



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
07.03.2007 Patentblatt 2007/10

(51) Int Cl.:
G10K 11/178 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **06405346.5**

(22) Anmeldetag: **17.08.2006**

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **Elmiger, Thomas Andreas**
8926 KAPPEL (CH)

(72) Erfinder: **Elmiger, Thomas Andreas**
8926 KAPPEL (CH)

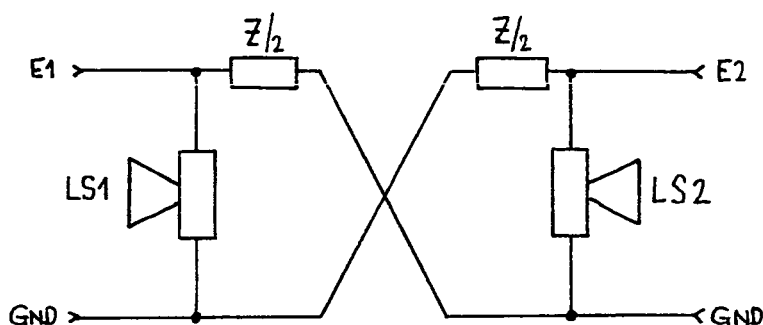
(30) Priorität: **18.08.2005 CH 13572005**

(54) **Einrichtung zum Erstellen von akustisch isolierten Hörräumen**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren, um einen oder mehrere Räume eines Gebäudes so auszurüsten, dass man dieses optimal beschallen kann (z. B. als Heimkino), wobei einerseits akustische Schwächen des Hörraumes aktiv bedämpft und andererseits die Lärmemission in die benachbarten Räume gegenüber konventionellen Massnahmen stark reduziert wird. Die Einrichtung nutzt die Möglichkeiten der digitalen Tontechnik, basiert aber nicht zwingend darauf. Sie eignet sich besonders zur kostengünstigen, strukturierten Einrichtung mehrerer

solcher Räume (Wohnungen, Zonen, Hotelzimmer etc.) wobei die Nutzung jederzeit geändert werden kann, ohne Einrichtungen oder Kabel neu verlegen zu müssen.

Die Erfindung beschreibt alle erforderlichen Einrichtungen, um dieses Verfahren in zwei typischen Anordnungen (bilateral und multilateral) anwenden zu können, beschreibt aber auch die Möglichkeit, Teile der Einrichtung so durch alternative Geräte und Verfahren zu ergänzen bzw. zu ersetzen, dass der Nutzen der Erfindung als Ganzes erhalten bleibt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und die erforderliche Einrichtung, um einen oder mehrere Räume eines Gebäudes so auszurüsten, dass man darin Musik und anderen Schall mit hohem Pegel erzeugen kann, wobei die benachbarten Räume möglichst wenig gestört werden. Die Einrichtung verwendet in seiner bevorzugten Ausführung die digitale Form der Signalübertragung, ist aber nicht zwingend auf diese angewiesen. Zusätzlich ermöglicht die gleiche Einrichtung auch die Dämpfung gewisser störender Einflüsse in Hörraum selbst.

[0002] Diese Isolation zu den benachbarten Räumen wird zwar primär durch die Schalldämmung der Wände bewirkt, durch die geschilderte Erfindung wird deren Wirkung bedeutend erhöht. Eine Besonderheit der Erfindung ist auch, dass sie sich besonders zur kostengünstigen Installation mit einer normierten Verkabelung eignet, die bereits beim Bau fest verlegt werden kann, ohne die speziellen Formen der späteren Nutzung bereits festlegen zu müssen.

[0003] Ein zusätzlicher Nutzen der Einrichtung besteht darin, dass damit gleichzeitig auch stehende Wellen (Moden) im Raum selbst gedämpft werden können.

[0004] Der Nutzen der Erfindung tritt besonders hervor, wenn die Beschallung durch Lautsprecher erfolgt, welche fest in die Wände eingebaut werden, z. B. Flächenlautsprecher.

[0005] Die einzelnen Teile der Erfindung (aktive Absorber, digitale Signalaufbereitung, Feldbussysteme, Zeitsynchronisation über Netzwerk, Flächenlautsprecher etc.) sind bekannt, die Erfindung kombiniert diese auf eine besondere Weise, die eine strukturierte, serientaugliche Realisierung optimal gedämpfter Hörräume möglich macht.

