

(19)



(11)

EP 1 900 250 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
19.05.2010 Patentblatt 2010/20

(51) Int Cl.:
H04R 27/00 (2006.01) G10K 15/08 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06777451.3**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2006/063515

(22) Anmeldetag: **23.06.2006**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2007/003519 (11.01.2007 Gazette 2007/02)

(54) **ELEKTROAKUSTISCHES VERFAHREN**

ELECTROACOUSTIC METHOD

PROCEDE ELECTRO-ACOUSTIQUE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

(30) Priorität: **01.07.2005 DE 102005030855**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
19.03.2008 Patentblatt 2008/12

(73) Patentinhaber: **Müller BBM GMBH
82152 Planegg bei München (DE)**

(72) Erfinder:
• **ENGEL, Gunter
86853 Langerringen (DE)**

• **MÜLLER, Karlheinz
81377 München (DE)**

(74) Vertreter: **Skuhra, Udo
Reinhard, Skuhra, Weise & Partner GbR
Patent- und Rechtsanwälte
Friedrichstraße 31
80801 München (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**US-A- 5 109 419 US-A- 5 142 586
US-A- 5 452 360**

EP 1 900 250 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Verbessern der wahrgenommenen Akustik eines Raumes, insbesondere zum Verbessern der Raumakustik eines Veranstaltungssaales, einer offenen Veranstaltungsstätte oder dergleichen mittels elektroakustischer Maßnahmen.

[0002] In Veranstaltungsräumen entsprechen die raumakustischen Bedingungen meist nur sehr begrenzt unterschiedlichen Anforderungen verschiedener Veranstaltungsarten. Beispielsweise unterscheiden sich die raumakustischen Anforderungen für Sprachveranstaltungen, Musiktheater oder Musikveranstaltungen mit unterschiedlicher instrumentaler Besetzung erheblich. Bei Sprachveranstaltungen, wie Sprechtheater oder Vorlesungen sind starke frühe Reflexionen und eine ausreichende Signallautstärke zur Sicherstellung einer guten Verständlichkeit erforderlich. Eine Nachhallzeit für derartige Räume für hauptsächlich Sprachveranstaltungen sollte zwischen 0,5 und 1,5 s liegen. Bei Musikveranstaltungen hingegen ist ein stärkeres Nachklingen des Raumes abhängig von Raumvolumen, Stilrichtung der Musik und Besetzung des Orchesters zwischen 1,0 und 2,5 s bei klassischer Musik und sogar 2 bis 10 s bei geistlicher Musik erwünscht. Ferner sind gegebenenfalls seitliche Reflexionen zur Erhöhung der Räumlichkeit und der empfundenen Schallquellengröße anzustreben.

[0003] In der Regel sind die natürlichen raumakustischen Verhältnisse in Veranstaltungsräumen auf einen speziellen Veranstaltungstyp zugeschnitten wie beispielsweise bei einer Philharmonie, Opernsälen oder Hörsälen, sodass die akustischen Ergebnisse für abweichende Veranstaltungstypen oftmals unbefriedigend sind. In gewissen Grenzen kann eine Anpassung der raumakustischen Verhältnisse durch variable Absorberflächen, verstellbare Reflektoren oder zusätzliche Hallkammern erfolgen, was jedoch einen hohen technischen und finanziellen Aufwand erfordert.

[0004] Es sind daher elektroakustische Systeme entwickelt worden, mit denen zusätzliche Reflexionen und Hall in verschiedene Raumbereiche eingespielt werden können. Eine besondere Schwierigkeit besteht dann darin, eine Klang verfärbende Rückkopplung der eingespielten Signale in Aufnahmемikrofone zu verhindern. Häufig geschieht dies durch die Verwendung von Mikrofonen und Lautsprechern mit einer ausgeprägten Richtwirkung und durch den Einsatz dynamischer Filter zur Unterdrückung von etwaigen Rückkopplungsfrequenzen. Gleichzeitig ist aber für Systeme zur elektronischen Raumakustikbeeinflussung eine homogene Aufnahme der Schallquellen im gesamten Bühnenbereich und von hoher Qualität erforderlich. Dabei soll die Mikrofonanordnung bei unterschiedlichen Veranstaltungstypen möglichst nicht verändert werden. Stark richtende Mikrofone zur Unterdrückung von Rückkopplungen sind daher eher ungeeignet.

[0005] Zudem ist bei Opernaufführungen oder in Mehr-

zwecksälen die Bühnensituation sehr variabel, wodurch sich die natürlichen raumakustischen Bedingungen auch im Verlaufe der Vorstellung ändern können. Eine Umpositionierung von Aufnahmемikrofonen ist dann kaum möglich.

[0006] In jüngerer Zeit sind daher elektroakustische Systeme zur Verbesserung der Raumakustik vorgeschlagen worden, die das Rückkopplungsproblem auf verschiedene Weise behandeln. Aus der US 5,109,419 ist beispielsweise ein elektroakustisches System bekannt, bei dem über Mikrofon aufgezeichnete Klangsignale an eine Vielzahl von Hallgeneratoren geführt werden, die jeweils den entsprechenden Signalen einen synthetischen Hall aufprägen. Diese Signale werden über eine Vielzahl von Lautsprechern, welche in einem entsprechend ausgestatteten Saal angeordnet sind, wiedergegeben. Die verschiedenen Hallgeneratoren erzeugen dabei eine zufällige Verzögerungszeit und weisen jeweils nicht korrelierte Übertragungsfunktionen auf. Die Lautsprecher werden derart angesteuert, dass benachbarte Lautsprecher nicht von demselben Signal angesprochen werden. Dadurch, dass gemäß der US 5,109,419 die Amplituden- und Zeitverzögerungen der einzelnen Signale sowie die verwendeten Übertragungsfunktionen für die Hallgeneratoren zeitlich kontinuierlich und zufällig verändert werden, kann so eine Rückkopplung vermindert werden. Derartig synthetisch erzeugte zusätzliche Reflexionen bzw. Nachhall kann jedoch für einen Zuhörer unnatürlich wirken. Die zufällig synthetisierte Nachhall-erzeugung hat auch den Nachteil, dass die speziellen Charakteristika des Raumes, in dem ein derartiges elektroakustisches System eingesetzt wird, durch die Randomisierung und künstliche Erzeugung des Halls nur unzureichend berücksichtigt werden.

[0007] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und System zum Verbessern einer wahrgenommenen Akustik eines Raumes zu schaffen, bei dem an möglichst jedem Zuhörerplatz natürliche akustische Signale des Raumes mit elektroakustisch erzeugten Signalen zeitsynchron ergänzt sind, ohne dass eine Klang verfärbend wahrnehmbare Rückkopplung entsteht oder die zusätzlich erzeugten elektroakustischen Signale von einem Zuhörer lokalisiert werden können.

[0008] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zum Verbessern einer wahrgenommenen Akustik eines Raumes mit den Verfahrensschritten des Patentanspruchs 1 gelöst. Ferner löst ein erfindungsgemäßes Klangsystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 17 diese Aufgabe.

[0009] Demgemäß ist ein Verfahren mit den folgenden Verfahrensschritten vorgesehen:

a) Aufnehmen mindestens eines Klangsignals über ein Aufnahmемittel in der Nähe mindestens einer Klangquelle in dem Raum;

b) Durchführen von jeweils einer Faltung des aufge-

nommenen Klangsignals mit jeweils einer Impulsantwortfunktion zum Erzeugen von unterschiedlichen optimierten Klangsignalen, wobei die jeweilige Impulsantwortfunktion aus einer Auswahl von vorgegebenen Impulsantwortfunktionen für den Raum ausgewählt werden;

c) Wiedergeben der optimierten Klangsignale über in dem Raum angeordnete Klangwiedergabemittel, wobei jedem Klangwiedergabemittel ein unterschiedliches optimiertes Klangsignal zugeführt wird, und wobei jeweils nach einem Umschaltzeitintervall die optimierten Klangsignale den Wiedergabemitteln derart zugeführt werden, dass keinem der Wiedergabemittel in direkt aufeinander folgenden Umschaltzeitintervallen dasselbe optimierte Klangsignal zugeführt wird.

[0010] Entsprechend sieht das erfindungsgemäße Klangsystem für einen Raum, insbesondere zur Durchführung dieses erfindungsgemäßen Verfahrens vor:

a) mindestens ein Mikrofon zum Aufnehmen mindestens eines Klangsignals in der Nähe einer Klangquelle;

b) eine Faltungseinrichtung zum Falten des aufgenommenen Klangsignals mit vorgegebenen Impulsantwortfunktionen zum Erzeugen von optimierten Klangsignalen;

c) eine an die Faltungseinrichtung gekoppelte Umschalteinrichtung; und

d) an die Umschalteinrichtung gekoppelte Lautsprecher zum Wiedergeben der optimierten Klangsignale;

e) wobei die Umschalteinrichtung jeweils nach einem Umschaltzeitintervall die optimierten Klangsignale den Lautsprechern derart zuführt, dass keinem der Lautsprecher in direkt aufeinander folgenden Umschaltzeitintervallen dasselbe optimierte Klangsignal zugeführt wird.

[0011] Gemäß der Erfindung werden aus einem Klangsignal der entsprechenden Klangquelle in dem Raum, wie beispielsweise Musik oder Sprache, mehrere optimierte Klangsignale durch Faltung mit vorgegebenen Impulsantwortfunktionen erzeugt und diese über mehrere im Raum verteilte Lautsprecher wiedergegeben. Erfindungsgemäß wird die Rückkopplungssicherheit dadurch erzielt, dass die entsprechenden Abstrahlorte einem periodischen Wechsel in Umschaltzeitintervallen unterliegen. Durch die Umschaltung der wiedergegebenen optimierten Klangsignale ist es einem Zuhörer dann auch nicht möglich, den eingespielten Klang zu lokalisieren. Vielmehr führt das erfindungsgemäße Verfahren zu

einem besonders angenehmen räumlichen Klangbild. Ferner müssen auch häufig gerade in der Nähe der Bühne oder der Klangquelle zusätzliche Reflexionen oder Nachhall eingespielt werden, um eine möglichst angenehme Raumakustik zu erzielen. Bei Systemen nach dem Stand der Technik war dies meist problematisch, da dann leicht Rückkopplungen auftreten können. Durch die Erfindung wird allerdings gerade auch die Einspielung von zusätzlichem Hall in der Bühnennähe ermöglicht.

[0012] Bevorzugt werden mindestens drei unterschiedliche optimierte Klangsignale erzeugt, und es sind mindestens drei Wiedergabemittel vorgesehen.

[0013] Vorzugsweise ist das Umschaltzeitintervall so kurz gewählt, dass zwischen einem jeweiligen Wiedergabemittel und dem Aufnahmemittel keine Klang verfärbende Rückkopplung entsteht. Als Klang verfärbend werden üblicherweise ungewünschte Pegelanhebungen begrenzter Frequenzbereiche empfunden. Bereits in einem Vorstadium der eigentlichen Rückkopplung, die beispielsweise zu einem deutlich wahrnehmbaren Pfeifen führen kann, sind derartige Erhöhungen des Signalpegels selbst von lokalen Frequenzen störend. Erfindungsgemäß wird solchen möglichen Klangverfärbungen durch das Umschalten begegnet.

[0014] Das Umschaltzeitintervall hängt vom Abstand zwischen dem entsprechenden Aufnahmemittel oder Aufnahmемикروفон und den im Saal angeordneten Lautsprechern zur Wiedergabe der optimierten Klangsignale ab. Ein bevorzugtes Umschaltzeitintervall liegt etwa in einem Bereich zwischen 100ms und 500ms.

[0015] In einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das Umschaltzeitintervall zeitlich verändert. Dabei sind verschiedene Intervallauern beispielsweise abhängig von Art der Klangquelle und Veranstaltung einstellbar. Die Intervalldauer kann auch zufällig gewählt werden, sodass die optimierten Klangsignale vollständig stochastisch den Lautsprechern zugeführt werden.

