(19) **Bundesrepublik Deutschland**
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 694 34 568 T2** 2006.08.03

(12) # Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 723 733 B1**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **694 34 568.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US94/11205**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **94 930 568.4**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1995/010164**
(86) PCT-Anmeldetag: **03.10.1994**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **13.04.1995**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.07.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **07.12.2005**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***H04R 3/00*** (2006.01)
H04R 1/40 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
132032 **05.10.1993** **US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(73) Patentinhaber:
Polycom, Inc., Pleasanton, Calif., US

(74) Vertreter:
Kahler, Käck & Mollekopf, 86899 Landsberg

(72) Erfinder:
CHU, Lee, Peter, Lexington, US; BARTON, F., William, Littleton, US

(54) Bezeichnung: **MIKROFONSYSTEM FÜR TELEKONFERENZSYSTEM**

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

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

Beschreibung

Hintergrund der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft die automatische Auswahl von Mikrophonsignalen.

[0002] Seit den frühesten Tagen der Tonaufzeichnung stellen Rauschen und Nachhall beständige Probleme dar. Rauschen und Nachhall sind in Telekonferenzsystemen, bei denen mehrere Leute um einen Tisch sitzen, typischerweise in einem akustisch aktiven Raum, in dem jeder mit Papier hantiert, besonders schädlich.

[0003] Frühere Verfahren zum Verringern von Rauschen und Nachhall haben auf Richtmikrophonen beruht, die auf Schallquellen auf der Achse des Mikrophons am stärksten ansprechen und weniger ansprechen, wenn der Winkel zwischen der Achse und der Quelle zunimmt. Der Telekonferenzraum kann mit mehreren Richtmikrophonen ausgestattet sein: entweder ein Mikrophon für jeden Teilnehmer oder ein Mikrophon für jede Zone des Raums. Eine automatische Mikrophontorschaltung schaltet ein Mikrophon zu einem Zeitpunkt ein, um nur die gerade sprechende Person aufzunehmen. Die anderen Mikrophone werden abgeschaltet (oder in der Empfindlichkeit signifikant verringert), wodurch die Rausch- und Nachhallsignale, die an den anderen Mikrophonen empfangen werden, ausgeschlossen werden. Die Torsteuerung wird in einer komplexen analogen Schaltung durchgeführt.

[0004] US 4 741 038 offenbart eine planare Mikrophonanordnung und eine Misch- und Steuerschaltung, um das Ausgangssignal von jedem der Mikrophone in der Anordnung zu kombinieren und anzupassen. Die Signale der einzelnen Mikrophone werden aufsummiert, nachdem die einzelnen Signale um eine individuelle Verzögerungszeit verzögert wurden. Dadurch wird eine hohe Winkelauflösung erreicht. Durch Abtasten der verfügbaren Winkelrichtungsabhängigkeiten der Mikrophonanordnung kann die Winkelorientierung gesucht werden, in der eine maximale Schallleistung erfasst wird. Diese Abtastung erfordert eine entsprechende Anpassung der Zeitverzögerung für jeden einzelnen Wandler der Anordnung.

[0005] Bei der Mikrophonanordnung von DE 2 214 431 A sind vier Mikrophone derart angeordnet, dass jedes in eine andere Richtung in einer Ebene weist. Die Signale der vier Mikrophone werden verstärkt und gemischt, um vier Ausgangssignale für eine Vierkanal-Wiedergabe vorzusehen.

[0006] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Mikrophonsystem und ein Verfahren zum Kombinieren von Mikrophonsignalen bereitzustellen, die das Ausgangssignal optimieren, wenn eine Schallquelle ihre Position relativ zu den Mikrophonen ändern kann.

[0007] Die Erfindung ist in dem Anspruch 1 bzw. 11 definiert.

[0008] Spezielle Ausführungsbeispiele sind in den abhängigen Ansprüchen dargelegt.

Zusammenfassung der Erfindung

[0009] Gemäß einem Aspekt zeichnet sich die Erfindung im Allgemeinen durch ein Mikrophonsystem zur Verwendung in einer Umgebung, in der eine Schallquelle Energie von verschiedenen und veränderlichen Stellen innerhalb der Umgebung emittiert, aus. Das Mikrophonsystem weist mindestens zwei Richtmikrophone, eine Mischschaltung und eine Steuerschaltung auf. Die Mikrophone werden jeweils von einem Mittelpunkt ausgerichtet gehalten. Die Mischschaltung kombiniert die elektrischen Signale von den Mikrophonen in veränderlichen Verhältnissen, um ein zusammengesetztes Signal zu erzeugen, wobei das zusammengesetzte Signal Beiträge von mindestens zwei der Mikrophone umfasst. Die Steuerschaltung analysiert die elektrischen Signale, um eine Winkelorientierung des Schallsignals relativ zum Mittelpunkt zu ermitteln, und stellt im Wesentlichen kontinuierlich die Verhältnisse als Reaktion auf die ermittelte Orientierung ein und liefert die eingestellten Verhältnisse zur Mischschaltung. Die Werte der Verhältnisse werden so ausgewählt, dass das zusammengesetzte Signal ein Signal simuliert, das von einem einzelnen Richtmikrophon erzeugt werden würde, das um den Mittelpunkt geschwenkt wird, um seine maximale Ansprechempfindlichkeit auf das Schallsignal zu richten, wenn sich das Schallsignal in der Umgebung herumbewegt.

[0010] Spezielle Ausführungsbeispiele der Erfindung können die folgenden Merkmale umfassen. Die mehreren Mikrophone sind in einer kleinen, unauffälligen, zentral angeordneten "Scheibe" montiert, um die Sprache von Leuten aufzunehmen, die um einen großen Tisch sitzen. Die Scheibe kann zwei Dipolmikrophone oder vier Kardioid-Mikrophone, die in 90° zueinander orientiert sind, halten. Das Schwenken und Richten finden in dis-

kreten Winkeln um den Mittelpunkt statt. Die Mischschaltung kombiniert die Signale von den Mikrophonen durch selektives Addieren, Subtrahieren oder Durchleiten der Signale, um vier Dipolmikrophone in 45° zueinander zu simulieren. Die Mischverhältnisse werden durch Kombinieren und Gewichten von Koeffizienten, die die Ansprechempfindlichkeit des virtuellen Mikrophons auf einem fast gleichmäßigen Pegel halten, festgelegt. Mindestens zwei der eingestellten Koeffizienten sind weder Null noch Eins. Das Mikrophonsystem umfasst ferner eine Echokompensationsschaltung mit einem Effekt, der sich mit den ausgewählten Verhältnissen und der Richtung des virtuellen Mikrophons ändert, wobei die Echokompensationsschaltung eine Information von der Steuerschaltung erhält, um den Effekt zu bestimmen.

[0011] Gemäß einem zweiten Aspekt zeichnet sich die Erfindung im Allgemeinen durch ein Verfahren zum Auswählen eines Mikrophons für die bevorzugte Verstärkung aus. Das Verfahren ist bei einem Mikrophonsystem zur Verwendung in einer Umgebung, in der sich eine Schallquelle in der Umgebung herumbewegt, nützlich. Bei dem Verfahren werden mindestens zwei Mikrophone in der Umgebung bereitgestellt. Für jedes Mikrophon wird eine Folge von Abtastwerten entsprechend dem elektrischen Signal des Mikrophons erzeugt. Die Abtastwerte werden in Blöcke von mindestens jeweils einem Abtastwert blockweise unterteilt. Für jeden Block wird ein Energiewert für die Abtastwerte des Blocks berechnet und ein laufender Spitzenwert wird erzeugt: der laufende Spitzenwert ist gleich dem Energiewert des Blocks, wenn der Energiewert des Blocks den laufenden Spitzenwert, der für den vorherigen Block erzeugt wurde, übersteigt, und ist ansonsten gleich einer Abklingkonstante mal dem vorherigen laufenden Spitzenwert. Nachdem ein laufender Spitzenwert für den Block und jedes Mikrophon berechnet wurde, werden die laufenden Spitzenwerte für jedes Mikrophon verglichen. Das Mikrophon, dessen entsprechender laufender Spitzenwert am größten ist, wird ausgewählt und während eines anschließenden Blocks vorzugsweise verstärkt.