[0006] Die einzelnen, voneinander entkoppelten Hörräume werden SB ("Soundboxen") genannt. Die Lautsprecher LS, welche den Schall erzeugen, sind vorzugsweise an festen Positionen in die Wände eingearbeitet. Auf der gegenüberliegenden Seite derselben Wand befindet sich ebenfalls ein möglichst gleichartiger Lautsprecher. Unter Lautsprecher verstehen wir hier jede Einrichtung, welche elektrische Signale in akustische umwandelt, unabhängig von der Ausführungsform.

[0007] Diese gegenüberliegenden Lautsprecher wirken gegenseitig als aktive Absorber, d. h. sie vernichten die unerwünschten Schallwellen durch gegenphasiges Schwingen. Abb. 1 zeigt diese Anordnung. Zwischen den Lautsprechern LS 1 und LS2 befindet sich die Dämpfung der Wand (D). Diese ist typischerweise stark frequenzabhängig. Falls der LS 1 einen Ton von einem Kilohertz mit einem Pegel von 60dB abstrahlt und die Dämpfung D der Wand bei dieser Frequenz 40 dB beträgt, muss der Lautsprecher LS2 gegenphasig mit 20 dB strahlen, um den Schall auszulöschen.

[0008] Wenn bei einer anderen Frequenz, z. B. bei 100 Hz, die Dämpfung D lediglich 20 dB beträgt, muss LS2 mit 40 dB strahlen, um eine Auslöschung zu erreichen.

Die Stärke der Korrekturabstrahlung, ist umgekehrt proportional zum (komplexen) Frequenzgang von D, hier als FDA ("frequency dependent attenuation") bezeichnet. Natürlich beeinflusst das über LS2 abgestrahlte Korrektursignal wiederum LS1 negativ, d. h. es muss auch bei LS1 eine Korrektur vorgenommen werden, die aber bedeutend schwächer ausfällt. Bei der Berechnung der Korrekturfunktion muss man also auch deren Rückwirkung auf die Quelle berücksichtigen, was im Prinzip ein unendlicher, iterativer Prozess ist. Da der Einfluss aber nach jedem Schritt massiv abnimmt, sind nur wenige Iterationen erforderlich.

[0009] Die obigen Schilderungen gelten natürlich auch umgekehrt von LS2 zu LS 1, d. h. die Anordnung ist symmetrisch. Dies gilt auch für alle folgenden Ausführungen, auch wenn nicht immer ausdrücklich auf diese Symmetrie hingewiesen wird.

[0010] Eine einfache Einrichtung, welche das grundlegende Prinzip der Erfindung grob realisiert, sieht eine gegenphasige Kopplung der Lautsprecher über eine feste Impedanz Z vor, die aus Symmetriegründen in zwei gleiche Hälften aufgeteilt ist [Abb. 2]. Das Eingangssignal E1 bzw. E2 speist dabei nicht nur den "eigenen" LS sondern erzeugt auch das Korrektursignal für den gegenüberliegenden LS.

[0011] Z kann aktiv oder passiv sein, sollte aber mit dem Lautsprecher einen Spannungsteiler bilden, welcher die FDA möglichst gut annähert. Im einfachsten Fall ist Z ein ohmscher Widerstand mit einem gewichteten Mittelwert (nicht alle Frequenzen stören subjektiv gleich stark). Da dieser Wert u. a. auch abhängig ist von der stark frequenzabhängigen Impedanz der LS und typischerweise auch eine frequenzabhängige Verschiebung der Phasenlage bewirkt, kann diese Anordnung nur eine sehr grobe Approximation erzielen.

[0012] Die zur Auslöschung erforderliche Phasendrehung beträgt nicht genau 180° zwischen LS 1 und LS2, da bei höheren Frequenzen die Laufzeit durch die Wand mit berücksichtigt werden muss. Bei einer Frequenz von 1 kHz genügen bereits rund 15cm in Luft, um eine Phasendrehung um 180° (=gegenphasig) zu erreichen. Bei festem Baumaterial, wie Holz, Ziegelsteinen oder Beton ist der Effekt wegen der höheren Schallgeschwindigkeit erst bei relativ hohen Frequenzen von Bedeutung, bei weichen Baustoffen und typischen Isoliermatten muss er aber auch im mittleren Frequenzband berücksichtigt werden. Im Rahmen dieser Erfindung wird der Effekt TPS ("travelling phase shift") genannt. Der Effekt der TPS ist proportional zur Frequenz und zur Dicke der Wand sowie umgekehrt proportional zur Schallgeschwindigkeit im Baustoff der Wand.