[0016] In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird bei einem Wechsel von einem ersten zu einem zweiten einem Wiedergabemittel zugeführten optimierten Klangsignal das jeweilige erste in das jeweilige zweite optimierte Klangsignal weich übergeblendet. Durch einen derartigen weichen Übergang entsteht ein besonders homogener Klangteppich, der bei bestimmten Typen von Klangquellen als angenehm empfunden wird.

[0017] Die optimierten Klangsignale werden vorzugsweise in einer periodischen Reihenfolge oder zufällig stochastisch verteilt an die Wiedergabemittel geführt.

[0018] In einer Weiterbildung des Verfahrens wird im Schritt b) eine Anzahl optimierter Klangsignale erzeugt, welche größer ist als die Anzahl der Wiedergabemittel. Dann wird mindestens eines der erzeugten optimierten Klangsignale während eines jeweiligen Umschaltintervalls nicht an ein Wiedergabemittel geführt. Bei dieser Alternative des Verfahrens wird somit eines der optimier-

ten Klangsignale nicht wiedergegeben, wodurch eine gewisse Randomisierung der Wiedergabe aller optimierten Klangsignale erreicht wird. Bevorzugterweise sind die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen untereinander unkorreliert.

[0019] In einer Weiterbildung des Verfahrens können zur Bestimmung mindestens einer der vorgegebenen Impulsantwortfunktionen die Schritte vorgesehen sein:

- i) Messen einer Impulsantwortfunktion an einem Ort in dem Raum; und
- ii) Entfernen oder Zufügen von Hallanteilen zu den gemessenen Impulsantwortfunktionen zum Erzeugen einer entsprechenden vorgegebenen Impulsantwortfunktion.
- iii) Abspeichern der gemessenen Impulsantwortfunktion und/oder erzeugten vorgegebenen Impulsantwortfunktion.

[0020] Besonders bevorzugter Weise werden die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen für mehrere Orte in dem Raum erzeugt. Dadurch, dass zur Justierung oder Installation des erfindungsgemäßen Verfahrens in dem entsprechenden Raum zunächst die natürlichen Impulsantwortfunktionen gemessen werden, können zum Bestimmen der vorgegeben Impulsantwortfunktionen gewisse Anteile zugefügt werden, um eine möglichst ideale Impulsantwortfunktion zu erreichen. Durch die Verwendung von in dem Raum gemessenen Impulsantwortfunktionen und durch die Faltung der von der Klangquelle aufgenommenen Klangsignale mit diesen modifizierten originalen Impulsantwortfunktionen wird erfindungsgemäß ein besonders natürlicher Klangeindruck erreicht.

[0021] Ferner können die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen derart erzeugt werden, dass frühe Reflexionsanteile in einer jeweiligen Impulsantwortfunktion im Wesentlichen einer durch eine Mikrofonaufzeichnung gewonnenen Impulsantwort mit einem hohen Direktschallanteil und starken frühen Reflexionen entsprechen. Somit werden natürliche Mikrofonaufzeichnungen verwendet, um die in dem Raum gemessene originale Impulsantwortfunktion derart zu verändern, dass zusätzliche den Direktschallanteil verstärkende frühe Reflexionen wahrgenommen werden. Genauso werden die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen bevorzugt derart erzeugt, dass Nachhallanteile im Wesentlichen Mikrofonaufzeichnungen mit einem hohen Diffusschall entsprechen. Es werden also bevorzugt möglichst natürlich erscheinende Impulsantwortfunktionen zur Faltung verwendet, die aus Impulsantwortfunktionen des Raumes bestehen und zusätzliche Anteile für Direktschall und Diffusschall aufweisen. Genauso ist es möglich störende Anteile in einer gemessenen Impulsantwortfunktion zu entfernen. Erfindungsgemäß werden daher zunächst die dem Raum entsprechenden realistischen akustischen

Eigenschaften ermittelt und nachbearbeitet bzw. "verbessert". In diesem Fall werden also vorzugsweise nicht vollständig synthetisch erzeugte Hallsignale verwendet sondern "natürlicher" Hall des Raumes aufbereitet.

[0022] In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die optimierten Klangsignale beim Wiedergeben mit einer periodischen Pegeländerung beaufschlagt. Diese periodische Pegeländerung mindert weiter die Gefahr von Rückkopplungen und erzeugt bei einem Zuhörer ein verbessertes Raumempfinden. Bevorzugt ist dann die Zeitkonstante der periodischen Pegeländerung in Abhängigkeit von einer Zeitkonstante für einen Rückkopplungsaufbau in dem Raum gewählt.

[0023] In noch einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden die optimierten Klangsignale derart verzögert, dass die wiedergegebenen optimierten Klangsignale und die Klangsignale der Klangquelle an mindestens einem Ort des Raumes im Wesentlichen gleichzeitig eintreffen und vorzugsweise die Klangsignale der Klangquelle früher eintreffen.

[0024] Außerdem werden, falls mehrere Klangquellen vorliegen, die optimierten Klangsignale derart verzögert, dass ein Direktschall der Klangquellen an jedem Ort des Raumes immer zeitlich vor einem Reflexionsanteil eines wiedergegebenen optimierten Klangsignals eintrifft.

[0025] In einer anderen bevorzugten Weiterbildung des Verfahrens werden mehrere Einzelklangsignale der Klangquelle über mehrere Aufnahmемittel aufgenommen und die entsprechenden Einzelklangsignale zu einem aufgenommenen Klangsignal zur Weiterverarbeitung miteinander gemischt. Dabei werden die Einzelklangsignale in Abhängigkeit von den Positionen der Aufnahmемittel verzögert. Durch Einsatz mehrerer Aufnahmемittel bzw. Mikrofone in Bühnenhöhe lässt sich ein besonders homogener Klang erreichen, wobei ferner die Laufzeitunterschiede zwischen Mikrofon und der Klangquelle berücksichtigt werden.

[0026] Es ist ferner von Vorteil, wenn die Einzelklangsignale oder die aufgenommenen Klangsignale zum Reduzieren von höher frequenten Anteilen gefiltert werden. Durch die Filterung kann die Absorptionseigenschaft des Übertragungsmediums für den Schall in dem Raum simuliert und berücksichtigt werden.

[0027] Die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen, zum Beispiel auf einer realistischen Ermittlung Basierend, sind in dem erfindungsgemäßen Klangsystem vorzugsweise in einem an die Faltungseinrichtung gekoppelten Speicher gespeichert. Es ist ferner vorzugsweise der Umschalteneinrichtung eine Pegelanpasseinrichtung zum periodischen Ändern der Pegel der optimierten Klangsignale nachgeschaltet und/oder eine Verzögerungseinrichtung zum Verzögern der optimierten Klangsignale vorgesehen.

[0028] Die Lautsprecher in dem Raum sind vorteilhaft derart angeordnet, dass vorzugsweise mindestens drei Lautsprecher an einem jeweiligen Ort von einem Zuhörer in dem Raum wahrnehmbar sind. Mittels dreier Lautsprecher ist bereits durch die erfindungsgemäßen elektro-

akustischen Maßnahmen eine Verbesserung der Klangeigenschaften möglich. Wahrnehmbar bedeutet in diesem Fall nicht zwingend, dass eine Verstärkung des originalen Klangsignals der Klangquelle vorgenommen wird und ein Zuhörer die entsprechend eingespielten Signale hört, sondern, dass die Klangverbesserung bzw. die Verbesserung der Akustik des Raumes wahrnehmbar ist.

[0029] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Klangsystems sieht mehrere Signalzweige mit jeweils mindestens einem aufgenommenen Klangsignal, einer Faltungseinrichtung, einer Umschalteneinrichtung und einer Gruppe von Lautsprechern vor, wobei die entsprechenden vorgegebenen Impulsantwortfunktionen in Abhängigkeit von den Positionen der Lautsprecher gewählt sind.

[0030] Die Erfindung umfasst ferner einen Veranstaltungssaal, der mit einem erfindungsgemäßen Klangsystem ausgestattet ist.

[0031] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche sowie der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele. Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Figuren näher erläutert. Es zeigt dabei:

Fig. 1: eine schematische Darstellung des erfindungsgemäßen Klangsystems in einem Konzertsaal;

Fig. 2: ein Beispiel einer vorgegebenen Impulsantwortfunktion;

Fig. 3: eine bevorzugte Ausführungsform des erfindungsgemäßen Klangsystems;

Fig. 4: eine Darstellung von Gewichtungsfunktionen zur Pegelabsenkung; und

Fig. 5: eine bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Klangsystems.

[0032] In den Figuren sind, sofern nichts anderes angegeben ist, gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente mit denselben Bezugszeichen versehen worden.

[0033] Die Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Klangsystem 1 für einen Raum 2, beispielsweise einen Konzert- oder Veranstaltungssaal. In dem Saal 2 ist ein Bühnenbereich 3 vorgesehen, der hier schematisch als Klangquelle dient. In der Nähe der Klangquelle 3 wird über ein Mikrofon 4 ein Klangsignal $E_1(t)$ aufgenommen. Das aufgenommene Klangsignal $E_1(t)$ wird einer Faltungseinrichtung 5 zugeführt, die beispielsweise als digitaler Signalprozessor oder PC ausgeführt sein kann. Die Faltungseinrichtung 5 ist an einen Speicher 6 gekoppelt, der vorgegebene Impulsantwortfunktionen abgespeichert vorhält. Die Faltungseinrichtung 5 führt in dem hier dargestellten Beispiel vorzugsweise drei Faltungen

an dem aufgenommenen Klangsignal $E_1(t)$ mit jeweils einer Impulsantwortfunktion $g_i(t)$ durch und erzeugt so drei optimierte Klangsignale $L_1(t)$, $L_2(t)$, $L_3(t)$:

$$(1) \quad L_i(t) = \int d\tau E_i(t)g_i(t-\tau)$$

[0034] Die drei optimierten Klangsignale L_1 , L_2 , L_3 werden einer Umschalteneinrichtung 7 zugeführt, welche an die Faltungseinrichtung 5 gekoppelt ist.

[0035] Die Umschalteneinrichtung weist einen ersten, zweiten und dritten Eingang 8, 9 und 10 auf und drei Ausgänge 11, 12 und 13. Die Umschalteneinrichtung 7 schaltet die optimierten Klangsignale L_1 , L_2 , L_3 derart an ihre Ausgänge 11, 12 und 13 durch, dass beispielsweise während eines ersten Umschaltzeitintervalls der Länge Δt das Signal L_1 als Lautsprechersignal N_1 an dem ersten Ausgang 11 abgreifbar ist, das zweite optimierte Klangsignal L_2 an dem zweiten Ausgang 12 als zweites Lautsprechersignal N_2 abgreifbar ist und das dritte optimierte Klangsignal L_3 an dem dritten Ausgang 13 als drittes Lautsprechersignal N_3 abgreifbar ist. In einem zweiten oder darauffolgenden Umschaltzeitintervall wird dann L_1 an den Ausgang 12, L_2 an den Ausgang 13 und L_3 an den Ausgang 11 geführt. In einem dritten Umschaltintervall könnte dann eine Zuordnung L_1 auf Ausgang 13, L_2 auf Ausgang 11 und L_3 auf Ausgang 12 folgen. Die entsprechenden Lautsprechersignale N_1 , N_2 , N_3 werden Lautsprechern 14, 15 und 16 zugeführt, welche in dem Konzertsaal 2 angeordnet sind und die entsprechenden Signale wiedergeben.