[0012] Bei bevorzugten Ausführungsbeispielen kann sich das Verfahren durch das Folgende auszeichnen. Die Energiepegel werden durch Subtrahieren einer Abschätzung von Hintergrundrauschen berechnet. Die Abklingkonstante dämpft die laufende Spitze um die Hälfte in etwa 1/23 Sekunde. Eine sich bewegende Summe der laufenden Spitzenwerte für jedes Mikrophon wird vor dem Vergleichsschritt summiert.

[0013] Gemäß einem dritten Aspekt stellt die Erfindung ein Verfahren zum Entwerfen eines Dipolmikrophons bereit: zwei Kardioid-Mikrophone werden nahe beieinander in entgegengesetzten Richtungen ortsfest gehalten und die Signale, die von den Kardioid-Mikrophonen erzeugt werden, werden subtrahiert, um ein Dipolmikrophon zu simulieren.

[0014] Unter den Vorteilen der Erfindung sind die folgenden. Die Mikrophonauswahl und das Mischen werden in der Software implementiert, die etwa 5% der Verarbeitungszyklen eines AT&T DSP1610 Digitalsignalverarbeitungs- (DSP) Chips verbraucht. Bevorzugte Ausführungsbeispiele können mit einem einzelnen Stereo-Analog-Digital-Wandler und DSP implementiert werden. Da das Telekonferenzsystem bereits den Stereo-ADC- und DSP-Chip verwendet, beispielsweise zur Schallechokompensation, ist die offenbarte Mikrophontorvorrichtung signifikant einfacher und preiswerter als eine in einer analogen Schaltung implementierte und erreicht eine überlegene Leistung. Die Integration der Echokompensationssoftware und der Mikrophonauswahlsoftware zu einem einzelnen DSP ermöglicht eine kooperative Verbesserung von verschiedenen Signalverarbeitungsfunktionen im DSP.

[0015] Weitere Aufgaben, Vorteile und Merkmale der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung eines bevorzugten Ausführungsbeispiels und aus den Zeichnungen ersichtlich, in denen gilt:

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0016] Fig. 1 ist eine perspektivische Ansicht von vier Mikrophonen mit ihren Kardioid-Ansprechkeulen.

[0017] Fig. 2 ist eine perspektivische Ansicht einer Mikrophonanordnung, die teilweise aufgeschnitten ist.

[0018] Fig. 3 ist ein schematisches Diagramm der Signalverarbeitungswege für die von den Mikrophonen der Mikrophonanordnung erzeugten Signale.

[0019] Fig. 4a–Fig. 4d sind Draufsichten auf vier Kardioid-Mikrophone und die Ansprechkeulen, die durch Kombinieren ihrer Signale in veränderlichen Verhältnissen erhalten werden.

[0020] Fig. 5 ist ein Ablaufplan eines Mikrophonauswahlverfahrens der Erfindung.

[0021] Fig. 6 ist eine schematische Ansicht von zwei Mikrophonanordnungen, die miteinander verkettet sind.

Beschreibung von speziellen Ausführungsbeispielen der Erfindung

Aufbau

[0022] Mit Bezug auf Fig. 1 umfasst eine Mikrophonanordnung gemäß der Erfindung vier Kardioid-Mikrophone M_A, M_B, M_C und M_D, die senkrecht zueinander, so nahe aneinander und so nahe an einer Tischoberseite wie möglich angebracht sind. Die Achsen der Mikrophone sind zur Tischoberseite parallel. Jedes der vier Mikrophone weist eine Kardioid-Ansprechkeule A, B, C bzw. D auf. Durch Kombinieren der Signale der Mikrophone in verschiedenen Verhältnissen können die vier Kardioid-Mikrophone dazu veranlasst werden, ein einzelnes "virtuelles" Mikrophon zu simulieren, das sich dreht, um eine Schallquelle zu verfolgen, während sie sich um den Tisch bewegt (oder unter mehreren Quellen zu verfolgen, während sie sprechen und still werden).

[0023] Fig. 2 zeigt die Mikrophonanordnung **200** mit vier Primos EN75B Kardioid-Mikrophonen M_A, M_B, M_C und M_D, die senkrecht zueinander an einer Leiterplatte (PCB) **202** montiert sind. Eine perforierte Kuppelabdeckung **204** liegt über einer Schaumschicht **208** und steht mit einer Basis **206** in Eingriff. Potentiometer **210** zum Ausgleichen der Ansprechempfindlichkeit der Mikrophone sind durch Löcher **212** in der Unterseite des Gehäuses **206** und der PCB **202** zugänglich. Die Schaltungen auf der PCB **202**, die nicht dargestellt sind, umfassen vier Vorverstärker. Die Anordnung **200** weist einen Durchmesser von etwa sechs Inch und eine Höhe von 1 ½ Inch auf.

[0024] Nimmt man erneut auf Fig. 1 Bezug, so variiert die Ansprechempfindlichkeit eines Kardioid-Mikrophons mit dem außeraxialen Winkel θ gemäß der Funktion:

$$\frac{1 + \cos\theta}{2}$$

[0025] Diese Funktion ergibt, wenn sie in Polarkoordinaten aufgetragen wird, die herzförmige Ansprechempfindlichkeit, die als Keulen A, B, C und D aufgetragen wird, für die Mikrophone M_A, M_B, M_C bzw. M_D. wenn beispielsweise θ_A 180° ist (die Schallquelle **102** liegt direkt hinter dem Mikrophon M_A, wie in Fig. 1 dargestellt), ist die Amplitudenansprechempfindlichkeit des Kardioid-Mikrophons M_A Null.

[0026] Mit Bezug auf Fig. 3 wird die Differenz eines entgegengesetzten Paars von Mikrophonen durch Verdrahten eines Mikrophons mit einer Sperrvorspannung relativ zur anderen gebildet. In Anbetracht des Paars M_A und M_C ist M_A, zwischen +5V und einen Widerstand $\mathbf{302_A}$ von 10 kΩ zur Erdung und M_C ist zwischen einen Widerstand $\mathbf{302_0}$ von 10 kΩ zu +5V und die Erdung geschaltet. Kondensatoren $\mathbf{304_A}$, $\mathbf{304_C}$ mit 1 µF und Pegeleinstellpotentiometer $\mathbf{210_A}$, $\mathbf{210_C}$ mit 5 kΩ verbinden jeweils M_A und M_C mit einem Eingang eines Differenzoperationsverstärkers $\mathbf{320_{AC}}$. Eine Bassverstärkungsschaltung $\mathbf{322_{AC}}$ führt das Ausgangssignal des Operationsverstärkers zum Eingang zurück. Bei anderen Ausführungsbeispielen können die Komponentenwerte (vorstehend und nachstehend angegeben) variieren, wie für die verschiedenen aktiven Komponenten erforderlich.

[0027] Das Ausgangssignal $\mathbf{330_{AC}}$, $\mathbf{330_{BD}}$ des Operationsverstärkers $\mathbf{320_{BD}}$ stellt jenes eines virtuellen Dipolmikrophons dar. Das Signal $\mathbf{330_{AC}}$ (das Ausgangssignal des Mikrophons M_C minus das Ausgangssignal des Mikrophons M_A) ergibt beispielsweise ein Dipolmikrophon, dessen Winkelansprechempfindlichkeit

$$\frac{1 + \cos\theta_A}{2} - \frac{1 + \cos(\theta_C)}{2} = \frac{1 + \cos\theta_A}{2} - \frac{1 + \cos(\theta_A + 180°)}{2} = \cos\theta_A$$

ist.

