene Position.

[0007] Wie oben ausgeführt besteht ein dringender Bedarf für eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Schallbildlokalisierung, welche ein natürliches Hörgefühl vermitteln.

[0008] Wie auch das aus der Japanischen Offenlegung JP-A-04030700 und Patent Abstracts of Japan Vol. 016 No. 200 (E-7201) von 13. Mai 1992 bisher bekannte Verfahren, enthält das Verfahren der vorliegenden Erfindung die folgenden Schritte, nämlich das Anordnen eines linken Lautsprechers und eines rechten Lautsprechers vor einem Hörer; Ausführen eines Schallbildlokalisierungsprozess an einem Audiosignal durch Herstellen eines ersten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer ersten Lokalisierungsposition lokalisiert, und eines zweiten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer zweiten Lokalisierungsposition lokalisiert; Multiplizieren eines der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit einem Koeffizienten k , der in einem Bereich von 0 bis 1 variiert; Multiplizieren des anderen der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit einem Koeffizienten $1-k$; und Addieren des verarbeiteten Signals, das mit dem Koeffizienten k multipliziert wurde, und des verarbeiteten Signals, das mit dem Koeffizienten $1-k$ multipliziert wurde; und Zuführen des verarbeiteten Signals zum linken und rechten Lautsprecher, um das Schallbild an einer vorgegebenen Position zu lokalisieren; wobei, wenn die vorgegebene Position sich in einem Winkel θ in einer umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite des Hörers befindet, dann ist die erste Lokalisierungsposition in der Nähe der vorgegebenen Position und befindet sich in einem Winkel θ_1 in der umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite des Hörers, wobei $\theta_1 < \theta$, und die zweite Lokalisierungsposition ist in der Nähe der vorgegebenen Position und befindet sich in einem Winkel θ_2 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite des Hörers, wobei $\theta_2 > \theta$.

[0009] Nach der vorliegenden Erfindung ist das oben beschriebene Verfahren dadurch gekennzeichnet, dass der Schritt des Multiplizierens mit dem Koeffizienten k durchgeführt wird mit einem Koeffizienten, der zufallsbedingt im Bereich 0 bis 1 variiert.

[0010] In einer Ausführungsform der Erfindung hat das Spektrum des Koeffizienten k eine $1/f$ -Charakteristik.

[0011] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung beinhaltet die Herstellung des Koeffizienten k die Ausgabe eines Zufallssignals mit rechteckiger Pulsform, einer Höhe von 1 und zufälliger Pulsweite und -abstand, und das Integrieren des Zufallssignals in einem Integrationsschaltkreis.

[0012] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung beinhaltet die Herstellung des Koeffizienten k das Quadrieren des Audiosignals mit einem Quadrierer, und Filtern des quadrierten Signals mit einem Tiefpassfilter.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform der Erfindung ist das Audiosignal ein stereophones Zweikanalsignal, und das Signal zum Herstellen des Koeffizienten wird von dem einen oder dem anderen der Kanalsignale, einem Summensignal der beiden Kanäle oder einem Differenzsignal der beiden Kanäle ausgewählt.

[0014] Nach einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Vorrichtung zur Lokalisierung eines Schallbildes wie aus der JP-A-04030700 bereitgestellt, welche enthält: einen linken und einen rechten Lautsprecher, die vor einem Hörer anzuordnen sind; Mittel zur Durchführung eines Schallbildlokalisierungsprozesses an einem Audiosignals, umfassend Mittel zum Herstellen eines ersten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer ersten Lokalisierungsposition lokalisiert, und Mittel zum Herstellen eines zweiten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer zweiten Lokalisierungsposition lokalisiert;
Mittel zum Herstellen eines Koeffizienten k , der in einem Bereich von 0 bis 1 variiert;
Mittel zum Multiplizieren eines der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit dem Koeffizienten k ;
Mittel zum Multiplizieren des anderen Signals mit einem Koeffizienten $1-k$;
Mittel zum Addieren des verarbeiteten Signals, das mit dem Koeffizienten k multipliziert wurde, mit dem verarbeiteten Signal, das mit dem Koeffizienten $1-k$ multipliziert wurde, und zum Zuführen des addierten Signals zum linken und rechten Lautsprecher, um das Schallbild an einer vorgegebenen Position zu lokalisieren;
wobei, wenn die vorgegebene Position sich in einem Winkel θ in einer umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite des Hörers befindet, dann ist die erste Lokalisierungsposition in der Nähe der vorgegebenen Position und befindet sich in einem Winkel θ_1 in der umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite des Hörers, wobei $\theta_1 < \theta$ ist, und die zweite Lokalisierungsposition ist in der Nähe der vorgegebenen Position und befindet sich in einem Winkel θ_2 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite des Hörers, wobei $\theta_2 > \theta$ ist.

[0015] Nach der vorliegenden Erfindung, ist die

oben beschriebene Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Herstellen eines Koeffizienten k Mittel (PR, SC1, SK, L; SE, SQ, SC2, LPF) sind, die als Koeffizienten k einen Koeffizienten herstellen, der zufallsbedingt im Bereich von 0 bis 1 variiert.

[0016] Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Audiosignalprozessor wie in Anspruch 7 der hierzu angefügten Ansprüche definiert bereitgestellt.

[0017] Somit ermöglicht die hierin beschriebene Erfindung die folgenden Vorteile: (1) Bereitstellen einer Vorrichtung zur Lokalisierung eines Schallbildes, die ein natürliches Hörgefühl vermittelt; und (2) ein Verfahren zur Lokalisierung eines Schallbildes, welches ein natürliches Hörgefühl vermittelt.

[0018] Diese und andere Vorteile der vorliegenden Erfindung werden dem Fachmann nach Lektüre und Verstehen der folgenden detaillierten Beschreibung unter Zuhilfenahme der beiliegenden Figuren ersichtlich.