[0036] Ein Zuhörer in dem Raum 2, beispielsweise am Ort 17, nimmt einerseits den direkten Schall von der Bühne 3 wahr und andererseits Hallanteile, welche durch das erfindungsgemäße System 1 durch die Lautsprecher 14, 15, 16 abgegeben werden. Der subjektive Klangeindruck für einen Zuhörer ergibt sich dabei im Wesentlichen aus den originalen akustischen Eigenschaften des Raumes 2 und den vorgegebenen Impulsantworten, mit denen das aufgezeichnete Signal $E_1(t)$ gefaltet wird.

[0037] Allgemein lässt sich die Akustik eines Raumes mittels seiner Impulsantwort- oder seiner entsprechenden Übertragungsfunktionen charakterisieren. Die entsprechende Impulsantwortfunktion bezeichnet den Schalldruckverlauf an einem bestimmten Ort des Raumes als Funktion der Zeit, wenn an einem anderen Ort im Raum eine deltaförmige akustische Welle ausgesandt wird.

[0038] Eine beispielhafte Impulsantwort $g_i(t)$ ist in der Fig. 2 dargestellt. Zum Zeitpunkt 0 wird ein kurzer Impuls, beispielsweise ein Schuss oder Händeklatschen, verursacht und der entsprechende Schalldruck oder die Energiedichte des Schallsignals an anderer Stelle aufgezeichnet. Die durchgezogene Kurve A_1 kann beispielsweise der Impulsantwortfunktion des in Fig. 1 dargestell-

ten Raumes 2 für einen ausgesendeten Impuls auf der Bühne 3 und dem empfangenen Schalldruck an der Position 20 entsprechen.

[0039] Die ersten frühen Anteile entsprechen dabei einem Direktschall DS, der sich ohne Umwege über Reflexionen an etwaigen Oberflächen zu dem Empfänger bzw. Zuhörer ausbreitet. Als frühe Reflexionen, die maßgeblich die wahrgenommene Klarheit und Deutlichkeit der Klangsignale beeinflussen, werden üblicherweise die in einem Bereich bis zu etwa 80ms nach dem Direktschall DS vorliegenden Anteile der Impulsantwortfunktion $g_i(t)$ bezeichnet. Hallanteile bei größeren Zeiten werden als Diffusschall DF wahrgenommen. Als besonders angenehm werden in der Regel Räume empfunden, die eine Impulsantwortfunktion aufweisen, die in etwa einem "Tannenbaum" entspricht, und eine Einhüllende, wie beispielsweise die Kurve A2 aufweisen. Die vorgegebenen und abgespeicherten Impulsantwortfunktionen, welche in der Faltungseinrichtung 5 verwendet werden, können nun so erzeugt werden, dass für einen harmonischen Klangeindruck fehlende Hallanteile, beispielsweise die gestrichelte Linie A3 in der Fig. 2, der gemessenen Impulsantwortfunktion zugefügt werden. Dies kann zum Beispiel durch Aufzeichnen von Impulsantwortfunktionen in Räumen mit besonders guter Akustik erfolgen und anschließend Einfügen derartiger Hallanteile in eine gemessene Impulsantwort des zu verbessernden Raumes. Ebenso können störende Anteile in einer gemessenen Impulsantwortfunktion entfernt werden und die derart erzeugte vorgegebenen Impulsantwortfunktionen als Grundlage für die Faltung in der Faltungseinrichtung 5 verwendet werden.

[0040] Allgemein kann durch Falten eines Klangsignals eines ersten Raumes mit der Impulsantwort eines zweiten Raumes den Klangsignalen die Klangcharakteristik des zweiten Raumes aufgeprägt werden. Die Faltung erfolgt dabei wie in der Gleichung (1) beschrieben ist. Wird ein derartig gefaltetes Signal jedoch ohne weitere Bearbeitung in dem zweiten Raum, hier beispielsweise in dem Saal 2, wiedergegeben, können Rückkopplungen entstehen, und ein Zuhörer würde außerdem den zusätzlich eingespielten Hall über die Lautsprecher lokalisieren können, was in der Regel als störend empfunden würde.

[0041] Erfindungsgemäß werden daher durch die Umschalteneinrichtung 7 die gefalteten bzw. optimierten Signale L1, L2, L3 durchgetauscht. Als vorgegebene Impulsantwortfunktionen zur Faltung, kommen beispielsweise in dem Saal aufgezeichnete Impulsantwortfunktionen an besonders günstigen Hörerpositionen in Frage, wie beispielsweise in dem ersten Drittel eines bestuhlten Konzertsaals. Dann können an benachbarten Positionen 17, 18, 19, 20 in dem Saal 2 die Impulsantworten aufgezeichnet werden und in modifizierter bzw. um Hallanteile ergänzter Form als vorgegebene Impulsantwortfunktion für die Faltung verwendet werden. Es sind auch weitere Verbesserungen durch Hinzufügen oder Entfernen bestimmter Hallanteile dieser Impulsantwortfunktionen

möglich.

[0042] Insgesamt wird erfindungsgemäß eine besonders angenehm empfundene Impulsantwortfunktion verwendet. Durch das Abspeichern derartiger vorgegebener Impulsantwortfunktionen kann das erfindungsgemäße Klangsystem auch einfach an räumliche Veränderungen in dem Konzertsaal 2 angepasst werden. Entsprechende vorgegebene Impulsantwortfunktionen zur Verwendung bei Sprachveranstaltungen, Kammermusik, Orchestermusik oder Vortragsveranstaltungen können so flexibel vorgehalten werden. Auch auf räumliche Änderungen durch Einziehen von Trennwänden kann das erfindungsgemäße Klangsystem reagieren.

[0043] Die Fig. 3 zeigt ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Klangsystems 100. Es ist ein Mikrofon 4 zur Aufnahme eines Klangsignals E1 vorgesehen, welches einer Faltungseinrichtung 5 zugeführt ist. Die Faltungseinrichtung 5 führt Faltungen von in dem angekoppelten Speicher abgelegten Impulsantwortfunktionen mit dem aufgenommenen Aufnahmesignal E1 durch. Die sechs entsprechenden Faltungssignale L1, L2, L3, L4, L5, L6 werden den sechs Eingängen 21-26 einer Umschalteneinrichtung 7 zugeführt.

[0044] Die Umschalteneinrichtung 7 weist vier Ausgänge 27, 28, 29, 30 auf, an denen vier Faltungssignale M1, M2, M3, M4 abgreifbar sind. Die Umschalteneinrichtung 7 schaltet beispielsweise in stochastischem Wechsel die Faltungssignale L1-L6 an die Ausgänge 27-30 durch. Dabei werden jeweils über ein jeweiliges Umschaltzeitintervall Δt zwei der optimierten Klangsignale N1-N6 nicht durchgeschaltet. Dabei wird vorzugsweise periodisch mit einer Periodendauer von etwa 200ms bis 500ms die Zuordnung der an den Eingängen der Umschalteneinrichtung anliegenden Signale L1-L6 auf die an den Ausgängen 27, 28, 29, 30 der Umschalteneinrichtung 7 abgreifbaren Signale M1, M2, M3, M4 nach einem vorgegebenen Algorithmus geändert. In dem hier betrachteten Ausführungsbeispiel werden beispielsweise jeweils zwei (bei aufeinander folgenden Umschaltzeitintervallen unterschiedliche Signale L1-L6) ausgeblendet. An benachbarten Ausgängen 27, 28, 29, 30 der Umschalteneinrichtung 7 liegen daher einerseits niemals Signale an, die mittels einer Faltung mit derselben Impulsantwortfunktion erzeugt wurden, und andererseits unterscheidet sich die Zuordnung der Signale auf die Ausgänge 27, 28, 29, 30 in aufeinander folgenden Umschaltzeitintervallen. Zwei der Signale L1-L6 werden hier zudem ausgeblendet, wobei jeweils andere Signale in aufeinander folgenden Umschaltzeitintervallen ausgeblendet werden. Nur beispielhaft sei eine zufällige Auswahl der nicht durchzuschaltenden bzw. auszublendenden Signale für jedes Umschaltzeitintervall genannt.

[0045] Die entsprechenden Faltungssignale M1-M4 sind an Eingänge 31, 32, 33, 34 einer Pegelanpasseneinrichtung 35 gekoppelt. Diese dynamische Pegelanpasseneinrichtung 35 liefert an ihren Ausgängen 36-39 gewichtete Faltungssignale N1, N2, N3, N4. Die Pegelanpasseneinrichtung 35 senkt periodisch die jeweiligen Faltungs-

signale M1-M4 zu den pegelangepassten Faltungssignalen N1-N4 ab. Dies kann beispielsweise durch einen zeitabhängigen Gewichtungsfaktor $w_i(t)$ geschehen:

$$(2) \quad N_i(t) = M_i(t) \cdot w_i(t)$$

[0046] In der Fig. 4 sind beispielhaft Gewichtungsfaktoren w_1, w_2, w_3, w_4 in Abhängigkeit der Zeit t dargestellt. Dabei ist die jeweilige periodische Pegelabsenkung durch die Gewichtungsfaktoren $w_i(t)$ zeitlich derart eingestellt, dass eine entsprechende Zeitkonstante für die Absenkung des jeweiligen Pegels so gewählt ist, dass sie im Wesentlichen einer Zeitkonstante für eine in dem Raum sich aufbauende Rückkopplung entspricht. Vorzugsweise ist die Periodizität der Pegelabsenkungen von $\Delta t \neq \Delta t$ also gegenüber der Umschaltzeitintervalle unterschiedlich gewählt. Lediglich die Größenordnungen der Zeitkonstanten für die Pegelabsenkung und der Umschaltzeitintervalle sind ähnlich. Alternativ lassen sich auch stochastische oder zufällige Pegelabsenkungen den Faltungssignalen M1, M2, M3, M4 aufprägen. Die dynamisch pegelabgesenkten Faltungssignalen N1, N2, N3, N4 sind schließlich einer Verzögerungseinrichtung 40 zugeführt, in der die pegelangepassten Faltungssignale N1, N2, N3, N4 jeweils Verzögerungen unterzogen werden und als Lautsprechersignale 01, 02, 03, 04, 05 an Verstärkereinrichtungen 41, 42, 43, 44, 45 geführt werden. An die Verstärkereinrichtung 41-45 sind schließlich die in dem entsprechenden Raum bzw. Konzertsaal angeordneten Lautsprecher 46-55 angeschlossen. Die Lautsprechersignale 01-05 werden in der Verzögerungseinrichtung 40 beispielsweise als Superpositionen der pegelangepassten Faltungssignale N1, N2, N3, N4 erzeugt:

$$(3) \quad O_i = \sum_j N_j(t - \Delta t_{ij}) \cdot a_{ij},$$

wobei $i = 1, \dots, 5$ und $j = 1, \dots, 4$ läuft. Dabei sind die jeweiligen Verzögerungszeiten Δt_{ij} an die Position der jeweiligen Lautsprecher 46-55 angepasst, denen das jeweilige Lautsprechersignal zugeführt ist. Ferner können die einzelnen pegelangepassten Faltungssignale N1, N2, N3, N4 auch mit einem Gewichtungsfaktor a_{ij} versehen werden. In der Regel genügt es, eine Überlagerung der pegelangepassten Faltungssignale N1-N4 direkt am Zuhörerort durch die Wiedergabe per Lautsprecher 46-55 zu erreichen. In diesem Fall dient die Verzögerungseinrichtung lediglich der Verzögerung der Faltungssignale N1-N4. Eine zusätzliche Superposition gemäß der Gleichung (3) kann jedoch vorteilhaft sein, wenn an bestimmten Zuhörerplätzen wiedergegebene Lautsprechersignale wahrnehmbar sind, die von verschiedenen Zweigen eines erweiterten Klangsystems erzeugt werden. Ei-

ne entsprechende Weiterbildung mit drei Zweigen ist im Folgenden in der Figur 5 näher erläutert.