[0028] Dieses Dipolmikrophon weist eine Ansprechempfindlichkeit von 1 auf, wenn θ_A 0° ist, –1, wenn θ_A 180° ist, und weist Ansprechempfindlichkeitsnullen auf, wenn θ_A ± 90° außeraxial ist. Ebenso simuliert ein Signal $\mathbf{330_{BD}}$ (wobei M_D von M_B subtrahiert wird) ein Dipolmikrophon, dessen Winkelansprechempfindlichkeit

$$\frac{1 + \cos\theta_B}{2} - \frac{1 + \cos\theta_D}{2} = \frac{1 + \cos(\theta_A - 90°)}{2} - \frac{1 + \cos(\theta_A + 90°)}{2} = \sin\theta_A$$

ist.

[0029] Dieses Dipolmikrophon weist eine Ansprechempfindlichkeit von 1 auf, wenn θ_B 0° ist (θ_A 90° ist), –1,

wenn θ_B 180° ist (θ_A –90° ist), und weist Ansprechempfindlichkeitsnullen auf, wenn θ_B ±90° außeraxial ist (θ_A 0° oder 180° ist). Die zwei virtuellen Dipolmikrophone, die durch die Signale **330**$_{AC}$ und **330**$_{BD}$ dargestellt werden, weisen folglich Ansprechkeulen in rechten Winkeln zueinander auf.

[0030] Nachdem die Signale durch einen Widerstand **324**$_{AC}$, **324**$_{BD}$ mit 4,99 kΩ laufen, werden die analogen Differenzen **330**$_{AC}$ und **330**$_{BD}$ durch Analog-Digital-Wandler (ADC) **340**$_{AC}$ und **340**$_{BD}$ in die digitale Form **342**$_{AC}$ und **342**$_{BD}$ mit einer Rate von 16000 Abtastwerten pro Sekunde umgewandelt. Die ADCs **340**$_{AC}$ und **340**$_{BD}$ können beispielsweise der rechte bzw. der linke Kanal eines Stereo-ADC sein.

[0031] Mit Bezug auf Fig. 4a-Fig. 4d können die Ausgangssignale **342**$_{AC}$ und **342**$_{BD}$ ferner in einem Digitalsignalprozessor (DSP) **350** miteinander addiert oder voneinander subtrahiert werden, um zusätzliche Mikrophon-Ansprechempfindlichkeitsmuster zu erhalten. Die Summe der Signale **342**$_{AC}$ und **342**$_{BD}$ ist

$$\cos\theta_A + \sin\theta_A = \sqrt{2}\cos(\theta_A - 45°)$$

[0032] Dies entspricht dem virtuellen Dipolmikrophon, das in Fig. 4c dargestellt ist, dessen Ansprechkeule um 45° von der Achse des Mikrophons M_A weg verschoben ist (auf halbem Wege zwischen den Mikrophonen M_A und M_B).

[0033] Ebenso ist die Differenz der Signale

$$212_{AC} - 212_{BD} = \mathrm{COS}\theta_A - \sin\theta_A = \sqrt{2}\cos(\theta_A + 45°)$$

entsprechend dem in Fig. 4a dargestellten virtuellen Dipolmikrophon, dessen Ansprechkeule um –45° verschoben ist (auf halbem Wege zwischen den Mikrophonen M_A und M_D).

[0034] Die Summen- und Differenzsignale von Fig. 4a und Fig. 4c werden im Digitalsignalprozessor **350** um $1/\sqrt{2}$ skaliert, um eine Ansprechempfindlichkeit auf der Achse mit gleichmäßiger Amplitude zwischen den vier virtuellen Dipolmikrophonen zu erhalten.

[0035] Die Ansprechempfindlichkeit auf eine Schallquelle auf halbem Wege zwischen zwei benachbarten virtuellen Dipolen ist cos (22,5°) oder 0,9239, nur 0,688 dB weniger als die Ansprechempfindlichkeit auf der Achse. Folglich decken die vier Dipolmikrophone einen Raum von 360° um die Mikrophonanordnung ohne Lücken in der Abdeckung ab.

Betrieb

[0036] Fig. 5 zeigt das Verfahren zum Wählen unter den vier virtuellen Dipolmikrophonen. Das Verfahren ist gegen ein konstantes Hintergrundrauschen von Computern, Klimaanlagenlüftungen usw. und auch gegen Nachhallenergie unempfindlich.

[0037] Digitalisierte Signale **342**$_{AC}$ und **342**$_{BD}$ treten in den DSP ein. Das Hintergrundrauschen wird von den wesentlichen Sprachfrequenzen in nichtrekursiven Bandpassfiltern **510** mit 1-4 kHz und mit 20 Abgriffen entfernt. Das resultierende Signal wird in Schritt **512** um fünf dezimiert (vier von jeweils fünf Abtastwerten werden durch die Schritte stromabwärts von **512** ignoriert), um das Ausmaß der erforderlichen Berechnung zu verringern. Dann werden vier virtuelle Dipolsignale **530**$_a$-**530**$_d$ durch Summieren, Subtrahieren und Durchleiten der Signale **342**$_{AC}$ und **342**$_{BD}$ erzeugt.

[0038] Fig. 5 und die folgende Erörterung beschreiben die Verarbeitung für das Signal **530**$_a$ im einzelnen; die Verarbeitung für die Signale **530b** bis **530a** ist bis Schritt **590** identisch. Verschiedene der folgenden Schritte unterteilen die Abtastwerte blockweise in Blöcke von 20 ms (80 der um fünf dezimierten Abtastwerte von 3,2 kHz pro Block). Diese Funktionen werden nachstehend unter Verwendung der Zeitvariable T beschrieben. Andere Schritte berechnen eine Funktion an jedem dezimierten Abtastwert; diese Funktionen werden unter Verwendung der Zeitvariable t beschrieben.

[0039] Schritt **540** nimmt den Absolutwert des Signals **530**$_a$, so dass grobe Energiemessungen, die später in dem Verfahren stattfinden, berechnet werden können, indem einfach die resultierenden Abtastwerte u(T) **542** zusammensummiert werden.

[0040] Der Schritt **550** schätzt das Hintergrundrauschen ab. Die Abtastwerte werden blockweise in Blöcke

von 20 ms unterteilt und ein Mittelwert wird für die Abtastwerte in jedem Block berechnet. Der Hintergrundrauschpegel wird als Minimalwert v(T) über die Energiepegelwerte **542** der vorherigen 100 Blöcke angenommen. Die Rauschabschätzung w(T) **554** des aktuellen Blocks wird aus der vorherigen Rauschabschätzung w(T – 1) und der minimalen mittleren Energieabschätzung v(T) des aktuellen Blocks unter Verwendung der Formel

$$w(T) = 0{,}75\, w(T-1) + 0{,}25\, v(T)$$

berechnet.

[0041] In Schritt **560** wird die Hintergrundrauschabschätzung w(T) **554** des Blocks von der Energieabschätzung u(T) **542** des Abtastwerts subtrahiert. Wenn die Differenz negativ ist, dann wird der Wert auf Null gesetzt, um rauschkompensierte Abtastratenenergien x(T) **562** zu erzeugen.

[0042] Schritt **570** findet die Kurzzeitenergie. Die rauschkompensierten Abtastratenenergien x(t) **562** werden einem Integrator zugeführt, um Kurzzeitenergieabschätzungen y(t) **572** zu erzeugen:

$$y(t) = 0{,}75y(t-1) + 0{,}25 \times (t)$$

[0043] Schritt **580** berechnet einen laufenden Spitzenwert z(t) **582** bei der Abtastrate von 3,2 kHz, dessen Wert der Energie des direkten Weges von der Schallquelle minus Rauschen und Nachhall entspricht, um die Wirkungen der Nachhallenergie auf die Auswahl unter den virtuellen Mikrophonen zu mildern. Wenn $y(t) > z(t-1)$, dann gilt $z(t) = y(t)$.

[0044] Ansonsten gilt $z(t) = 0{,}996\, z(t-1)$. Die laufende Spitze klingt um die Hälfte in 173 Abtastzeiten von 3,2 kHz, etwa 1/18 Sekunde, ab. Andere Abklingkonstanten, beispielsweise jene, die Halbdämpfungszeiten zwischen 1/5 und 1/100 Sekunde ergeben, sind in Abhängigkeit von der Raumakustik, dem Abstand von Schallquellen von der Mikrophonanordnung usw. auch nützlich.

