



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 36 958 T2** 2008.08.14

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 224 037 B1**

(51) Int Cl.⁸: **B06B 1/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 36 958.7**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB00/03742**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 964 444.4**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2001/023104**

(86) PCT-Anmeldetag: **29.09.2000**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **05.04.2001**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.07.2002**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **31.10.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **14.08.2008**

(30) Unionspriorität:

9922919	29.09.1999	GB
0011973	19.05.2000	GB
0022479	13.09.2000	GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(73) Patentinhaber:

1...Ltd., Cambridge, GB

(72) Erfinder:

**HOOLEY, Anthony 1... Limited, Cambridge CB4
0WS, GB; TROUGHTON, Paul Thomas, Cambridge
CB4 0WS, GB; GOUDIE, Angus Gavin, Cambridge
CB4 0WS, GB; BIENEK, Irving Alexander,
Cambridge CB4 0WS, GB; WINDLE, Paul
Raymond, Cambridge CB4 0WS, GB**

(74) Vertreter:

**KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 80687
München**

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR AUSRICHTUNG VON SCHALL MIT EINER GRUPPE VON
EMISSIONSWANDLERN**

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

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

Beschreibung

[0001] Diese Erfindung betrifft eine steuerbare akustische Antenne, und betrifft speziell digitale elektronisch steuerbare akustische Antennen.

[0002] Phased-Array-Antennen sind gut bekannt, sowohl auf dem elektromagnetischen Gebiet als auch auf dem Ultraschallakustikgebiet. Sie sind weniger gut bekannt, existieren jedoch in einfachen Formen in dem Schall hörbaren Schallakustikbereich. Letztgenannte sind relativ simpel, und die Erfindung hat sich zur Aufgabe gesetzt Verbesserungen zu schaffen, die eine bessere audioakustische Anordnung betreffen, die derart gesteuert werden kann, dass ihr Ausgangssignal mehr oder weniger nach Belieben ausgerichtet werden kann.

[0003] Die WO 96/31086 beschreibt ein System, das ein unär codiertes Signal verwendet, um eine Anordnung von Ausgangstransducern anzusteuern. Jeder Transducer ist in der Lage einen Schalldruckimpuls zu erzeugen, und ist nicht in der Lage das gesamte Signal, das auszugeben ist, zu reproduzieren.

[0004] Die vorliegende Erfindung ist gerichtet auf das Problem, das traditionelle Stereo- und Surroundvorrichtungen viele Drähte und Lautsprechereinheiten mit entsprechenden Einrichtzeiten haben. Dieser Aspekt betrifft folglich die Erzeugung eines echten Stereo- und Surroundsoundfelds ohne Verdrahtung und separate Lautsprecher, die traditionell zu Stereo- und Surroundsoundsystemen gehören.

[0005] Entsprechend liefert die Erfindung ein Verfahren, um mehrere Eingangssignale, die für jeweilige Kanäle repräsentativ sind, zu veranlassen aufzutreten, um im Raum von entsprechenden unterschiedlichen Positionen aus zu entspringen, wobei das Verfahren aufweist

Schaffen einer schallreflektierenden oder schallresonierenden Fläche an jeder der Positionen im Raum; Bereitstellen einer Anordnung von Ausgangstransducern distal von den Positionen im Raum; und Richten, unter Verwendung der Anordnung der Ausgangstransducer, der Schallwellen jedes Kanals in Richtung der jeweiligen Position im Raum, um die Schallwellen zu veranlassen durch die reflektierende oder resonierende Fläche zurück gesendet zu werden,

wobei der Schritt des Richtens aufweist

Gewinnen, bezüglich jedes Transducers, einer verzögerten Replik jedes Eingangssignals, die um eine entsprechende Verzögerung verzögert ist, die gemäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Ausgangstransducers und der jeweiligen Position im Raum derart ausgewählt wird, dass die Schallwellen des Kanals in Richtung der Position im Raum bezüglich dieses Kanals gerichtet werden;

Summieren, in Bezug auf jeden Transducer, der je-

weiligen verzögerten Repliken jedes Eingangssignals, um ein Ausgangssignal zu erzeugen; Weiterleiten der Ausgangssignale zu den jeweiligen Transducern.

[0006] Ferner wird gemäß diesem Aspekt der Erfindung eine Vorrichtung geschaffen zum Veranlassen von mehreren Eingangssignalen, die jeweilige Kanäle darstellen, aufzutreten, um von jeweiligen unterschiedlichen Positionen im Raum zu entspringen, wobei die Vorrichtung aufweist:

eine schallreflektierende oder schallresonierende Fläche an jeder der Positionen im Raum;

eine Anordnung von Ausgangstransducern distal von den Positionen im Raum; und eine Steuerung zum Richten, unter Verwendung der Anordnung der Ausgangstransducer, der Schallwellen jedes Kanals in Richtung dieser jeweiligen Positionen des Kanals im Raum derart, dass die Schallwellen durch die reflektierende oder resonierende Fläche zurückgesendet werden;

wobei die Steuerung aufweist

ein Replikations- und Verzögerungsmittel, das angeordnet ist zum Gewinnen, in Bezug auf jeden Transducer, einer verzögerten Replik des Eingangssignals, die um eine jeweilige Verzögerung verzögert ist, die ausgewählt wird gemäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Ausgangstransducers und der jeweiligen Position im Raum derart, dass die Schallwellen des Kanals in Richtung der Position im Raum bezüglich dieses Eingangssignals gerichtet werden; ein Addierermittel, das angeordnet ist, um bezüglich jedes Transducers die jeweiligen verzögerten Repliken jedes Eingangssignals zu summieren, zum Erzeugen eines Ausgangssignals; und ein Mittel zum Weiterleiten der Ausgangssignale an jeweilige Transducer derart, dass die Kanalschallwellen in Richtung der Position im Raum bezüglich dieses Eingangssignals gerichtet werden.

[0007] Im Allgemeinen ist die Erfindung anwendbar vorzugsweise auf ein vollständig digitales steuerbares akustisches Phased-Array-Antennen (eine digitale Phased-Array-Antenne oder DPAA) System enthaltend eine Mehrzahl von räumlich verteilten elektroakustischen Schalltransducern (SETs), die in einer zweidimensionalen Anordnung angeordnet sind und jeweils mit dem gleichen digitalen Signal verbunden sind, das über einen Eingangssignaldistributor eingegeben wird, der das Eingangssignal modifiziert, bevor es zu jedem SET geliefert wird, um den gewünschten Richtungseffekt zu erreichen.

[0008] Die verschiedenen Möglichkeiten, die sich hier auftun, und die Versionen, die tatsächlich bevorzugt werden, werden im Folgenden beschrieben.

[0009] Die SETs sind vorzugsweise angeordnet in einer Ebene oder gekrümmten Fläche (eine Oberfläche) anstatt zufällig im Raum verteilt zu sein. Sie kön-

nen jedoch auch in der Form eines zweidimensionalen Stapels von zwei oder mehreren benachbarten Sub-Arrays sein-zwei oder mehreren nah beabstandeten parallelen Ebenen oder gekrümmten Oberflächen, die hinter der nächsten lokalisiert sind.

[0010] Innerhalb einer Oberfläche sind die SETs, die die Anordnung bilden, vorzugsweise eng beabstandet, und füllen idealer Weise vollständig die Gesamtantennenapertur. Dies ist unpraktisch bei realen kreisförmigen SETs, kann jedoch erreicht werden mit dreieckigen, quadratischen oder hexagonalen SETs, oder im Allgemeinen mit irgendeinem Bereich, der die Ebene kachelt. Dort, wo die SET-Bereiche nicht die Ebene kacheln, kann eine gute Näherung bezüglich einer gefüllten Apertur erreicht werden, indem die Anordnung in der Form eines Stapels oder in der Form von Anordnungen gebildet wird, also dreidimensional, wo mindestens eine zusätzliche Oberfläche der SETs hinter mindestens einer anderen derartigen Oberfläche montiert wird und die SETs in der oder in jeder hinteren Anordnung zwischen den Spalten des oder der vorderen Anordnungen strahlen.

[0011] Die SETs sind vorzugsweise ähnlich und idealer Weise identisch. Sie sind natürlich akustische – also Audio – Vorrichtungen, und vorzugsweise sind sie in der Lage gleichmäßig das gesamte Audioband von beispielsweise 20 Hz (oder weniger) bis 20 KHz oder mehr (das Audioband) abzudecken. Alternativ können SETs verwendet werden, die unterschiedliche akustische Fähigkeiten haben, aber zusammen den gesamten gewünschten Bereich abdecken. Folglich können mehrere unterschiedliche SETs physikalisch zusammen gruppiert werden, um einen Verbund-SET (CSET) zu bilden, wobei die Gruppen von unterschiedlichen SETs zusammen das Audioband abdecken können, obwohl die individuellen Sets dies nicht können. Als eine weitere Variante können SETs, die jeweils in der Lage sind nur eine teilweise Audioband-Abdeckung zu liefern, nicht gruppiert werden, sondern stattdessen in der Anordnung verstreut sein mit einer genügenden Abweichung zwischen den SETs, derart, dass die Anordnung als Ganzes eine vollständige oder nahezu vollständige Abdeckung des Audiobands hat.

[0012] Eine alternative Form des CSET enthält mehrere (typischer Weise zwei) identische Transducer, die jeweils durch das gleiche Signal angesteuert werden. Dies reduziert die Komplexität der gesamten Signalverarbeitung und der Ansteuerelektroniken, während viele Vorteile eines großen DPAA aufrecht erhalten bleiben. Wenn auf die Position eines CEST im Folgenden Bezug genommen wird, soll diese Position als Schwerpunkt des CSET als Ganzes verstanden werden, also das Zentrum des Schwerpunkts aller individuellen SETs, die den CSET bilden.

[0013] Innerhalb einer Oberfläche ist der Abstand der SETs oder CSET (im Folgenden werden die zwei nur durch SETs gekennzeichnet) – also das Gesamtlayout und die Struktur der Anordnung und die Art und Weise wie die individuellen Transducer darin angeordnet sind – vorzugsweise regelmäßig, und ihre Verteilung über der Oberfläche ist wünschgemäß symmetrisch. Folglich sind die SETs vorzugsweise in einem dreieckigen, quadratischen oder hexagonalen Gitter beabstandet. Der Typ und die Orientierung des Gitters kann gewählt werden, um den Abstand und die Richtung von Nebenheulen zu steuern.

[0014] Obwohl nicht essentiell, hat jeder SET vorzugsweise eine omnidirektionale Eingangs/Ausgangs-Charakteristik in mindestens einer Hemisphäre bei allen Schallwellenlängen, die er effektiv ausstrahlen (oder empfangen) kann.

[0015] Jeder Ausgangs-SET kann irgendeine geeignete oder gewünschte Form einer Schallabstrahlvorrichtung haben (beispielsweise ein herkömmlicher Lautsprecher), und obwohl sie vorzugsweise alle gleich sind, können sie unterschiedlich sein. Die Lautsprecher können von dem bekannten Typ von pistonic-akustischen Strahlern sein (bei denen die Transducermembran durch einen Kolben bewegt wird) und in einem derartigen Fall ist die maximale radiale Erstreckung der Kolbenradiatoren (beispielsweise der effektive Kolbendurchmesser für kreisförmige SETs) der individuellen SETs vorzugsweise so klein wie möglich, und idealer Weise so klein wie oder kleiner als die akustische Wellenlänge der höchsten Frequenz in dem Audioband (beispielsweise haben in Luft Schallwellen eine Wellenlänge von ungefähr 17 mm, so dass für kreisförmige Pistonic-Transducer ein maximaler Durchmesser von ungefähr 17 mm vorzuziehen ist).

[0016] Die Gesamtdimensionen des oder jedes Arrays von SETs in der Ebene der Anordnung werden vorzugsweise gewählt, um so groß oder größer zu sein wie die akustische Wellenlänge in der Luft der niedrigsten Frequenz, bei der beabsichtigt ist das Polarstrahlungsmuster der Anordnung signifikant zu beeinflussen. Wenn es folglich wünschenswert ist, die Frequenzen bei 300 Hz zu strahlen oder zu steuern, dann sollte die Anordnungsgröße, in Richtung bei rechten Winkel zu jeder Ebene, in der ein Steuern oder Strahlen erforderlich ist, mindestens $C_s/300 = 1,1$ Meter sein (wobei C_s die akustische Schallgeschwindigkeit ist).

[0017] Die Erfindung ist anwendbar auf ein vollständig digitales steuerbares Schall/Hörbar-akustisches-Phased-Array-Antennensystem und obwohl die tatsächlichen Transducer durch ein analoges Signal angesteuert werden können, werden sie vorzugsweise durch digitale Leistungsverstärker angesteuert. Ein derartiger typischer digitaler Leistungsver-

stärker enthält: einen PCM-Signaleingang; einen Takteingang (oder ein Mittel zum Ableiten eines Takts von dem eingegebenen PCM-Signal); einen Ausgangstakt, der entweder inter erzeugt wird, oder der von dem Eingangstakt oder von einem zusätzlichen ausgegebenen Takteingang abgeleitet wird; und ein optionales Ausgabebegeleingangssignal, das entweder ein digitales (PCM) Signal oder ein analoges Signal ist (in dem letzteren Fall kann dieses analoge Signal auch durch die Energie für den Verstärkerausgang bereitgestellt werden). Eine Charakteristik eines digitalen Leistungsverstärkers ist, dass bevor irgendein optionales analoges Ausgangssignalfiltern erfolgt, sein Ausgangssignal diskret gewertet wird und schrittweise fortgeführt wird und es nur den Pegel in Intervallen ändern kann, die mit der Ausgangstaktzeitperiode zusammenpassen. Die diskreten Ausgangssignalwerte werden durch das optionale Ausgabebegeleingangssignal, dort wo es bereitgestellt ist, gesteuert. Für PWM-basierte digitale Verstärker ist der Durchschnittswert des Ausgangssignals über irgendeinem ganzzahligen Vielfachen der Eingangsabtastperiode repräsentativ für das Eingangssignal. Für andere digitale Verstärker tendiert der Durchschnittswert des Ausgangssignals in Richtung Durchschnittswerte des Eingangssignals über Perioden, die größer als die Eingangsabtastperiode sind. Bevorzugte Formen des digitalen Leistungsverstärkers enthalten Bipolarimpulsbreitenmodulatoren und Ein-Bit-Binärmodulatoren.

[0018] Die Verwendung eines digitalen Leistungsverstärkers verhindert die allgemeine Anforderung, die in den meisten sogenannten „digitalen“ Systemen zu finden ist – nämlich einen Digital-zu-Analog-Wandler (DAC) bereitzustellen und einen linearen Leistungsverstärker für jeden Transducerkanal, und folglich kann die Leistungsansteuerungseffizienz sehr hoch sein. Darüber hinaus, da die meisten sich bewegenden spulenakustischen Transducer von Natur aus induktiv sind, und mechanisch effektiv wie Tiefpassfilter arbeiten, kann es unnötig sein ein aufwendiges elektronisches Tiefpassfiltern zwischen der digitalen Ansteuerschaltung und den SETs hinzuzufügen. Mit anderen Worten, die SETs können direkt mit digitalen Signalen angesteuert werden.

[0019] Das DPAA hat einen oder mehrere digitale Eingangsanschlüsse (Eingänge). Wenn mehr als ein Eingangsanschluss vorhanden ist, ist es notwendig ein Mittel bereitzustellen zum Weiterleiten jedes Eingangssignals zu den individuellen SETs.

[0020] Dies kann erfolgen, indem jeder der Eingänge mit jedem der SETs über einen oder über mehrere Eingangssignaldistributoren verbunden wird. Am allgemeinsten wird ein Eingangssignal an einen einzelnen Distributor geliefert, und dieser einzelne Distributor hat einen separaten Ausgang zu jedem der SETs

(und das Signal, das er ausgibt, wird geeignet modifiziert, wie später diskutiert, um das gewünschte Endergebnis zu erreichen). Alternativ kann eine Anzahl von ähnlichen Distributoren vorhanden sein, die jeweils das oder einen Teil des Eingangssignals nehmen oder Eingangssignale trennen, und dann jedes ein separates Ausgangssignal zu jedem der SETs bereitstellt (in jedem Fall wird das Signal geeignet modifiziert ausgegeben mit dem Distributor, wie später diskutiert, um das gewünschte Endergebnis zu erreichen). In diesem letzteren Fall – eine Mehrzahl von Distributoren speist jeweils alle SETs – müssen die Ausgangssignale von jedem Distributor zu irgendeinem SET kombiniert werden, und üblicher Weise erfolgt dies durch eine Addierschaltung vor einer weiteren Modifikation des Ergebnisses.