[0047] Die Lautsprechersignale 01-05 sind dann jeweils so angepasst, dass an praktisch jedem Zuhörerplatz des Saales ein Direktschallsignal, welches sich über das Übertragungsmedium (Luft) in dem Saal von der Klangquelle ausbreitet, immer vor dem durch das Klangsignal erzeugte zusätzliche Klangsignal eintrifft. Die Lautsprecher sind dann bevorzugt so angeordnet, dass ein Hörerplatz von jeweils mindestens drei Lautsprechern bzw. eingespielten Echosignalen bedient wird.

[0048] Das beschriebene Klangsystem, welches mit dem erfindungsgemäßen Verfahren betrieben wird, weist einerseits eine sehr hohe Rückkopplungssicherheit durch die Zeit- und Richtungsvarianz der eingespielten Signale über die Lautsprecher auf. Andererseits ist es einem Zuhörer nicht möglich, die eingespielten Signale direkt zu lokalisieren, da durch den periodischen oder auch stochastischen Wechsel, der den Lautsprechern zugeführten Klangsignale 01-05 nach einem jeweiligen Umschaltzeitintervall, das beispielsweise 100-500 ms dauern kann, sich die Schalleinstrahlung lokal verändert. Dadurch wirkt das Klangbild natürlich und lebendig. Durch diese Zeit- und Richtungsvarianz wird bei einem Zuhörer so psychoakustisch eine Aufmerksamkeitserhöhung erreicht, wie es auch durch beispielsweise die Richtwechsel des Schalls infolge einer Bewegung eines Musikers beim Spielen des jeweiligen Instrumentes geschieht. Somit wird selbst ohne eine Pegelerhöhung der zusätzlich durch das erfindungsgemäße Klangsystem eingespielten akustischen Signale das Zuhörerempfinden verbessert. Durch die zeitliche und räumliche Varianz der zusätzlich eingespielten Klangsignale werden die so erzeugten wahrgenommenen Reflexionen auffälliger. Daher ist nur ein verhältnismäßig niedriger Pegel der eingespielten Signale erforderlich.

[0049] Durch die Verwendung von im Wesentlichen realen Impulsantworten, deren Feinstrukturen "verbessert" werden und so dem Klangbild oder der wahrgenommenen Akustik eines realen Raumes mit einer besonders angenehmen Akustik entsprechen, entsteht in dem mit einem erfindungsgemäßen System ausgestatteten Veranstaltungssaal ein Gesamtschallfeld aus der Überlagerung des natürlichen Raumklangs und den hinzugefügten Faltungssignalen und einer Rückwirkung dieser Einspielung über die Lautsprecher auf die Mikrofoneingänge des Systems, ohne dass störende Rückkopplungen auftreten können. Somit kann durch das erfindungsgemäße Klangsystem der natürlichen Akustik eines Raumes mit unbefriedigend wahrgenommener Akustik zusätzlicher natürlich klingender Hall zugefügt werden, um ein günstiges Klangbild entstehen zu lassen. Die wahrgenommene Akustik des Raumes lässt sich durch unterschiedlich vorgegebene Impulsantwortfunktionen vielseitig anpassen, beispielsweise für Sprachveranstaltungen, Orchestermusik, Kammermusik oder Solostimmen.

[0050] In den Figuren 5A und 5B ist eine Weiterbildung

des erfindungsgemäßen Klangsystems dargestellt. Im Wesentlichen weist die Weiterbildung 101 drei Zweige mit jeweils einer Faltungseinrichtung 5, 105, 205, einer Umschalteneinrichtung 7, 107, 207, einer dynamischen Pegelanpasseinrichtung 35, 135, 235 und eine Entzerrungseinrichtung 40, 140, 240 auf. An die Faltungseinrichtungen 5, 105, 205 sind jeweils Speicher 6, 106, 206 gekoppelt in denen vorgegebene Impuls-Antwort-Funktionen abgespeichert vorliegen. An die Entzerrungseinrichtungen 40, 140, 240 sind jeweils Lautsprechergruppen 146, 147, 148 über Verstärker 141, 142, 143 angeschlossen. Im Wesentlichen arbeiten die Zweige nach dem erfindungsgemäßen Verfahren, wie es zu der Fig. 3 beschrieben wurde.

[0051] Die den Faltungseinrichtungen 5, 105, 205 zugeführten Klangsignale $G(t)$, $H(t)$, $K(t)$ werden von einer Mischereinrichtung 102 bereitgestellt, an die verzögerte und gegebenenfalls gefilterte von Mikrofonen 303, 304, 305, 306 aufgenommene Klangsignale F_1 , F_2 , F_3 zugeführt sind.

[0052] Die Mikrofone 303, 304, 305, 306 sind in der Nähe einer Bühne 3, auf der eine oder mehrere Klangquellen vorliegen, angeordnet. Beim Einsatz des erfindungsgemäßen Klangsystems in einem beispielsweise 5000m^3 großen Mehrzwecksaal, der für konventionelle akustische verstärkte Veranstaltungen als auch für Sprechtheater oder Orchesterkonzerte verwendet werden soll, ist eine Anordnung der Mikrofone 303, 304, 305, 306 in einem Abstand von ca. 2m vor der Bühne und einer Höhe von 5m über dem Bühnenniveau günstig. Beispielsweise können diese Mikrofone 303, 304, 305 als hochwertige Studiokondensatormikrofone mit einer Richtcharakteristik "breite Niere" ausgeführt sein. So können meist alle Schallquellen im Bühnenbereich gut erfasst werden.

[0053] Die so erfassten Klangsignale E_1 , E_2 , E_3 , E_4 werden in einem Verstärker 307 vorverstärkt und dann als verstärkte Klangsignale F_1 , F_2 , F_3 , F_4 der Mischereinrichtung 102 zugeführt. Die Mischereinrichtung 102 verzögert und mischt die entsprechenden vorverstärkten Klangsignale F_1 , F_2 , F_3 , F_4 . Die Signalbearbeitung geschieht ähnlich, wie es beispielsweise bereits in der Gleichung (3) dargestellt ist, wobei die $O_i(t)$ den Signalen $G(t)$, $H(t)$ und $K(t)$ entspricht und $N_j(t)$ den vorverstärkten Klangsignalen $F_j(t)$ entspricht. Die den Faltungseinrichtungen 5, 105, 205 zugeführten Klangsignalen $G(t)$, $H(t)$, $K(t)$ weisen somit Anteile aller von den vier Mikrofonen 303, 304, 305, 306 empfangenen Signale E_1 , E_2 , E_3 , E_4 auf, wobei Signalanteile von entfernteren Mikrofonen 303, 304, 305, 306 in Abhängigkeit von der Schalllaufzeit zwischen Mikrofon und den an den jeweiligen Zweig gekoppelten Lautsprechern 146, 147, 148 berücksichtigt werden. Ist beispielsweise eine Lautsprechergruppe 146 des ersten Zweiges 100 in einem hinteren rechten Bereich des Raumes vorgesehen, werden in dem Mischer und Verzögerer 102 Signale der Mikrofone 205, 206 stärker verzögert als die Signale der Mikrofone 203, 204, welche in der Nähe des rechten Bühnenbereichs ange-

ordnet sind. Entsprechend werden dann die aufgenommenen Klangsignale der Mikrofone 303, 304, 305, 306 für in der Mitte des Raumes angeordnete Lautsprecher 147 etwa gleich stark verzögert.

[0054] Die Mischereinrichtung 102 kann beispielsweise als digitaler Signalprozessor ausgeführt werden, dem die vorverstärkten Signale F_1 , F_2 , F_3 , F_4 in digitalisierter Form (beispielsweise über einen hochauflösenden Analog-Digital-Wandler, der hier nicht dargestellt ist) zugeführt werden. Die weitere Verarbeitung der Zweigsignale $G(t)$, $H(t)$, $K(t)$ kann dann beispielsweise mittels eines üblichen Personalcomputers erfolgen, dem die Signale über einen Digitaleingang einer Soundkarte eingekoppelt werden. Die heutige Computertechnik ermöglicht es, beispielsweise mit mehreren vernetzten Rechnern, praktisch in Echtzeit parallel die drei mal sechs verschiedenen Impulsantwortfunktionen mit den Signalen $G(t)$, $H(t)$, $K(t)$ zu falten und wieder an einen DSP in periodischem Wechsel auszugeben. Die Aufgaben der Faltungseinrichtung 5, 105, 205 und der Umschalteneinrichtung 7, 107, 207 können daher von einem besonders leistungsfähigen PC oder mehreren vernetzten PCs übernommen werden.

[0055] Der entsprechende nachgekoppelte digitale Signalprozessor (DSP) übernimmt die Aufgaben der dynamischen Pegelanpassung in den Pegelanpasseinrichtungen 35, 135, 235 und die Aufgaben der Verzögerungs- und Entzerrungsvorrichtungen 40, 140, 240. Letztere führen weiter die Signalqualität erhöhende Filterungen oder Entzerrungen durch, um die Übertragungsfunktion der Lautsprecher zu kompensieren. Die entsprechenden Ausgangssignale O_1 - O_5 , T_1 - T_5 und X_1 - X_5 werden digital analog gewandelt (beispielsweise mit einem üblichen DA-Wandler, der hier nicht dargestellt sind) und den Verstärkern 141, 142, 143 zugeführt.

[0056] Die Verstärker speisen jeweils zwei bis drei Lautsprecher an ihren Ausgängen, welche regelmäßig im Decken- und Wandbereich des Saales verteilt eingepasst sind. In bestimmten Fällen werden Lautsprecher auch unterhalb von Podien oder Tribünen angeordnet. Dabei soll die Dichte des Lautsprecher-netzes so gewählt sein, dass jeder Zuhörerplatz von 3-4 Lautsprechern versorgt wird.

[0057] Die vorliegende Erfindung schafft also ein Verfahren und ein Klangsystem zur Verbesserung von einer wahrgenommenen Akustik eines Raumes, welches mittels elektroakustischer Beeinflussung ein natürliches und lebendiges Klangbild auf der Basis von reell ermittelten Raumeigenschaften ermöglicht. Durch die Faltung mit vorgegebenen Impulsantwortfunktionen, die aus gemessenen Impulsantwortfunktionen von möglichst idealen Räumen konstruiert sind, wird ein besonders angenehmer Raumklang erzielt. Durch die Veränderung der Einkopplungsrichtung der eingespielten zusätzlichen optimierten Klangsignale durch das Umschalten in den Umschaltvorrichtungen wird eine ungewünschte Lokalisierung der zusätzlichen Signale durch einen Zuhörer vermieden und eine besonders hohe Rückkopplungssicher-

heit erreicht. Durch das erfindungsgemäße Verfahren und System lassen sich die raumakustischen Eigenschaften von Veranstaltungsräumen erheblich verbessern.

[0058] Obwohl die vorliegende Erfindung anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen beschrieben wurde, ist sie nicht darauf beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar. Die Anzahl der parallel geführten Faltungssignale kann beliebig verändert werden. Der Einsatz der Erfindung ist nicht auf geschlossene Räume beschränkt, sondern ein entsprechendes Klangsystem eignet sich ebenfalls zur Verbesserung der raumakustischen Wahrnehmung von offenen oder halboffenen Veranstaltungsstätten. Ferner lassen sich auch synthetisierte Impuls-Antwort-Funktionen als vorgegebene Impulsantwortfunktionen verwenden. Die in den Figuren dargestellten Signalverläufe sind lediglich beispielhaft zur Erläuterung zu verstehen. Größenangaben, zum Beispiel des Volumens der zu beschallenden Räume oder Mikrofonabstände, zu sind ebenfalls nur beispielhaft zu verstehen und praktisch beliebig verändert- oder skalierbar.