[0019] In den beigefügten Figuren sind:

[0020] [Fig. 1](#) ein Blockdiagramm, welches eine Ausführungsform einer Vorrichtung zur Lokalisierung eines Schallbildes nach der vorliegenden Erfindung veranschaulicht;

[0021] [Fig. 2](#) ein Diagramm, welches einen Prozess zur Lokalisierung eines Schallbildes unter Verwendung einer Vorrichtung nach [Fig. 1](#) veranschaulicht;

[0022] [Fig. 3](#) ein Blockdiagramm, welches ein Beispiel für erste und zweite Mittel zur Signalverarbeitung nach [Fig. 1](#) veranschaulicht;

[0023] [Fig. 4](#) ein Blockdiagramm, welches ein anderes Beispiel für erste und zweite Mittel zur Signalverarbeitung nach [Fig. 1](#) veranschaulicht;

[0024] [Fig. 5](#) ein Blockdiagramm, welches ein Beispiel für Mittel zum Herstellen des Koeffizienten k aus [Fig. 1](#) veranschaulicht;

[0025] [Fig. 6A](#) zeigt eine Ausgabe aus einem Zufallssignalgenerator nach [Fig. 5](#);

[0026] [Fig. 6B](#) zeigt eine Ausgabe aus einem Integrationsschaltkreis nach [Fig. 5](#);

[0027] [Fig. 7](#) ist ein Blockdiagramm, welches ein weiteres Beispiel für Mittel zum Herstellen des Koeffizienten k aus [Fig. 1](#) veranschaulicht;

[0028] [Fig. 8A](#) zeigt eine Ausgabe eines signalauswählenden Schaltkreises aus [Fig. 7](#);

[0029] [Fig. 8B](#) zeigt eine Ausgabe eines Quadriers aus [Fig. 7](#);

[0030] [Fig. 8C](#) zeigt eine Ausgabe eines Tiefpassfilters aus [Fig. 7](#);

[0031] [Fig. 9](#) ist ein schematisches Diagramm, welches die Beziehung zwischen θ_1 , θ_2 und θ nach der vorliegenden Erfindung veranschaulicht.

[0032] Eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im folgenden beschrieben. Dabei stellen die folgenden Erläuterungen nur ein Beispiel dar.

[0033] Unter Bezugnahme auf die [Fig. 1](#) bis [Fig. 9](#) wird eine bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

[0034] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, welches eine Vorrichtung nach dieser Ausführungsform veranschaulicht. Die Vorrichtung zur Lokalisierung eines Schallbildes (virtuelle Lautsprecher-Prozessvorrichtung) umfasst erste und zweite Eingänge **1** und **2**, in die ein Audiosignal eingegeben wird, einen ersten Ausgang **3**, der mit einem linken Lautsprecher SPL verbunden ist, und einen zweiten Ausgang **4**, der mit einem rechten Lautsprecher SPR verbunden ist. Obwohl in [Fig. 1](#) beispielhaft ein stereophones Zweikanal-Signal als Audiosignal dargestellt ist, kann das Audiosignal stattdessen auch ein monophones Signal sein.

[0035] [Fig. 2](#) zeigt eine Anordnung der Lautsprecher SPL und SPR. Wie in [Fig. 2](#) dargestellt, sind ein Lautsprecherpaar (also ein linker Lautsprecher SPL und ein rechter Lautsprecher SPR) vor einem Hörer M angeordnet.

[0036] Wie in [Fig. 9](#) dargestellt, lässt die Vorrichtung zur Schallbildlokalisierung den Hörer M ein Schallbild an einer vorgegebenen Position P erkennen. Hierbei befindet sich die Position P in einem Winkel θ in umlaufender Richtung (gegen den Uhrzeigersinn) weg von der Vorderseite F des Hörers M. Diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beinhaltet (1) das Lokalisieren eines Schallbildes (eines virtuellen Lautsprechers) an einer ersten Lokalisierungsposition P1, die in der Nähe der vorgegebenen Position P ist und sich in einem Winkel θ_1 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite F des Hörers befindet, wobei $\theta_1 < \theta$ ist; und (2) das Lokalisieren eines Schallbildes (eines virtuellen Lautsprechers) an einer zweiten Lokalisierungsposition P2, die in der Nähe der vorgegebenen Position P ist und sich in einem Winkel θ_2 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite F des Hörers befindet, wobei $\theta_2 > \theta$ ist.

[0037] Wie ebenfalls in [Fig. 9](#) dargestellt, wenn sich

die Position P in einem Winkel $-\theta$ in der anderen umlaufenden Richtung (also im Uhrzeigersinn) weg von der Vorderseite F des Hörers befindet, dann beinhaltet diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung (1) das Lokalisieren eines Schallbildes (eines virtuellen Lautsprechers) an einer ersten Lokalisierungsposition P1, die in der Nähe der vorgegebenen Position P ist und sich in einem Winkel $-\theta_1$ in der umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite F des Hörers befindet; und (2) das Lokalisieren eines Schallbildes (eines virtuellen Lautsprechers) an einer zweiten Lokalisierungsposition P2, die in der Nähe der vorgegebenen Position P ist und sich in einem Winkel $-\theta_2$ in der umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite F des Hörers befindet.

[0038] Die Differenz zwischen θ und θ_1 kann gleich oder verschieden sein zur Differenz zwischen θ und θ_2 . Die Differenz zwischen θ und θ_1 bzw. die Differenz zwischen θ und θ_2 kann jedes angemessene Winkelmaß betragen und kann typischerweise bis zu 30 Grad betragen.

[0039] Die Vorrichtung zur Schallbildlokalisierung beinhaltet ferner erste Mittel zur Signalverarbeitung (erste Mittel zur virtuellen Lautsprecher-Verarbeitung) **11** sowie zweite Mittel zur Signalverarbeitung (zweite Mittel zur virtuellen Lautsprecher-Verarbeitung) **12**. Die ersten und die zweiten Mittel sind mit den Eingängen **1** und **2** verbunden. Die ersten Mittel zur Signalverarbeitung **11** werden zur Lokalisierung des Schallbildes an einer ersten Lokalisierungsposition P1 verwendet und geben ein erstes L-Signal für den linken Lautsprecher SPL sowie ein erstes R-Signal für den rechten Lautsprecher SPR aus. Die zweiten Mittel zur Signalverarbeitung **12** werden zur Lokalisierung des Schallbildes an einer zweiten Lokalisierungsposition P2 verwendet und geben ein zweites L-Signal für den linken Lautsprecher SPL sowie ein zweites R-Signal für den rechten Lautsprecher SPR aus.

[0040] Die ersten und zweiten Mittel **11** und **12** zur Signalverarbeitung sind typischerweise Schaltkreise zur Signalverarbeitung. Die Mittel **11** und **12** können beispielsweise ein "Lattice"-Filter oder ein "Shuffler"-Filter sein. Genauer gesagt, kann die Vorrichtung zur Schallbildlokalisierung ein Paar "Lattice"-Filter oder ein Paar "Shuffler"-Filter beinhalten. Ein Verfahren zur Lokalisierung eines Schallbildes, welches dem Hörer ein "Surround"-Gefühl durch die Verwendung solcher Filter vermittelt, ist bereits von den Erfindern vorgeschlagen worden.