[0013] Um sowohl FDA als auch TPS korrekt berücksichtigen zu können, sieht die Erfindung in ihrer typischen Ausführung eine aktive Kompensation vor. Idealerweise wird diese mit einem Sound Prozessor (SP) realisiert, welcher zusätzlich zum Nutzsignal für LS 1 auch ein Kompensationssignal für LS2 erzeugt. Die Parameter des SP werden typischerweise durch Kalibrierung vor

Ort ermittelt, da viele bauliche Einflüsse darauf Einfluss haben. Neben FDA und TPS gibt es noch weitere Effekte von meist geringerer Bedeutung, die von der Kalibrierung mit erfasst werden können.

[0014] Als zusätzliches Hilfsmittel kann auch eine Gegenkopplung des gemessenen Schalls durch ein Mikrofon verwendet werden. Dies ist aber nicht das primäre Konzept der Erfindung und hat wesentliche Nachteile, z. B. die Abhörbarkeit der Räume durch das Mikrofon. In einer verteilten Anordnung mit mehreren Parteien ist das eine gravierender Schwäche. Ausserdem ist die Anordnung des Mikrophons (bzw. der Mikrophone) schwierig und oft lästig. Diese Option hat aber den Vorteil, dass damit auch Schall kompensiert werden kann, der nicht durch einen Lautsprecher des Systems selbst erzeugt wird. Dazu gehört z. B. Strassenlärm, Stimmen oder ein herkömmliches Musikinstrument. Darum wird diese Variante als zusätzliche Option für die Fälle vorgesehen, wo die Nachteile tolerierbar sind.

[0015] In der bisher geschilderten bilateralen Variante sind immer nur zwei gegenüberliegende Lautsprecher auf die geschilderte Weise gegenseitig kompensiert. Die Einspeisung des Korrektursignals erfolgt wenn immer möglich vor dem Verstärker V, der sinnvollerweise (aber nicht zwingend) mit dem Lautsprecher zu einer aktiven Einheit verbunden wird. Bei dieser bilateralen Ausführung ist es zweckmässig auch den SP mit dem Verstärker zu integrieren [Fig. 3], so dass eine modulare Einheit entsteht, wobei aus der Sicht des Benützers sowohl LS 1 als auch LS2 unabhängig voneinander wie normale aktive Lautsprecher angesteuert werden können.

[0016] Die ganze Einheit bestehend aus Signalprozessor SP, Verstärker V und Lautsprecher LS kann fest in die Wand eingebaut werden, so dass die Parameter des SP nicht verändert werden müssen, sobald die Einrichtung einmal kalibriert ist. Als Lautsprecher werden vorzugsweise flache Flächenstrahler verwendet, als Verstärker bevorzugt solche in Klasse D bis H oder in BASH Technik, um die Wärmeentwicklung in der Wand möglichst gering zu halten. Zur Wärmeableitung kann ein grossflächiges Kupfergeflecht dienen, das unter dem Verputz eingemauert wird, der Verstärker schützt die Lautsprecher vor Überlast, so dass diese nie wieder ausgebaut werden müssen [Fig. 4].

[0017] Die Erfindung sieht eine multilaterale Ausführung vor, die umfassendere Kompensationen und höhere Flexibilität erlaubt. Diese wird aus praktischen Gründen mit Vorteil digital realisiert und im folgenden auch so beschrieben, obwohl dies kein zwingendes Merkmal der Erfindung ist. In der multilateralen Ausführung wird der Schall eines Lautsprechers nicht einfach von einem direkt gegenüberliegenden Lautsprecher an derselben Wand kompensiert, vielmehr sind alle Lautsprecher des eigenen und der benachbarten Räume in die Kompensation einbezogen. Dies kann zweidimensional (auf eine Etage beschränkt) oder dreidimensional erfolgen. Alle Soundboxen, welche Teil eines solchen multilateralen Netzwerks sind, bilden zusammen ein Soundboxsystem

SBS. Ein Gebäude oder ein in sich akustisch abgeschlossener Teil eines Gebäudes bildet typischerweise ein SBS.