[0045] Schritt **584** summiert die 64 laufenden Spitzenwerte in jedem Block von 20 ms, um das Signal $\mathbf{586_a}$ zu erzeugen.

[0046] Ähnliche Schritte werden verwendet, um laufende Spitzensummen $\mathbf{586_b}$–$\mathbf{586_d}$ für die Eingabe in den Schritt **590** zu erzeugen.

[0047] In Schritt **590** wird das virtuelle Dipolmikrophon mit dem maximalen Ergebnis $\mathbf{586_a}$–$\mathbf{586_d}$ als durch Addieren, Subtrahieren oder Durchleiten der Signale $\mathbf{342_{AC}}$ und $\mathbf{342_{BD}}$ zu erzeugendes virtuelles Mikrophon ausgewählt, um das Ausgangssignal **390** zu erzeugen. Damit das Verfahren die Mikrophonwahl umschaltet, muss der Maximalwert $\mathbf{586_a}$–$\mathbf{586_d}$ für das neue Mikrophon mindestens 1 dB über dem Wert $\mathbf{586_a}$-$\mathbf{586_d}$ für das vorher ausgewählte virtuelle Mikrophon liegen. Diese Hysterese verhindert, dass das Mikrophon zwischen zwei virtuellen Mikrophonen "zittert", wenn beispielsweise die Schallquelle fast in dem Winkel angeordnet ist, in dem die Ansprechempfindlichkeit von zwei virtuellen Mikrophonen gleich ist. Die Auswahlentscheidung wird alle 20 ms getroffen. An den Blockgrenzen blendet man das Ausgangssignal zwischen dem alten virtuellen Mikrophon und dem neuen über acht Abtastwerte über.

Wechselwirkung der Mikrophonauswahl mit der anderen Verarbeitung

[0048] Bei einem Telekonferenzsystem wird die Mikrophonanordnung typischerweise mit einem Lautsprecher verwendet, um Töne von einer entfernten Telekonferenzstation wiederzugeben. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel verwaltet die Software Wechselwirkungen zwischen dem Lautsprecher und den Mikrophonen, beispielsweise um ein "Durcheinanderbringen" des Mikrophonauswahlverfahrens zu vermeiden und die Schallechokompensation zu verbessern. Beim bevorzugten Ausführungsbeispiel werden diese Wechselwirkungen im DSP **350** zusammen mit dem Mikrophonauswahlmerkmal implementiert und folglich kann jede der Analysen von den Ergebnissen der anderen profitieren, beispielsweise um die Echokompensation auf der Basis der Mikrophonauswahl zu verbessern.

[0049] Wenn der Lautsprecher Sprache von der entfernten Telekonferenzstation wiedergibt, kann das Mikrophonauswahlverfahren deaktiviert werden. Diese Feststellung wird durch bekannte Verfahren durchgeführt, beispielsweise jenes, das in der US-Patentanmeldung Seriennummer 08/086 707, veröffentlicht unter US 5550824, beschrieben ist. Wenn der Lautsprecher fernes Hintergrundrauschen emittiert, arbeitet das Mikro-

phonauswahlverfahren normal.

[0050] Ein Telekonferenzsystem umfasst eine Schallechokompensation, um Ton vom Lautsprecher vom Mikrophoneingangssignal zu kompensieren, wie in den Patentanmeldungen der Vereinigten Staaten, Seriennummern 07/659 579, veröffentlicht unter US 5305307, und 07/837 729, veröffentlicht unter US 5263019, beschrieben. Ein vom Lautsprecher erzeugter Ton wird vom Mikrophon zeitlich verzögert und in der Frequenz verändert empfangen, wie durch die Akustik des Raums, die relative Geometrie des Lautsprechers und des Mikrophons, den Ort anderer Gegenstände im Raum, das Verhalten des Lautsprechers und des Mikrophons selbst und das Verhalten der Lautsprecher- und Mikrophonschaltung, die gemeinsam als "Raumansprechempfindlichkeit" bekannt sind, bestimmt. Solange das Audiosystem eine vernachlässigbare, nichtlineare Verzerrung aufweist, kann der Lautsprecher-Mikrophon-Weg durch ein nichtrekursives (FIR) Filter gut modelliert werden.

[0051] Der Echokompensator unterteilt das vollständige Tonfrequenzband in Teilbänder und verwaltet eine Abschätzung für die Raumansprechempfindlichkeit für jedes als FIR-Filter modellierte Teilband.

[0052] Der Echokompensator ist "adaptiv": er aktualisiert seine Filter als Reaktion auf eine Änderung der Raumansprechempfindlichkeit in jedem Teilband. Typischerweise nimmt die Zeit, die dafür erforderlich ist, dass ein Filter des Teilbandes von einem gewissen Anfangszustand konvergiert (das heißt, der tatsächlichen Raumansprechempfindlichkeit so nahe kommt, wie es das Anpassungsverfahren zulässt), mit der anfänglichen Differenz des Filters von der aktuellen Raumansprechempfindlichkeit zu. Für große Differenzen kann diese Konvergenzzeit mehrere Sekunden sein, während welcher die Echokompensationsleistung unangemessen ist.

[0053] Die aktuelle Raumansprechempfindlichkeit kann in eine "primäre Ansprechempfindlichkeit" und eine "Störungsansprechempfindlichkeit" aufgespalten werden. Die primäre Ansprechempfindlichkeit spiegelt diejenigen Elemente der Raumansprechempfindlichkeit wider, die konstant sind oder sich nur über Zeiten in einigen zehn Sekunden ändern, beispielsweise die Geometrie und Oberflächeneigenschaften des Raums und großer Objekte im Raum und die Geometrie des Lautsprechers und des Mikrophons. Die Störungsansprechempfindlichkeit spiegelt diejenigen Elemente der Raumansprechempfindlichkeit wider, die sich geringfügig und schnell ändern, wie z.B. Luftströmungsmuster, die Positionen von Leuten auf ihren Stühlen usw. Diese kleinen Störungen erzeugen nur eine geringfügige Verschlechterung der Echokompensation und die Filter konvergieren schnell wieder, um die vollständige Echokompensation wiederherzustellen.

[0054] Bei typischen Telekonferenzanwendungen liegen Änderungen der Raumansprechempfindlichkeit hauptsächlich an Änderungen der Störungsansprechempfindlichkeit. Änderungen der primären Ansprechempfindlichkeit führen zu einer schlechten Echokompensation, während die Filter erneut konvergieren. Wenn sich die primäre Ansprechempfindlichkeit nur selten ändert, wie wenn ein Mikrophon bewegt wird, ergibt die adaptive Echokompensation eine annehmbare Leistung. wenn sich jedoch die primäre Raumansprechempfindlichkeit häufig ändert, wie es geschieht, sobald ein neues Mikrophon ausgewählt wird, kann die Änderung der Raumansprechempfindlichkeit groß genug sein, so dass sie zu einer schlechten Echokompensation und einer langen Zeit für die erneute Konvergenz zur Wiederherstellung einer guten Echokompensation führt.

[0055] Ein Echokompensator zur Verwendung bei dem Mikrophonauswahlverfahren verwaltet eine Version seines gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindlichen Zustands (die adaptiven Filterparameter für jedes Teilband und Hintergrundrauschabschätzungen) für jedes virtuelle Mikrophon. Wenn ein neues virtuelles Mikrophon ausgewählt wird, speichert der Echokompensator den aktuellen gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindlichen Zustand für das aktuelle virtuelle Mikrophon und lädt den gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindlichen Zustand für das neu ausgewählte virtuelle Mikrophon.

[0056] Da der Speicherplatz für den vollen gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindlichen Zustand für alle virtuellen Mikrophone eine tolerierbare Speicherquote übersteigen würde, wird der gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindliche Zustand jedes virtuellen Mikrophons in einer komprimierten Form gespeichert. Um eine ausreichende Kompression zu erzielen, werden verlustbehaftete Kompressionsverfahren verwendet, um Blöcke von Filterabgriffen zu komprimieren und zu speichern: jeder 16-Bit-Abgriffswert wird zu vier Bits komprimiert. Das folgende Verfahren verringert die Kompressionsverluste, wobei ein ausreichendes Detail in der Filterform aufrechterhalten wird, um eine merkliche erneute Konvergenz zu vermeiden, wenn das Filter von der komprimierten Speicherung abgerufen wird.