[0041] Wie in [Fig. 3](#) dargestellt, enthält ein "Lattice"-Filter: (i) einen ersten L-Filterabschnitt (einen ersten L-Signalverarbeitungsabschnitt) F1 L, der mit einem ersten Eingang **1** verbunden ist und ein Ausgangssignal für den linken Lautsprecher SPL ausgibt; (ii) einen ersten R-Filterabschnitt (einen ersten

R-Signalverarbeitungsabschnitt) F1 R, der mit dem ersten Eingang **1** verbunden ist und ein Ausgangssignal für den rechten Lautsprecher SPR ausgibt; (iii) einen zweiten L-Filterabschnitt (einen zweiten L-Signalverarbeitungsabschnitt) F2L, der mit einem zweiten Eingang **2** verbunden ist und ein Ausgangssignal für den linken Lautsprecher SPL ausgibt; (iv) einen zweiten R-Filterabschnitt (einen zweiten R-Signalverarbeitungsabschnitt) F2R, der mit dem zweiten Eingang **2** verbunden ist und ein Ausgangssignal für den rechten Lautsprecher SPR ausgibt; (v) Addiermittel M8, die die Ausgangssignale der ersten und der zweiten L-Filterabschnitte F1 L und F2L addieren, um so ein erstes L-verarbeitetes Signal oder ein zweites L-verarbeitetes Signal herzustellen; (vi) Addiermittel M9, die die Ausgangssignale der ersten und der zweiten R-Filterabschnitte F1 R und F2R addieren, um so ein erstes R-verarbeitetes Signal oder ein zweites R-verarbeitetes Signal herzustellen. Die Übertragungsfunktionen des ersten L-Filterabschnittes F1L, des ersten R-Filterabschnittes F1 R, des zweiten L-Filterabschnittes F2L und des zweiten R-Filterabschnittes F2R, sind als H_{11} , H_{12} , H_{21} bzw. H_{22} definiert. Die Übertragungsfunktionen werden nachfolgend im einzelnen beschrieben.

[0042] So werden beispielsweise, für den Fall der Lokalisierung des Schallbildes (i.e., der virtuellen linken und rechten Lautsprecher) ZL und ZR an Positionen seitlich oder hinter dem Hörer M, wie in [Fig. 2](#) dargestellt, die Übertragungsfunktionen H_{11} , H_{12} , H_{21} und H_{22} des ersten L-Filterabschnittes F1L, des ersten R-Filterabschnittes F1 R, des zweiten L-Filterabschnittes F2L, und des zweiten R-Filterabschnittes F2R unter Verwendung der kopfbezogenen Übertragungsfunktionen h_{LL} , h_{LR} , h_{RL} , h_{RR} , $h_{L'L}$, $h_{L'R}$, $h_{R'L}$ und $h_{R'R}$ bestimmt. Hierbei ist h_{LL} eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom linken Lautsprecher SPL zum linken Ohr des Hörers M, und h_{LR} ist eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom linken Lautsprecher SPL zum rechten Ohr des Hörers M; h_{RL} ist eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom rechten Lautsprecher SPR zum linken Ohr des Hörers M, und h_{RR} ist eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom rechten Lautsprecher SPR zum rechten Ohr des Hörers M; $h_{L'L}$ ist eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom virtuellen linken Lautsprecher ZL zum linken Ohr des Hörers M, und $h_{L'R}$ ist eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom virtuellen linken Lautsprecher ZL zum rechten Ohr des Hörers M; $h_{R'L}$ ist eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom virtuellen rechten Lautsprecher ZR zum linken Ohr des Hörers M, und $h_{R'R}$ ist eine kopfbezogene Übertragungsfunktion vom virtuellen rechten Lautsprecher ZR zum rechten Ohr des Hörers M. Dabei ist die Rechenprozedur wie folgt.

[0043] Zunächst werden eine Matrix $[h]$ der kopfbezogenen Übertragungsfunktionen von den Lautsprechern SPL und SPR zu den Ohren des Hörers M,

eine Matrix $[h']$ der kopfbezogenen Übertragungsfunktionen von den virtuellen Lautsprechern ZL und ZR zu den Ohren des Hörers M, und eine Matrix $[H]$ des Lattice-Filters definiert.

$$[h] = \begin{bmatrix} h_{LL} & h_{LR} \\ h_{RL} & h_{RR} \end{bmatrix}^T \quad (1)$$

$$[h'] = \begin{bmatrix} h_{L'L} & h_{L'R} \\ h_{R'L} & h_{R'R} \end{bmatrix}^T \quad (2)$$

$$[H] = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix}^T \quad (3)$$

[0044] Nach der in den [Fig. 2](#) und [Fig. 3](#) dargestellten Beziehung ist die folgende Gleichung erfüllt:

$$[h'] = [h][H] \quad (4)$$

[0045] Wenn $|h| \neq 0$, dann kann die nachfolgende Gleichung (5) von der Gleichung (4) abgeleitet werden:

$$[H] = [h]^{-1}[h'] \quad (5)$$

[0046] Die Übertragungsfunktionen H_{11} , H_{12} , H_{21} und H_{22} des ersten L-Filterabschnittes F1L, des ersten R-Filterabschnittes F1R, des zweiten L-Filterabschnittes F2L und des zweiten R-Filterabschnittes F2R können unter Verwendung der Gleichung (5) wie folgt bestimmt werden:

$$H_{11} = (h_{RR}h_{L'L} - h_{RL}h_{L'R})/(h_{LL}h_{RR} - h_{LR}h_{RL}) \quad (6)$$

$$H_{12} = (h_{LL}h_{L'R} - h_{LR}h_{L'L})/(h_{LL}h_{RR} - h_{LR}h_{RL}) \quad (7)$$

$$H_{21} = (h_{RR}h_{R'L} - h_{RL}h_{R'R})/(h_{LL}h_{RR} - h_{LR}h_{RL}) \quad (8)$$

$$H_{22} = (h_{LL}h_{R'R} - h_{LR}h_{R'L})/(h_{LL}h_{RR} - h_{LR}h_{RL}) \quad (9)$$

[0047] Alternativ dazu enthält ein Shuffler-Filter, wie in [Fig. 4](#) gezeigt: einen ersten Filterabschnitt (einen ersten Signalverarbeitungsabschnitt) F1; einen zweiten Filterabschnitt (einen zweiten Signalverarbeitungsabschnitt) F2; Addiermittel M1, die die in die ersten und zweiten Eingänge **1** und **2** eingegebenen Audiosignale addieren und das so addierte Signal in den ersten Filterabschnitt F1 eingeben; Subtrahiermittel M2, die aus den in die ersten und zweiten Eingänge **1** und **2** eingegebenen Audiosignalen ein Differenzsignal berechnen und die das Differenzsignal in den zweiten Filterabschnitt F2 eingeben; Addier-

mittel M10, die die Ausgangssignale der ersten und zweiten Filterabschnitte F1 und F2 addieren, um so ein erstes L-verarbeitetes Signal oder ein zweites L-verarbeitetes Signal herzustellen; und Subtrahiermittel M11, die das Ausgangssignal des zweiten Filterabschnittes F2 vom Ausgangssignal des ersten Filterabschnittes F1 subtrahieren, um so ein erstes R-verarbeitetes Signal oder ein zweites R-verarbeitetes Signal herzustellen.