[0018] Bei dieser Anordnung erzeugt der DSP (digital sound processor) zu jedem Eingangs-Signal (z. B. vorne links) einen Vektor von Ausgangs-Signalen für die verschiedenen Lautsprecher. Die Summe aller Ausgangssignale für einen bestimmten Lautsprecher wird dann von einer Endstufe verstärkt und dem an der gewünschten Stelle positionierten Lautsprecher zugeführt. Bei mehrkanaligem Sound (stereo, surround sound etc.) entsteht so eine Matrix [Fig. 5] der benötigten Signale. Alle Werte sind komplexe Funktionen (Amplitude und Phase) der Frequenz, diejenigen auf der Diagonalen liegen nahe bei 1, die andern sind normalerweise wesentlich kleiner. Die Erzeugung dieser Signale ist Aufgabe des DSP. Die FDA wird typischerweise durch ein FIR-Filter (digital), TPA durch variable Delays kompensiert.

[0019] Mit der gleichen Anordnung können ohne zusätzliche Einrichtungen auch stehende Wellen im Hörraum selbst (sog. Moden) kompensiert werden. Dieser Nutzen wird erhöht, wenn noch zusätzliche LSS vorinstalliert werden, die nicht direkt zur Beschallung sondern zur Bedämpfung von stehenden Wellen eingesetzt werden. Dies ist besonders bei tiefen Frequenzen von grossem Nutzen, da dort die natürliche Dämpfung durch poröse Materialien wenig wirkt. Konsequenterweise werden dann die Räume einer SB in regelmässigen Abständen mit Lautsprechersystemen LSS ausgerüstet, die teilweise zur Beschallung und teilweise zur aktiven Absorption eingesetzt werden. [Fig. 6]. Die Anzahl LSS pro SB ist durch die Erfindung nicht festgelegt, sie ermöglicht im Gegenteil eine freie Anzahl und räumliche Anordnung der LSS, je nach den vorliegenden Erfordernissen. Die Beschallung kann dann auch durch reine Änderung in der Parametrierung der DSPs so geändert werden, dass z. B. ein 7.1 Surround-System einmal die eine Wand, dann eine andere als Frontseite hat.

[0020] Bei grösseren (Multiroom-) Systemen kann man den Soll-Wert für jeden Lautsprecher als eine Kolonne (Vektor) betrachten. Die so entstehende Matrix ist oft sehr gross und auch wenn viele Zellen (geographisch entfernte Lautsprecher) praktisch 0 sind und die Zellen der Diagonalen nahezu 1, so entsteht doch ein sehr grosser Rechenaufwand für den DSP, um alle Signale in Echtzeit zu generieren.

[0021] Um diesen Rechenaufwand bei grossen Systemen zu reduzieren, kann man dieses entlang der Matrix-Diagonale in Teilsysteme aufspalten, wobei man die äusseren Zellen nicht berücksichtigt, die in der Regel nahezu Null sind. Jedes Teilsystem kann dann seinen eigenen DSP enthalten. So lassen sich auch autonomere Baugruppen bilden. Die multilaterale Variante kann aber in jedem Fall durch einen zentralen DSP realisiert werden, welcher die ganze Matrix berechnet.

[0022] Bedingt durch die aufwändige Berechnung der Ausgangssignale ist eine gewisse Latenzzeit unvermeidlich (Verzögerung des Ausgangs gegenüber dem Ein-

gang). Die Grösse der Latenzzeit ist weniger wichtig als deren Konstanz für alle Zellen der Matrix. Um dies zu erreichen, werden die neu berechneten Werte zwischengepuffert und über ein synchrones Sampling exakt gleichzeitig ausgegeben bzw. übernommen. Das ist notwendig, damit keine ungewollten Phasenverschiebungen der Signale gegeneinander auftreten. Das gleiche ist auch für normale DSPs z. B. von Dolby-Decodern erforderlich, gilt hier aber für alle LSS des ganzen SBS. Während Phasenfehler (bzw. Laufzeitunterschiede) bei herkömmlichen Mehrkanalanlagen lediglich die Präzision der Ortung von der Instrumente verschlechtert, reduziert sie im Falle der Soundbox direkt die Wirksamkeit des Verfahrens.