[0021] Die Eingangsanschlüsse empfangen vorzugsweise ein oder mehrere digitale Signale, die repräsentativ sind für den Schall oder den durch das DPAA zu handhabenden Schall (Eingangssignale). Natürlich kann das ursprüngliche elektrische Signal, das den abzustrahlenden Schall definiert, eine analoge Form haben, und folglich kann das System gemäß der Erfindung einen oder mehrere Analog-zu-Digital-Wandler (ADCs) haben, die jeweils zwischen einem analogen Hilfseingangsanschluss (analoger Eingang) und einem der Eingänge geschaltet sind, wodurch eine Umwandlung dieser externen analogen elektrischen Signale in interne digitale elektrische Signale möglich wird, jeweils mit einer spezifischen (und geeigneten) Abtastrate F_s . Und folglich sind innerhalb des DPAA jenseits der Eingänge die gehandhabten Signale zeitabgetastete quantifizierte digitale Signale, die repräsentativ sind für die Schallwellenform oder für die Wellenformen, die durch das DPAA zu reproduzieren sind.

[0022] Ein digitaler Abtast-Raten-Wandler (DSRC = digital sample-rate-converter) muss bereitgestellt werden zwischen einem Eingang und dem verbleibenden internen elektronischen Verarbeitungssystem des DPAA, wenn das Signal, das am Eingang vorliegt, nicht mit den anderen Komponenten und den Eingangssignalen des DPAA synchronisiert ist. Das Ausgangssignal jedes DSRC ist in Phase getaktet mit allen anderen DSRCs und hat die gleiche Rate, so dass ungleiche externe Signale von den Eingängen mit unterschiedlichen Taktraten und/oder Phasen zusammengebracht werden mit dem DPAA, synchronisiert und kombiniert in einen oder mehrere verbundene Datenkanäle. Der DSRC kann auf einem „Master“ Kanal weggelassen werden, wenn der Takt des Eingangssignals dann verwendet wird als Mastertakt für alle anderen DSRC-Ausgänge. Dort, wo bereits verschiedene externe Eingangssignale sich bereits einen gemeinsamen externen oder internen Datenzeitgebungstakt teilen, können effektiv verschiedene derartige „Master“ Kanäle sein.

[0023] Kein DSCR ist erforderlich für irgendeinen analogen Eingangskanal, da der Analog-zu-Digital-Umwandlungsprozess durch den internen Mastertakt zur direkten Synchronisierung gesteuert werden kann.

[0024] Das DPAA gemäß der Erfindung integriert einen Distributor, der das Eingangssignal modifiziert, bevor es zu jedem SET geliefert wird, um den gewünschten Richtungseffekt zu erzielen. Ein Distributor ist eine digitale Vorrichtung, oder ein Stück Software, mit einem Eingang und mehreren Ausgängen. Eines der Eingangssignale des DPAA wird in dessen Eingang gespeist. Es hat vorzugsweise einen Ausgang für jeden SET; alternativ kann ein Ausgang von einer Anzahl von SETs oder den Elementen eines CSET gemeinsam verwendet werden. Der Distributor sendet im Allgemeinen unterschiedliche modifizierte Versionen des Eingangssignals zu jedem seiner Ausgänge. Die Modifikationen können entweder fest sein, oder einstellbar unter Verwendung eines Steuerungssystems. Die Modifikationen, die durch den Distributor durchgeführt werden, können ein Anwenden einer Signalverzögerung enthalten, ein Anwenden einer Amplitudensteuerung und/oder eines einstellbaren digitalen Filterns. Diese Modifikationen können von einem Signalverzögerungsmittel (SDM = signal delay means), einem Amplitudensteuerungsmittel (ACM = amplitude control means) und einem einstellbaren digitalen Filter (ADFs) durchgeführt werden, die innerhalb des Distributors lokalisiert sind. Es soll erwähnt werden, dass die ADFs angeordnet werden können, um das Signal zu verzögern durch entsprechende Wahl der Filterkoeffizienten. Ferner kann diese Verzögerungsfrequenz abhängig gemacht werden, so dass unterschiedliche Frequenzen des Eingangssignals unterschiedlich stark verzögert werden, und das Filter kann den Effekt der Summe irgendeiner Anzahl derartiger verzögerter Versionen des Signals erzeugen. Die Begriffe „verzögern“ oder „verzögert“, wie sie hier verwendet werden, sollen verstanden werden als Typ von Verzögerungen, die durch die ADFs sowie durch SDMs angewendet werden. Die Verzögerungen können irgendeine nützliche Dauer einschließlich null sein, aber im Allgemeinen wird mindestens ein repliziertes Eingangssignal durch einen Nullwert verzögert.

[0025] Die Signalverzögerungsmittel (SDM) sind variable digitale Signalzeitverzögerungselemente. Folglich, da diese keine Einzelfrequenz oder Schmalfrequenzband, Phasenverschiebungselemente sind, sondern echte Zeitverzögerungen, arbeitet das DPAA über einem breiten Frequenzband (beispielsweise das Audioband). Es kann ein Mittel geben zum Einstellen der Verzögerungen zwischen einem gegebenen Eingangsanschluss und jedem SET, und vorteilhafterweise gibt es separate einstellbare Verzögerungsmittel für jede Eingangs/SET-Kombination.

[0026] Eine minimale Verzögerung, die für ein gegebenes digitales Signal möglich ist, ist vorzugsweise so klein oder kleiner als T_s , die Abtastperiode des Signals; die maximale Verzögerung, die für ein gegebenes digitales Signal möglich ist, sollte vorzugsweise gewählt werden um so groß zu sein wie T_c oder größer, die Zeit, die der Schall braucht, um die Transduceranordnung mit größter lateraler Erstreckung zu queren, D_{max} , wobei $T_c = D_{max}/c_s$, wobei c_s die Geschwindigkeit von Schall in Luft ist. Spezieller sollte die kleinste inkrementelle Änderung der Verzögerung, die für ein gegebenes digitales Signal möglich ist, nicht größer als T_s sein, die Abtastperiode des Signals. Ansonsten ist eine Interpolation des Signals notwendig.

[0027] Das Amplitudensteuerungsmittel (ACM) wird üblicher Weise implementiert als digitales Amplitudensteuerungsmittel für die Zwecke einer groben Strahlformmodifikation. Es kann einen Verstärker oder Alternator enthalten, um die Größe eines Ausgangssignals zu erhöhen oder zu reduzieren. Wie das SDM ist vorzugsweise ein einstellbares ACM für jede Eingangs/SET-Kombination vorgesehen. Das Amplitudensteuerungsmittel ist vorzugsweise angeordnet, um unterschiedliche Amplitudensteuerung für jedes Signal anzuwenden, das von dem Distributor ausgegeben wird, so dass der Tatsache entgegenge wirkt, dass das DPAA eine endliche Größe hat. Dies wird normalerweise erreicht durch Normalisieren der Größe jedes Ausgangssignals gemäß einer vordefinierten Kurve, beispielsweise Gaußschen Kurve oder erhöhten Cosinuskurve. Folglich werden im Allgemeinen Ausgangssignale für SETs nahe dem Zentrum der Anordnung nicht signifikant beeinträchtigt, aber diejenigen nahe dem Umfang der Anordnung werden gedämpft in Übereinstimmung wie nahe sie zu dem Rand der Anordnung sind.

[0028] Eine andere Art und Weise der Modifikation des Signals verwendet digitale Filter (ADF), deren Gruppenverzögerung und Größenantwort in einer spezifischen Weise als Funktion der Frequenz variiert (anstatt lediglich einer einfachen Zeitverzögerung oder Pegeländerung) – einfache Verzögerungselemente können verwendet werden bei der Implementierung dieser Filter, um den notwendigen Rechenaufwand zu reduzieren. Dieser Ansatz erlaubt ein Steuern des DPAA-Strahlungsmusters als Funktion der Frequenz, was eine Steuerung des Strahlungsmusters des DPAA erlaubt, um separat in unterschiedlichen Frequenzbändern eingestellt zu werden (was nützlich ist, da die Größe der Wellenlängen des DPAA-Strahlungsbereichs und folglich deren Direktionalität sonst eine starke Funktion der Frequenz wäre). Für ein DPAA von sagen wir 2 Meter Ausmaß ist beispielsweise der Tieffrequenz Cut-Off (für die Richtungsabhängigkeit) um die 150 Hz Region herum, und da das menschliche Ohr Schwierigkeiten hat die Direktionalität von Schall bei einer derartigen Tiefen-

frequenz zu bestimmen, kann es nützlicher sein nicht die „Strahlsteuerungs“-Verzögerungen und Amplitudengewichtung bei derartigen Tiefenfrequenzen anzuwenden, sondern stattdessen nach einem optimierten Ausgangspegel zu streben. Zusätzlich kann die Verwendung von Filtern auch eine gewisse Kompensation von Unebenheit in dem Strahlungsmuster jedes SET erlauben.

[0029] Die SDM-Verzögerungen, ACM-Gewinne und ADF-Koeffizienten können fest sein, in Antwort auf eine Benutzereingabe geändert werden, oder automatisch gesteuert werden. Jeglichen Änderungen, die erforderlich sind, während ein Kanal verwendet wird, erfolgen in vielen kleinen Inkrementierungsschritten, so dass keine Diskontinuität gehört wird. Diese Inkrementierungen können gewählt werden, um vorbestimmte „roll-off“ und „attack“ Raten zu definieren, die beschreiben, wie schnell die Parameter in der Lage sind, sich zu ändern.

[0030] Wenn unterschiedliche SETs in der Anordnung unterschiedliche inhärente Empfindlichkeiten haben, dann kann es vorteilhaft sein derartige Differenzen heraus zu kalibrieren unter Verwendung eines analogen Verfahrens, das in Verbindung steht direkt mit dem SETs selbst und/oder ihrer Leistungsansteuerungsschaltung, um jeglichen Auflösungsverlust zu minimieren, der das Ergebnis sein kann von der Verwendung einer digitalen Kalibrierung weiter hinten in dem Signalverarbeitungspfad. Diese Verfeinerung ist speziell nützlich dort, wo eine low-bit-high-over-sample-rate digitales Kodieren vor den Punkten in dem System verwendet wird, wo die mehreren Eingangskanalsignale zusammengebracht werden (addiert werden) in Kombination mit einem Anwenden für individuelle SETs.

[0031] Wenn mehr als ein Eingang bereitgestellt ist – also es gibt I Eingänge, die nummeriert sind von 1 bis I, und wenn es N SETs gibt, nummeriert von 1 bis N, werden vorzugsweise eine separate und separat einstellbare Verzögerung, Amplitudensteuerung und/oder Filtermittel D_{in} bereitgestellt (wobei $I = 1 \text{ to } I$, $n = 1 \text{ to } N$, zwischen jedem der I Eingänge und jedem der N SETs) für jede Kombination. Für jeden SET gibt es folglich I Verzögerungen oder gefilterte digitale Signale, eines von jedem der Eingänge über den separaten Distributor, um vor einer Anwendung auf den SET kombiniert zu werden. Es gibt im Allgemeinen N separate SDMs, ACMs und/oder ADFs in jedem Distributor, eines für jeden SET. Wie oben erwähnt erfolgt diese Kombination der digitalen Signale bequemer Weise durch die digitale Algebraaddition von I separaten verzögerten Signalen – das Signal zu jedem SET ist eine lineare Kombination von separate modifizierten Signalen von jedem der I Eingänge. Auf Grund dieses Erfordernisses zur Durchführung der digitalen Addition von Signalen, die von mehr als einem Eingang kommen, die die DSRCs (siehe oben)

erfordern, um diese externen Signale zu synchronisieren, ist es im Allgemeinen nicht von Bedeutung die digitale Addition für zwei oder mehrere digitale Signale mit unterschiedlichen Taktraten und/oder Phasen durchzuführen.

[0032] Die eingegebenen digitalen Signale verlaufen vorzugsweise durch einen (ONSQ = over-sampling-noise-shaping-quantizer), der ihre Bitbreite reduziert und ihre Abtastrate erhöht, während ihr Signalrauschverhältnis (SNR) in dem akustischen Band ungeändert bleibt. Der Grund hierfür liegt darin der digitalen Transduceransteuerschaltung („digitale Verstärker“) zu erlauben mit realisierbaren Taktraten zu arbeiten. Wenn beispielsweise die Ansteuerungen implementiert werden als digitaler PWM, dann, wenn die Signalbitbreite für die PMW-Schaltung gleich b Bits ist, und ihre Abtastrate s Abtastungen pro Sekunde, dann muss die PMW-Taktrate p gleich $p = 2^b s$ Hz sein – beispielsweise für $b = 16$ und $s = 44 \text{ KHz}$ gilt $p = 2,88 \text{ GHz}$, was ziemlich unpraktikabel ist beim gegenwärtigen Stand der Technik. Wenn jedoch das Eingangssignal 4-fach übertastet wird und die Bitbreite auf 8 Bits reduziert wird, dann ist $p = 2^8 \times 4 \times 44 \text{ KHz} = 45 \text{ MHz}$, was einfach zu erreichen ist mit standardmäßiger Logik oder einer FPGA-Schaltung. Im Allgemeinen erhöht die Verwendung von ONSQ die Signalbitrate. In dem Beispiel mit der ursprünglichen Bitrate $R_0 = 16 \times 44000 = 704 \text{ Kbits/sekunde}$, während die überabgetastete Bitrate gleich $R = 8 \times 44000 = 1,408 \text{ Mbits/sekunde}$ ist (was doppelt so hoch ist). Wenn der ONSQ zwischen einem Eingang und den Eingängen zu den digitalen Verzögerungsgeneratoren (DDG) geschaltet ist, dann benötigt der DDG im Allgemeinen eine höher Speicherkapazität, um die höhere Bitrate zu bewerkstelligen. Wenn jedoch die DDGs bei der Eingangsbitbreite und Abtastrate arbeiten (wodurch folglich die minimale Speicherkapazität in den DDGs erforderlich ist), und stattdessen ein ONSQ zwischen jedem DDG-Ausgang und der SET digitalen Ansteuerung geschaltet ist, dann ist ein ONSQ erforderlich für jeden SET, was die Komplexität des DPAA erhöht, wenn die Anzahl der SETs groß sind. Es gibt zwei zusätzliche Kompromisse in dem letzt genannten Fall:

1. Die DDG-Schaltung kann bei einer niedrigeren Taktrate arbeiten, Gegenstand für die Anforderung nach einer ausreichend genauen Steuerung der Signalverzögerungen; und
2. Mit einer Anordnung von separaten ONSQs kann das Quantisierungsrauschen von jedem designed werden, um mit dem Rauschen von dem Rest unkorreliert zu sein, so dass am Ausgang des DPAA die Quantisierungsrauschkomponenten in eine unkorrelierten Art und Weise addiert werden und so jede Verdopplung der Anzahl an SETs zu einer Erhöhung von nur 3 dB führt anstelle von 6 dB zu der Gesamtquantisierungsrauschleistung,

und diese Betrachtungen ermöglichen post-DDG ONSQs (oder zwei Stufen OSNQ – eine pre-DDG und eine post-DDG), die attraktivere Implementierungsstrategie.