[0048] Typischerweise wird der Shuffler-Filter in Fällen gebraucht, wenn die linken und rechten Lautsprecher SPL und SPR sowie die linken und rechten Schallbilder (virtuellen Lautsprecher) ZL und ZR symmetrisch zum Hörer M angeordnet sind.

[0049] Für den oben genannten Fall werden die Übertragungsfunktionen H_{SUM} und H_{DIF} der ersten und zweiten Filterabschnitte F1 und F2 beschrieben. Die Übertragungsfunktionen H_{SUM} und H_{DIF} können unter Verwendung der oben genannten kopfbezogenen Übertragungsfunktionen $h_{\text{LL}}, h_{\text{LR}}, h_{\text{RL}}, h_{\text{RR}}, h_{\text{L'L}}, h_{\text{L'R}}, h_{\text{R'L}} \text{ und } h_{\text{R'R}}$ wie folgt bestimmt werden: Da die (wirklichen und virtuellen) Lautsprecher symmetrisch zum Hörer angeordnet sind, sind zunächst die Beziehungen $h_{\text{LL}} = h_{\text{RR}}, h_{\text{LR}} = h_{\text{RL}}, h_{\text{L'L}} = h_{\text{R'R}}, \text{ und } h_{\text{L'R}} = h_{\text{R'L}}$ in den Gleichungen (6) bis (9) erfüllt. Somit sind $H_{11} = H_{22}$ und $H_{12} = H_{21}$ gegeben.

[0050] Als nächstes, wenn h_a für h_{LL} und h_{RR}, h_b für h_{LR} und h_{RL}, h_a' für $h_{\text{L'L}}$ und $h_{\text{R'R}} \text{ und } h_b'$ für $h_{\text{L'R}}$ und $h_{\text{R'L}}$ genommen wird, dann können die Übertragungsfunktionen H_{SUM} und N_{DIF} mit den folgenden Gleichungen dargestellt werden:

$$H_{\text{SUM}} = (h_a + h_b)/(h_a + h_b)$$

$$H_{\text{DIF}} = (h_a - h_b)/(h_a - h_b)$$

[0051] In [Fig. 1](#) bezeichnen K1L und K1R erste Mittel zur Multiplikation eines L-Koeffizienten bzw. erste Mittel zur Multiplikation eines R-Koeffizienten. Diese ersten Mittel K1L und K1R zur Multiplikation eines L-Koeffizienten bzw. eines R-Koeffizienten multiplizieren das erste L-verarbeitete Signal und das erste R-verarbeitete Signal (welche von den ersten Mitteln zur Signalverarbeitung 11 stammen) mit einem Koeffizienten k. Der Koeffizient k wird zufallsbedingt im Bereich vom 0 bis 1 variiert. K2L und K2R bezeichnen, respektive, zweite Mittel zur Multiplikation eines L-Koeffizienten bzw. zweite Mittel zur Multiplikation eines R-Koeffizienten. Diese zweiten Mittel K2L und K2R zur Multiplikation eines L-Koeffizienten bzw. eines R-Koeffizienten multiplizieren das zweite L-verarbeitete Signal und das zweite R-verarbeitete Signal (welche von den zweiten Mitteln zur Signalverarbeitung 12 stammen) mit einem Koeffizienten 1-k.

[0052] Vorzugsweise zeichnet sich das Spektrum des Koeffizienten k durch eine 1/f-Charakteristik aus.

Da eine 1/f-Charakteristik physiologisch natürlich ist, kann ein unnatürliches Gefühl beim Hörer dadurch eliminiert werden, dass ein Koeffizient mit 1/f-Charakteristik verwendet wird. Ein Verfahren, um einen Koeffizienten mit 1/f-Charakteristik zu bestimmen, wird im folgenden beschrieben.

[0053] Wie in den [Fig. 5, Fig. 6A](#) und [Fig. 6b](#) dargestellt, umfasst das Verfahren die Ausgabe eines M-Sequenzsignals als Zufallssignal von einem Zufallssignalgenerator (z.B. einem digitalen Signalprozessor) PR. Das Signal ist als Pulsreihe ausgebildet, mit rechteckiger Form, einer Höhe von 1, sowie zufälliger Pulsweite und -abständen. Das M-Sequenzsignal wird ein einer Skaliereinheit SC1 mit einem Koeffizienten a_0 multipliziert, um so die Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, dass der Ausgabewert im darauffolgenden Schritt 1 überschreitet, und wird dann, wie in [Fig. 6B](#) dargestellt, in einem Integrationsschaltkreis SK über die Zeit integriert. Der Integrationsschaltkreis SK umfasst: ein Verzögerungsglied J, welches ein Eingangssignal um eine Abtastperiode verzögert; Mittel K4 zum Multiplizieren mit einem Koeffizienten, welche den Ausgang des Verzögerungsglieds J mit einem Koeffizienten b_1 multiplizieren; Addiermittel (z.B. ein Mischer) M4, welche den Ausgang der Mittel K4 zum Multiplizieren mit einem Koeffizienten zum Eingangssignal in den Integrationsschaltkreis SK addieren. Das Ausgangssignal des Integrationsschaltkreises SK wird einem Überlaufbegrenzer L zugeführt, der einen Maximalwert von 1 besitzt, um so einen Koeffizienten K zu erstellen. In diesem Verfahren ist es möglich, die Skaliereinheit SC1 und den Überlaufbegrenzer L auszulassen.

[0054] Ein alternatives Verfahren wird mit Bezugnahme auf die [Fig. 7](#) und [Fig. 8A](#) bis [Fig. 8C](#) beschrieben. Es wird angenommen, dass das Spektrum der meisten Musiksignale oft im Wesentlichen 1/f-Charakteristik aufweist. Daher umfasst das Verfahren in diesem Fall das Zuführen eines Audiosignals (stereophones Zweikanalsignal in [Fig. 7](#)) zu einem signalauswählendem Schaltkreis (z.B. einem Addier- und Subtrahierschaltkreis) SE und das Auswählen eines Signals, um einen Koeffizienten aus einem Signal eines der beiden Kanäle, aus einem Summensignal der beiden Kanäle oder aus einem Differenzsignal der beiden Kanäle herzustellen. Danach wird das ausgewählte Signal (in [Fig. 8A](#) gezeigt) durch ein Quadrierer SQ wie in [Fig. 8B](#) dargestellt quadriert. Das quadrierte Signal wird von einer Skaliereinheit SC2 mit einem geeigneten Koeffizienten multipliziert, um somit die Wahrscheinlichkeit zu reduzieren, dass der Ausgangswert im darauffolgenden Schritt 1 überschreitet. Danach wird das Ausgangssignal der Skaliereinheit SC2 mit einem Tiefpassfilter LPF mit einer Grenzfrequenz von etwa 10 Hz gefiltert, um somit einen Koeffizienten k zu erstellen ([Fig. 8C](#)).