[0023] Bei der multilateralen Variante ist die Auftrennung in Baugruppen typischerweise so, dass an regelmässig angeordneten Stellen der Wände LSS Einheiten gemäss Abb. 7 angebracht werden, wobei die Bauform gemäss Abb. 4 verwendet werden kann, allerdings ohne den SP mit zu integrieren. Pro Soundbox oder gar für das ganze SBS wird vielmehr ein zentraler DSP vorgesehen, welcher die Signale für alle betroffenen LSS erzeugt. Daher entfällt die Notwendigkeit lokaler Soundprozessoren. Wenn in dieser Beschreibung von Lautsprechersystemen LSS die Rede ist, sind damit typischerweise aktive Einheiten gemeint, welche einen Netzwerkempfänger RCV, einen Endverstärker ES V und einen Schallwandler (LS) umfassen [Fig. 7]. Irgendwo in diesem LSS System findet normalerweise ein Umwandlung von digital zu analog statt. Diese Stufe ist nicht eingezeichnet, da viele Varianten möglich sind und ihre Auswahl für die Erfindung unerheblich ist.

[0024] Die Signale werden sinnvollerweise nicht über Punkt-zu-Punkt Verbindungen sondern über einen Bus zu den LSS geführt, typischerweise Ethernet. Auch andere Technologien wie WLAN, USB oder Firewire sind als Transportsystem geeignet, sofern sie Multicast zulassen und damit eine Zeitsynchronisierung der Teilnehmer möglich ist.

[0025] Ein wichtiges Verfahren der Soundbox besteht darin, die Zeitsynchronisation der DSP(s) und LSS von der Datenübertragung selbst zu entkoppeln. Diese Entkopplung ist nicht nötig, wenn ohne grosse Mühe eine isochrone (zeitgleiche) Datenübermittlung zwischen allen Teilnehmern erfolgen kann, wie im Fall einer direkten Verbindung. Bei einem paketorientierten Bussystem ist dies in der Regel nicht leicht sicherzustellen, besonders wenn sich Hubs, Switches und/oder Router im Netzwerk befinden. Daher stellt dieses Verfahren eine wichtige Komponente von Soundbox dar.

[0026] Die Teilnehmer am SBS Netzwerk bestehen aus den DSPs und den LSSs. Diese einigen sich gemäss IEEE 1588 auf einen synchronen Clock, der mindestens auf 0.1 Mikrosekunden genau erfolgt und einen gemeinsamen Startpunkt definiert ($t=0$). Systeme wie EtherCAT oder Powerlink können verwendet werden. Jedes LSS verwendet in der Folge eine Sampling Rate von typischerweise 96 kHz (auch 48 bzw. 44.1 kHz sind zulässig)

und die einzelnen Samples werden zusammen mit einem Timestamp übermittelt, welcher entweder die Sample-Nummer oder die relative Zeit im Mikrosekunden angibt. Die letztere Methode wird bevorzugt, weil sie die Kombination verschiedener Sample-Raten erlaubt (automatisches Resampling). Dabei wird ein Datenpaket in einfachsten Fall einfach demjenigen Sample zugeordnet, zu dem der Timestamp am nächsten liegt. Wenn die Leistung des LSS ausreicht, sollte jedoch eine logarithmische oder zumindest lineare Interpolation verwendet werden.

[0027] Im folgenden wird ein spezielles Verfahren beschrieben, um die Signaldaten zu übermitteln. Dabei wird davon ausgegangen, dass die erforderliche Zeitsynchronisation bereits besteht. Dieses Verfahren muss nicht zwingend verwendet werden, definiert aber alle wesentlichen Aufgaben, die zusätzlich zum bisher beschriebenen erforderlich sind, um ein SBS in der typischen Form zu realisieren. Dieses Verfahren heisst SBP (sound box protocol).

[0028] Jedem LSS wird bei der Installation eine ID fest zugeteilt, welche im LSS persistent gespeichert ist. Diese ID muss innerhalb eines SBS eindeutig sein und die geographische Position des LS kennzeichnen. Alle LSS in einem SBS sind über das Netzwerk erreichbar, wobei sie Teil der gleichen Multicast Gruppe sind (ev. lokaler Broadcast). Die Nutzdaten werden von den DSPs in dieses Netz eingespielen und von den LSS empfangen. Auch jeder DSP hat eine eindeutige ID.

[0029] Alle Zeichenketten, z. B. IDs, werden im Unicode dargestellt, variabel lang, höchstens 256 Zeichen. Alle variabel langen Objekte werden mit einem Längenfeld eingeleitet, welches die Länge als Integer enthält und zwar ohne das Längenfeld selbst. Integer und Gleitkommazahlen werden in 4 Oktetten dargestellt. Die Pakete haben stets die Form:

<Typ><Daten>

wobei <Typ> ein Integer ist und die Art des Paktes festlegt und <Daten> je nach Typ verschieden sein kann.