[0057] Die adaptiven Filter weisen typischerweise Spitzenwerte bei einer relativ kleinen Verzögerung entspre-

chend der Länge des direkten Weges vom Lautsprecher zum Mikrophon mit einem langsam abklingenden "Schwanz" bei größeren Verzögerungen entsprechend dem langsam abklingenden Nachhall auf. Wenn ein Block von Filterdaten komprimiert wird, wird jedes Filter in mehrere Blöcke, z.B. vier, aufgeteilt, so dass die großen Werte, die für den ersten Block typisch sind, kleine Werte in den Nachhallschwanzblöcken nicht verdecken.

[0058] Wenn jeder Block von 16-Bit-Abgriffen komprimiert wird, werden die Abgriffswerte im Block folgendermaßen normiert. Für den größten aktuellen Abgriffswert im Block wird die maximale Anzahl von Linksverschiebungen, die durchgeführt werden können, ohne irgendwelche signifikanten Bits zu verlieren, gefunden. Diese Verschiebungsanzahl wird mit jedem Block von komprimierten Abgriffen gespeichert, so dass die entsprechende Anzahl von Rechtsverschiebungen durchgeführt werden kann, wenn der Block erweitert wird.

[0059] Die höchstwertigen acht Bits der normierten Abgriffswerte werden bis auf vier Bits nicht-linear quantisiert. Eines der vier Bits wird für das Vorzeichenbit des Abgriffswerts verwendet. Die restlichen drei Bits codieren den Betrag des Acht-Bit-Eingangswerts folgendermaßen:

7-Bit-Betrag	3-Bit-Quantisierung
0–16	0
17–25	1
26–37	2
38–56	3
57–69	4
70–85	5
86–104	6
105–127	7

[0060] Alternativ könnte der Echokompensator zwei Filterparametersätze speichern, einen Satz entsprechend dem A-C-Dipolmikrophon und einen entsprechend dem B-D-Dipol. Wenn sich die Mikrophonauswahl ändert, könnten die korrekten Echokompensations-Filterwerte durch eine Berechnung analog zu jener, die verwendet wird, um die Mikrophonsignale zu kombinieren, abgeleitet werden. Die Übertragungsfunktionskoeffizienten für das ((A–C) – (B–D)) virtuelle Mikrophon von Fig. 4a könnten beispielsweise durch Subtrahieren der entsprechenden Koeffizienten und Skalieren derselben um $\sqrt{2}$ abgeleitet werden.

[0061] Der Echokompensator kann in einem DSP mit einem kleinen "schnellen" Speicher und einem größeren "langsamen" Speicher implementiert werden. Die Zeit, die erforderlich ist, um einen gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindlichen Zustand in den langsamen Speicher auszulagern und in einen anderen zu wechseln, kann die verfügbare Zeit überschreiten. Daher wird einmal während jedes Aktualisierungsintervalls von 20 ms (des Verarbeitungsintervalls, während dessen der Echokompensatorzustand aktualisiert wird) eine Teilmenge des gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindlichen Zustands in den langsamen Speicher kopiert. Das vorliegende Ausführungsbeispiel speichert eines seiner 29 Teilbandfilter in jedem Aktualisierungsintervall, so dass der gesamte Satz von Teilbandfiltern für das gerade aktive virtuelle Mikrophon alle 0,58 Sekunden gespeichert wird.

[0062] Der gegen die Ansprechempfindlichkeit empfindliche Zustand des Echokompensators wird nur dann aktualisiert, wenn das zugehörige virtuelle Mikrophon aktiv ist. Um den Echokompensationszustand für jedes der virtuellen Mikrophone angemessen aktuell zu halten, erzwingt der Echokompensator die Auswahl eines virtuellen Mikrophons, wenn das aktuelle Mikrophon keine Energie ohne Rauschen für ein gewisses Intervall, z.B. eine Minute, empfangen hat. Die Anwesenheit von Energie ohne Rauschen wird vom Echokompensator an die Mikrophonauswahleinrichtung gemeldet.

Alternative Ausführungsbeispiele

[0063] Eine einzelne Mikrophonanordnung arbeitet für Sprache innerhalb eines Radius von sieben Fuß um die Mikrophonanordnung gut. Wie in Fig. 6 gezeigt, können zwei Mikrophonanordnungen **200** zusammen verwendet werden, indem die linken Kanäle **620**, **624** der zwei Mikrophonanordnungen zusammenaddiert werden und die zwei rechten Kanäle **622**, **626** zusammenaddiert werden. Die zwei summierten Kanäle **632** werden dann in Analog-Digital-Wandler **340** eingespeist, wie aus Fig. 3 ersichtlich. Das Auswahlverfahren von Fig. 5 arbeitet für die verkettete Konfiguration von Fig. 6 gut.

[0064] Bei der verketteten Konfiguration von Fig. 6 erhöht die zweite Anordnung das Rauschen und den

Nachhall um 3 dB, was den Effekt der Verringerung des Abdeckradius jeder Mikrophonanordnung von sieben Fuß auf fünf Fuß hat. Da zwei Kreise mit einem Radius von fünf Fuß dieselbe Fläche aufweisen wie ein Kreis mit einem Radius von sieben Fuß, ändert die Verwendung von mehreren Mikrophonanordnungen vielmehr die Form des Abdeckbereichs, als ihn zu erweitern.

[0065] Durch Berechnen von geeigneten gewichteten Summen von mehreren Mikrophonen, die in einer einzigen Ebene liegen und in Winkeln zueinander orientiert sind, ist es möglich, ein virtuelles Mikrophon abzuleiten, das um einen beliebigen willkürlichen Winkel in der Ebene der realen Mikrophone gedreht ist. Sobald eine Schallquelle lokalisiert ist, würden die Eingangssignale der zwei Mikrophone, die am nächsten zur Schallquelle orientiert sind, in einem geeigneten Verhältnis kombiniert werden. Bei einigen Ausführungsbeispielen würden die Verhältnisse der Eingangssignale von anderen Mikrophonen subtrahiert werden. Das summierte Signal würde skaliert werden, um die Ansprechempfindlichkeit des kombinierten Signals nahezu konstant zu halten, da die Ansprechempfindlichkeit in verschiedene Winkel gerichtet ist. Die Kombinationsverhältnisse und Skalierungskonstanten werden durch die Geometrie und Orientierung der Ansprechkeulen der Mikrophone festgelegt. Wenn die Mikrophonanordnung beispielsweise drei Mikrophone umfasst, die in 60° zueinander orientiert sind, könnte eine Schallquelle, die exakt zwischen zwei Mikrophonen ausgerichtet ist, durch Kombinieren der Signale von den zwei nach vorn gewandten Mikrophonen mit Gewichten $1/(1 + \cos 30°)$ am besten auf genommen werden.

[0066] Durch Hinzufügen eines Mikrophons, das aus der Ebene der anderen Mikrophone heraus weist, wird es möglich, ein virtuelles Mikrophon in einem beliebigen räumlichen Winkel auszurichten.