[0033] Die eingegebenen digitalen Signale verlaufen vorteilhafterweise durch einen oder mehrere digitale Vorkompensatoren, um die linearen und/oder nicht linearen Antwortcharakteristiken der SETS zu korrigieren. In dem Fall eines DPAA mit mehreren Eingängen/Distributoren, ist es wesentlich, dass wenn eine nicht lineare Kompensation erfolgt, diese für digitale Signale durchgeführt wird nachdem die separaten Kanäle in den digitalen Addierern kombiniert worden sind, was auch nach den DDGs auftritt; dies resultiert in der Anforderung nach einem separaten nicht linearen Kompensator (NLC) für jeden oder für alle SETS. In dem Fall der linearen Kompensation oder dort wo nur ein Eingangs/Distributor vorliegt, kann der oder können die Kompensatoren direkt in dem digitalen Signalstrom nach den Eingängen platziert werden und ein Kompensator pro Eingang ist höchstens erforderlich. Derartige lineare Kompensatoren sind nützlich implementiert als Filter, die die SETS korrigieren bezüglich Amplituden und Phasenantwort über einem weiten Frequenzbereich; derartige nicht lineare Kompensatoren korrigieren das mangelhafte (nicht lineare) Verhalten der SET-Motor- und Aussetzungskomponenten, die im Allgemeinen stark nicht linear sind, wo eine erhebliche Exkursion der SET-Bewegungskomponente erforderlich ist.

[0034] Das DPAA-System kann verwendet werden mit einem ferngesteuerten Handapparat (Handset), der mit der DPAA-Elektronik kommuniziert (über Kabel oder Funk oder Infrarot oder eine andere drahtlose Technologie) über eine Distanz (idealer Weise von irgendwo in dem Hörbereich des DPAA), und der eine manuelle Steuerung aller Hauptfunktionen des DPAA bereitstellt. Ein derartiges Steuerungssystem ist am hilfreichsten, wenn es die folgenden Funktionen bereitstellt:

- 1) Auswahl welcher oder welche Eingänge mit welchem Distributor zu verbinden sind, was auch als „Kanal“ bezeichnet wird,
- 2) Steuern der Fokusposition und/oder Strahlform jedes Kanals;
- 3) Steuern der individuellen Volumenpegeleinstellungen für jeden Kanal; und
- 4) Anfangsparameter setzen unter Verwendung des Handset mit einem eingebauten Mikrofon (siehe später).

[0035] Es kann ebenfalls geben:
ein Mittel, um zwei oder mehrere derartige DPAA's zu verbinden, um ihre Strahlungsmuster, ihr Fokussieren und ihre Optimierungsprozeduren zu koordinieren;
ein Mittel zum Speichern und wieder Aufrufen von Sätzen von Verzögerungen (für die DDGs) und Filter-

koeffizienten (für die ADFs);

Die Erfindung wird unter Bezugnahme auf die beige-fügten Zeichnungen mittels eines nicht einschränkenden Beispiels weiter beschrieben. Es zeigen:

[0036] [Fig. 1](#) eine Darstellung einer einfachen Einzeleingangsvorrichtung;

[0037] [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) Front- und perspektivische Ansichten einer Mehrfachoberflächenanordnung von Transducern;

[0038] [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) Frontansichten einer möglichen CSET-Konfiguration und eine Frontansicht einer Anordnung, die mehrere Typen von SET enthält;

[0039] [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) Frontansichten von rechteckiger und hexagonaler Anordnung von SETs;

[0040] [Fig. 5](#) ein Blockdiagramm einer Vorrichtung mit mehreren Eingängen;

[0041] [Fig. 6](#) ein Blockdiagramm einer Eingangsstufe, die ihren eigenen Mastertakt hat;

[0042] [Fig. 7](#) ein Blockdiagramm einer Eingangsstufe, die sich einen externen Takt holt;

[0043] [Fig. 8](#) ein Blockdiagramm eines Allzweck-Distributors;

[0044] [Fig. 9](#) eine offene gestützte Anordnung von Ausgangstransducern, die arbeiten, um direkt Schall an Zuhörer in einer symmetrischen Art und Weise zu liefern;

[0045] [Fig. 10](#) ein Blockdiagramm eines linearen Verstärkers und eines digitalen Verstärkers, die in den bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung verwendet werden,

[0046] [Fig. 11](#) ein Blockdiagramm, das die Punkte zeigt, bei denen die ONSQ-Stufen integriert werden können in eine Vorrichtung ähnlich wie in [Fig. 5](#) gezeigt;

[0047] [Fig. 12](#) ein Blockdiagramm, das zeigt, wo eine lineare und nicht lineare Zusammenfügung integriert werden kann in eine Vorrichtung ähnlich wie in [Fig. 1](#) gezeigt;

[0048] [Fig. 13](#) ein Blockdiagramm, das zeigt, wo eine lineare und nicht lineare Kompensation integriert werden kann in eine Vorrichtung mit mehreren Eingängen;

[0049] [Fig. 14](#) eine Verbindung verschiedener Anordnungen mit allgemeinen Steuerungs- und Eingangsstufen;

[0050] [Fig. 15](#) einen Distributor gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0051] [Fig. 16A](#) bis [Fig. 16D](#) vier Typen von Schallfeld, die erreicht werden können unter Verwendung der Vorrichtung gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung;

[0052] [Fig. 17](#) eine Vorrichtung zum selektiven Nullmachen eines Signalausgangs durch einen Lautsprecher;

[0053] [Fig. 18](#) eine Vorrichtung zum selektiven Nullmachen eines Signalausgangs durch eine Anordnung von Ausgangstransducern;

[0054] [Fig. 19](#) ein Blockdiagramm einer Vorrichtung, um das selektive Nullmachen zu implementieren;

[0055] [Fig. 20](#) das Fokussieren einer Null auf einem Mikrophon, um ein Heulen zu reduzieren;

[0056] [Fig. 21](#) eine Draufsicht einer Anordnung von Ausgangstransducern und reflektiven/resonierenden Schirmen, um einen Surroundsound-Effekt zu erzielen;

[0057] [Fig. 22](#) eine Vorrichtung, um die Position eines Eingangstransducers unter Verwendung einer Triangulation zu lokalisieren;

[0058] [Fig. 23](#) eine Draufsicht des Effekts von Wind auf ein Schallfeld und eine Vorrichtung, um diesen Effekt zu reduzieren,

[0059] [Fig. 24](#) eine Anordnung von drei Eingangstransducern in Draufsicht, die eine Eingangsnull haben, an einem Punkt O;

[0060] [Fig. 25A](#) bis F Zeitdiagramme, die erklären, wie Signalen, die von O stammen, eine geringere Gewichtung gegeben wird;

[0061] [Fig. 26A](#) bis F Zeitdiagramme, zum Erklären, wie Signale, die an X entspringen, vernachlässigbar beeinträchtigt werden durch das Eingangsnullmachen;

[0062] [Fig. 27](#) ein Blockdiagramm, das zeigt, wie eine Testsignalerzeugung und Analyse integriert werden kann in die Vorrichtung ähnlich wie gemäß [Fig. 5](#);

[0063] [Fig. 28](#) ein Blockdiagramm, das zwei Wege zeigt zum Einfügen von Testsignalen in ein Ausgangssignal;

[0064] [Fig. 29](#) ein Blockdiagramm, das eine Vorrichtung zeigt, die in der Lage ist unterschiedliche

Frequenzen in unterschiedlicher Weise zu formen;

[0065] [Fig. 30](#) eine Draufsicht der Vorrichtung, die eine Visualisierung von Fokuspunkten erlaubt;

[0066] [Fig. 31](#) ein Blockdiagramm der Vorrichtung, um zwei Eingangssignale zu begrenzen, um eine Clipping oder eine Verzerrung zu vermeiden; und

[0067] [Fig. 32](#) ein Blockdiagramm einer reproduzierenden Vorrichtung, die in der Lage ist Schallfeldforminformation, die zu einem Audiosignal gehört, zu extrahieren.

[0068] Die Beschreibung und die Figuren, die hier bereitgestellt werden, beschreiben die Erfindung unter Verwendung von Blockdiagrammen, wobei jeder Block eine Hardwarekomponente oder einen Signalverarbeitungsschritt darstellt. Die Erfindung kann im Prinzip realisiert werden durch Bilden separater physikalischer Komponenten, um jeden Schritt durchzuführen, und sie wie gezeigt zu verbinden. Verschiedene der Schritte können implementiert werden unter Verwendung von bestimmten oder programmierbaren integrierten Schaltungen, wobei es möglich ist verschiedene Schritte in einer Schaltung zu kombinieren. Es soll verstanden werden, dass es in der Praxis wahrscheinlich besser ist verschiedene der Signalverarbeitungsschritte in Software zu implementieren unter Verwendung von DSP (digitaler Signalprozessor) oder Allzweck-Mikroprozessoren. Sequenzen von Schritten können dann durchgeführt werden durch separate Prozessoren oder durch separate Softwareroutinen, die sich einen Mikroprozessor teilen, oder die kombiniert sind in einer einzelnen Routine, um die Effizienz zu verbessern.

[0069] Die Figuren zeigen im Allgemeinen nur Audiosignalfade; Takt- und Steuerverbindungen sind weggelassen aus Klarheitsgründen sofern sie unnötig waren für die Idee. Darüber hinaus ist nur eine kleine Anzahl von SETs, Kanälen und ihre zugehörigen Schaltungen gezeigt, das Diagramme verwirren und schwer zu interpretieren sind, wenn die realistisch große Anzahl von Elementen enthalten ist.

[0070] Bevor die jeweiligen Aspekte der vorliegenden Erfindung beschrieben werden, ist es hilfreich Ausführungsbeispiele der Vorrichtung zu beschreiben, die geeignet sind für die Verwendung gemäß irgendeinem der jeweiligen Aspekte.

[0071] Das Blockdiagramm gemäß [Fig. 1](#) verdeutlicht ein einfaches DPAA. Ein Eingangssignal (101) speist einen Distributor (102), dessen vielen (sechs in der Zeichnung) Ausgänge jeweils über optionale Verstärker (103) mit Ausgangs-SETs (104) verbunden sind, die physikalisch angeordnet sind, um eine zweidimensionale Anordnung (105) zu bilden. Der Distributor modifiziert das Signal, das zu jedem SET ge-

sendet worden ist, um das gewünschte Strahlungsmuster zu erzeugen. Es gibt viele zusätzliche Verarbeitungsschritte vor und nach dem Distributor, die später verdeutlicht werden. Details des Verstärkerabschnitts sind in [Fig. 10](#) gezeigt.

[0072] [Fig. 2](#) zeigt SETs (**104**), die angeordnet sind, um eine Frontoberfläche (**201**) und eine zweite Oberfläche (**202**) derart zu bilden, dass die SETs auf der Rück-Oberfläche durch die Spalte zwischen den SETs in der Frontoberfläche hindurchstrahlen.

[0073] [Fig. 3](#) zeigt CSETs (**301**), die angeordnet sind, um ein Array (**302**) zu bilden, und zwei unterschiedliche Typen von SET (**303**, **304**), die kombiniert sind, um ein Array (**305**) zu bilden. In dem Fall gemäß [Fig. 3a](#) kann die „Position“ des CSET angenommen werden als das Zentrum des Schwerpunkts der Gruppe von SETs.

[0074] [Fig. 4](#) zeigt zwei mögliche Anordnungen von SETs (**104**), die eine rechteckige Anordnung (**401**) und eine Hex-Anordnung (**402**) bilden.

[0075] [Fig. 5](#) zeigt ein DPAA mit zwei Eingangssignalen (**501**, **502**) und drei Distributoren (**503–505**). Der Distributor **503** behandelt das Signal **501**, wohingegen beide **504** und **505** das Eingangssignal **502** behandeln. Die Ausgangssignale von jedem Distributor für jeden SET werden durch Addiere (**506**) summiert und verlaufen durch Verstärker **103** an die SETs **104**. Einzelheiten des Eingangsabschnitts sind in den [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) gezeigt.

[0076] [Fig. 6](#) zeigt eine mögliche Anordnung der Eingangsschaltung mit, zur Verdeutlichung, drei digitalen Eingängen (**601**) und einem analogen Eingang (**602**). Eine digitale Empfängerschaltung und analoge Pufferschaltung sind zur Klarheit weggelassen. Es gibt eine interne Mastertaktquelle (**603**), die angewendet wird auf DSRCs (**604**) auf jeden der digitalen Eingänge und ADC (**605**) auf den analogen Eingang. Die meisten gegenwärtigen digitalen Audioübertragungsformate (beispielsweise S/PDIF, AES/EBU), DSRCs und ADCs behandeln (stereo) Paare von Kanälen zusammen. Es kann folglich am bequemsten sein die Eingangskanäle in Paaren zu behandeln.

[0077] [Fig. 7](#) zeigt eine Anordnung, bei der zwei digitale Eingänge (**701**) vorhanden sind, die bekannterweise synchron sind, und von denen der Mastertakt abgeleitet wird unter Verwendung einer PLL oder eines anderen Taktholmittels (**702**). Diese Situation tritt beispielsweise auf, wenn mehrere Kanäle von einem externen Surroundsound-Decoder beliefert werden. Dieser Takt wird dann angelegt an die DSRCs (**604**) auf den verbleibenden Eingängen (**601**).

[0078] [Fig. 8](#) zeigt die Komponenten eines Distributors. Er hat ein einzelnes Eingangssignal (**101**), das

von der Eingangsschaltung kommt und mehrere Ausgänge (**802**), einen für jeden SET und eine Gruppe von SETs. Der Pfad von dem Eingang zu jedem der Ausgänge enthält ein SDM (**803**) und/oder ein ADF (**804**) und/oder ein ACM (**805**). Wenn die Modifikationen, die in jedem Signalpfad gemacht werden, ähnlich sind, kann der Distributor effizient implementiert werden indem globale SDM, ADF und/oder ACM Stufen (**806–808**) eingefügt werden vor einem Splitting des Signals. Die Parameter jedes der Teile jedes Distributors können unter einer Benutzersteuerung oder einer automatischen Steuerung variiert werden. Die Steuerverbindungen, die hierfür notwendig sind, sind nicht gezeigt.

[0079] Unter bestimmten Umständen, speziell bei Konzerthallen und Arena-Einstellungen ist es ebenso möglich Gebrauch zu machen von der Tatsache, dass DPAA in Front-Rück symmetrisch ist in dem Strahlungsmuster, wenn die Strahlen mit realen Fokuspunkten gebildet werden, in dem Fall, bei dem die Anordnung von Transducern mit Hinten offen gebildet ist (also keine schallschluckende Komponente, die um den Rückbereich der Transducer herum platziert ist). Beispielsweise, in dem oben beschriebenen Fall, bei dem die schallreflektierenden oder streuenden Oberflächen nahe derartigen realen Foki platziert sind an der „Front“ des DPAA, können zusätzlich derartige reflektierende oder streuende Oberflächen vorteilhafter Weise positioniert sein an spiegelbildrealen Fokuspunkten hinter dem DPAA, um den Schall weiter in der gewünschten Art und Weise auszurichten. Wenn speziell ein DPAA positioniert ist mit einer Seite zum Zielzuhörerbereich weisend, und wenn ein Off-Axisstrahl von der Front der Anordnung zu einem bestimmten Abschnitt des Empfängers gelenkt wird, angenommen links von dem Auditorium, dann wird sein Spiegelbild fokussierter Strahl (in Gegenphase) von hinter dem DPAA zu einem gut separierten Abschnitt des gleichen Empfängers auf die rechte Seite des Auditoriums gerichtet. In dieser Weise kann hilfreiche akustische Energie abgeleitet werden von beiden, dem vorderen und hinteren Strahlungsfeld der Transducer. [Fig. 9](#) zeigt die Verwendung eines hinten offenen DPAA (**901**), um ein Signal zu einem linken und rechten Abschnitt eines Empfängers (**902**, **903**) zu übertragen, unter Ausnutzung der Rückstrahlung. Die unterschiedlichen Teile des Empfängers empfangen die Signale mit entgegengesetzter Polarität. Dieses System kann verwendet werden, um eine Mikrofonposition (siehe später) zu detektieren, in welchem Fall jegliche Unklarheit gelöst werden kann, indem die Polarität des Signals, das von dem Mikrofon empfangen wird, untersucht wird.