Bezugszeichenliste

[0059]

1	Klangsystem
2	Veranstaltungssaal
3	Bühne
4	Mikrofon
5	Faltungseinrichtung
6	Speicher
7	Umschalteneinrichtung
8, 9, 10	Eingang
11, 12, 13	Ausgang
14, 15, 16	Lautsprecher
17 - 20	Zuhörerposition
21 - 26	Eingang
28 - 30	Ausgang
31 - 34	Eingang
35 - 39	Ausgang
40	Entzerrungseinrichtung

41 - 45	Verstärker
46 - 55	Lautsprecher
5 100	Klangsystem
101	Klangsystem
102	Mischer
10 105	Faltungseinrichtung
106	Speicher
15 107	Umschalteneinrichtung
135	Pegelanpassungseinrichtung
140	Verzögerungseinrichtung
20 141, 142, 143.	Verstärker
146, 147, 148	Lautsprechergruppe
25 205	Faltungseinrichtung
206	Speicher
207	Umschalteneinrichtung
30 235	Pegelanpassungseinrichtung
240	Verzögerungseinrichtung
35 303-306	Mikrofon
307	Verstärker
A1	Impulsantwortfunktion
40 A2	Einhüllende
A3	Schallanteil
45 DS	Direktschall
DF	Diffusschall
E1-E4	Mikrofonsignal
50 F1-F4	vorverstärktes Signal
G, H, K	aufgenommenes Klangsignal
55 L1-L5,P1-P6	Faltungssignal
U1-U6	Faltungssignal

M1-M4, Q1-Q4	geschaltetes Faltungssignal	
V1-V4	geschaltetes Faltungssignal	
N1-N4, R1-R4	pegelangepasstes Signal	5
Y1-Y4	pegelangepasstes Signal	
O1-O5, T1-T5	Lautsprechersignal	10
X1-X5	Lautsprechersignal	
Δt	Umschaltzeitintervall	
w1-w4	Gewichtungsfunktion	15

Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbessern einer wahrgenommenen Akustik eines Raumes (1) mit den Verfahrensschritten:
 - a) Aufnehmen mindestens eines Klangsinal (E1(t)) über ein Aufnahmемittel (4) in der Nähe mindestens einer Klangquelle (3) in dem Raum (1);
 - b) Durchführen von jeweils einer Faltung des aufgenommenen Klangsinal (E1(t)) mit jeweils einer Impulsantwortfunktion (gi(t)) zum Erzeugen von unterschiedlichen optimierten Klangsinalen (L1(t), L2(t), L3(t)), wobei die jeweilige Impulsantwortfunktion aus einer Auswahl von vorgegebenen Impulsantwortfunktionen für den Raum (1) ausgewählt werden;
 - c) Wiedergabe der optimierten Klangsinal (N1, N2, N3) über in dem Raum (1) angeordnete Klangwiedergabemittel (14, 15, 16), wobei jedem Klangwiedergabemittel (14, 15, 16) ein unterschiedliches optimiertes Klangsinal (N1, N2, N3) zugeführt wird, und wobei jeweils nach einem vorbestimmten Umschaltzeitintervall (Δt) die optimierten Klangsinal (N1, N2, N3) den Wiedergabemitteln (14, 15, 16) derart zugeführt werden, dass keinem der Wiedergabemittel (14, 15, 16) in direkt aufeinander folgenden Umschaltzeitintervallen (Δt) dasselbe optimierte Klangsinal (N1, N2, N3) zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens drei unterschiedliche optimierte Klangsinal (L1, L2, L3) erzeugt werden und mindestens drei Wiedergabemittel (14, 15, 16) vorgesehen sind.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,

dass im Schritt c) das Umschaltzeitintervall (Δt) so kurz und vorzugsweise in einem Bereich von etwa 100-500ms gewählt ist, dass zwischen einem Wiedergabemittel (14, 15, 16) und dem Aufnahmемittel (4) eine Klang verfärbende Rückkopplung ausgeschlossen ist.

4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt c) bei einem Wechsel von einem ersten zu einem zweiten, einem Wiedergabemittel (14, 15, 16) zugeführten optimierten Klangsinal (N1, N2, N3) das jeweils erste in das jeweils zweite optimierte Klangsinal (N1, N2, N3) weich überblendet wird.
5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die optimierten Klangsinal (N1, N2, N3) in einer periodischen Reihenfolge oder zufällig stochastisch verteilt an die Wiedergabemittel (14, 15, 16) geführt werden.
6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Umschaltzeitintervall (Δt) zeitlich verändert wird.
7. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass im Schritt b) eine Anzahl optimierter Klangsinal (L1-L6) erzeugt wird, welche größer ist als die Anzahl der Wiedergabemittel (14, 15, 16), und dass im Schritt c) während eines Umschaltintervalls (Δt) mindestens eines der erzeugten optimierten Klangsinal (L1-L6) nicht an ein Wiedergabemittel 14, 15, 16) geführt wird.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen (gi(t)) untereinander unkorreliert sind.
9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren zum Bestimmen mindestens einer der vorgegebenen Impulsantwortfunktionen (gi(t)) den Schritt aufweist:
 - i) Messen einer Impulsantwortfunktion (gi(t)) an einem Ort (17) in dem Raum (2).
10. Verfahren nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die gemessene Impulsantwortfunktion (gi(t)) abgespeichert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,

dadurch gekennzeichnet,
dass ferner ein Schritt vorgesehen ist:

- ii) Entfernen oder Zufügen von Hallanteilen (A3) zu der gemessenen Impulsantwortfunktion ($g_i(t)$) zum Erzeugen einer entsprechenden vorgegebenen Impulsantwortfunktion.

5
- 12.** Verfahren nach einem der Ansprüche 9 - 11, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen ($g_i(t)$) durch Messen von Impulsantwortfunktionen an mehreren Orten (17-20) in dem Raum (2) erzeugt werden.

10
- 13.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen ($g_i(t)$) derart erzeugt werden, dass frühe Reflexionsanteile im Wesentlichen Mikrofonaufzeichnungen mit einem hohen Direktschallanteil (DS) entsprechen.

20
- 14.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen ($g_i(t)$) derart erzeugt werden, dass Nachhallanteile im Wesentlichen Mikrofonaufzeichnungen mit einem hohen Diffusschall (DF) entsprechen.

25
- 15.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die optimierten Klangsignale (M1-M4) beim Wiedergeben mit einer periodischen Pegeländerung beaufschlagt werden.

30
- 16.** Verfahren nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** eine Zeitkonstante der periodischen Pegeländerung in Abhängigkeit von einer Zeitkonstante für einen Rückkopplungsaufbau in dem Raum gewählt wird.

40
- 17.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die optimierten Klangsignale (N1, N2, N3, N4) derart verzögert werden, dass die wiedergegebenen optimierten Klangsignale (O1-O5) und die Klangsignale der Klangquelle (3) an mindestens einem Ort des Raumes (2) im Wesentlichen gleichzeitig eintreffen.

45
- 18.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** bei mehreren Klangquellen die optimierten Klangsignale (N1-N4) derart verzögert werden, dass ein Direktschall der Klangquellen an jedem Ort des Raumes zeitlich vor einem Reflexionsanteil eines wiedergegebenen optimierten Klangsignals (O1-

55

O5) eintrifft.

- 19.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** im Schritt a) mehrere Einzelklangsignale (E1-E4) der Klangquelle (3) über mehrere Aufnahmemittel (303, 304, 305, 306) aufgenommen werden und die entsprechenden Einzelklangsignale (E1-E4) zu einem Klangsignal ($G(t)$, $H(t)$, $K(t)$) zur Weiterverarbeitung miteinander gemischt werden, wobei die Einzelklangsignale (E1-E4) in Abhängigkeit von den Positionen der Aufnahmemittel (303, 304, 305, 306) verzögert werden.

10
- 20.** Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die Einzelklangsignale (E1-E4) oder die aufgenommenen Klangsignale zum Reduzieren von höherfrequenten Anteilen gefiltert werden.

15
- 21.** Klangsystem (1) für einen Raum (2), insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach mindestens einem der Ansprüche 1 - 20, mit:

20

 - a) mindestens einem Mikrofon (3) zum Aufnehmen mindestens eines Klangsignals (E1(t)) in der Nähe einer Klangquelle (3);
 - b) einer Faltungseinrichtung (5) zum Falten des aufgenommenen Klangsignals (E1(t)) mit vorgegebenen Impulsantwortfunktionen ($g_i(t)$) zum Erzeugen von mindestens drei optimierten Klangsignalen (L1, L2, L3);
 - c) einer an die Faltungseinrichtung (5) gekoppelte Umschalteneinrichtung (7); und
 - d) an die Umschalteneinrichtung (7) gekoppelten Lautsprechern (14, 15, 16) zum Wiedergeben der optimierten Klangsignale (L1, L2, L3);
 - e) wobei die Umschalteneinrichtung (7) jeweils nach einem Umschaltzeitintervall (Δt) die optimierten Klangsignale (L1, L2, L3) den Lautsprechern (14, 15, 16) derart zuführt, dass keinem der Lautsprecher (14, 15, 16) in direkt aufeinander folgenden Umschaltzeitintervallen (Δt) dasselbe optimierte Klangsignal (L1, L2, L3) zugeführt ist.
- 22.** Klangsystem (1) nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** mindestens drei optimierte Klangsignale (L1, L2, L3) durch jeweils eine Faltung des aufgenommenen Klangsignals (E1) mit drei unterschiedlichen Impulsantwortfunktionen ($g_i(t)$) erzeugt wird und mindestens drei Lautsprecher (14, 15, 16) vorgesehen sind.

50
- 23.** Klangsystem (1) nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet,** **dass** die vorgegebenen Impulsantwortfunktionen (g_i

55

(t)) in einem an die Faltungseinrichtung (5) gekoppelten Speicher (6) abgespeichert vorliegen.

24. Klangsystem (1) nach einem der Ansprüche 21 - 23, **dadurch gekennzeichnet,**
dass der Umschalteinrichtung (7) eine Pegelanpassseinrichtung (35) zum periodischen Ändern der Pegel der optimierten Klangsignale (M1, M2, M3, M4) nachgeschaltet ist.

5

25. Klangsystem (1) nach einem der Ansprüche 21 - 24, **dadurch gekennzeichnet,**
dass eine Verzögerungseinrichtung (40) zum Verzögern der optimierten Klangsignale (M1, M2, M3, M4) vorgesehen ist.

10

15

26. Klangsystem (1) nach einem der Ansprüche 21 - 25, **dadurch gekennzeichnet,**
dass die Lautsprecher derart in dem Raum (2) angeordnet sind, dass jeweils mindestens drei Lautsprecher (14, 15, 16) an jeweils einem Ort (17) in dem Raum von einem Zuhörer wahrnehmbar sind.

20

27. Klangsystem (1, 100, 101) nach einem der Ansprüche 21 - 26, **dadurch gekennzeichnet,**
dass ferner vorgesehen sind:

25

- mehrere Mikrofone (303, 304, 305, 306), welche in der Nähe einer Bühne (3) des Raumes (2) zur Aufnahme mehrerer Einzelklangsignale (E1-E4) angeordnet sind; und
- eine Mischeinrichtung (307, 102) zum Mischen der Einzelklangsignale (E1-E4) zu dem aufgenommenen Klangsignal (G(t), H(t), K(t)).

30

35

28. Klangsystem (101) nach einem der Ansprüche 21 - 27, **dadurch gekennzeichnet,**
dass das Klangsystem (1) mehrere Signalzweige mit jeweils mindestens einem aufgenommenen Klangsignal (G(t), H(t), K(t)), einer Faltungseinrichtung (5, 105, 205), einer Umschalteinrichtung (7, 107, 207) und einer Gruppe von Lautsprechern (146, 147, 148) aufweist, wobei die entsprechenden vorgegebenen Impulsantwortfunktionen (gi(t)) in Abhängigkeit von den Positionen der Lautsprecher gewählt sind.