[0030] Gemäss diesem Protokoll ermittelt jeder neu aktive DSP in einem ersten Discovery Schritt mittels Multicast, welche anderen Teilnehmer im Netz aktiv und verfügbar sind. Dies ist ein wichtiger Input für den DSP. Dank diesem Discovery Schritt kann sowohl DHCP (üblich bei IPv4) als auch eine feste Zuordnung (eher üblich bei IPv6) eingesetzt werden.

Paket: Typ=0, Daten=<ID des DSP>

[0031] In der Antwort melden die Teilnehmer ihre Funktion, ihre ID und im Fall eines LSS die vorgesehene Sampling-Rate.

Paket: Typ=1, Daten=<Funktion (0=DPP, 1=LSS) ><ID><Sampling Rate (1=96k, 2=48k, 3=44.1k)>

[0032] Danach werden Pakete direkt vom DSP an die angesprochenen LSS adressiert.

Paket: Typ=2, Daten=<Time Stamp des ersten Samples><Sampling Rate><Liste mit Sample Werten>

Dabei bedeutet 0 als Sampling-Rate, dass der Timestamp in Mikrosekunden vorliegt. Die Liste der Sam-

ples (Signalpegel) wird als Floating-Point Werte übermittelt. Die Liste kann zwischen 1 und 256 Samples umfassen.

[0033] Wenn keine anderen Normen vorliegen, soll ein Wert von 1.0 etwa einem Schallpegel von ca. 50 dB-SPL in 1 m Entfernung entsprechen. Diese Normierung ist für die Erfindung nicht wesentlich, erleichtert aber die Ersteinrichtung und Kalibrierung. Erhält ein LSS für einen bestimmten Sample-Zeitpunkt keinen Pegelwert, soll er interpolieren. Erhält er bis zum Ende der Latenzzeit keinen neuen Stützwert, soll er den letzten Wert höchstens 100 ms festhalten und dann auf Null wechseln (kein Signal).

[0034] Erhält ein LSS mehrere Pakete, die einen Pegelwert für den gleichen TS enthalten, werden diese addiert, sofern sie von verschiedenen Quellen stammen (unterschiedliche DSPs). Damit wird der Aufbau von modularen Subsystemen ermöglicht. Weder der Hersteller von LSS noch der Installateur eines bestimmten SBS muss zum Vornherein wissen, wie das System konfiguriert wird. Auch ein nahtloses Zuschalten alternativer oder ergänzender DSPs ist jederzeit im laufenden Betrieb möglich.

[0035] Der Discovery-Schritt wird periodisch wiederholt, um Änderungen an der aktuellen Konfiguration zu erkennen. Das SBP sieht dafür eine typische Periode von einer Sekunde vor.

Patentansprüche

1. Einrichtung zur Beschallung eines oder mehrerer Hörräume (Soundboxen genannt) **dadurch gekennzeichnet, dass** störende Signale im Hörraum selbst (z. B. stehende Wellen) und in den benachbarten Räumen (Lärmemission), mittels einer strukturierten Anordnung von Lautsprecher-Systemen LSS aktiv bedämpft werden, wobei jeder dieser LSS sowohl zur Beschallung mit dem Nutzsignal als auch zur Bedämpfung der Störsignale herangezogen wird.
2. Einrichtung gemäss Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jeweils zwei möglichst gleichartige LSS an der gleichen Wand auf der gegenüberliegenden Seite angebracht sind, wobei das eine LSS die störenden Einflüsse des anderen kompensiert, indem es mit einem im Wesentlichen gegenphasigen Signal angesteuert wird, das die ungenügende Dämpfung der Wand frequenzabhängig und möglichst phasenstarr kompensiert. Bei dieser "bilateralen" Ausführungsform der Erfindung sind immer jeweils zwei LSS zu einem Paar kombiniert, d. h. sie bilden ein geschlossenes System, das keine weiteren Schallquellen einbezieht. Ein Hörraum kann mehrere solche Paare von LSS enthalten, wobei jedes Paar für sich allein arbeitet.