[0080] [Fig. 10](#) zeigt mögliche Leistungsverstärkerkonfigurationen. In einer Option verläuft das digitale Eingangssignal (**1001**), möglicherweise von einem Distributor oder einem Addierer, durch einen DAC (**1002**) und einen linearen Leistungsverstärker (**1003**)

mit einem optionalen Gewinn/Volumen-Steuerungseingang (**1004**). Das Ausgangssignal speist einen SET oder eine Gruppe von SETS (**1005**). In einer bevorzugten Konfiguration, verdeutlicht für zwei SET-Speisungen, speisen die Eingangssignale (**1006**) direkt digitale Verstärker (**1007**) mit dem optionalen globalen Volumen-Steuerungseingangssignal (**1008**). Die globalen Volumen-Steuerungseingänge können üblicher Weise auch als Energieversorgung für die Ausgangsansteuerungsschaltung dienen. Die diskret gewerteten digitalen Verstärkerausgangssignale verlaufen optional durch analoge Tiefpassfilter (**1009**), bevor sie die SETs (**1005**) erreichen.

[0081] [Fig. 11](#) zeigt, dass die ONSQ-Stufen integriert werden können in den DPAA, entweder vor den Distributoren, wie in (**1101**), oder nach dem Addieren wie in (**1102**), oder an beiden Positionen. Wie die anderen Blockdiagramme zeigt dies nur eine Ausführung der DPAA-Architektur. Wenn verschiedene Ausführungen auf einmal zu verwenden sind, können extra Verarbeitungsschritte in irgendeiner Reihenfolge eingefügt werden.

[0082] [Fig. 12](#) zeigt eine Integration der linearen Kompensation (**1201**) und/oder nicht linearen Kompensation (**1202**) in einen einzelnen Distributor DPAA. Die nicht lineare Kompensation kann nur verwendet werden an dieser Position, wenn der Distributor nur reine Verzögerung verwendet, kein Filtern oder ein Amplitudenändern.

[0083] [Fig. 13](#) zeigt die Anordnung für eine lineare und/oder nicht lineare Kompensation in einem Multi-Distributor DPAA. Die lineare Kompensation **1301** kann erneut angewendet werden auf die Eingangsstufe vor den Distributoren, aber jetzt muss jedes Ausgangssignal separat nicht linear kompensiert werden **1302**. Diese Anordnung erlaubt auch eine nicht lineare Kompensation, bei der der Distributor die Amplitude des Signals filtert oder ändert. Die Verwendung von Kompensatoren erlaubt einen relativ kostengünstigen Transducer mit guten Ergebnissen, da jegliche Nachteile durch die digitale Kompensation berücksichtigt werden. Wenn die Kompensation durchgeführt wird vor einer Replikation, hat dies den zusätzlichen Vorteil, dass nur ein Kompensator pro Eingangssignal erforderlich ist.

[0084] [Fig. 14](#) zeigt die Verbindung von DPAA (**1401**). In diesem Fall werden die Eingänge (**1402**), die Eingangsschaltung (**1403**) und die Steuerungssysteme (**1404**) von allen drei DPAA gemeinsam verwendet. Die Eingangsschaltung und das Steuerungssystem können separat untergebracht sein oder in einem der DPAA integriert sein, wobei der andere als Slave arbeitet. Alternativ können die drei DPAA identisch sein, wobei die redundante Schaltung in den Slave-DPAA lediglich inaktiv ist. Dieser Aufbau erlaubt mehr Leistung und wenn die Anord-

nung Seite an Seite platziert werden eine bessere Richtungsempfindlichkeit bei tiefen Frequenzen.

Beispiel

[0085] Ein erstes Beispiel wird jetzt allgemein beschrieben unter Bezugnahme auf die [Fig. 15](#) und [Fig. 16A–D](#). Die Vorrichtung gemäß dem ersten Beispiel hat die allgemeine Struktur, wie in [Fig. 1](#) gezeigt. [Fig. 15](#) zeigt den Distributor (**101**) dieses Ausführungsbeispiels genauer.

[0086] Wie man in [Fig. 5](#) sieht, wird das Eingangssignal (**101**) an einen Replikator (**1504**) weitergeleitet mittels eines Eingangsanschlusses (**1514**). Der Replikator (**1504**) hat die Funktion das Eingangssignal eine vorbestimmte Anzahl oft zu kopieren und das gleiche Signal an einer vorbestimmten Anzahl an Ausgangsanschlüssen (**1518**) bereitzustellen. Jede Replik des Eingangssignals wird dann an das Mittel (**1506**) geliefert, um die Replik zu modifizieren. Im Allgemeinen enthält das Mittel (**1506**) zum Modifizieren der Replik ein Signalverzögerungsmittel (**1508**), ein Amplitudensteuerungsmittel (**1510**) und ein einstellbares digitales Filtermittel (**1512**). Es soll angemerkt werden, dass das Amplitudensteuerungsmittel (**1510**) rein optional ist. Ferner kann das eine oder das andere von dem Signalverzögerungsmittel (**1508**) und dem einstellbaren digitalen Filtermittels (**1512**) weggelassen werden. Die fundamentalste Funktion des Mittels (**1506**) zum Modifizieren der Replik liegt darin, dass unterschiedliche Repliken in gewisser Weise mit im Allgemeinen unterschiedlichen Werten verzögert werden. Es ist die Wahl der Verzögerung, die das Schallfeld bestimmt, das erreicht wird, wenn die Ausgangstransducer (**104**) die verschiedenen verzögerten Versionen des Eingangssignals (**101**) ausgeben. Die verzögerten und vorzugsweise anderweitig modifizierten Repliksignale werden von dem Distributor (**102**) über Ausgangsanschlüsse (**1516**) ausgegeben.

[0087] Wie bereits erwähnt, beeinflusst die Wahl der jeweiligen Verzögerungen, die durch jedes Signalverzögerungsmittel (**1508**) durchgeführt wird, und/oder jedes einstellbare digitale Filter (**1512**) kritisch den Type des Schallfelds, das erreicht wird. Das erste Beispiel betrifft vier speziell vorteilhafte Schallfelder und lineare Kombinationen davon.

Erstes Schallfeld

[0088] Ein erstes Schallfeld ist in [Fig. 16A](#) gezeigt.

[0089] Die Anordnung (**105**) enthaltend die verschiedenen Ausgangstransducer (**104**) ist in einer Draufsicht gezeigt. Andere Reihen von Ausgangstransducern können über und unter der gezeigten Reihe sein, wie beispielsweise in den [Fig. 4A](#) oder [Fig. 4B](#) gezeigt.

[0090] Die Verzögerungen, die für jede Replik durch die verschiedenen Signalverzögerungsmittel (**508**) angewendet werden, sind auf den gleichen Wert gesetzt, beispielsweise 0 (in dem Fall einer ebenen Anordnung, wie gezeigt) oder auf Werte, die eine Funktion der Form der Oberfläche sind (in dem Fall der gekrümmten Oberflächen). Dies erzeugt einen grob parallelen „Strahl“ einer Schalldarstellung des Eingangssignals (**101**), mit einer Wellenfront F parallel zu der Anordnung (**105**). Die Strahlung in Richtung des Strahls (senkrecht zu der Wellenfront) ist signifikant stärker als in anderen Richtungen, obwohl im Allgemeinen „Nebenheulen“ ebenfalls vorliegen. Die Annahme liegt darin, dass die Anordnung (**105**) eine physikalische Erstreckung hat, die eine oder mehrere Wellenlängen bei den Schallfrequenzen, die von Interesse sind, ist. Diese Tatsache bedeutet, dass die Nebenheulen im Allgemeinen gedämpft oder bewegt werden können, wenn es notwendig ist, durch Einstellung des ACMs oder ADFs.

[0091] Der Betriebsmodus kann allgemein angesehen werden als einer, bei dem die Anordnung (**105**) einen großen traditionellen Lautsprecher nachahmt. Alle individuellen Transducer (**104**) der Anordnung (**105**) werden in Phase betrieben, um einen symmetrischen Strahl mit einer prinzipiellen Richtung senkrecht zu der Ebene der Anordnung zu erzeugen. Das Schallfeld, das gewonnen wird, ist sehr ähnlich zu dem, das gewonnen werden würde, wenn ein einzelner großer Lautsprecher mit einem Durchmesser D verwendet werden würde.

Zweites Schallfeld

[0092] Das erste Schallfeld kann als spezifisches Beispiel des allgemeineren zweiten Schallfelds angesehen werden.

[0093] Die Verzögerung, die für jede Replik durch das Signalverzögerungsmittel (**1508**) angewendet wird oder durch das einstellbare digitale Filter (**1512**) erfolgt, wird gebildet, um derart zu variieren, dass die Verzögerung systematisch zwischen den Transducer (**104**) in einer gewählten Richtung über der Oberfläche der Anordnung zunimmt. Dies ist in **Fig. 15B** verdeutlicht. Die Verzögerungen, die auf verschiedene Signale angewendet werden, bevor sie an ihre entsprechenden Ausgangstransducern (**104**) weitergeleitet werden können visualisiert werden in **Fig. 15B**, durch die gepunkteten Linien, die sich hinter den Transducer erstrecken. Eine längere gepunktete Linie stellt eine längere Verzögerungszeit dar. Im Allgemeinen ist die Beziehung zwischen den gepunkteten Linien und der tatsächlichen Verzögerungszeit gleich $d_n = t_n \cdot c$, wobei d die Länge der gepunkteten Linie darstellt, t die Größe der Verzögerung darstellt, die auch für das jeweilige Signal angewendet wird, und c die Schallgeschwindigkeit in Luft darstellt.

[0094] Wie man aus der **Fig. 15B** erkennen kann, nehmen die Verzögerungen, die auf die Ausgangstransducer angewendet werden, linear zu von links nach rechts in **Fig. 15B**. Folglich hat das Signal, das an den Transducer (**104a**) weitergeleitet wird, keine Verzögerung, und folglich ist es das erste Signal, das in der Anordnung existiert. Das Signal, das an den Transducer (**104b**) weitergeleitet wird, hat eine kleine Verzögerung, die angewendet wird, so dass dieses Signal das zweite existierende in der Anordnung ist. Die Verzögerungen, die angewendet werden auf die Transducer (**104c**, **104d**, **104e**, etc.) nehmen nacheinander der Reihe nach zu, so dass es eine feste Verzögerung gibt zwischen den Ausgängen benachbarter Transducer.

[0095] Eine derartige Serie von Verzögerungen erzeugt einen grobparallelen „Strahl“ von Schall, der dem ersten Schallfeld ähnlich ist, ausgenommen, dass jetzt der Strahl um ein Ausmaß gewinkelt ist, das abhängt von der Größe der systematischen Verzögerungszunahme, die verwendet wurde. Für sehr kleine Verzögerungen ($t_n \ll T_c$, n) ist die Strahlrichtung nahezu orthogonal zu der Anordnung (**105**); für große Verzögerungen ($\max t_n - T_c$) kann der Strahl gesteuert werden, um nahezu tangential zu der Oberfläche zu sein.

[0096] Wie bereits beschrieben, können die Schallwellen ohne Fokussierung gerichtet werden durch Auswählen von Verzögerungen derart, dass die gleichen Zeiteile der Schallwellen (diejenigen Teile der Schallwellen, die die gleiche Information darstellen) von jedem Transducer zusammen eine Front F bilden, die in eine bestimmte Richtung wandert.

[0097] Durch Reduzieren der Amplituden der Signale, die präsentiert werden durch einen Distributor zu den SETs, die näher an den Rändern der Anordnung lokalisiert sind (relativ zu den Amplituden, die durch die SETs präsentiert werden, die näher zur Mitte der Anordnung sind), kann der Pegel der Nebenheulen (auf Grund der endlichen Anordnungsgröße) in dem Strahlungsmuster reduziert werden. Beispielsweise kann eine Gaußsche-Kurve oder angehobene Cosinuskurve verwendet werden, um die Amplituden der Signale von jedem SET zu bestimmen. Ein Kompromiss wird erreicht zwischen dem Einstellen für die Wirkungen der endlichen Anordnungsgröße und der Reduzierung der Leistung auf Grund der reduzierten Amplitude in den äußeren SETs.

Drittes Schallfeld

[0098] Wenn die Signalverzögerung, die durch das Signalverzögerungsmittel (**1508**) angewendet wird, und/oder das adaptive digitale Filter (**1512**) derart gewählt werden, dass die Summe der Verzögerung plus der Schalllaufzeit von diesem SET (**104**) zu einem gewählten Punkt im Raum vor dem DPAA für alle

SETs der gleiche Wert ist – also derart dass die Schallwellen von jedem der Ausgangstransducer an dem gewählten Punkt als In-Phase Schall ankommen – dann kann das DPAA veranlasst werden den Schall an diesem Punkt P zu fokussieren. Dies ist in [Fig. 16C](#) gezeigt.

[0099] Wie man aus der [Fig. 16C](#) sehen kann, nehmen die Verzögerungen, die auf jeden der Ausgangstransducer (104a–104h) angewendet werden, erneut zu, obwohl nicht linear diesmal. Dies verursacht eine gekrümmte Wellenfront F, die auf den Fokuspunkt derart konvergiert, dass die Schallintensität an und um den Fokuspunkt herum (in einer Region die ungefähr gleich einer Wellenlänge jeder der Spektralkomponenten des Schalls ist) beträchtlich höher ist als an nahen anderen Punkten.

[0100] Die Berechnungen, die notwendig sind, um ein Schallwellenfokussieren zu gewinnen, können wie folgt verallgemeinert werden.

[0101] Brennpunktsp positionsvektor,

$$f = \begin{bmatrix} f_x \\ f_y \\ f_z \end{bmatrix}$$

n-te Transducerposition,

$$p_n = \begin{bmatrix} p_{nx} \\ p_{ny} \\ p_{nz} \end{bmatrix}$$

Übertragungszeit für den n-ten Transducer,

$$t_n = \frac{1}{c} \sqrt{(f - p_n)^T (f - p_n)}$$

erforderliche Verzögerung für jeden Transducer, $d_n = k - t_n$

wobei k ein konstanter Offset ist, um sicher zu stellen, dass alle Verzögerungen positiv und folglich realisierbar sind.

[0102] Die Position des Brennpunkts kann stark variiert werden, nahezu irgendwo vor dem DPAA, indem der Satz von Verzögerungen, wie vorher beschrieben, geeignet gewählt wird.

Viertes Schallfeld

[0103] [Fig. 16D](#) zeigt ein viertes Schallfeld, wobei ein noch anderes Grundprinzip verwendet wird, um die Verzögerungen zu bestimmen, die auf die Signale angewendet werden, die zu jedem Ausgangstransducer weitergeleitet werden. Hier wird das Huygens Wavelet Theorem verwendet, um ein Schallfeld zu simulieren, das einen Ursprung O hat. Dies wird er-

reicht, indem die Signalverzögerung, die durch das Signalverzögerungsmittel (1508) oder das adaptive digitale Filter (1512) erzeugt wird, eingestellt wird, um gleich der Schalllaufzeit von einem Punkt im Raum hinter der Anordnung zu dem jeweiligen Ausgangstransducer einzustellen. Diese Verzögerungen sind durch die gestrichelten Linien in [Fig. 16D](#) verdeutlicht.

[0104] Wie man aus der [Fig. 16D](#) sehen kann, geben diejenigen Ausgangstransducer, die am nächsten zu der simulierten Ursprungsposition sind, ein Signal, vor denjenigen Transducern, die weiter weg von der Ursprungsposition sind, aus. Das Interferenzmuster, das durch die Wellen gebildet wird, die ausgestrahlt werden von jedem der Transducer, erzeugt ein Schallfeld, das für den Zuhörer im Nahfeld vor der Anordnung erscheint als ob es von dem simulierten Ursprung stammt.

[0105] Halbkugelförmige Wellenfronten sind in [Fig. 16D](#) gezeigt. Diese summieren, um die Wellenfront F zu erzeugen, die eine Krümmungs- und Bewegungsrichtung aufweist, die die gleiche ist wie bei einer Wellenfront, die bei dem simulierten Ursprung entspringen würden. Folglich wird ein wahres Schallfeld erhalten. Die Gleichung zum Berechnen der Verzögerungen ist jetzt: $d_n = t_n - j$ wobei t_n wie in dem dritten Schallfeld definiert ist und j ein willkürlicher Offset ist.