40

45

29. Veranstaltungssaal (2) mit einem Klangsystem (1) nach einem der Ansprüche 21 - 28.

50

Claims

1. Method of improving the audible acoustics of a room (1), comprising the method steps of:

55

- a) recording at least one sound signal (E1 (t)) with a recording means (4) in the vicinity of at least one sound source (3) in the room (1);
- b) convolving each recorded sound signal (E1 (t)) with a respective impulse response function (gi(t)) for generating different optimised sound signals (L1 (t), L2(t), L3(t)), each impulse response function being selected from a selection of predetermined impulse response functions for the room (1);
- c) playing back the optimised sound signals (N1, N2, N3) with the sound playback means (14, 15, 16) arranged in the room (1), a different optimised sound signal (N1, N2, N3) being fed to each sound playback means (14, 15, 16), and the optimised sound signals (N1, N2, N3) being fed in each case to the playback means (14, 15, 16) after a predetermined switching time interval (Δt) in such a way that the same optimised sound signal (N1, N2, N3) is not fed to any of the playback means (14, 15, 16) in consecutive switching time intervals (Δt).

2. Method according to claim 1, **characterised in that** at least three different optimised sound signals (L1, L2, L3) are generated and at least three playback means (14, 15, 16) are provided.

3. Method according to either claim 1 or 2, **characterised in that** the switching time interval (Δt) in step c) is selected to be short enough, preferably in a range of from 100 to 500 ms, to prevent feedback which would colour the sound between a playback means (14, 15, 16) and the recording means (4).

4. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**, in step c), during a change from a first to a second optimised sound signal (N1, N2, N3) fed to a playback means (14, 15, 16), each first sound signal is cross-faded into each second optimised sound signal (N1, N2, N3).

5. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the optimised sound signals (N1, N2, N3) are fed to the playback means (14, 15, 16) in a periodic sequence or in a stochastically distributed manner.

6. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the duration of the switching time interval (Δt) is changed.

7. Method according to claim 1, **characterised in that** a number of optimised sound signals (L1 to L6) are generated in step b), this number being greater than the number of playback means (14, 15, 16), and **in that** at least one of the optimised sound signals (L1 to L6) is not fed to a playback means (14, 15, 16) in

- step c) during a switching interval (Δt).
8. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the predetermined impulse response functions ($g_i(t)$) are not correlated with one another. 5
 9. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the method of determining at least one of the predetermined impulse response functions ($g_i(t)$) comprises the step of: 10
 - i) measuring an impulse response function ($g_i(t)$) at a location (17) in the room (2). 15
 10. Method according to claim 9, **characterised in that** the impulse response function ($g_i(t)$) measured is stored.
 11. Method according to either claim 9 or claim 10, **characterised in that** a further step is provided: 20
 - ii) removing or adding reverberation components (A3) to the impulse response function ($g_i(t)$) measured to generate a corresponding predetermined impulse response function. 25
 12. Method according to any one of claims 9 to 11, **characterised in that** the predetermined impulse response functions ($g_i(t)$) are generated by measuring impulse response functions at different locations (17 to 20) in the room (2). 30
 13. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the predetermined impulse response functions ($g_i(t)$) are generated in such a way that early reflection components basically correspond to microphone recordings with a high direct sound component (DS) 35
 - 40
 14. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the predetermined impulse response functions ($g_i(t)$) are generated in such a way that reverberation components basically correspond to microphone recordings with high diffuse sound (DF). 45
 - 50
 15. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the optimised sound signals (M1 to M4) are subjected to a periodic change in level during playback. 50
 16. Method according to claim 15, **characterised in that** a time constant for the periodic change in level is selected as a function of a time constant for a build up of feedback in the room. 55
 17. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the optimised sound signals (N1, N2, N3, N4) are delayed in such a way that the played-back optimised sound signals (O1 to O5) and the sound signals of the sound source (3) reach at least one location in the room (2) substantially simultaneously.
 18. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that**, in the case of a plurality of sound sources, the optimised sound signals (N1 to N4) are delayed in such a way that direct sound from the sound sources reaches each location in the room before a reflection component of a played-back optimised sound signal (O1 to O5).
 19. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** a plurality of individual sound signals (E1 to E4) from the sound source (3) are recorded in step a) by a plurality of recording means (303, 304, 305, 306) and the corresponding individual sound signals (E1 to E4) are mixed together to form a sound signal (G(t), H(t), K(t)) for further processing, the individual sound signals (E1 to E4) being delayed as a function of the positions of the recording means (303, 304, 305, 306).
 20. Method according to any one of the preceding claims, **characterised in that** the individual sound signals (E1 to E4) or the recorded sound signals are filtered to reduce highfrequency components.
 21. Sound system (1) for a room (2), in particular for carrying out the method according to at least one of claims 1 to 20, comprising:
 - a) at least one microphone (3) for recording at least one sound signal (E1(t)) in the vicinity of the sound source (3);
 - b) a convolution device (5) for convolving the recorded sound signal (E1(t)) with predetermined impulse response functions ($g_i(t)$) for generating at least three optimised sound signals (L1, L2, L3);
 - c) a switching device (7) coupled to the convolution device (5); and
 - d) loudspeakers (14, 15, 16), coupled to the switching device (7), for playing back the optimised sound signals (L1, L2, L3);
 - e) the switching device (7) in each case feeding the optimised sound signals (L1, L2, L3) to the loudspeakers (14, 15, 16) after a switching time interval (Δt) in such a way that the same optimised sound signal (L1, L2, L3) is not fed to any of the loudspeakers (14, 15, 16) in consecutive switching time intervals (Δt).
 22. Sound system (1) according to claim 21, **characterised in that** at least three optimised sound signals

(L1, L2, L3) are generated by convolving the recorded sound signal (E1) with three different impulse response functions (gi(t)) in each case and at least three loudspeakers (14, 15, 16) are provided.

23. Sound system (1) according to either claim 21 or claim 22, **characterised in that** the predetermined impulse response functions (gi(t)) are stored in a storage means (6) coupled to the convolution device (5).

24. Sound system (1) according to any one of claims 21 to 23, **characterised in that** a level adjustment device (35) for periodically changing the level of the optimised sound signals (M1, M2, M3, M4) is connected downstream of the switching device (7).

25. Sound system according to any one of claims 21 to 24, **characterised in that** a delay device (40) is provided for delaying the optimised sound signals (M1, M2, M3, M4).

26. Sound system (1) according to any one of claims 21 to 25, **characterised in that** the loudspeakers are arranged in the room (2) in such a way that at least three loudspeakers (14, 15, 16) can be heard by a listener at any location (17) in the room.

27. Sound system (1, 100, 101) according to any one of claims 21 to 26, **characterised in that** the following are further provided:

- a plurality of microphones (303, 304, 305, 306) arranged in the vicinity of a stage (3) in the room (2) to record a plurality of individual sound signals (E1 to E4); and
- a mixing device (307, 102) for mixing the individual sound signals (E1 to E4) to form the recorded sound signal (G(t), H(t), K(t)).

28. Sound system (101) according to any one of claims 21 to 27, **characterised in that** the sound system (1) has a plurality of signal paths, each having at least one recorded sound signal (G(t), H(t), K(t)), a convolution device (5, 105, 205), a switching device (7, 107, 207) and a set of loudspeakers (146, 147, 148), the corresponding predetermined impulse response functions (gi(t)) being selected as a function of the position of the loudspeakers.

29. Function hall (2) comprising a sound system (1) according to any one of claims 21 to 28.

Revendications

1. Procédé d'amélioration d'une acoustique perçue dans un local (1) comprenant les étapes suivantes :

- a) enregistrement d'au moins un signal acoustique (E1(t)) par l'intermédiaire d'un moyen d'enregistrement (4) situé à proximité d'au moins une source acoustique (3) dans le local (1) ;
- b) réalisation d'une convolution du signal acoustique enregistré (E1(t)) avec une fonction de réponse impulsionnelle (gi(t)) en vue de créer différents signaux acoustiques optimisés (L1(t), L2(t), L3(t)), la fonction de réponse impulsionnelle respective étant sélectionnée parmi une gamme de fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées pour le local (1) ;
- c) reproduction des signaux acoustiques optimisés (N1, N2, N3) à l'aide de moyens de reproduction sonore (14, 15, 16) disposés dans le local (1), un signal acoustique optimisé différent (N1, N2, N3) étant acheminé à chaque moyen de reproduction sonore (14, 15, 16), et les signaux acoustiques optimisés (N1, N2, N3) étant acheminés aux moyens de reproduction (14, 15, 16) à chaque fois après un intervalle de temps de commutation (Δt) prédéterminé de telle sorte que le même signal acoustique optimisé (N1, N2, N3) n'est acheminé à aucun des moyens de reproduction (14, 15, 16) à des intervalles de temps de commutation (Δt) successifs.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'**au moins trois signaux sonores optimisés différents (L1, L2, L3) sont générés et au moins trois moyens de reproduction (14, 15, 16) sont prévus.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'**à l'étape c), on choisit un intervalle de temps de commutation (Δt) tellement réduit, et de préférence dans une plage d'environ 100-500 ms, que toute rétroaction changeant la tonalité est exclue entre un moyen de reproduction (14, 15, 16) et le moyen d'enregistrement (4).

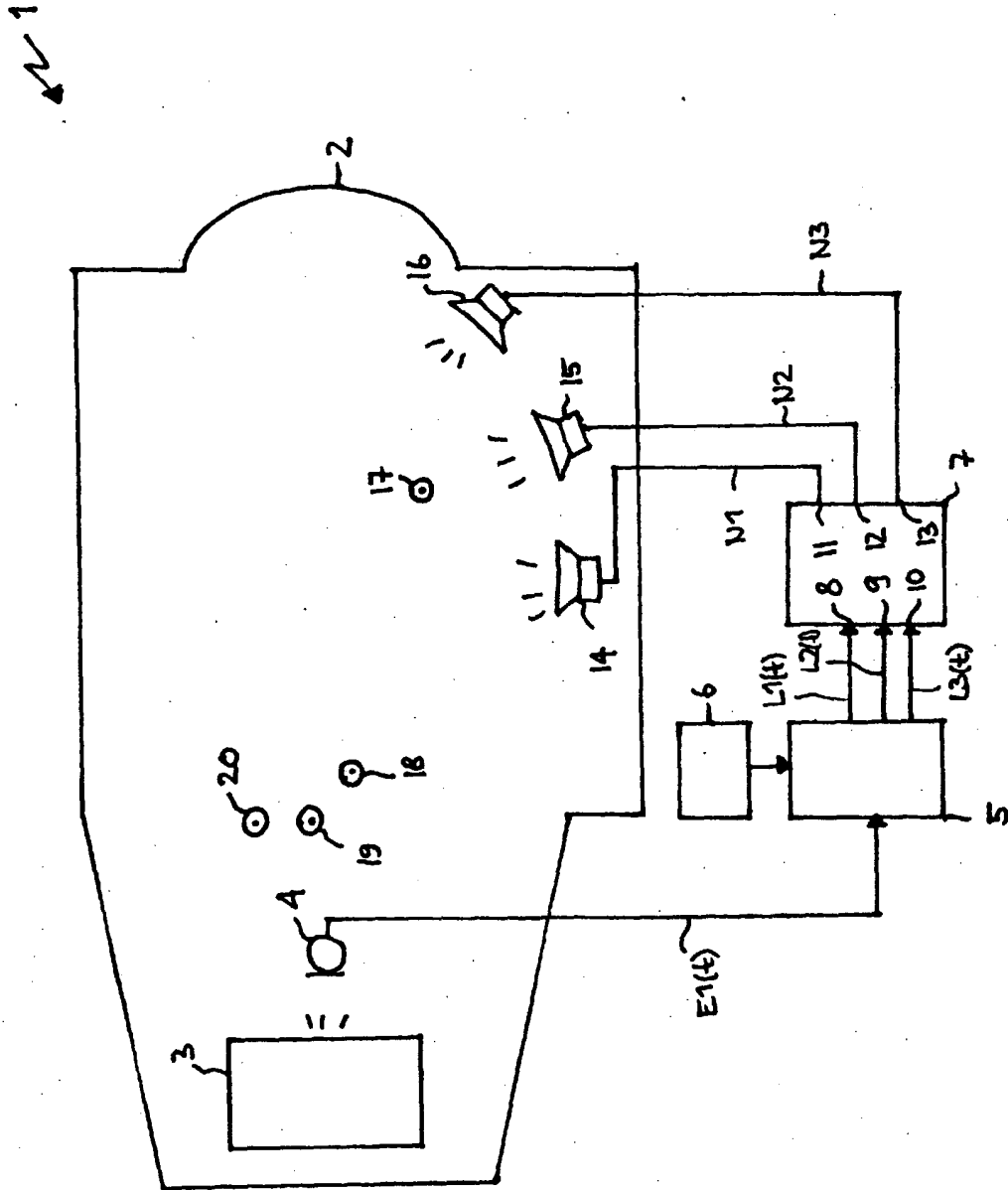
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**à l'étape c), dans le cas d'un changement d'un premier à un second signal acoustique optimisé (N1, N2, N3) acheminé à un moyen de reproduction (14, 15, 16), le premier signal sonore optimisé (N1, N2, N3) est enchaîné en fondu dans le second.