Patentansprüche

1. Mikrophonsystem (**200**, **350**), das zur Verwendung in einer Umgebung ausgelegt ist, in der eine Schallquelle ein Schallsignal von verschiedenen und veränderlichen Stellen innerhalb der Umgebung emittiert, wobei das Mikrophonsystem aufweist:
mindestens zwei Richtmikrophone (M_A–M_D), die in einer festen Anordnung um einen Mittelpunkt gehalten werden, wobei die jeweilige Ansprechempfindlichkeit von jedem Mikrophon radial vom Mittelpunkt in einer unterschiedlichen Richtung weggerichtet wird, wobei jedes Mikrophon das von der Schallquelle emittierte Schallsignal empfangen und als Reaktion ein elektrisches Signal erzeugen kann;
eine Mischschaltung (**200**), um die elektrischen Signale in veränderlichen Verhältnissen zu kombinieren, um ein zusammengesetztes Signal zu erzeugen, wobei das zusammengesetzte Signal gewichtete Beiträge von mindestens zwei der Mikrophone umfasst; und
eine Steuerschaltung (**350**), die dazu ausgelegt ist, die elektrischen Signale zu analysieren und den gewichteten Beitrag im Wesentlichen kontinuierlich einzustellen, um das zusammengesetzte Signal zu maximieren;
wobei die Verhältnisse durch Kombinieren und Gewichten von Koeffizienten festgelegt werden, die das maximierte zusammengesetzte Signal auf einem nahezu gleichmäßigen Pegel halten, wobei mindestens zwei der eingestellten Koeffizienten weder Null noch Eins sind.

2. Mikrophonsystem nach Anspruch 1, wobei die Mikrophone (M_A–M_D) zwei Dipolmikrophone aufweisen, die in 90° zueinander ausgerichtet sind.

3. Mikrophonsystem nach Anspruch 2, wobei die Mischschaltung (**200**) die Signale von den zwei Dipolmikrophonen durch selektives Addieren, Subtrahieren oder Durchleiten der Signale kombiniert, um vier Dipolmikrophone in 45° zueinander zu simulieren.

4. Mikrophonsystem nach Anspruch 1, wobei die Mikrophone (M_A–M_D) vier Kardioid-Mikrophone aufweisen, die in 90° zueinander ausgerichtet sind.

5. Mikrophonsystem nach Anspruch 4, wobei die durch die Mischschaltung (**200**) kombinierten elektrischen Signale Signale aufweisen, die Differenzen von elektrischen Signalen von entgegengesetzten Paaren der Kardioid-Mikrophone sind.

6. Mikrophonsystem nach Anspruch 1, wobei die Koeffizienten aus einer Gruppe ausgewählt sind, deren Werte etwa 1, 0, –1, $\sqrt{2}/2$ und $-\sqrt{2}/2$ sind.

7. Mikrophonsystem nach Anspruch 1, wobei die Misch- und Steuerschaltung (**350**) einen Digitalsignalprozessor aufweist.

8. Mikrophonsystem nach Anspruch 1, wobei die Steuerschaltung (**350**) aufweist:
ein Mittel, das dazu ausgelegt ist, jedes elektrische Signal in eine Folge von Blöcken entsprechend Zeitfenstern mit einer festen Länge blockweise zu unterteilen, um einen Energiewert für jeden der Blöcke zu berechnen; und einen laufenden Spitzenwert für jeden Block zu erzeugen, der gleich dem Energiewert des Blocks ist, wenn der Energiewert des Blocks den für den vorherigen Block erzeugten laufenden pitzenwert übersteigt, und ansonsten gleich einer Abklingkonstante mal dem laufenden Spitzenwert des vorherigen Blocks ist;
das dazu ausgelegt ist, einen laufenden Spitzenwert für einen Block und für mindestens zwei Schwenkrichtungen des virtuellen Richtmikrophons zu berechnen und die laufenden Spitzenwerte des Blocks für jede Richtung zu vergleichen; und
ein Mittel, das dazu ausgelegt ist, die Verhältnisse so einzustellen, dass die Mischschaltung (**200**) während eines anschließenden Blocks die Richtung des virtuellen Richtmikrophons auswählt, deren entsprechender laufender Spitzenwert am größten ist.

9. Mikrophonsystem nach Anspruch 1, welches ferner aufweist
eine Echokompensationsschaltung mit der Wirkung der Veränderung mit den ausgewählten Verhältnissen und der Richtung des virtuellen Richtmikrophons, wobei die Echokompensationsschaltung eine Information von der Steuerschaltung (**350**) erhält, um die Wirkung zu ermitteln.

10. Mikrophonsystem nach Anspruch 1, wobei die Schallquelle eine Vielzahl von diskreten Lautsprechern aufweist, die jeweils an einer der verschiedenen Stellen innerhalb der Umgebung angeordnet sind.

11. Verfahren zum Kombinieren von Signalen von mindestens zwei Richtmikrophonen (M_A–M_D) in einer Umgebung mit einer Schallquelle, die Energie von verschiedenen und veränderlichen Stellen innerhalb der Umgebung emittiert, wobei jedes Mikrophon ein Schallsignal empfangen und als Reaktion ein elektrisches Signal erzeugen kann, wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
Anbringen der Mikrophone in einer festen Anordnung um einen Mittelpunkt, wobei die jeweiligen Ansprechempfindlichkeiten der Mikrophone radial vom Mittelpunkt in verschiedenen Richtungen weggerichtet werden;
Mischen der elektrischen Signale in veränderlichen Verhältnissen, um ein zusammengesetztes Signal zu erzeugen, wobei das zusammengesetzte Signal gewichtete Beiträge von mindestens zwei der Mikrophone umfasst; und
im Wesentlichen kontinuierliches Auswählen und Einstellen der gewichteten Beiträge, um das zusammengesetzte Signal zu maximieren;
wobei die Verhältnisse durch Kombinieren und Gewichten von Koeffizienten, die das maximierte zusammengesetzte Signal auf einem nahezu gleichmäßigen Pegel halten, festgelegt werden, wobei mindestens zwei der eingestellten Koeffizienten weder Null noch Eins sind.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei der Anbringschritt ferner einen der zwei folgenden Schritte aufweist:
Vorsehen von zwei Dipolmikrophonen und Ausrichten derselben in 90° zueinander; und
Vorsehen von vier Kardioid-Mikrophonen und Ausrichten derselben in 90° zueinander;
und der Mischschritt ferner das Bilden von skalierten Summen und Differenzen der elektrischen Signale aufweist.

13. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner die Schritte aufweist:
blockweises Unterteilen von jedem elektrischen Signal in eine Folge von Blöcken entsprechend Zeitfenstern mit einer festen Länge und Durchführen der folgenden Schritte für jeden Block:
Berechnen eines Energiewerts für den Block; und
Erzeugen eines laufenden Spitzenwerts, der gleich dem Energiewert des Blocks ist, wenn der Energiewert des Blocks den für den vorherigen Block erzeugten laufenden Spitzenwert übersteigt, und ansonsten gleich einer Abklingkonstante mal dem vorherigen laufenden Spitzenwert ist;
nachdem ein laufender Spitzenwert für einen Block und für mindestens zwei Schwenkrichtungen des virtuellen Richtmikrophons berechnet wurde, Vergleichen der laufenden Spitzenwerte des Blocks für jede Richtung; und
Einstellen der Verhältnisse so, dass die Mischschaltung während eines anschließenden Blocks die Richtung des virtuellen Richtmikrophons auswählt, deren entsprechender laufender Spitzenwert am größten ist.