[0106] Man sieht folglich, dass das Verfahren gemäß dem ersten Beispiel das Verwenden des Replikators (1504) enthält, um N Repliksignale zu gewinnen, eines für jeden der N Ausgangstransducer. Jede dieser Repliken wird dann (beispielsweise durch Filtern) um jeweilige Verzögerungen verzögert, die ausgewählt werden gemäß der Position des jeweiligen Ausgangstransducers in der Anordnung und gemäß der zu erzielenden Wirkung. Die verzögerten Signale werden dann weitergeleitet an die jeweiligen Ausgangstransducer, um das entsprechende Sound Field (Schallfeld) zu erzeugen.

[0107] Der Distributor (102) enthält vorzugsweise ein separates Replikations- und Verzögerungsmittel, so dass die Signale repliziert werden können, und Verzögerungen können angewendet werden auf jede Replik. Andere Konfigurationen werden jedoch durch die vorliegende Erfindung erfasst, beispielsweise kann ein Eingangspuffer mit N Stufen verwendet werden, wobei die Position der Stufe durch das Ausmaß der Verzögerung bestimmt wird.

[0108] Das beschriebene System ist ein lineares, und so ist es möglich irgendeinen der oben genannten vier Effekte zu kombinieren, indem einfach die erforderlichen verzögerten Signale für einen bestimmten Ausgangstransducer addiert werden. Ähnlich bedeutet die lineare Eigenschaft des Systems, dass

verschiedene Eingänge jeweils separat und getrennt fokussiert oder gerichtet sind in der oben beschriebenen Art und Weise, wodurch die Steuerbarkeit verbessert wird, und potentiell breit getrennte Regionen, wo deutliche Schallfelder (repräsentativ für die Signale an den unterschiedlichen Eingängen) können fern von dem DPAA gebildet werden. Beispielsweise kann ein erstes Signal gebildet werden als ob es in einem gewissen Abstand hinter dem DPAA entspringt, und ein zweites Signal kann auf eine Position fokussiert sein, einen gewissen Abstand vor dem DPAA.

Zweites Beispiel

[0109] Das zweite Beispiel betrifft die Verwendung eines DPAA nicht zum Richten oder Simulieren des Ursprungs von Schall, sondern zum Richten eines „Gegenschalls“, so dass ruhige Stellen in dem Schallfeld erzeugt werden können.

[0110] Ein derartiges Verfahren kann speziell nützlich sein in einem öffentlichen Adressen (PA = public adress)-System, das unter „Heulen“ leiden kann oder unter einer positiven elektroakustischen Rückkopplung, sobald ein Lautsprechersystem angesteuert wird durch verstärkte Signale, die von Mikrofonen kommen, die physikalisch nahe den Lautsprechern angeordnet sind.

[0111] In dieser Situation erreicht ein Ausgangssignal des Lautsprechers (oft in einem ziemlich engen Frequenzband) ein Mikrophon und wird aufgenommen durch das Mikrophon und dann verstärkt und dem Lautsprecher zugeführt, und von welchem es erneut das Mikrophon erreicht ... und dort, wo die empfangene Phase und Frequenz des Signals auf das Ausgangssignal des gegenwärtigen Mikrophonsignals angepasst ist, baut sich das kombinierte Signal schnell auf bis das System gesättigt ist, und sendet einen Laut und ein unangenehmes Pfeifen oder „Heul“ Rauschen aus.

[0112] Gegenrückkopplungs- oder Gegenheulvorrichtungen sind bekannt zum Reduzieren oder Unterdrücken von einer akustischen Rückkopplung. Diese können auf unterschiedliche Art und Weise arbeiten. Beispielsweise können sie den Gewinn reduzieren – das Ausmaß der Verstärkung – bei spezifischen Frequenzen, wo das Heulen auftritt, so dass die Verstärkung dieser Frequenzen weniger als Eins ist. Alternativ können sie die Phase bei derartigen Frequenzen modifizieren, so dass das Lautsprecherausgangssignal dazu tendiert ausgelöscht zu werden, anstatt dem Mikrophonsignal aufaddiert zu werden.

[0113] Eine andere Möglichkeit ist die Integration in den Signalpfad von dem Mikrophon zu dem Lautsprecher der Frequenzverschiebungsvorrichtung (oft wird eine Frequenzverschiebung von lediglich ein paar Herz erzeugt), so dass das Rückkopplungssig-

nal nicht länger auf das Mikrophonsignal angepasst ist.

[0114] Keines dieser Verfahren ist vollständig zufriedenstellend, und das zweite Beispiel schlägt einen neuen Weg vor, entsprechend in einer Situation, bei der das Mikrophon/Lautsprecher-System eine Mehrzahl von individuellen Transducereinheiten verwendet, die angeordnet sind als ein Array und insbesondere dort, wo das Lautsprechersystem eine Vielzahl derartiger Transducereinheiten verwendet, wie offenbart ist beispielsweise in der Beschreibung der internationalen Patentveröffentlichung WO 96/31,086. Spezieller schlägt das zweite Beispiel vor, dass die Phase und/oder die Amplitude des Signals, das zu jeder Transducereinheit geführt wird, derart angeordnet ist, dass der Effekt auf das Array (die Anordnung) derart ist, dass ein signifikant reduzierter „Empfindlichkeits“-Pegel in einer oder in mehreren gewählten Richtungen erzeugt wird (entlang welcher tatsächlich oder wirksam ein Mikrophon liegen kann) oder an einem oder an mehreren gewählten Punkten. In anderen Worten, das zweite Beispiel schlägt eine Form vor, bei der die Lautsprechereinheitenanordnung null Ausgangssignale erzeugt, die gerichtet werden, wo immer ein Mikrophon ist, das den Schall aufnehmen und ein Heulen erzeugen kann, oder wo aus gewissem Grund es unerwünscht ist einen hohen Schallpegel zu haben.

[0115] Schallwellen können ausgelöscht werden (null Signale können also gebildet werden), indem invertierte Versionen des Signals, das auszulöschen ist, an bestimmte Positionen fokussiert oder gerichtet werden. Das auszulöschende Signal kann gewonnen werden durch Berechnung oder Messung. Das Verfahren des zweiten Beispiels verwendet folglich im Allgemeinen die Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#), um ein Richtungsschallfeld zu schaffen, das durch entsprechende Wahl von Verzögerungen geschaffen wird. Die Signale, die von verschiedenen Transducer (**104**) ausgegeben werden, sind invertierte und skalierte Versionen des Schallfeldsignals, so dass sie dazu neigen Signale in dem Schallfeld, das hergeleitet wird von dem nicht invertierten Eingangssignal, auszulöschen. Ein Beispiel dieses Mechanismus ist in [Fig. 17](#) gezeigt. Hier wird ein Eingangssignal (**101**) in eine Steuerung (**1704**) eingegeben. Die Steuerung leitet das Eingangssignal an einen traditionellen Lautsprecher (**1702**), möglicherweise nach dem Anwenden einer Verzögerung auf das Eingangssignal. Der Lautsprecher (**1702**) gibt Schallwellen aus, die abgeleitet werden von dem Eingangssignal, um ein Schallfeld (**1706**) zu erzeugen. Das DPAA (**104**) ist angeordnet, um eine im Wesentlichen stille Stelle innerhalb dieses Schallfelds an einer sogenannten „Null“-Position P zu erzeugen. Dies wird erreicht, indem der Wert des Schalldrucks an dem Punkt P auf Grund des Signals von dem Lautsprecher (**1702**) berechnet wird. Dieses Signal wird dann invertiert und

an dem Punkt P fokussiert (siehe [Fig. 17](#)), indem die Verfahren verwendet werden, die ähnlich sind zu einem Fokussieren von normalen Schallsignalen, das beschrieben wurde gemäß dem ersten Beispiel. Eine fast vollständige Auslöschung kann erreicht werden, indem der exakte Pegel des Schallfeldes an der Position P berechnet oder gemessen wird, und indem das invertierte Signal skaliert wird, so dass eine präzisere Auslöschung erreicht wird.

[0116] Das Signal in dem Schallfeld, das auszulöschen ist, wird fast exakt gleich dem Signal, das an den Lautsprecher (1702) geliefert wird, ausgenommen das es beeinträchtigt wird durch die Impulsantwort des Lautsprechers, wie an dem Nullpunkt gemessen (es wird auch durch die Raumakustik beeinträchtigt, aber dies wird aus Einfachheitsgründen vernachlässigt). Es ist folglich hilfreich ein Modell der Lautsprecherimpulsantwort zu haben, um sicherzustellen, dass das Nullmachen korrekt durchgeführt wird. Wenn eine Korrektur zur Berücksichtigung der Impulsantwort nicht verwendet wird, kann es tatsächlich das Signal verstärken anstelle es auszulöschen (beispielsweise wenn es 180° außer Phase ist). Die Impulsantwort (die Antwort des Lautsprechers auf scharfe Impulse mit unbegrenzter Größe und unbegrenzter kurzer Dauer, aber mit endlichem Bereich) enthält im Allgemeinen eine Serie von Werten, die dargestellt werden durch Abtastungen bei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten nachdem der Impuls angelegt worden ist. Diese Werte können skaliert werden, um die Koeffizienten eines FIR-Filters zu gewinnen, das angewendet werden kann auf das Signal, das in den Lautsprecher (1702) eingegeben wird, um ein Signal zu gewinnen, das korrigiert ist, um die Impulsantwort zu berücksichtigen. Dieses korrigierte Signal kann dann verwendet werden, um das Schallfeld bei dem Nullpunkt zu berechnen, so dass ein entsprechender Gegenschall ausgestrahlt werden kann. Das Schallfeld an dem Nullpunkt wird als „Signal, das auszulöschen ist“ bezeichnet.

[0117] Da das FIR-Filter, wie oben erwähnt, eine Verzögerung in dem Signalfuss verursacht, ist es hilfreich alles andere zu verzögern, um eine entsprechende Synchronisation zu erhalten. In anderen Worten, das Eingangssignal in dem Lautsprecher (1702) wird verzögert, so dass es Zeit gibt für das FIR-Filter das Schallfeld zu berechnen unter Verwendung der Impulsantwort des Lautsprechers (1702).

[0118] Die Impulsantwort kann gemessen werden, indem Testsignale zu dem Signal addiert werden, das an den Lautsprecher (1702) gesendet worden ist und indem diese an dem Eingangstransducer an dem Nullpunkt gemessen werden. Alternativ kann sie berechnet werden unter Verwendung eines Modells des Systems.

[0119] Eine andere Form dieses Beispiels ist in

[Fig. 18](#) gezeigt. Anstelle der Verwendung eines separaten Lautsprechers (1072) zum Erzeugen des Anfangsschallfeldes kann auch der DPAA verwendet werden für diesen Zweck. In diesem Fall wird das Eingangssignal repliziert und weitergeleitet an jeden der Ausgangstransducer. Die Größe des Schallfeldes an dem Punkt P wird ziemlich einfach berechnet, da der Schall an dieser Position alleine von dem DPAA-Ausgangssignal abhängt. Dies wird erreicht, indem zuerst die Übertragungszeit von jedem der Ausgangstransducer zu dem Nullmachpunkt berechnet wird. Die Impulsantwort an dem Nullmachpunkt enthält die Summe jeder Impulsantwort für jeden Ausgangstransducer, verzögert und gefiltert, da das Eingangssignal das Anfangsschallfeld erzeugt, dann weiter verzögert um die Übertragungszeit zu dem Nullmachpunkt und gedämpft auf Grund von $1/r^2$ Distanzeffekten.

[0120] Streng gesprochen sollte diese Impulsantwort mit der Impulsantwort der individuellen Array-Transducer gefaltet (also gefiltert) werden. Das Nullsignal wird jedoch reproduziert durch diejenigen gleichen Transducer, so dass es der gleichen Filterung bei dieser Stufe unterzogen wird. Wenn man anstelle einer modellbasierten Impulsantwort für das Nullmachen eine gemessene (siehe Folgendes) Antwort verwendet, dann ist es normalerweise notwendig die gemessene Antwort mit der Impulsantwort der Ausgangstransducer zu entfalten.

[0121] Das auszulöschende Signal, das gewonnen wird unter Verwendung der oben genannten Betrachtungen, wird invertiert und skaliert, bevor es erneut repliziert wird. Diese Repliken haben dann Verzögerungen, die auf sie angewendet werden, so dass das invertierte Signal an der Position P fokussiert ist. Es ist normalerweise notwendig das ursprüngliche (nicht invertierte) Eingangssignal weiter zu verzögern, so dass das invertierte (null) Signal an dem Nullpunkt zum gleichen Zeitpunkt ankommt, wenn das Schallfeld auf null festgelegt ist. Für jeden Ausgangstransducer werden die Eingangssignalreplik und die jeweilige verzögerte invertierte Eingangssignalreplik miteinander addiert, um ein Ausgangssignal für diesen Transducer zu erzeugen.

[0122] Die Vorrichtung, um diesen Effekt zu erzielen, ist in [Fig. 19](#) gezeigt. Das Eingangssignal (101) wird weitergeleitet an einen ersten Distributor (1906) und einen Prozessor (1910). Von dort wird es weitergeleitet an einen Inverter (1092) und das invertierte Eingangssignal wird weitergeleitet an einen zweiten Distributor (1908). In dem ersten Distributor (1906) verläuft das Eingangssignal ohne Verzögerung, oder mit einer konstanten Verzögerung zu verschiedenen Addierern (1904). Alternativ kann ein Satz von Verzögerungen angewendet werden, um ein gerichtetes Eingangssignal zu gewinnen. Der Prozessor (1910) verarbeitet das Eingangssignal, um ein Signal zu ge-

winnen, das repräsentativ für das Schallfeld ist, das gebildet wird auf Grund des Eingangssignals (unter Berücksichtigung irgendeiner Richtung des Eingangssignals). Wie bereits erwähnt enthält diese Verarbeitung im Allgemeinen das Verwenden der bekannten Impulsantwort verschiedener Transducer, der bekannten Verzögerungszeit, die angewendet wird auf jede Eingangssignalreplik und bekannte Übertragungszeiten von jedem Transducer zu dem Nullpunkt, um das Schallfeld an dem Nullpunkt zu bestimmen. Der zweite Distributor (**1908**) repliziert und verzögert das invertierte Schallfeldsignal und die verzögerten Repliken werden an die verschiedenen Addierer (**1904**) weitergeleitet, um addiert zu werden mit den Ausgangssignalen von dem ersten Distributor. Ein einzelnes Ausgangssignal wird dann weitergeleitet an jeden der Ausgangstransducer (**104**). Wie oben erwähnt kann der erste Distributor (**1906**) bereitgestellt werden für ein gerichtetes oder simuliertes Ursprungsschallfeld. Dies ist nützlich, wenn es erwünscht ist eine Mehrzahl von Schallwellen in eine bestimmte Richtung zu richten, aber es notwendig ist einen Teil des resultierenden Felds zu haben, der sehr ruhig ist.

[0123] Da das System linear ist kann das Invertieren, das in dem Umrichter (**1902**) durchgeführt wird, durchgeführt werden für jede der Repliken, die den zweiten Distributor verlassen. Obwohl es klar ist, ist es vorteilhaft, den Invertierungsschritt durchzuführen vor einem Replizieren, da dann nur ein Umrichter (**1902**) erforderlich ist. Der Inversionsschritt kann auch in das Filter integriert werden. Darüber hinaus, wenn der Distributor (**1906**) ADFs integriert, können beide, das Anfangsschallfeld und der Nullstrahl erzeugt werden, indem die Filterkoeffizienten, die das Anfangsschallfeld und den Nullstrahl betreffen, summiert werden.

[0124] Ein Nullpunkt kann innerhalb der Schallfelder gebildet werden, die nicht erzeugt worden sind durch die bekannte Vorrichtung, wenn ein Eingangstransducer (beispielsweise ein Mikrophone) verwendet wird, um den Schall an der interessierenden Position zu messen. [Fig. 20](#) zeigt die Implementierung eines derartigen Systems. Ein Mikrophon (**2004**) ist mit einer Steuerung (**2002**) verbunden und angeordnet, um den Schallpegel an einer speziellen Position im Raum zu messen. Die Steuerung (**2002**) invertiert das gemessene Signal und erzeugt verzögerte Repliken dieses invertierten Signals, um das invertierte Signal auf den Mikrophonort zu fokussieren. Dies erzeugt eine negative Rückkopplungsschleife bezüglich des Schallfelds an dem Mikrophonort, was Ruhe an der Mikrophonposition sicherstellt. Natürlich gibt es eine Verzögerung zwischen dem tatsächlichen Schall (beispielsweise auf Grund eines verrauschten Raums), der durch das Mikrophon (**2004**) detektiert wird, und den Schallwellen die das invertierte detektierte Signal darstellen, das an dem Mikrophonort an-

kommt. Für tiefe Frequenzen ist jedoch diese Verzögerung tolerierbar. Um diesen Effekt zu berücksichtigen, kann die Signalausgabe durch die Ausgangstransducer (**104**) des DPAA gefiltert werden, um nur tiefe Frequenzkomponenten zu enthalten.