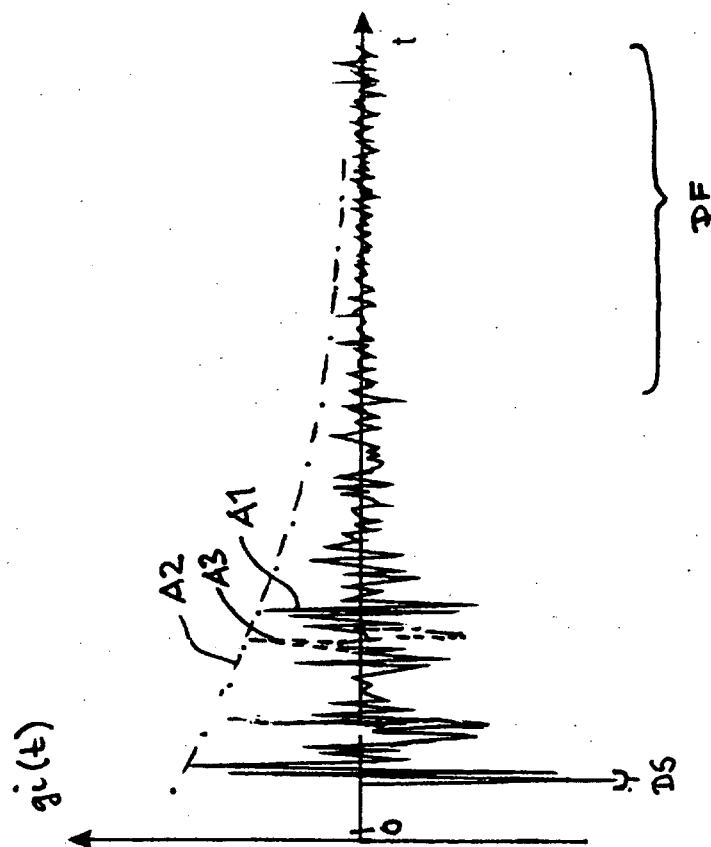
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les signaux acoustiques optimisés (N1, N2, N3) sont acheminés aux moyens de reproduction (14, 15, 16) dans une succession périodique ou une répartition stochastique.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'intervalle de temps de commutation (Δt) est modifié dans le temps.

7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce qu'à l'étape b)**, un nombre de signaux acoustiques optimisés (L1-L6) est généré, qui est supérieur au nombre des moyens de reproduction (14, 15, 16), et **en ce qu'à l'étape c)**, au moins un des signaux acoustiques optimisés générés (L1-L6) n'est pas acheminé à un moyen de reproduction (14, 15, 16) pendant un intervalle de temps de commutation (Δt). 5
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées ($g_i(t)$) sont sans corrélation entre elles. 10
9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le procédé de détermination d'au moins une des fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées ($g_i(t)$) présente l'étape : 15
- i) mesure d'une fonction de réponse impulsionnelle ($g_i(t)$) à un emplacement (17) dans le local (2). 20
10. Procédé selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la fonction de réponse impulsionnelle mesurée ($g_i(t)$) est enregistrée. 25
11. Procédé selon la revendication 9 ou 10, **caractérisé en ce qu'une** étape supplémentaire est prévue : 30
- ii) suppression ou ajout de facteurs de réverbération (A3) à la fonction de réponse impulsionnelle mesurée ($g_i(t)$) pour générer une fonction de réponse impulsionnelle prédéterminée correspondante. 35
12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, **caractérisé en ce que** les fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées ($g_i(t)$) sont générées par la mesure de fonctions de réponse impulsionnelle à plusieurs emplacements (17 à 20) dans le local (2). 40
13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées ($g_i(t)$) sont générées de telle sorte que les premières composantes de réflexion correspondent sensiblement à des enregistrements microphoniques présentant une composante de son direct (DS) élevée. 45
14. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées ($g_i(t)$) sont générées de telle sorte que les réverbérations correspondent sensiblement à des enregistrements microphoniques présentant un son diffus (DF) élevé. 50
15. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les signaux acoustiques optimisés (M1 à M4) sont soumis à un changement de niveau périodique lors de la reproduction. 55
16. Procédé selon la revendication 15, **caractérisé en ce qu'une** constante de temps du changement de niveau périodique est sélectionnée en fonction d'une constante de temps pour une structure de rétroaction dans le local.
17. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les signaux acoustiques optimisés (N1, N2, N3, N4) sont retardés de telle sorte que les signaux acoustiques optimisés (O1 à O5) et les signaux acoustiques de la source acoustique (3) arrivent sensiblement en même temps à au moins un emplacement du local (2).
18. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'en** cas de sources acoustiques multiples, les signaux acoustiques optimisés (N1 à N4) sont retardés de telle sorte qu'un son direct des sources acoustiques arrive à chaque emplacement du local avant une composante de réflexion d'un signal acoustique optimisé reproduit (O1 à O5).
19. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'à l'étape a)**, plusieurs signaux acoustiques individuels (E1 à E4) de la source acoustique (3) sont enregistrés sur plusieurs moyens d'enregistrement (303, 304, 305, 306) et les signaux acoustiques individuels correspondants (E1 à E4) sont mélangés les uns aux autres de façon à former un signal acoustique (G(t), H(t), K(t)) soumis à un traitement ultérieur, les signaux acoustiques individuels (E1 à E4) étant retardés en fonction des positions des moyens d'enregistrement (303, 304, 305, 306).
20. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les signaux acoustiques individuels (E1 à E4) ou les signaux acoustiques enregistrés sont filtrés pour réduire les composantes de fréquence supérieure.
21. Système acoustique (1) pour un local (2), en particulier pour la réalisation du procédé selon au moins une des revendications 1 à 20, présentant :
- a) au moins un microphone (3) pour enregistrer au moins un signal acoustique (EI(t)) à proximité d'une source acoustique (3) ;
- b) un dispositif de convolution (5) permettant de convoluer le signal acoustique enregistré (EI(t)) avec des fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées ($g_i(t)$) pour générer au moins trois signaux acoustiques optimisés (L1, L2,

- L3) ;
 c) un dispositif de commutation (7) couplé au dispositif de convolution (5) ; et
 d) des haut-parleurs (14, 15, 16) couplés au dispositif de commutation (7) pour reproduire les signaux acoustiques optimisés (L1, L2, L3) ;
 e) le dispositif de commutation (7) acheminant toujours les signaux acoustiques optimisés (L1, L2, L3) aux haut-parleurs (14, 15, 16) après un intervalle de temps de commutation (Δt) de façon à ce que le même signal acoustique optimisé (L1, L2, L3) ne soit acheminé à aucun des haut-parleurs (14, 15, 16) dans des intervalles de temps de commutation (Δt) se succédant directement.
22. Système acoustique (1) selon la revendication 21, **caractérisé en ce qu'**au moins trois signaux optimisés (L1, L2, L3) sont générés par une convolution du signal acoustique enregistré (E1) avec trois fonctions de réponse impulsionnelle différentes ($g_i(t)$) et au moins trois haut-parleurs (14, 15, 16) sont prévus.
23. Système acoustique (1) selon la revendication 21 ou 22, **caractérisé en ce que** les fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées ($g_i(t)$) sont enregistrées dans une mémoire (6) couplée au dispositif de convolution (5).
24. Système acoustique (1) selon l'une des revendications 21 à 23, **caractérisé en ce qu'**un dispositif d'adaptation de niveau (35) permettant la modification périodique des niveaux des signaux acoustiques optimisés (M1, M2, M3, M4) est monté en aval du dispositif de commutation (7).
25. Système acoustique (1) selon l'une des revendications 21 à 24, **caractérisé en ce qu'**un dispositif de retardement (40) permettant de retarder les signaux acoustiques optimisés (M1, M2, M3, M4) est prévu.
26. Système acoustique (1) selon l'une des revendications 21 à 25, **caractérisé en ce que** les haut-parleurs sont disposés de telle sorte dans le local (2) qu'au moins trois haut-parleurs (14, 15, 16) sont audibles par un auditeur à un emplacement (17) du local.
27. Système acoustique (1, 100, 101) selon l'une des revendications 21 à 26, **caractérisé en ce que** sont également prévus :
- plusieurs microphones (303, 304, 305, 306), qui sont disposés à proximité d'une estrade (3) du local (2) pour l'enregistrement de plusieurs signaux acoustiques individuels (E1 à E4) ; et
 - un dispositif de mélange (307, 102) permettant de mélanger les signaux acoustiques individuels (E1-E4) de façon à former le signal acoustique enregistré ($G(t)$, $H(t)$, $K(t)$).
28. Système acoustique (101) selon l'une des revendications 21 à 27, **caractérisé en ce que** le système acoustique (1) présente plusieurs branches de signal avec au moins un signal acoustique enregistré ($G(t)$, $H(t)$, $K(t)$), un dispositif de convolution (5, 105, 205), un dispositif de commutation (7, 107, 207) et un groupe de haut-parleurs (146, 147, 148), les fonctions de réponse impulsionnelle prédéterminées correspondantes ($g_i(t)$) étant choisies en fonction des positions des haut-parleurs.
29. Salle polyvalente (2) présentant un système acoustique (1) selon l'une des revendications 21 à 28.





Figur 2

100 ?