[0055] In [Fig. 1](#) bezeichnen M6 und M7 jeweils Addiermittel (z.B. einen Mischer). Die Addiermittel M6 addieren das erste L-verarbeitete Signal und das zweite L-verarbeitete Signal, welche beide mit dem Koeffizienten multipliziert wurden, und geben das addierte Signal in den linken Lautsprecher SPL. Die Addiermittel M7 addieren das erste R-verarbeitete Signal und das zweite R-verarbeitete Signal, welche beide mit dem Koeffizienten multipliziert wurden, und geben das addierte Signal in den rechten Lautsprecher SPR.

[0056] Um zum Beispiel den Hörer M ein Schallbild bei einer bestimmten Position P in einem Winkel θ (von z.B. 120 Grad) gegen den Uhrzeigersinn weg von der Vorderseite F des Hörers M erkennen zu lassen, umfasst diese Ausführungsform der vorliegenden Erfindung das Herstellen des ersten L-verarbeiteten Signals und des ersten R-verarbeiteten Signals mit den ersten Mitteln **11** zur Signalverarbeitung zum Lokalisieren des Schallbildes an der ersten Lokalisierungsposition P1, die in der Nähe der vorgegebenen Position P ist und sich in einem Winkel θ_1 (von z.B. 90 Grad) gegen den Uhrzeigersinn weg von der Vorderseite F des Hörers befindet; und das Herstellen des zweiten L-verarbeiteten Signals und des zweiten R-verarbeiteten Signals mit den zweiten Mitteln **12** zur Signalverarbeitung zum Lokalisieren des Schallbildes an der zweiten Lokalisierungsposition P2, die in der Nähe der vorgegebenen Position P ist und sich in einem Winkel θ_2 (von z.B. 150 Grad) gegen den Uhrzeigersinn weg von der Vorderseite F des Hörers befindet.

[0057] Als nächstes werden das erste L-verarbeitete Signal und das erste R-verarbeitete Signal mit einem Koeffizienten k (der zufallsbedingt im Bereich von 0 bis 1 variiert wird) multipliziert, und gleichzeitig werden das zweite L-verarbeitete Signal und das zweite R-verarbeitete Signal mit einem Koeffizienten $1-k$ multipliziert. Danach werden das multiplizierte erste L-verarbeitete Signal und das multiplizierte zweite L-verarbeitete Signal mit den Addiermitteln M6 addiert, um dann dem linken Lautsprecher SPL zugeführt zu werden, während gleichzeitig das multiplizierte erste R-verarbeitete Signal und das multiplizierte zweite R-verarbeitete Signal mit den Addiermitteln M7 addiert werden, um dann dem rechten Lautsprecher SPR zugeführt zu werden.

[0058] Dementsprechend werden die ersten und zweiten L-verarbeiteten Signale, die in einem zufallsbedingten Verhältnis addiert wurden, dem linken Lautsprecher SPL zugeführt, während die ersten und zweiten R-verarbeiteten Signale, die in einem zufallsbedingten Verhältnis addiert wurden, dem rechten Lautsprecher SPR zugeführt werden. Die Lautsprecher SPL und SPR geben eine Schallwelle aus. Als Ergebnis ist das Schallbild an einer ersten und einer zweiten Lokalisierungsposition P1 und P2 lokalisiert.

Da ferner die von der ersten Lokalisierungsposition P1 kommende Lautstärke zufallsbedingt variiert wird, besteht nicht die Gefahr, dass dem Hörer M ein unnatürliches Gefühl vermittelt wird.

[0059] Insbesondere wenn der Koeffizient k eine $1/f$ -Charakteristik aufweist, ist die Variation der von der ersten und zweiten Lokalisierungsposition P1 und P2 stammende Lautstärke physiologisch natürlich, so dass dem Hörer ein noch natürlicheres Gefühl vermittelt wird.

[0060] Wie oben beschrieben können mit der vorliegenden Ausführungsform eine Vorrichtung sowie ein Verfahren zur Schallbildlokalisierung bereitgestellt werden, die einen Hörer klar erkennen lassen, dass sich ein Schallbild an einer vorgegebenen Position befindet, und die dem Hörer ein natürliches Gefühl vermitteln.

[0061] Verschiedene andere Modifikationen werden dem Fachmann offensichtlich sein und können vom Fachmann leicht durchgeführt werden, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen. Dementsprechend ist der Umfang der umseitigen Ansprüche nicht durch die obige Beschreibung zu limitieren, sondern die Ansprüche sind weit auszulegen.

Patentansprüche

1. Ein Verfahren zur Lokalisierung eines Schallbildes, mit den folgenden Schritten:
Anordnen eines linken Lautsprechers (SPL) und eines rechten Lautsprechers (SPR) vor einem Hörer;
Ausführen eines Schallbildlokalisierungsprozess an einem Audiosignals, durch Herstellen eines ersten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer ersten Lokalisierungsposition (P1) lokalisiert, und eines zweiten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer zweiten Lokalisierungsposition (P2) lokalisiert;
Multiplizieren eines der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit einem Koeffizienten k, der in einem Bereich von 0 bis 1 variiert;
Multiplizieren des anderen der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit einem Koeffizienten $1-k$;
Addieren des verarbeiteten Signals, das mit dem Koeffizienten k multipliziert wurde, und des verarbeiteten Signals, das mit dem Koeffizienten $1-k$ multipliziert wurde; und
Zuführen des verarbeiteten Signals zum linken und rechten Lautsprecher (SPL, SPR), um das Schallbild an einer vorgegebenen Position (P) zu lokalisieren; wobei wenn die vorgegebene Position sich in einem Winkel θ in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M) befindet, dann ist die erste Lokalisierungsposition (P1) in der Nähe der vorgegebenen Position (P) und befindet sich in einem Winkel θ_1 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M), wobei $\theta_1 < \theta$, und die zweite

Lokalisierungsposition (P2) ist in der Nähe der vorgegebenen Position (P) und befindet sich in einem Winkel θ_2 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M), wobei $\theta_2 > \theta$, das Verfahren **dadurch gekennzeichnet**, dass: der Schritt zur Multiplikation mit dem Koeffizienten k durchgeführt wird mit einem Koeffizienten der zufallsbedingt im Bereich 0 bis 1 variiert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Spektrum des Koeffizienten k eine 1/f-Charakteristik hat.

3. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend die Herstellung des Koeffizienten k durch Erzeugung eines Zufallssignals mit rechteckiger Pulsform, gleichförmiger Höhe und zufälliger Pulsweite und -abstand, und Integrieren des Zufallssignals in einem Integrationsschaltkreis (SK: J, K4, M4).

4. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend die Herstellung des Koeffizienten k durch das Quadrieren des Audiosignals mit einem Quadrierer (SQ), und Filtern des quadrierten Signals mit einem Tiefpassfilter (LPF).

5. Verfahren nach Anspruch 4, ferner umfassend einen Schritt zum Herstellen des Koeffizienten k unter Verwendung eines Signals, wobei das Audiosignal ein stereophones Zweikanalsignal ist, und das Signal zum Herstellen des Koeffizienten k ausgewählt ist von dem einen oder dem anderen der Kanalsignale, der Summe der beiden Kanalsignale und der Differenz der beiden Kanalsignale.

6. Eine Vorrichtung zur Lokalisierung eines Schallbildes, umfassend: einen linken und einem rechten Lautsprecher (SPL, SPR), die vor einem Hörer anzuordnen sind; Mittel (11, 12) zur Durchführung eines Schallbildlokalisierungsprozesses an einem Audiosignals, umfassend Mittel (11) zum Herstellen eines ersten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer ersten Lokalisierungsposition (P1) lokalisiert, und Mittel (12) zum Herstellen eines zweiten verarbeiteten Signals, welches das Schallbild an einer zweiten Lokalisierungsposition (P2) lokalisiert; Mittel zum Herstellen eines Koeffizienten k, der in einem Bereich von 0 bis 1 variiert; Mittel (K1L, K1R) zum Multiplizieren eines der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit dem Koeffizienten k; Mittel (K2L, K2R) zum Multiplizieren des anderen der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit einem Koeffizienten 1-k; Mittel (M6, M7) zum Addieren des verarbeiteten Signals, das mit dem Koeffizienten k multipliziert wurde, mit dem verarbeiteten Signal, das mit dem Koeffizienten 1-k multipliziert wurde, und zum Zuführen des addierten Signals zum linken und rechten Lautsprecher (SPL, SPR), um das Schallbild an einer vorge-

gebenen Position (P) zu lokalisieren; wobei wenn die vorgegebene Position (P) sich in einem Winkel θ in einer umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M) befindet, dann ist die erste Lokalisierungsposition (P1) in der Nähe der vorgegebenen Position und befindet sich in einem Winkel θ_1 in der umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M), wobei $\theta_1 < \theta$, und die zweite Lokalisierungsposition (P2) ist in der Nähe der vorgegebenen Position (P) und befindet sich in einem Winkel θ_2 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M), wobei $\theta_2 > \theta$, die Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass: die Mittel zum Herstellen eines Koeffizienten k Mittel (PR, SC1, SK, L; SE, SQ, SC2, LPF) sind, die als Koeffizienten k einen Koeffizienten herstellen, der zufallsbedingt im Bereich von 0 bis 1 variiert.

7. Audiosignalprozessor, umfassend: Prozessormittel (11, 12, K1L-K2R, M6, M7) zur Durchführung eines Schallbildlokalisierungsprozesses an einem Audiosignals, um ein verarbeitetes Signal herzustellen; und Zuführungsmittel (3, 4) zum Zuführen des verarbeiteten Signals zu linken und rechten Lautsprechern (SPL, SPR), um ein lokalisiertes Schallbild an einer vorgegebenen Position (P) herzustellen; wobei die Prozessormittel umfassen: Mittel (11) zum Herstellen eines ersten verarbeiteten Signals, welches ein lokalisiertes Schallbild an einer ersten Lokalisierungsposition (P1) lokalisiert; Mittel (12) zum Herstellen eines zweiten verarbeiteten Signals, welches ein lokalisiertes Schallbild an einer zweiten Lokalisierungsposition (P2) lokalisiert; Mittel (K1L, K1R) zum Multiplizieren eines der ersten und zweiten verarbeiteten Signale mit einem Koeffizienten k; Mittel (K2L, K2R) zum Multiplizieren des anderen Signals mit einem Koeffizienten 1-k; Mittel (M6, M7) zum Addieren des verarbeiteten Signals, das mit dem Koeffizienten k multipliziert wurde, mit dem verarbeiteten Signal, das mit dem Koeffizienten 1-k multipliziert wurde, und zum Ausgeben des addierten Signals als das verarbeitete Signal an die Zuführungsmittel (3, 4); wobei, wenn die vorgegebene Position (P) sich in einem Winkel θ in einer umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M) befindet, dann ist die erste Lokalisierungsposition (P1) in der Nähe der vorgegebenen Position und befindet sich in einem Winkel θ_1 in der umlaufenden Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M), wobei $\theta_1 < \theta$, und die zweite Lokalisierungsposition (P2) ist in der Nähe der vorgegebenen Position (P) und befindet sich in einem Winkel θ_2 in umlaufender Richtung weg von der Vorderseite (F) des Hörers (M), wobei $\theta_2 > \theta$; der Audiosignalprozessor dadurch gekennzeichnet, durch: Mittel (PR, SC1, SK, L; SE, SQ, SC2, LPF) zum Herstellen des Koeffizienten k als Koeffizienten k, der zu-

fallsbedingt im Bereich von 0 bis 1 variiert.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