[0125] Das Vorgegangene beschreibt das Konzept des „Nullmachens“ unter Verwendung eines invertierten (und möglicherweise skalierten) Schallfeldsignals, das an einem Punkt fokussiert wird. Ein allgemeineres Nullmachen kann jedoch ein Richten eines parallelen Strahls unter Verwendung eines Verfahrens enthalten, das beschrieben ist unter Bezugnahme auf das erste und zweite Schallfeld des ersten Beispiels.

[0126] Die Vorteile der Anordnung oder der Erfindung können vielfältig sein. Ein derartige Vorteil liegt darin, dass Schallenergie selektiv NICHT gerichtet sein kann, und so „ruhige Stellen“ erzeugt werden können, während die Energie, die in die restliche umliegende Region gerichtet wird, größtenteils ungeändert bleibt (obwohl, wie bereits erwähnt, sie zusätzlich geformt werden kann, um einen positiven Strahl oder Strahlen zu bilden). Dies ist speziell hilfreich in dem Fall, bei dem die Signale, die dem Lautsprecher zugeführt werden, vollständig oder teilweise von Mikrofonen in der Umgebung der Lautsprecheranordnung abgeleitet werden: Wenn ein Gegenstrahl von der Lautsprecheranordnung in Richtung eines derartigen Mikrophons gerichtet wird, dann wird die Rückkopplungsschleifenverstärkung des Systems in dieser Richtung oder an diesem Punkt alleine reduziert, und die Wahrscheinlichkeit für eine Heulrunde kann reduziert werden; also eine Null oder Teilnull ist an oder nahe dem Mikrophon lokalisiert. Wenn es mehrere Mikrophone gibt, wie auf Bühnen, oder Konferenzen üblich, können mehrere Gegenstrahlen an jedem Mikrophon derart gebildet und gerichtet werden.

[0127] Ein dritter Vorteil wird auch darin gesehen, dass wenn dort, wo ein oder mehrere Regionen des Hörbereichs nachteilig beeinträchtigt werden durch Reflexionen an Wänden oder an anderen Grenzen, Gegenstrahlen gerichtet werden können auf diejenigen Grenzen, um die nachteiligen Effekte von davon kommenden Reflexionen zu reduzieren, wodurch die Qualität des Schalls in dem Hörbereich verbessert wird.

[0128] Ein Problem tritt auf bei einem Lautsprechersystem gemäß der Erfindung, bei dem die Wellenlänge des Schalls, die verwendet wird, eine extreme ist verglichen mit den physikalischen Abmessungen der Anordnung. Folglich, wenn das Anordnungsmaß in einer oder in beiden Dimensionen der 2D-Dimensionen der Transduceranordnung derart ist, dass dieses Ausmaß kleiner als eine oder ein paar Wellenlängen des Strahls unter einer gegebenen Frequenz (F_c) innerhalb des nützlichen Bereichs der Verwen-

dung des Systems ist, dann wird dessen Fähigkeit zum Produzieren einer signifikanten Direktionalität in einer oder in beiden dieser Dimensionen mehr oder weniger stark reduziert. Darüber hinaus, wenn die Wellenlänge sehr groß ist verglichen mit einer oder mit beiden dazugehörigen Dimensionen, wird die Direktionalität im Wesentlichen null. Folglich ist die Anordnung in jedem Fall nicht wirkungsvoll für Richtungszwecke unterhalb der Frequenz F_c . Schlimmer ist jedoch, dass ein ungewollter Nebeneffekt der Transduceranordnung verwendet wird, um Gegenstrahlen zu erzeugen, bei Frequenzen sehr viel mehr unterhalb von F_c , wobei die Ausgangsenergie in allen Richtungen unbeabsichtigt stark reduziert werden kann, da die Transduceranordnung, betrachtet als Radiator, jetzt mehrere positiv und negativ gefasste Elemente um sehr viel weniger als eine Wellenlänge räumlich beabstandet hat, wodurch störende Interferenz erzeugt wird, dessen Effekt darin liegt die Strahlung in vielen, wenn nicht in allen Richtungen in dem Nahfeld auszuschalten – was nicht das ist, was bei der Erzeugung der Gegenstrahlen gewünscht ist. Es soll angemerkt werden, dass normale Tieffrequenzsignale gesteuert werden können ohne viel Auswirkung auf die Ausgangsleistung. Dies erfolgt nur, wenn das Nullmachen sich abzeichnet für das oben genannte Leistungsproblem.

[0129] Um mit diesem speziellen Fall umzugehen, wird dann das Ansteuersignal für die Transduceranordnung in Frequenzen unterhalb der Frequenz F_s (BandLow) und Frequenzen oberhalb von F_s (BandHigh) gesplittet, wobei F_s irgendwo in der Region von F_c ist (also dort wo die Anordnung damit beginnt destruktiv im Nahfeld zu interferieren aufgrund ihrer geringen Größe verglichen mit der Wellenlänge der Signale der Frequenz unterhalb F_s). Dann werden die BandHigh-Signale an die Transducerarrayelemente geliefert in der standardmäßigen Art und Weise über Verzögerungselemente, während die BandLow-Signale separat um die Verzögerungselemente herum gerichtet werden und direkt an alle Ausgangstransducer in der Anordnung geliefert werden (summiert mit dem Ausgangssignal ihres jeweiligen BandHigh-Signals an jedem Transducer). In dieser Art und Weise werden die tieferen Frequenzen unterhalb F_s in Phase über die gesamte Anordnung hinweg an die Elemente geliefert und interferieren nicht destruktiv im Nahfeld, während die höheren Frequenzen über F_s abgestrahlt werden und durch eine oder mehrere Gruppen von SDMs gegengestrahlt werden, um im Nahfeld eine nützliche Strahlung und Gegenstrahlung zu erzeugen, wobei die Tieffrequenzausgabe jetzt intakt bleibt. Ausführungsbeispiele der Erfindung, die derartiges Frequenzteilen verwenden, werden jetzt beschrieben.

[0130] Die Vorrichtung gemäß [Fig. 20](#) und gemäß der [Fig. 18](#) können derart kombiniert werden, dass das Eingangssignal, das an dem Mikrofon (2004) de-

tektiert wird, im Allgemeinen durch die Transducer (104) des DPAA ausgegeben wird, aber mit einer Auslöschung dieses Ausgangssignals an dem Ort des Mikrofons selbst. Wie diskutiert ist normalerweise eine Wahrscheinlichkeit für eine Heulrunde (eine positive elektroakustische Rückkopplung) dort, wo der Systemgewinn über einem bestimmten Pegel gesetzt ist. Oft ist dieser Begrenzungspegel ausreichend tief, dass die Benutzer des Mikrofons sehr nahe sein müssen für eine entsprechende Empfindlichkeit, was problematisch sein kann. Mit dem DPAA zum Erzeugen von Nullen oder Gegenstrahlen in der Richtung des Mikrofons, kann jedoch dieser unerwünschte Effekt stark reduziert werden, und der Systemgewinn erhöht werden auf höhere Pegel, wodurch eine bessere nützliche Empfindlichkeit gegeben wird.

Gegenwärtige Erfindung

[0131] Die vorliegende Erfindung betrifft das Verwenden eines DPAA Systems, um einen Surround Sound oder Stereo Effekt zu erzeugen, indem nur eine einzelne schallemittierende Vorrichtung verwendet wird, ähnlich wie die Vorrichtung, die bereits unter Bezugnahme auf die Beispiele 1 und 2 beschrieben wurde. Speziell betrifft die vorliegende Erfindung das Richten unterschiedlicher Kanäle von Schall in unterschiedliche Richtungen, so dass die Schallwellen auf eine reflektierende oder resonierende Fläche auftreffen und dadurch zurückgesendet werden.

[0132] Die Erfindung richtet sich an das Problem, dass dort, wo das DPAA im Freien betrieben wird (oder an irgend einem anderen Ort, der im Wesentlichen echofreie Bedingungen aufweist), ein Zuhörer nahe an diejenigen Regionen sich ran bewegen muss, in denen der Schall fokussiert ist, um die separaten Schallfelder leicht wahrzunehmen. Es ist andererseits schwierig für den Zuhörer die separaten Schallfelder, die erzeugt worden sind, zu lokalisieren.

[0133] Wenn eine akustisch reflektierende Fläche oder alternativ ein akustisch resonierender Körper, die einfallende Schallenergie neu ausstrahlen, in einer derartigen Fokusregion platziert wird, strahlt sie den fokussierten Schall erneut aus, und wird so effektiv zu einer neuen Schallquelle, entfernt von dem DPAA und an der Fokusregion lokalisiert. Wenn ein Ebenenreflektor verwendet wird, dann wird der reflektierte Schall überwiegend in eine spezifische Richtung gerichtet; wenn ein unscharfer Reflektor vorhanden ist, dann wird der Schall mehr oder weniger in alle Richtungen von der Fokusregion weg auf der gleichen Seite des Reflektors neu ausgestrahlt, wie der fokussierte Schall auf das DPAA einfällt. Wenn eine Anzahl von unterschiedlichen Schallsignalen, die repräsentativ sind für getrennte Eingangssignale, auf getrennte Fokusregionen durch das DPAA fokussiert werden in der oben beschriebenen

Weise, und wenn innerhalb jeder Fokusregion ein derartiger Reflektor oder Resonator platziert ist, um den Schall von jeder Fokusregion neu auszurichten, dann kann ein echtes mehrfaches separiertes Schallquellenradiatorsystem konstruiert werden unter Verwenden eines einzelnen DPAA gemäß dem hier beschriebenen Design. Es ist nicht wesentlich den Schall zu fokussieren, stattdessen kann der Schall in der Art und Weise gerichtet werden, wie in dem zweiten Schallfeld des ersten Beispiels beschrieben.

[0134] Wenn das DPAA in der vorher beschriebenen Art und Weise mit mehreren separaten fokussierten Strahlen betrieben wird – also mit Schallsignalen, die repräsentativ sind für eindeutige Eingangssignale, die auf deutliche und separate Regionen fokussiert sind – bei nicht echofreien Bedingungen (beispielsweise in einer normalen Raumumgebung), wobei es mehrere harte und/oder überwiegend schallreflektierende Grenzflächen gibt, und insbesondere dort, wo diejenigen fokussierten Regionen an eine oder mehrere der reflektierenden Grenzflächen gerichtet sind, dann können unter Verwendung von nur der normalen Richtungsschallwahrnehmung eines Zuhörers leicht die separaten Schallfelder wahrgenommen werden, und gleichzeitig jedes dieser im Raum an ihrer jeweiligen separaten Fokusregion wahrnehmen, aufgrund des reflektierten Schalls (von den Grenzen), der den Zuhörer von diesen Regionen aus erreicht.

[0135] Es ist wichtig zu betonen, dass in einem derartigen Fall der Zuhörer die realen getrennten Schallfelder wahrnimmt, die in keiner Weise auf dem DPAA beruhen, das artefaktähnliche psychoakustische Elemente in die Schallsignale einbringt. Folglich ist die Position des Zuhörers relativ unwichtig für den wahren Schallort, solange er ausreichend weit weg von der Nahfeldstrahlung des DPAA ist. In dieser Weise kann ein Mehrkanal „Surround-Sound“ erreicht werden mit nur einem physikalischen Lautsprecher (der DPAA), wobei die natürlichen Begrenzungen, die in den meisten realen Umgebungen gefunden werden, Verwendung finden.

[0136] Dort, wo ähnliche Effekte in einer Umgebung zu erzeugen sind, der es an entsprechenden natürlichen reflektierenden Grenzen mangelt, können ähnliche separate Multiquellenschallfelder durch geeignetes Platzieren von künstlichen reflektierenden oder resonierenden Oberflächen erzeugt werden, wo es erwünscht ist, dass der Eindruck entsteht, dass die Schallquelle dort entspringt, und durch anschließendes Richten von Strahlen auf diese Flächen. In einer großen Konzerthalle oder einer Außenumgebung können optisch transparente Kunststoff- oder Glasflächen platziert und als Schallreflektoren mit geringem optischem Einfluss verwendet werden. Wenn eine breite Streuung des Schalls von denjenigen Regionen erwünscht ist, kann stattdessen ein Schall-

streureflector oder Breitbandresonator verwendet werden (dies ist bezüglich einer optischen Transparenz schwieriger aber nicht unmöglich).

[0137] [Fig. 21](#) zeigt die Verwendung eines einzelnen DPAA und mehrere reflektierende oder rasonierende Flächen (**2102**), um mehrere Quellen für den Zuhörer zu schaffen (**2103**). Da man sich nicht auf psychoakustische Zeichen verlässt, ist der Surround-Sound Effekt in dem Zuhörerbereich durchweg hörbar.

[0138] In dem Fall, bei dem ein Fokussieren anstelle eines Richtens verwendet wird, kann ein sphärischer Reflektor mit einem Durchmesser ungefähr gleich der Größe des Fokuspunkts verwendet werden, um eine diffuse Reflexion unter einem großen Winkel zu erreichen. Um den Diffusionsreflexionseffekt weiter zu verbessern sollten die Flächen eine Rauheit von der Größe der Wellenlänge der Schallfrequenz haben, für die eine Unschärfe erwünscht ist.

[0139] Die Erfindung kann in Verbindung mit dem zweiten Beispiel verwendet werden, damit gegen Strahlen anderer Kanäle in Richtung Reflektor, der zu einem gegebenen Kanal gehört, gerichtet werden. Wenn man das Beispiel von Stereo (Zweikanalsystem) verwendet, kann der Kanal 1 auf einen Reflektor 1 fokussiert sein und der Kanal 2 kann auf einen Reflektor 2 fokussiert sein, und ein entsprechendes Nullmachen ist vorhanden, um den Kanal 1 am Reflektor 2 und den Kanal 2 am Reflektor 1 zu eliminieren. Dies würde sicherstellen, dass nur die korrekten Kanäle eine signifikante Energie an der jeweiligen reflektierenden Fläche haben.

[0140] Der große Vorteil der vorliegenden Erfindung liegt darin, dass das obige erzielt werden kann mit einer einzelnen DPAA-Vorrichtung, wobei die Ausgangssignale für jeden Transducer gebildet werden aus Summierungen von verzögerten Repliken der (möglicherweise korrekten und invertierten) Eingangssignalen. Folglich ist eine Verdrahtung und eine Vorrichtung, die traditionell zu Surround-Soundsystemen gehört, nicht mehr notwendig.

Drittes Beispiel

[0141] Das dritte Beispiel bezieht sich auf die Verwendung von Mikrofonen (Eingangstransducer) und Testsignalen, um die Position eines Mikrophons in der Umgebung einer Anordnung von Ausgangstransducern oder die Position eines Lautsprechers in der Umgebung einer Anordnung von Mikrofonen zu lokalisieren.

[0142] Gemäß diesem Beispiel wird ein oder werden mehrere Mikrophone bereitgestellt, die in der Lage sind die akustische Emission von dem DPAA zu erfassen, und die verbunden sind mit der

DPAA-Steuerungselektronik entweder durch drahtgebundene oder drahtlose Mittel. Der DPAA enthält ein Subsystem, das angeordnet ist, um in der Lage zu sein den Ort des Mikrophons oder Mikrophone relativ zu einem oder mehreren DPAA SETS zu berechnen, indem die Laufzeiten der Signale von drei oder mehreren (und im Allgemeinen von allen) SETS zu dem Mikrophon gemessen und trianguliert werden, wodurch die Möglichkeit gegeben wird Mikrophonbewegungen zu verfolgen während der Verwendung des DPAA, ohne mit der Wahrnehmung des Zuhörers bezüglich des Programmmaterialschalls zu interferieren. Dort, wo die DPAA SET Anordnung Open-Backed also sie strahlt von beiden Seiten des Transducers in einer dipolähnlichen Art und Weise – kann die potentielle Doppeldeutigkeit einer Mikrophonposition vor oder hinter dem DPAA gelöst werden durch Prüfen der Phase der empfangenen Signale (insbesondere bei den tieferen Frequenzen).