14. Verfahren nach Anspruch 11, welches ferner den Schritt aufweist:
als Reaktion auf die Auswahl von Verhältniswerten Einstellen des Verhaltens der Echokompensationsschaltung.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

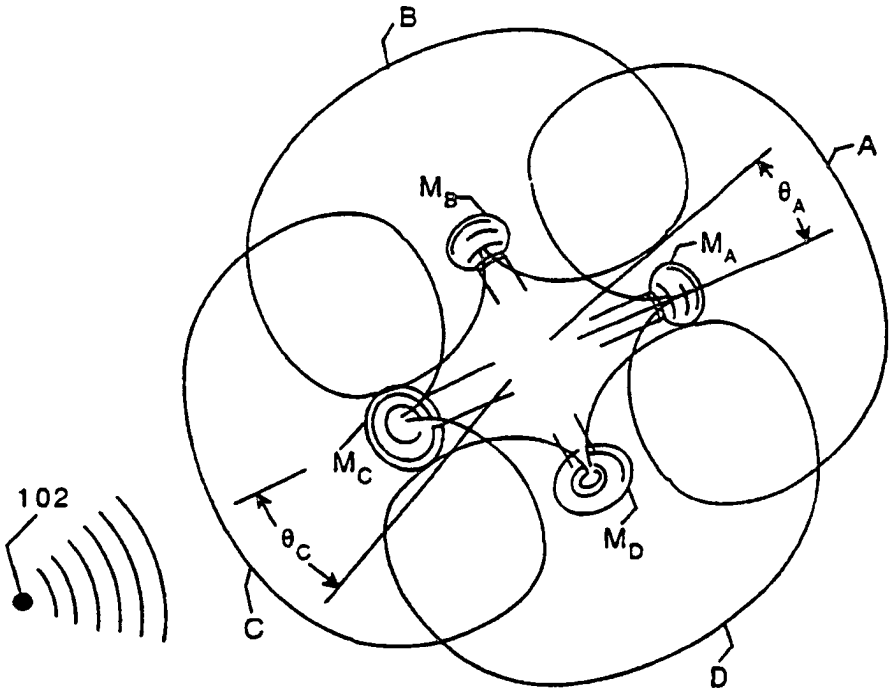

FIG. 1

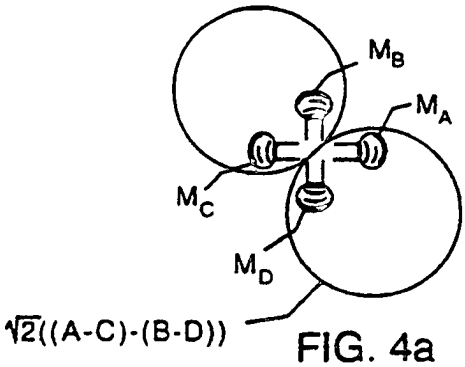

FIG. 4a

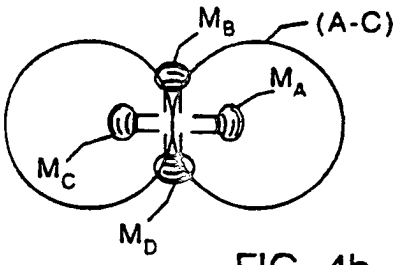

FIG. 4b

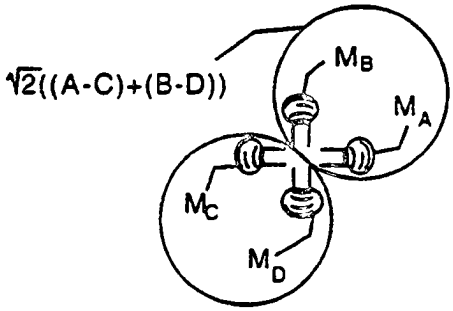

FIG. 4c

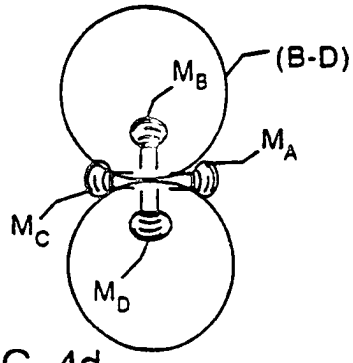

FIG. 4d

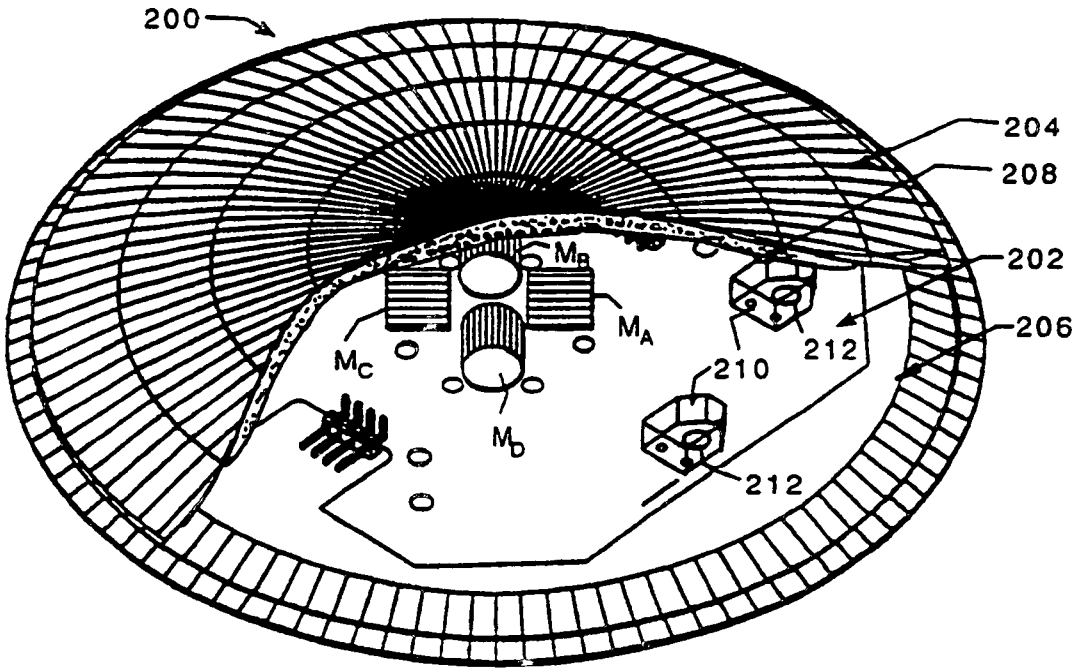
200
204
208
202
206
M_B
M_A
M_C
M_b
210
212
212