3. Einrichtung gemäss Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere LSS im Hörraum und in den angrenzenden Räumen in die Kompensation der Störsignale, einbezogen werden, wobei jedes LSS wahlweise ein zu seiner Position passendes Nutzsignal abstahlt, Störsignale von anderen LSS kompensiert oder beides.
4. Einrichtung gemäss Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die LSS in den Räumen an regelmässigen Stellen positioniert werden, ohne bereits einer bestimmten Aufgabe zugeordnet zu werden, so dass die akustische Nutzung des Raumes ohne physische Umstellung geändert werden kann, wobei trotzdem stets eine Auslöschung der stehenden Wellen und eine Kompensation der Emission in die Nachbarräume gewährleistet ist.
5. Einrichtung gemäss den Ansprüchen 2, 3 oder 4, die **dadurch gekennzeichnet ist, dass** sie keine Sensoren (Mikrophone) zur Messung der aktuellen Störsignale enthält sondern eine reine Vorwärtskorrektur verwendet, welche mit Signalprozessor(en) aufgrund fest eingegebener Parameter (einmalige Kalibrierung) oder adaptiv nachgeführter Parameter die optimalen Signale für alle eingebundenen LSS berechnet.
6. Einrichtung gemäss 5, welche zusätzlich Sensoren oder Hilfseingänge verwendet, um auch Geräusche kompensieren zu können, die von anderen Schallquellen stammen, wie z. B. Strassenlärm, Flugzeuge, Stimmen etc.
7. Einrichtung gemäss den Ansprüchen 2, 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein aktives Lautsprechersystem als LSS verwendet wird, wobei die Endstufe mit dem Schallwandler (möglichst grossflächige Strahler) integriert ist, diesen sowohl optimal ansteuert als auch vor Überlast schützt und über einfache, analoge oder digitale Signale angesteuert werden kann und, wo sinnvoll, samt der Verkabelung direkt in die Wände eingebaut werden kann. Zu diesem Zweck werden die Endstufen vorzugsweise in Klasse D bis H oder BASH Technik realisiert, um den Ruhestrom und die Wärmeentwicklung gering zu halten. Die Stromversorgung erfolgt vorzugsweise mit niederspannigem Gleichstrom (z. B. 48 V single supply).
8. Einrichtung gemäss Anspruch 2, 3, 4 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** über ein geeignetes Bus-System (Ethernet, WLAN, USB, Firewire etc.) einerseits eine Zeitsynchronisierung (z.B. gemäss IEEE 1588) und andererseits ein Protokoll zum Streamen der Audio-Daten verwendet wird.
9. Einrichtung gemäss Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet,**

zeichnet, dass ein spezielles Protokoll SBP zum Streamen verwendet, das eine isochrone Abstrahlung der gesampelten Signale ermöglicht, das Hinzufügen von zusätzlichen Signalquellen während des Betriebs gestattet und resistent ist gegenüber verlorenen Paketen und Overrun. 5

10. Einrichtung gemäss Anspruch 2, 3, 4 oder 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein oder mehrere digitale Signal-Prozessoren DSP zur Aufbereitung der Signale verwendet werden, um u. a. mittels Signalverzögerung und FIR Filter die erforderlichen Korrektursignale zu berechnen. Diese DSPs können entweder in einem autonomen Gerät implementiert werden oder mit der Signalquelle, z. B. einem PC oder Media Center kombiniert werden. 10
15