[0143] Die Schallgeschwindigkeit, die sich mit der Lufttemperatur während der Verwendung ändert, beeinträchtigt die Akustik des Orts und die Performance des Lautsprechersystems kann in dem gleichen Prozess bestimmt werden, indem ein zusätzlicher Triangulationspunkt verwendet wird. Das Mikrophonorten kann entweder folgen, indem ein spezifisches Testmuster verwendet wird (beispielsweise eine pseudozufällige Rauschsequenz oder eine Sequenz kurzer Impulse an jedem der SETS, wobei die Pulslänge t_p so kurz oder kürzer ist als die Raumauflösung r_s die erforderlich ist, derart, dass $t_p \leq r_s/c_s$ ist) oder durch Verwenden von Low-Level-Testsignalen (die designed werden können, um nicht hörbar zu sein) mit dem Programmmaterial, das durch das DPAA ausgestrahlt wird, und dann Detektieren dieser durch Kreuzkorrelation.

[0144] Ein Steuerungssystem kann dem DPAA hinzugefügt werden, das das Schallfeld (in gewünschter Weise) an mindestens einem oder an mehreren spezifischen Orten optimiert, indem die Verzögerungen geändert werden, die angewendet werden durch die SDMs und/oder die Filterkoeffizienten der ADFs. Wenn die vorher beschriebenen Mikrophone verfügbar sind, dann kann diese Optimierung entweder zur Setupzeit erfolgen – beispielsweise während der Prä-performance Verwendung des DPAA) – oder während der tatsächlichen Verwendung. In dem letztgenannten Fall kann ein oder können mehrere der Mikrophone eingebettet sein in ein Handset, das anderweitig verwendet wird, um das DPAA zu steuern, und in diesem Fall kann das Steuerungssystem designed sein, um aktiv das Mikrophon in Echtzeit zu verfolgen und so kontinuierlich den Schall an der Position des Handsets zu optimieren, und folglich an einer angenommenen Position von mindestens einem der Zuhörer. Indem in das Steuerungssystem ein Modell eingebaut wird (meistens ein Softwaremodell) des DPAA und dessen akustischen Charakteristiken, plus

optional ein Modell der Umgebung, in der es augenblicklich vorhanden ist (also dort, wo es verwendet wird, beispielsweise in einem Zuhörerraum), kann das Steuerungssystem dieses Modell verwenden, um automatisch die erforderlichen Einstellungen für die DPAA Parameter zu schätzen, um den Schall an jeder benutzerspezifischen Position zu optimieren, um problematische Nebenkeulen zu reduzieren.

[0145] Das Steuerungssystem, das gerade beschrieben wurde, kann zusätzlich ausgelegt sein, um den Schallpegel an einem oder an mehreren spezifischen Orten – beispielsweise Positionen, wo Liveperformance Mikrophone sind, die mit dem DPAA verbunden sind, oder Positionen, die bekannt sind für unerwünschte reflektierende Flächen – um minimiert zu werden, indem „tote Zonen“ erzeugt werden. In dieser Weise kann eine ungewollte Mikrophon/DPAARückkopplung verhindert werden, ebenso wie ungewollte Raumechos. Diese Möglichkeit ist diskutiert worden in dem Abschnitt, der den zweiten Aspekt der Erfindung betrifft.

[0146] Durch die Verwendung von verborgenen Testsignalen – also zusätzliche Signale, die in den DPAA Elektroniken erzeugt werden, die designed sind, um für den Zuhörer nicht hörbar zu sein, und verkörpert durch Low Level Pseudozufallsrauschsequenzen, die auf Programmsignale überlagert werden – kann ein oder können mehrere der Live Performance Mikrophone räumlich verfolgt werden (durch geeignete Verarbeitung des Musters der Verzögerungen zwischen den Mikrophenen und den DPAA Transducern). Diese Mikrophonrauminformation kann wiederum verwendet werden für Zwecke wie Positionieren der „toten Zonen“, wenn die Mikrophone bewegt werden (beachte, dass die verborgenen Testsignale notwendigerweise eine nicht Nullamplitude an den Mikrophonpositionen haben).

[0147] [Fig. 22](#) zeigt eine mögliche Konfiguration zur Verwendung eines Mikrophons für spezifische Orte in dem Hörbereich. Das Mikrophon (**2201**) ist mit einem analogen oder digitalen Eingang (**2204**) des DPAA (**105**) über einen Funktransmitter (**2202**) und einen Empfänger (**2003**) verbunden. Eine drahtgebundene oder andere drahtfreie Verbindung kann stattdessen verwendet werden, wenn dies geeigneter ist. Die meisten der SETS (**104**) werden verwendet für einen normalen Betrieb oder sind leise. Eine kleine Anzahl von SETS (**2205**) sendet Testsignale aus, entweder zusätzlich oder anstelle des herkömmlichen Programmsignals. Die Pfadlängen (**2206**) zwischen den Test SETS und dem Mikrophon werden abgeleitet durch einen Vergleich der Testsignale mit dem Mikrophonsignal, und verwendet zum Herleiten des Orts des Mikrophons durch Triangulation. Wenn das Signal-Zu-Rausch Verhältnis der empfangenen Testsignale schlecht ist, kann die Antwort über einige Sekunden hinweg integriert werden.

[0148] Im Freien hat Wind einen signifikanten Einfluss auf die Performance der Lautsprechersysteme. Die Ausbreitungsrichtung von Schall wird durch Wind beeinträchtigt. Insbesondere kann Wind, der unter einem rechten Winkel zu der gewünschten Ausbreitungsrichtung des Schalls über das Publikum bläst, dazu führen, dass viel von der Schallenergie aus dem Ort herausgeliefert wird, und der Ort unzureichend abgedeckt wird. [Fig. 23](#) zeigt dieses Problem. Der Bereich **2302**, der durch die gestrichelte Linie umgeben ist, gibt das Schallfeldmuster des DPAA (**105**) ohne Wind an. Wind W bläst von rechts, so dass das Schallfeld **2304** gewonnen wird, das eine verzerrte Version des Felds **2302** ist.

[0149] Mit einem DPAA System wird die Laufzeit der Mikrofonortfindesignale beeinträchtigt in der gleichen Weise wie bei Seitenwind. Wenn ein Mikrofon M in der Mitte des Empfängerbereichs positioniert ist, aber ein Seitenwind von Westen her bläst, erscheint es für das Ortfindungssystem derart, dass das Mikrofon westlich in dem Empfängerbereich ist. Wenn man das Beispiel gemäß [Fig. 23](#) nimmt, veranlasst der Wind W die Testsignale dazu einen gekrümmten Pfad von dem DPAA zu dem Mikrofon zu nehmen. Dies veranlasst das System fehlerhaft das Mikrofon an der Position WP zu lokalisieren, westlich von der wahren Position M. Um dies zu berücksichtigen wird das Strahlungsmuster der Anordnung eingestellt, um den Abdeckungsbereich der offensichtlichen Mikrofonposition P zu optimieren, um Wind zu kompensieren und eine optimale Abdeckung in dem tatsächlichen Empfängerbereich zu liefern. Das DPAA Steuerungssystem kann diese Einstellungen automatisch während der Ausführung vornehmen. Um eine Stabilität des Steuerungssystems sicherzustellen müssen nur kleine Änderungen erfolgen. Die Robustheit des Systems kann verbessert werden, indem mehrere Mikrophone an bekannten Orten in dem Empfängerbereich verwendet werden. Selbst wenn sich der Wind ändert kann das Schallfeld im Wesentlichen konstant in der gewünschten Weise gerichtet werden. Dort, wo es gewünscht ist eine offensichtliche Quelle von Schall fern von dem DPAA zu positionieren, wie vorher beschrieben unter Bezugnahme auf die gegenwärtige Erfindung (durch Fokussieren eines Strahls von Schallenergie auf eine geeignete reflektierende Fläche), erlaubt die Verwendung von Mikrophenen, wie vorher beschrieben, eine einfache Art und Weise, um diese Situation zu handhaben. Eines der Mikrophone wird vorübergehend nahe der Fläche positioniert, die zu der Fernschallquelle werden soll, und die Position des Mikrophons wird genau bestimmt durch das bereits beschriebene DPAA Subsystem. Das Steuerungssystem berechnet dann die optimalen Anordnungsparameter, um einen fokussierten oder gerichteten Strahl (verbunden mit einem oder mit mehreren der benutzerausgewählten Eingänge) an die Position des Mikrophons zu fokussieren. Anschließend kann das Mikrofon entfernt wer-

den. Die separate Fernschallquelle entspringt dann von der Fläche an der gewählten Position.

[0150] Es ist vorteilhaft eine gewisse Redundanz in dem System zu haben, um genauere Ergebnisse zu haben. Beispielsweise kann die Zeit, die das Testsignal benötigt, um von jedem Ausgangstransducer zu dem Eingangstransducer zu wandern, im Allgemeinen berechnet werden für alle Ausgangstransducer in der Anordnung, wodurch viel mehr Gleichungen gegeben werden, als zu lösende Variablen vorhanden sind (drei Raumvariablen und die Schallgeschwindigkeit). Die Werte für die Variablen, die den kleinsten Gesamtfehler ergeben, können gewonnen werden durch entsprechendes Lösen der Gleichungen.

[0151] Die Testsignale können Pseudozufallsrauschsignale oder nicht hörbare Signale sein, die den verzögerten Eingangssignalrepliken, die von den DPAA SETS ausgegeben werden, oder über Transducer, die keine Eingangssignalkomponenten ausgeben, hinzuaddiert werden.

[0152] Das System gemäß dem dritten Beispiel ist auch anwendbar auf eine DPAA Vorrichtung, die gebildet ist aus einer Anordnung von Eingangstransducern mit einem Ausgangstransducer in der Umgebung dieser Anordnung. Der Ausgangstransducer kann nur ein einzelnes Testsignal ausgeben, das von jedem der Eingangstransducer in der Anordnung empfangen wird. Die Zeit zwischen der Ausgabe des Testsignals und dessen Empfang kann dann verwendet werden, um die Position des Ausgangstransducers zu triangulieren und/oder die Schallgeschwindigkeit zu berechnen.

[0153] Mit diesem System kann ein „Eingangsnul-len“ erzeugt werden. Dieses sind Bereiche, für die die Eingangstransduceranordnung eine reduzierte Empfindlichkeit hat. Die [Fig. 24](#) bis 26 verdeutlichen, wie derartige EingangsnulLEN gebildet werden. Zuerst wird die Position O, an der eine EingangsnulL lokalisiert sein sollte, ausgewählt. An dieser Position sollte es möglich sein Rauschen zu bilden, das nicht durch die Anordnung der Eingangstransducer (**2404**) als Ganzes aufgenommen wird. Das Verfahren des Erzeugens dieser EingangsnulL wird unter Bezugnahme auf eine Anordnung mit nur drei Eingangstransducern (**2404a**, **2404b** und **2404c**) beschrieben, obwohl in der Praxis viel mehr verwendet werden können.

[0154] Zuerst wird die Situation betrachtet, bei der Schall von einer Punktquelle ausgesendet wird, die an der Position O ist. Wenn ein Impuls von Schall zum Zeitpunkt Null ausgesendet wird, erreicht er zuerst den Transducer (**2404c**), dann den Transducer (**2404b**) und dann den Transducer (**2404a**) auf Grund unterschiedlicher Pfadlängen. Für eine leichtere Er-

klärung wird angenommen, dass der Impuls den Transducer (2404c) nach einer Sekunde erreicht, den Transducer (2404b) nach 1,5 Sekunden und den Transducer (2404a) nach 2 Sekunden (dies sind unrealistisch große Figuren, die lediglich gewählt sind, um die Erklärung zu vereinfachen). Dies ist in [Fig. 5A](#) gezeigt. Diese empfangenen Eingangssignale werden dann verzögert um variierende Ausmaße, so dass die Eingangsempfindlichkeit der Anordnung tatsächlich auf die Position O fokussiert ist. In dem gegenwärtigen Fall bringt dies eine Verzögerung des Eingangssignals mit, das am Transducer (2404b) empfangen wird, um 0,5 Sekunden, und des Eingangssignals, das am Transducer (2404c) empfangen wird, um 1 Sekunde. Wie man aus der [Fig. 25B](#) sehen kann, hat dies ein Modifizieren aller Eingangssignale (durch Anlegen von Verzögerungen) zur Folge, um zeitlich ausgerichtet zu werden. Diese drei Eingangssignale werden dann summiert, um ein Ausgangssignal zu erhalten, wie in [Fig. 25C](#) gezeigt. Die Größe dieses Ausgangssignals wird dann reduziert, indem das Ausgangssignal durch ungefähr die Anzahl der Eingangstransducer in der Anordnung geteilt wird. In dem vorliegenden Fall ist dies ein Teilen des Ausgangssignals durch drei, um das Signal gemäß [Fig. 25D](#) zu gewinnen. Die Verzögerungen, die auf verschiedene Eingangssignale angewendet werden, um das in [Fig. 25B](#) gezeigte Signal zu erhalten, werden dann entfernt von den Repliken des Ausgangssignals. Folglich wird das Ausgangssignal repliziert und weitergeleitet durch Ändern der Größen, die die gleichen sind wie die Größen der Verzögerung, die auf jedes Eingangssignal angewendet wurde. Das Ausgangssignal in [Fig. 25D](#) wird nicht weitergereicht, um ein erstes Nullmachsignal Na zu erzeugen. Eine andere Replik des Ausgangssignals wird um 0,5 Sekunden vorgeschoben, um das Nullmachsignal Nb zu erzeugen und die dritte Replik des Ausgangssignals wird um 1 Sekunde vorgeschoben, um das Nullmachsignal Nc zu erzeugen. Die Nullmachsignale sind in [Fig. 25E](#) gezeigt.

[0155] Als abschließender Schritt werden diese Nullmachsignale subtrahiert von den jeweiligen Eingangssignalen, um eine Serie von modifizierten Eingangssignalen zu schaffen. Wie man erwarten könnte für den Fall, dass Schall an dem Punkt O entspringt, sind die Nullmachsignale in dem vorliegenden Beispiel exakt die gleichen wie die Eingangssignale, und so werden drei modifizierte Signale mit einer im Wesentlichen Nullgröße erzeugt. Man kann folglich sehen, dass das Eingangsnullmachverfahren gemäß dem dritten Beispiel dazu dient, dass der DPAA die Signale ignoriert, die von der Position O ausgesendet werden, wo eine Eingangsnull lokalisiert ist.

[0156] Signale, die von Positionen in dem Schallfeld ausgesendet werden, die andere sind als O, werden nicht auf null reduziert, was gezeigt wird, indem be-

trachtet wird, wie das Verfahren die Signale verarbeitet, die an dem Eingangstransducern gewonnen werden, auf Grund einer Schallquelle, die an der Position X in [Fig. 24](#) lokalisiert ist. Schall, der ausgesendet wird von der Position X, kommt zuerst am Transducer (2404a) an, dann am Transducer (2404b) und letztendlich am Transducer (2404c). Dies ist idealisiert durch die Schallimpulse, wie in der [Fig. 26A](#) gezeigt. Gemäß dem Eingangsnullmachverfahren werden diese empfangenen Signale um ein Ausmaß verzögert, so dass die Empfindlichkeit auf die Position O fokussiert wird. Folglich wird das Signal am Transducer (2404a) nicht verzögert, das Signal am Transducer (2404b) um 0,5 Sekunden verzögert, und das Signal am Transducer (2404c) um 1 Sekunde verzögert. Die Signale, die daraus resultieren, sind in [Fig. 25B](#) gezeigt.