FIG. 2

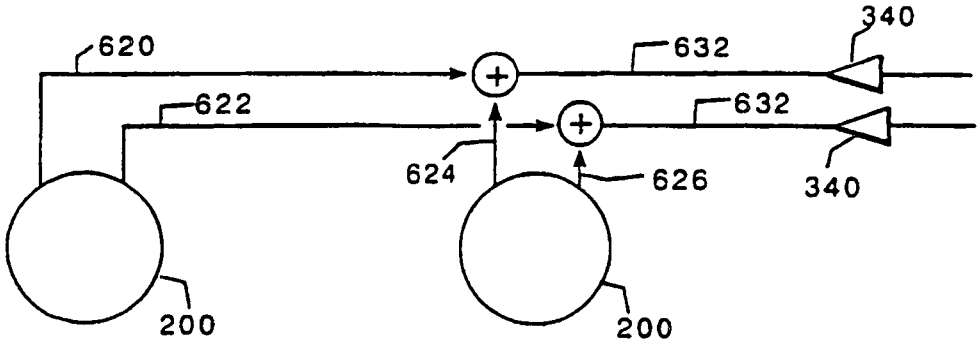
340
620
632
622
632
624
626
340
200
200

FIG. 6

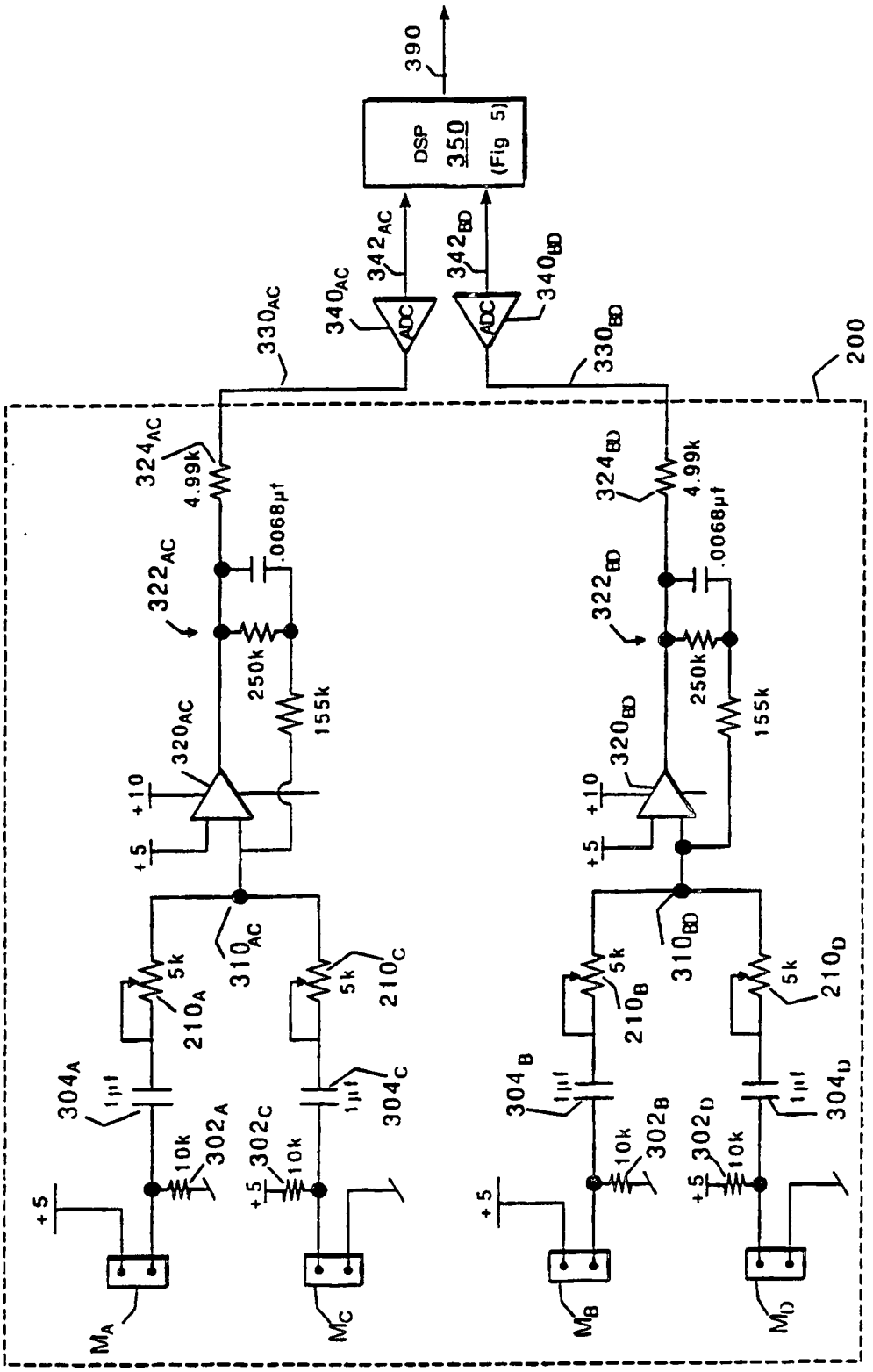
390
DSP 350 (Fig 5)
342AC
342BD
340AC
340BD
ADC
ADC
330AC
330BD
200
324AC
324BD
4.99k
.0068µf
322AC
322BD
250k
155k
320AC
320BD
+10
+5
310AC
310BD
5k
210A
210B
210C
210D
304A
304B
304C
304D
1µf
10k
302A
302B
302C
302D
MA
MB
MC
MD

FIG. 3

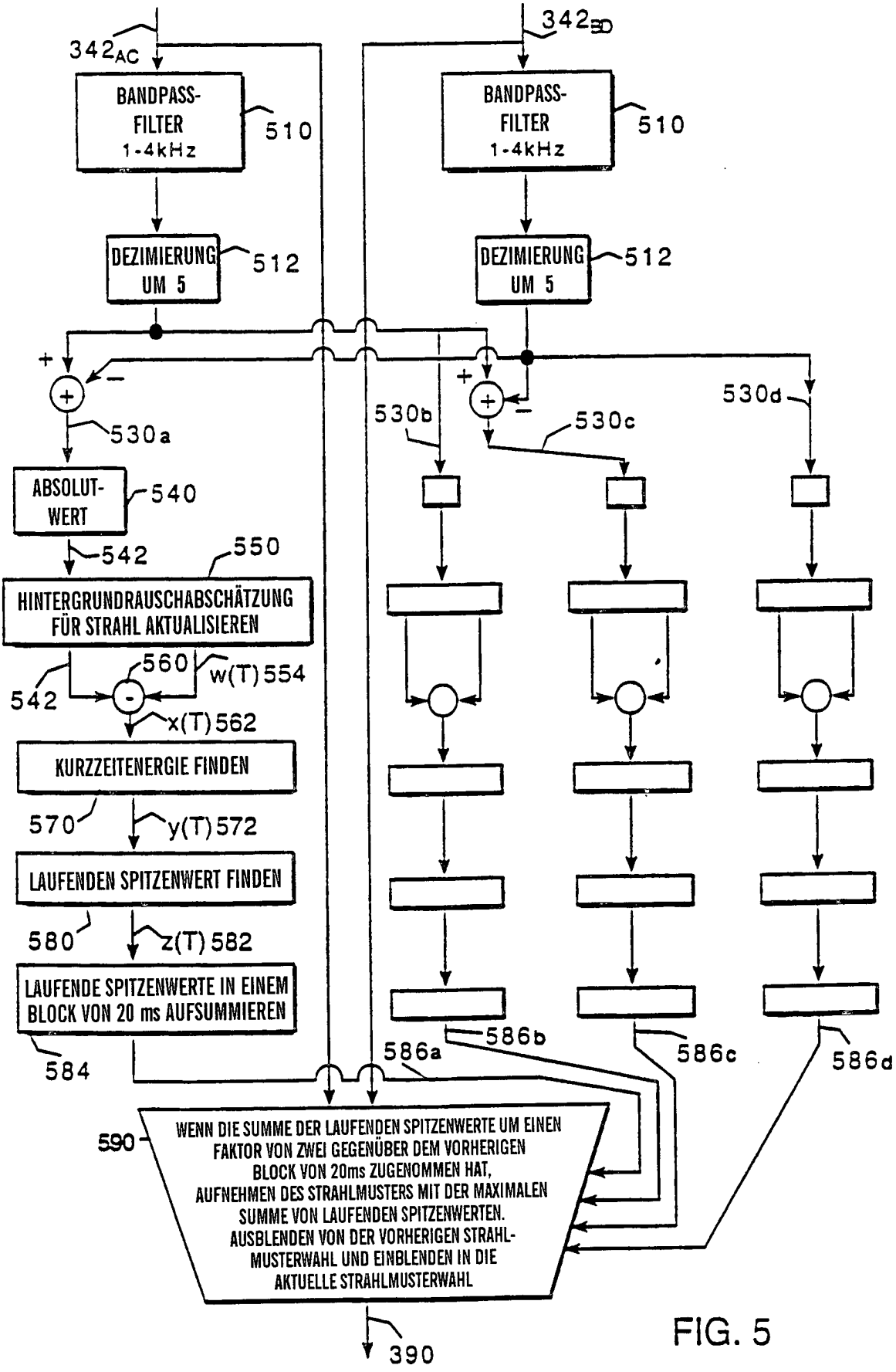
342AC
342BD
BANDPASS-FILTER 1-4kHz
510
DEZIMIERUNG UM 5
512
530a
530b
530c
530d
ABSOLUT-WERT
540
542
550
HINTERGRUNDRAUSCHABSCHÄTZUNG FÜR STRAHL AKTUALISIEREN
560
w(T) 554
x(T) 562
KURZZEITENERGIE FINDEN
570
y(T) 572
LAUFENDEN SPITZENWERT FINDEN
580
z(T) 582
LAUFENDE SPITZENWERTE IN EINEM BLOCK VON 20 ms AUFSUMMIEREN
584
586a
586b
586c
586d
590
WENN DIE SUMME DER LAUFENDEN SPITZENWERTE UM EINEN FAKTOR VON ZWEI GEGENÜBER DEM VORHERIGEN BLOCK VON 20ms ZUGENOMMEN HAT, AUFNEHMEN DES STRAHLMUSTERS MIT DER MAXIMALEN SUMME VON LAUFENDEN SPITZENWERTEN. AUSBLENDEN VON DER VORHERIGEN STRAHL-MUSTERWAHL UND EINBLENDEN IN DIE AKTUELLE STRAHLMUSTERWAHL
390

FIG. 5