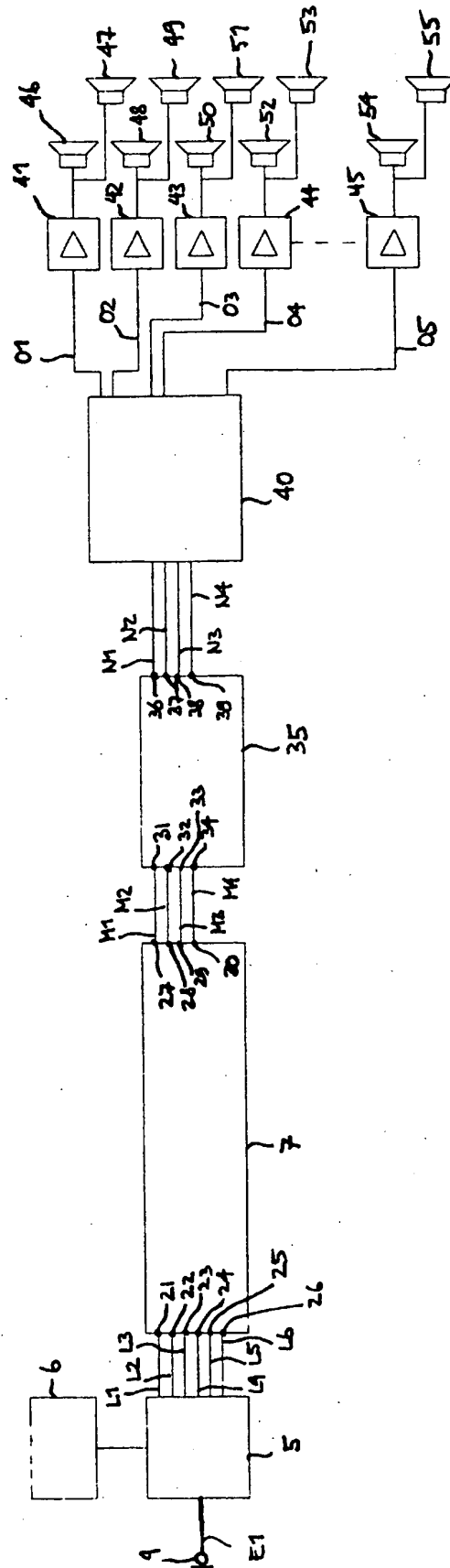


Figure 3

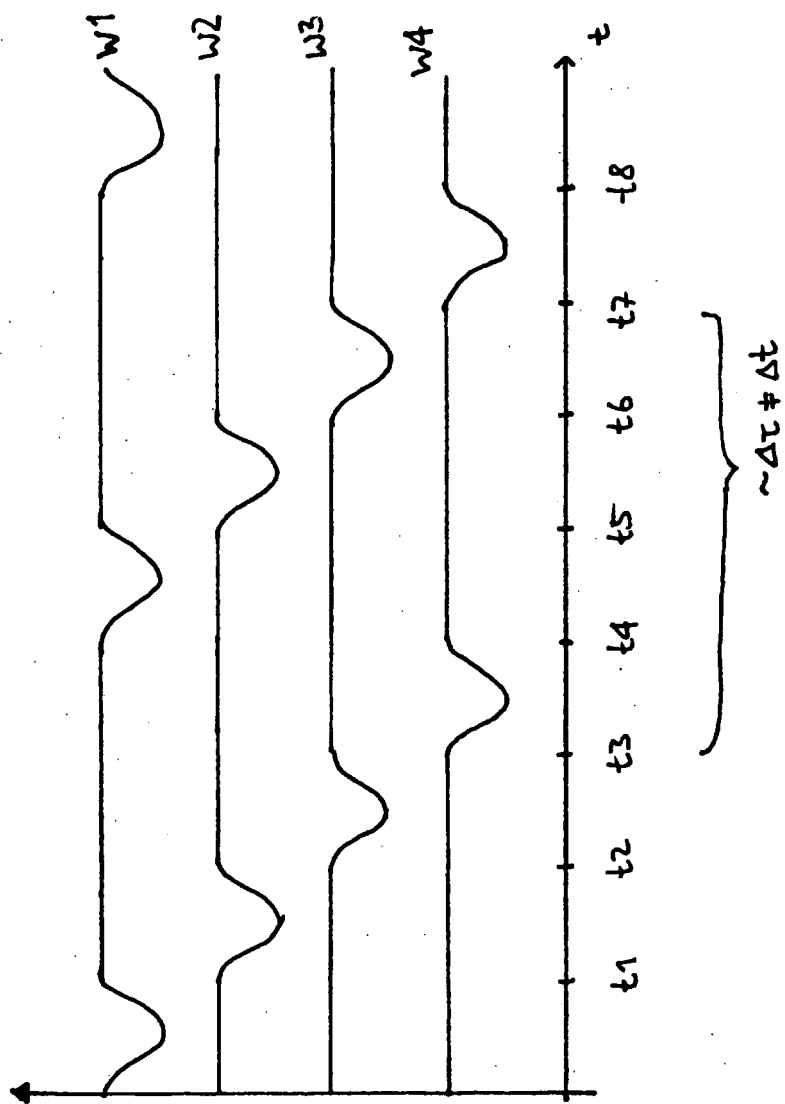
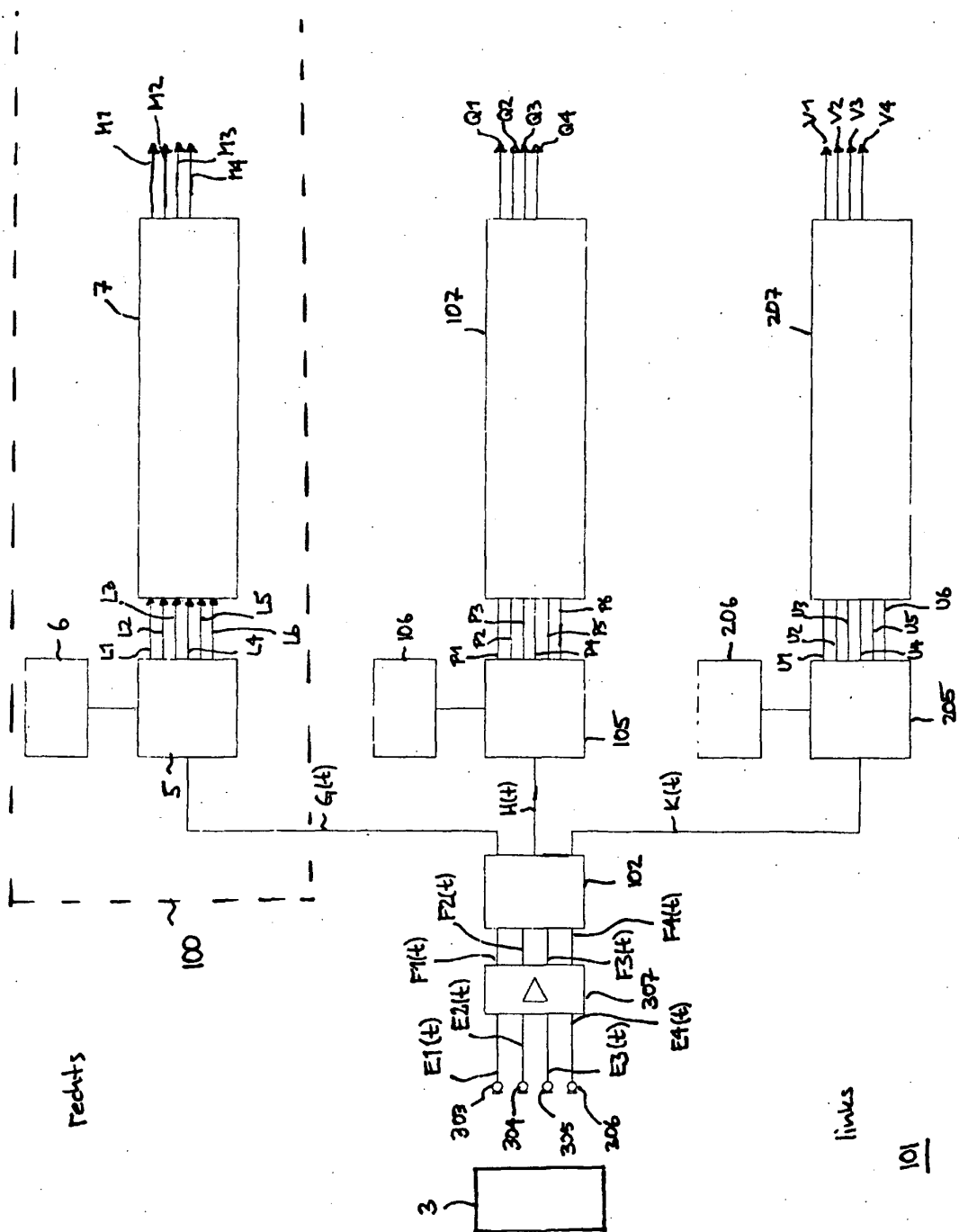


Figure 4



Figur 5A

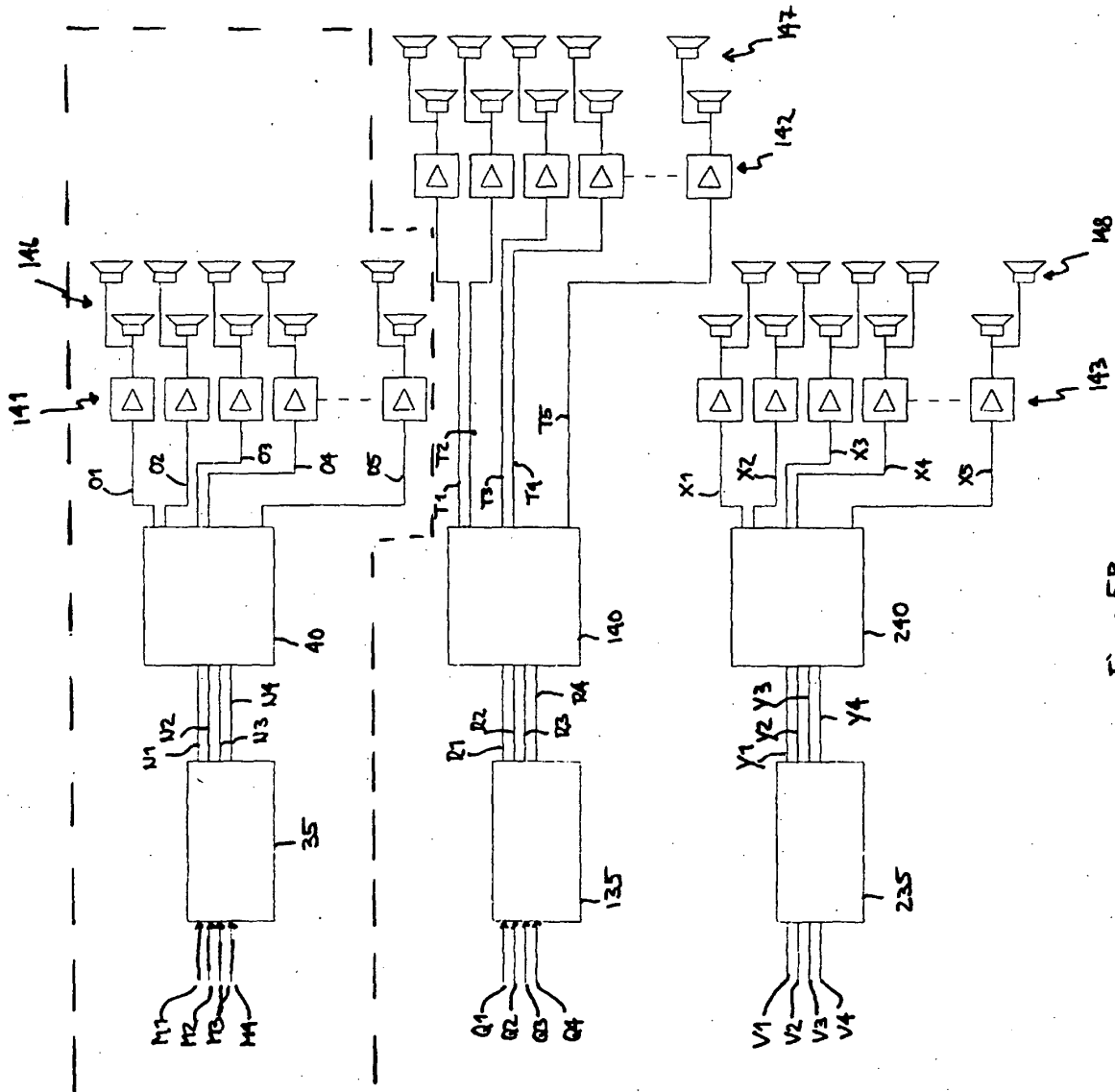


Figure 5B

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 5109419 A [0006]