20

25

30

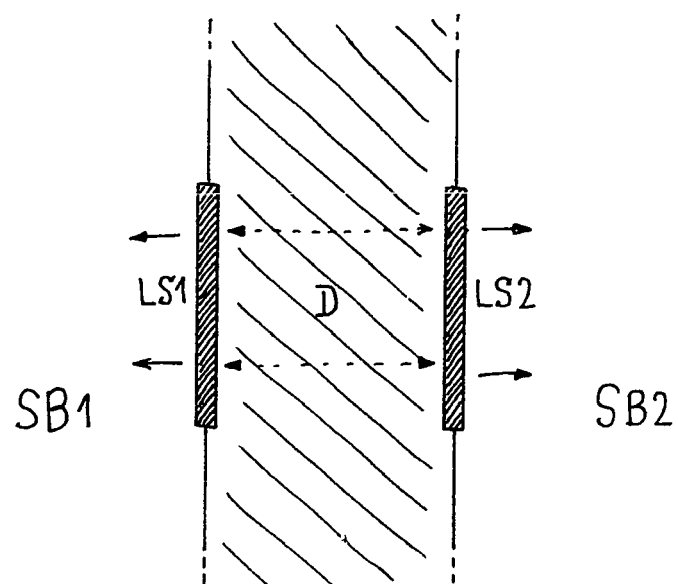
35

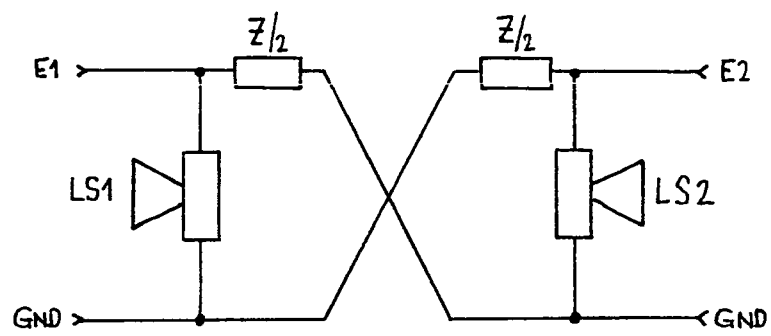
40

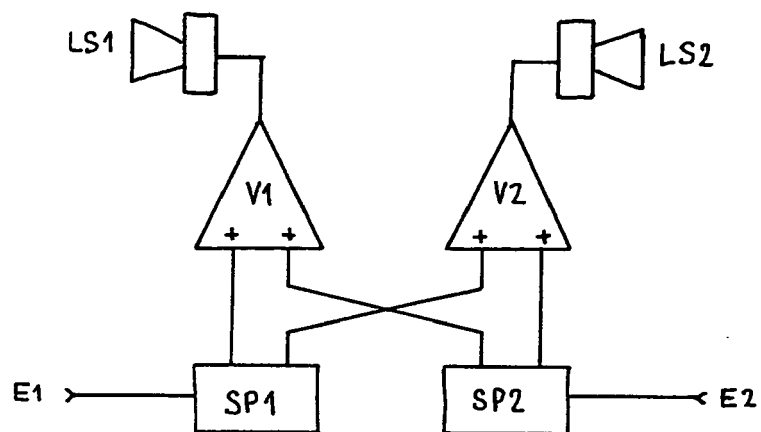
45

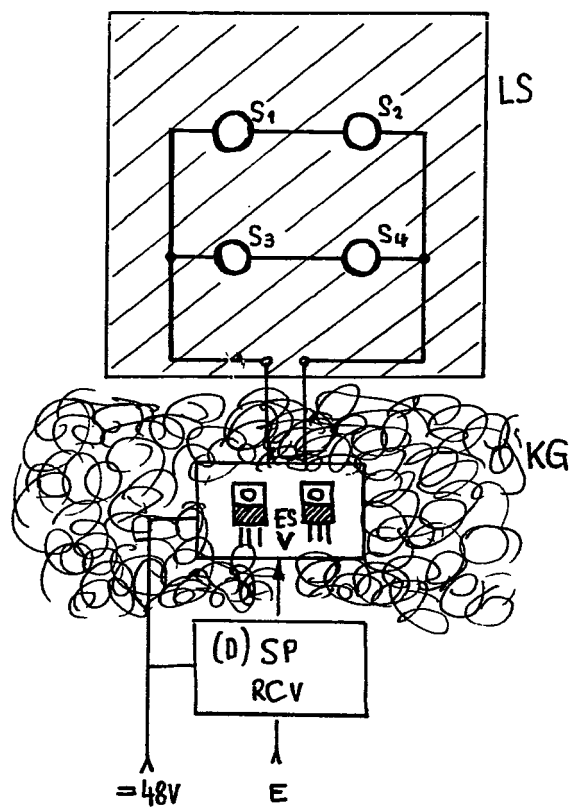
50

55









	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5	← Output (Signal + Korrekturen)
LS1	~ 1	f_{12}	f_{13}	f_{14}	f_{15}	
LS2	f_{21}	~ 1	f_{23}	f_{24}	f_{25}	
LS3	f_{31}	f_{32}	~ 1	f_{34}	f_{35}	
LS4	f_{41}	f_{42}	f_{43}	~ 1	f_{45}	
LS5	f_{51}	f_{52}	f_{53}	f_{54}	~ 1	

↑
Input
(reines
Signal)