FIG.1

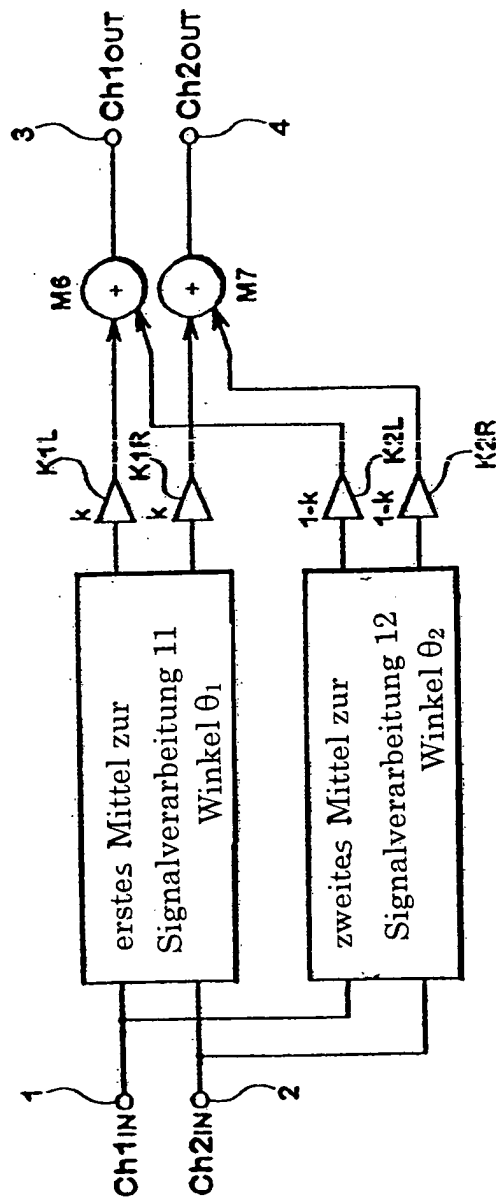


FIG.2

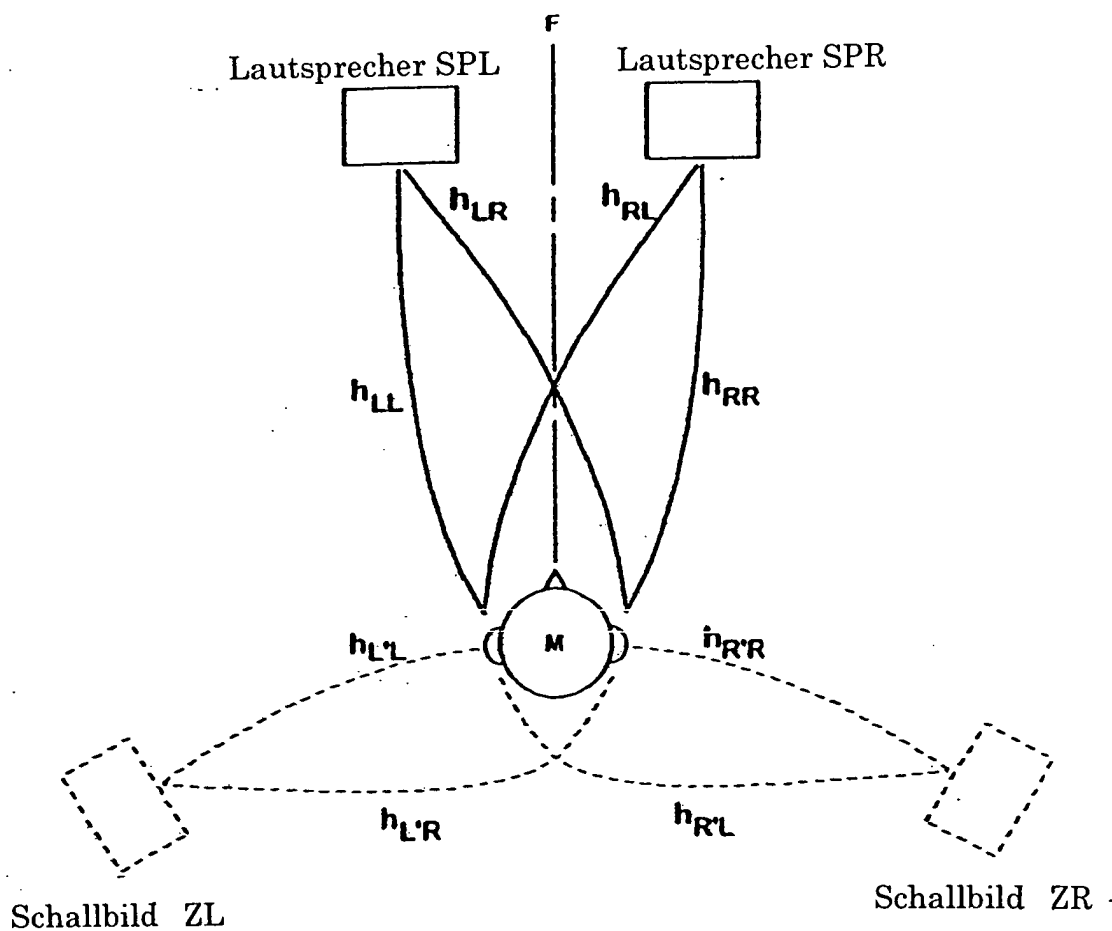


FIG.3

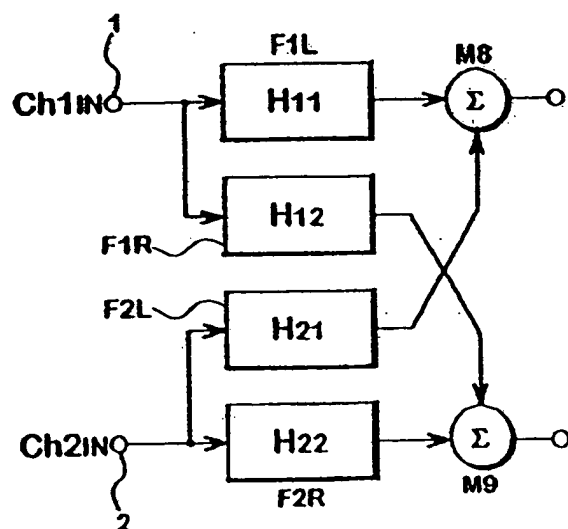


FIG.4

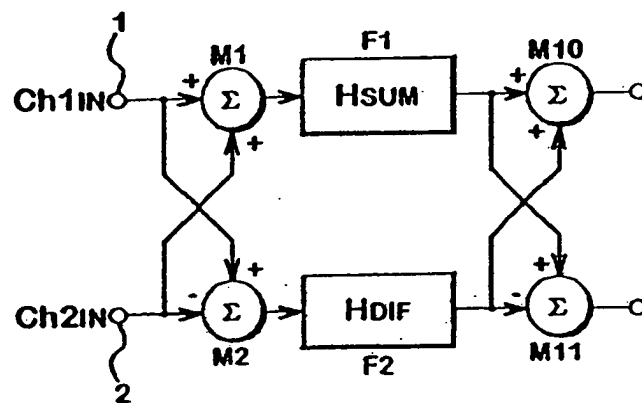


FIG.5

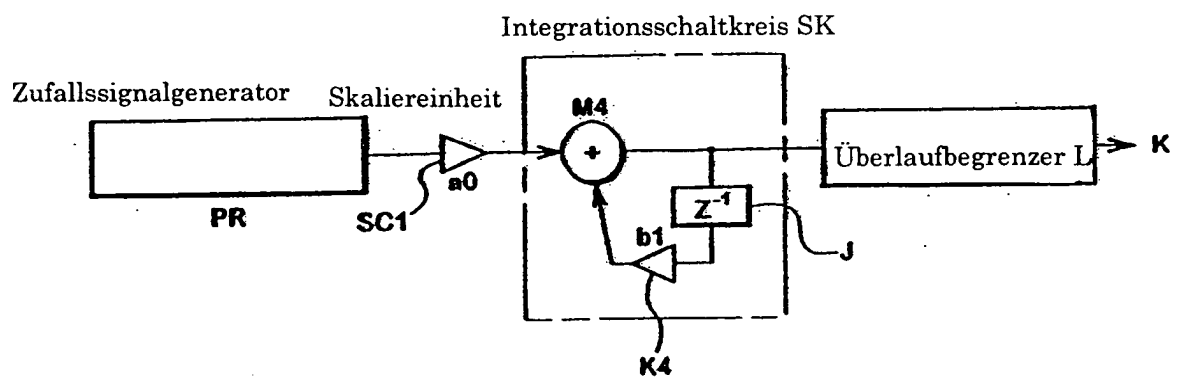


FIG.6A

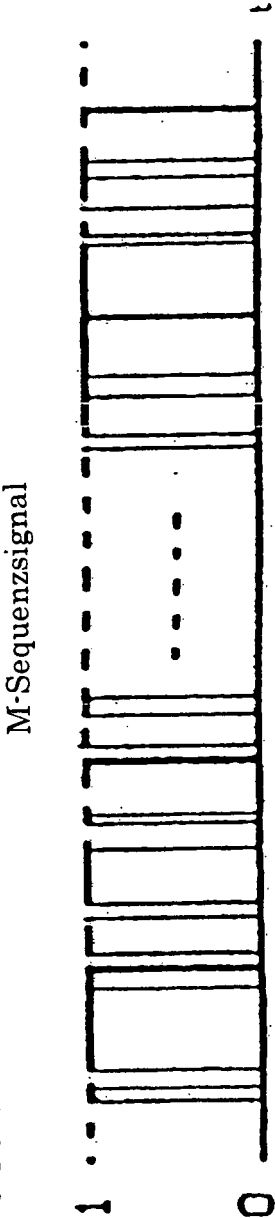


FIG.6B

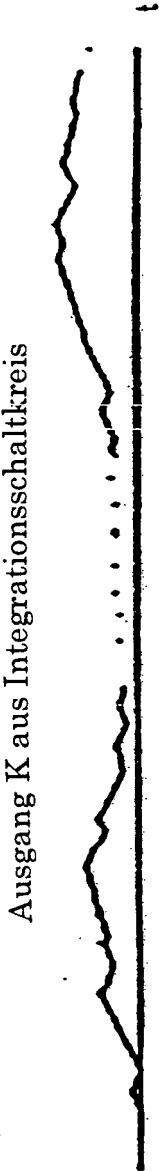


FIG.7

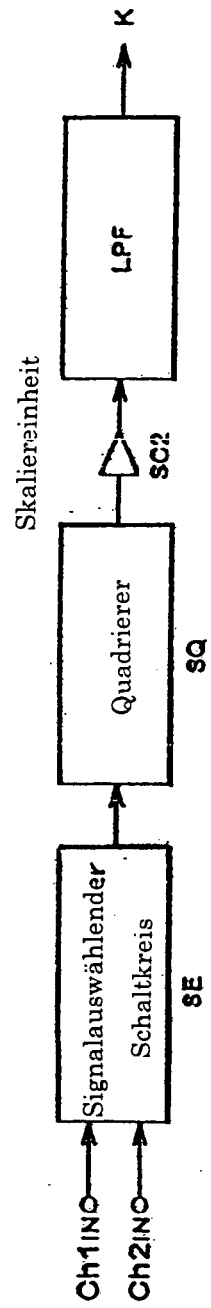


FIG.8A

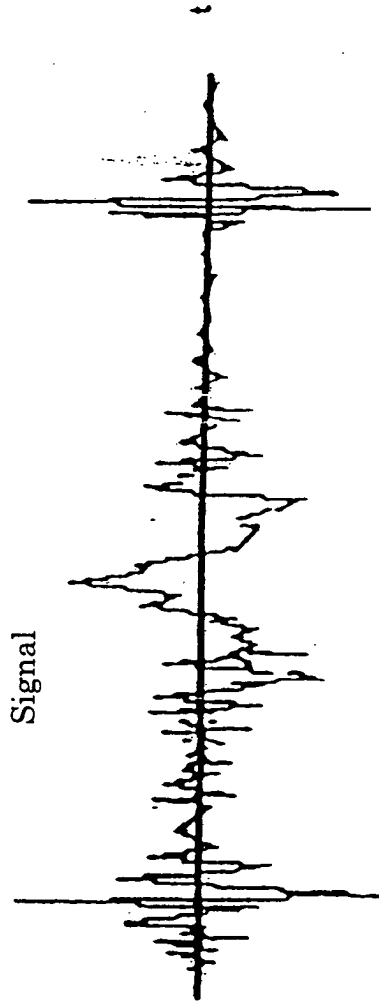


FIG.8B

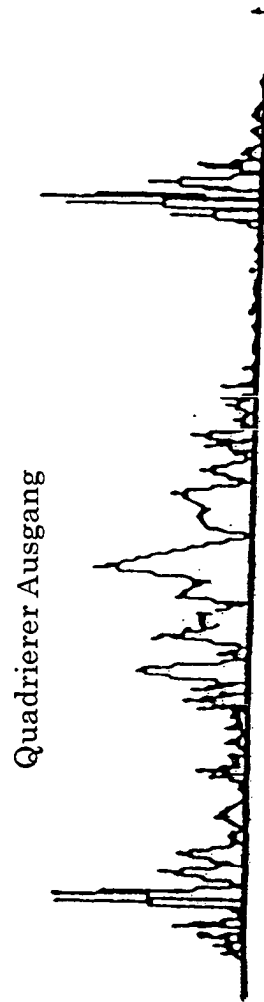


FIG.8C

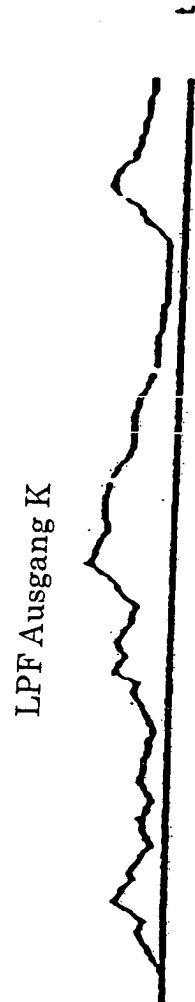


FIG.9