[0157] Diese drei Signale werden dann zusammenaddiert, um das Ausgangssignal, wie in [Fig. 26C](#) gezeigt, zu erhalten. Dieses Ausgangssignal wird dann geteilt durch die entsprechende Anzahl an Eingangstransducern, um dessen Größe zu reduzieren. Das resultierende Signal ist in [Fig. 26D](#) gezeigt. Dieses resultierende Signal wird dann repliziert und jede Replik wird vorangeschoben um das Ausmaß, um das die Eingangssignale verzögert wurden, um die Signale, wie in [Fig. 26D](#) gezeigt, zu erhalten. Die drei resultierenden Signale sind in [Fig. 26E](#) gezeigt. Diese Nullmachsignale Na, Nb und Nc werden dann subtrahiert von den ursprünglichen Eingangssignalen, um modifizierte Eingangssignale Ma, Mb und Mc zu erhalten. Wie man aus dem resultierenden Signal, wie in [Fig. 26F](#) gezeigt, sehen kann, werden die Eingangsimpulse nur vernachlässigbar geändert durch die Modifikation. Die Eingangsimpulse selbst werden reduziert auf zwei Drittel ihres ursprünglichen Pegels und andere negative Impulse auf ein Drittel des ursprünglichen Impulspegels werden als Rauschen hinzu addiert. Für ein System, das viele Eingangstransducer verwendet, wird der Impulspegel im Allgemeinen um $(N-1)/(N)$ eines Impulses reduziert, und das Rauschen hat im Allgemeinen eine Größe von $(1/N)$ eines Impulses. Folglich, beispielweise für einhundert Transducer, ist der Effekt der Modifikation vernachlässigbar, wenn der Schall von einem Punkt distal von der Nullmachposition O kommt. Die Signale von 26F können dann verwendet werden für ein herkömmliches Strahlformen, um das Signal von X zu holen.

[0158] Die verschiedenen Testsignale, die bei dem dritten Beispiel verwendet werden, sind unterscheidbar, indem eine Korrelationsfunktion auf verschiedene Eingangssignale angewendet wird. Das Testsignal, das zu detektieren ist, wird kreuzkorreliert mit irgendeinem Eingangssignal, und das Ergebnis einer derartigen Kreuzkorrelation wird analysiert, um anzugeben, ob das Testsignal in dem Eingangssignal vorhanden ist. Die Pseudozufallsrauschsignale sind je-

weils unabhängig, so dass kein Signal eine lineare Kombination irgendeiner Anzahl von anderen Signalen in der Gruppe ist. Dies stellt sicher, dass der Kreuzkorrelationsprozess die Testsignale, die in Frage stehen, angibt.

[0159] Die Testsignale können nach Wunsch gebildet sein, um ein nicht flaches Spektrum zu haben, um ihre nicht Hörbarkeit zu maximieren. Dies kann erfolgen durch Filtern von Pseudozufallsrauschsignalen. Zuerst können sie ihre Energie lokalisiert haben in Regionen des Audiobands, für das das Ohr relativ empfindlich ist. Beispielsweise hat das Ohr die höchste Empfindlichkeit bei ungefähr 3,5 KHz, so dass die Testsignale vorzugsweise ein Frequenzspektrum mit minimaler Energie nahe dieser Frequenz haben. Zweitens kann der Maskierungseffekt verwendet werden durch adaptives Ändern der Testsignale gemäß dem Programmsignal, indem viel von der Testsignalenergie in Teile des Spektrums, die maskiert werden, gegeben wird.

[0160] [Fig. 27](#) zeigt ein Blockdiagramm der Einarbeitung der Testsignalerzeugung und der Analyse in ein DPAA. Testsignale werden erzeugt und analysiert in dem Block (2701). Er hat als Eingänge die normalen Eingangskanäle 101, um Testsignale zu designen, die nicht wahrnehmbar sind auf Grund einer Maskierung durch das gewünschte Audiosignal, und Mikrophoneingänge 2204. Die herkömmliche Eingangsschaltung, beispielsweise DSRCs und/oder ADCs sind zur Klarheit weggelassen. Die Testsignale werden ausgesendet, entweder durch zugewiesene SETS (2703) oder gemeinsam verwendete SETS 2205. In dem letztgenannten Fall wird das Testsignal in das Signal eingearbeitet, das jedem SET in einem Testsignaleinführungsschritt (2702) zugeführt wird.

[0161] [Fig. 28](#) zeigt zwei mögliche Testsignaleinführungsschritte. Die Programmeingangssignale (2801) kommen von einem Distributor oder Addierer. Die Testsignale (2802) kommen von einem Block 2701 in [Fig. 27](#). Die Ausgangssignale (2803) gehen zu ONS-Qs, nicht lineare Kompensatoren, oder direkt zu Verstärkerstufen. In dem Einführungsschritt (2804) wird das Testsignal zu dem Programmsignal hinzuaddiert. In dem Einführungsschritt (2805) ersetzt das Testsignal das Programmsignal. Die Steuerungssignale werden weggelassen.

Viertes Beispiel

[0162] Wie bereits in Bezug auf das zweite Beispiel diskutiert, kann es manchmal von Vorteil sein ein Eingangssignal in zwei oder mehrere Frequenzbänder zu splitten und mit diesen Frequenzbändern separat umzugehen bezüglich der Direktivität, die unter Verwendung der DPAA-Vorrichtung erzielt wird. Eine derartige Technik ist nützlich nicht nur wenn ein Strahlrichten erfolgt, sondern auch wenn Schall an ei-

nem bestimmten Ort ausgelöscht wird, um Nullen zu erzeugen.

[0163] [Fig. 29](#) zeigt die allgemeine Vorrichtung zum selektiven Strahlen eindeutiger Frequenzbänder.

[0164] Das Eingangssignal 101 ist verbunden mit einem Signalsplitter/Kombinierer (2903) und folglich mit einem Tiefpassfilter (2901) und einem Hochpassfilter (2902) in parallele Kanäle. Das Tiefpassfilter (2901) ist mit einem Distributor (2904) verbunden, der mit allen Addierern (2905) verbunden ist, die wiederum mit den N Transducern (104) des DPAA (105) verbunden sind.

[0165] Das Hochpassfilter (2902) ist mit einer Vorrichtung (102) verbunden, die die gleich ist wie die Vorrichtung (102) in [Fig. 2](#) (und die im Allgemeinen N variable Amplituden und variable Zeitverzögerungselemente enthält), die wiederum verbunden ist mit den anderen Teilen der Addierer (2905).

[0166] Das System kann verwendet werden, um die Wirkung einer Weitfeldauslöschung von tiefen Frequenzen zu überwinden, auf Grund der Anordnungsgröße, die verglichen mit einer Längenwelle dieser niedrigen Frequenzen gering ist. Das System erlaubt folglich unterschiedlichen Frequenzen unterschiedlich bezüglich Formung des Schallfeldes behandelt zu werden. Die tiefen Frequenzen verlaufen zwischen der Quelle/Detektor und den Transducern (2904), alle mit der gleichen Zeitverzögerung (normalerweise Null) und Amplitude, wobei die höheren Frequenzen entsprechend zeitverzögert und amplitudengesteuert werden für jeden der N Transducer unabhängig. Dies erlaubt ein Gegenstrahlen oder Nullmachen der höheren Frequenzen ohne globales Weitfeldnullmachen der tiefen Frequenzen.

[0167] Es soll erwähnt werden, dass das Verfahren gemäß dem vierten Beispiel durchgeführt werden kann unter Verwendung der einstellbaren digitalen Filter (512). Derartige Filter erlauben unterschiedliche Verzögerungen für unterschiedliche Frequenzen, indem einfach entsprechende Werte für die Filterkoeffizienten verwendet werden. In diesem Fall ist es nicht notwendig, die Frequenzbänder separat aufzuspalten und unterschiedliche Verzögerungen auf die Repliken, die von jedem Frequenzband hergeleitet werden, anzuwenden. Der entsprechende Effekt kann erreicht werden, indem ein Filtern der verschiedenen Repliken des einzelnen Eingangssignals durchgeführt wird.

Fünftes Beispiel

[0168] Das fünfte Beispiel richtet sich an das Problem, dass ein Benutzer des DPAA-Systems nicht immer leicht in der Lage ist zu lokalisieren, wo Schall eines bestimmten Kanals zu irgendeinem bestimm-

ten Zeitpunkt fokussiert ist. Dieses Problem wird reduziert durch Bereitstellen von zwei steuerbaren Strahlen von Licht, die im Raum an dem Punkt kreuzen, wo der Schall zu fokussieren ist. Vorzugsweise sind die Lichtstrahlen unter der Steuerung des Benutzers und die DPAA-Steuerung ist angeordnet, um das Schallkanalfokussieren zu veranlassen, jedes Mal, wenn der Benutzer die Lichtstrahlen kreuzen lässt. Dies liefert ein sehr einfaches Set-up System, das nicht auf der Erzeugung mathematischer Modelle des Raums oder auf anderen komplexen Berechnungen beruht.

[0169] Wenn zwei Lichtstrahlen bereitgestellt werden, dann können sie automatisch gesteuert werden durch die DPAA-Elektronik, so dass sie sich im Raum an oder nahe dem Zentrum der Fokusregion eines Kanals kreuzen, wodurch erneut eine Set-up Rückkopplungsinformation dem Benutzer bereitgestellt wird.

[0170] Es ist hilfreich, die Farben der zwei Strahlen unterschiedlich zu machen, und unterschiedliche Vorauswahlen können am besten beispielsweise rot oder grün sein, so dass der Überlappungsbereich eine dritte Farbe bildet.

[0171] Ein Mittel zum Auswählen, welche Kanaleinstellungen die Positionen der Lichtstrahlen steuern, sollten auch bereitgestellt werden, und diese können alle von einem Handset gesteuert werden.

[0172] Dort, wo mehr als zwei Lichtstrahlen bereitgestellt werden, können die Fokusregionen mehrerer Kanäle hervorgehoben werden durch die Kreuzungsorte im Raum von Paaren der steuerbaren Lichtstrahlen.

[0173] Kleine Laserstrahlen, insbesondere Festkörperlaser liefern eine nützliche Quelle für kollimiertes Licht.

[0174] Das Steuern wird einfach erreicht durch kleine steuerbare Spiegel, die angetrieben werden durch Galvos oder Motoren, oder alternativ durch einen WHERM-Mechanismus, wie er beschrieben ist in der britischen Patentanmeldung mit der Nummer 0003,136.9.

[0175] [Fig. 30](#) zeigt die Verwendung der steuerbaren Lichtstrahlen (**3003**, **3004**), die von Projektoren (**3001**, **3002**) auf ein DPAA ausgesendet werden, um den Fokuspunkt (**3005**) zu zeigen. Wenn der Projektor (**3001**) rotes Licht aussendet und (**3002**) grünes Licht, dann wird am Fokuspunkt gelbes Licht gesehen.

Sechstes Beispiel

[0176] Wenn mehrere Quellen gleichzeitig verwen-

det werden in einem DPAA, um ein Clipping oder eine Streuung zu vermeiden, kann es wichtig sein sicherzustellen, dass keines der summierten Signale, die den SETS präsentiert werden, die maximale Auslenkung der SET-Kolben überschreitet oder den voll skalierten digitalen Pegel (FSDL = full-scale digital level) der Summiereinheiten, digitalen Verstärker ONSQs oder linearen oder nicht linearen Kompensatoren. Dies kann erreicht werden geradlinig (direkt) durch entweder ein Abwärtsskalieren oder eine Spitzenwertbeschränkung jedes der Eingangssignale, so dass kein Peak 1/I-ten den vollen Skalierungspegel überschreitet. Dieser Ansatz ist ausgerichtet auf den schlimmsten Fall, bei dem die Eingangssignale an dem FSDL gipfeln, aber verschiedene Grenzwerte der Ausgangsleistung für eine einzelne Eingabe verfügbar sind. In den meisten Anwendungen ist dies unwahrscheinlich, ausgenommen während eines zufälligen Vorgangs (beispielsweise Explosionen in einem Film-Soundtrack). Eine besserer Verwendung kann folglich für den dynamischen Bereich des digitalen Systems erfolgen, wenn höhere Pegel verwendet werden und eine Überlast verhindert wird durch eine Spitzenwertbeschränkung nur während derartiger gleichzeitiger Spitzenwerte.

[0177] Ein digitaler Peak-Begrenzer ist ein System, das ein Eingangsdigitalaudiosignal abwärts skaliert, wenn es notwendig ist, um zu verhindern, dass das Ausgangssignal einen spezifizierten Maximalpegel überschreitet. Es leitet ein Steuersignal von dem Eingangssignal her, das unterabgetastet werden kann, um die erforderliche Berechnung zu reduzieren. Das Steuersignal ist geglättet, um Diskontinuitäten in dem Ausgangssignal zu verhindern. Die Rate, bei der der Gewinn sich verschlechtert, vor einem Peak (die Einflusszeitkonstante) und anschließend auf normal zurückgebracht wird (die Releaszeitkonstante) werden gewählt, um die hörbaren Effekte des Begrenzers zu minimieren. Sie können fabrikseitig voreingestellt werden, unter der Steuerung des Benutzers oder automatisch eingestellt werden gemäß den Charakteristiken des Eingangssignals. Wenn ein kleines Ausmaß an Verzögerung toleriert werden kann, dann kann das Steuerungssignal „look ahead“ voraussehen (durch Verzögern des Eingangssignals, aber nicht des Steuerungssignals), so dass die Attack-Phase der Begrenzungsaktion bei plötzlichen Peak antizipiert werden kann.

[0178] Da jeder SET die Summen der Eingangssignale mit unterschiedlichen relativen Verzögerungen empfängt, ist es nicht ausreichend einfach das Steuerungssignal für einen Peak-Begrenzer von der Summe der Eingangssignale herzuleiten, das die Peaks, die nicht in einer Summe zusammenfallen, diese tun können in verzögerten Summen, die vorhanden sind in einem oder in mehreren SETS. Wenn unabhängige Peak-Begrenzer verwendet werden für jedes summierte Signal, dann, wenn einige der SETS be-

grenzt sind und andere nicht, wird das Strahlungsmuster der Anordnung beeinträchtigt.

[0179] Dieser Effekt kann vermieden werden, indem die Begrenzer verbunden werden, so dass sie alle das gleiche Ausmaß an Verstärkungsreduktion anwenden. Dies ist jedoch komplex, in Bezug auf die Implementierung, wenn N groß ist, wie es im Allgemeinen der Fall ist, und verhindert keine Überlast am Summierpunkt.

[0180] Ein alternativer Ansatz gemäß dem sechsten Beispiel liegt in einem Multichannel Multiphase Limiter (MML), ein Diagramm davon ist in [Fig. 31](#) gezeigt. Diese Vorrichtung agiert auf Eingangssignale. Sie findet den Peak-Level jedes Eingangssignals in einem Zeitfenster, das den Bereich von Verzögerungen umspannt, die gegenwärtig durch das SDMs implementiert sind, summiert dann dieses Peak-Level, um das Steuerungssignal zu erzeugen. Wenn das Steuerungssignal nicht den FSDL überschreitet, dann wird eine der verzögerten Summen dem individuellen SETs präsentiert, so dass keine Begrenzungsaktion erforderlich ist. Wenn dies erfolgt, dann sollten die Eingangssignale begrenzt sein, um den Pegel nach unten auf FSDL zu bringen. Die Attack- und Release-Zeitkonstanten und die Größe der Vorranschauung können entweder unter der Steuerung des Benutzers oder fabrikmäßig voreingestellt sein gemäß der Anmeldung.

[0181] Bei einer Verwendung in Verbindung mit ONSQ-Stufen kann der MML entweder vor oder nach dem Oversampler arbeiten.

[0182] Eine niedrigere Verzögerung kann erreicht werden, indem das Steuerungssignal von den Eingangssignalen hergeleitet wird, bevor es überabgetastet wird, dann die Begrenzungsaktion für die überabgetasteten Signale angewendet wird; ein Anti-Imaging-Filter einer niedrigeren Ordnung, niedrigeren Gruppenverzögerung, kann verwendet werden für das Steuerungssignal, das eine begrenzte Bandbreite hat.

[0183] [Fig. 31](#) zeigt eine Zweikanalimplementierung von MML, obwohl sie extrapoliert werden kann für irgendeine Anzahl von Kanälen (Eingangssignale). Die Eingangssignale (**3101**) kommen von der Eingangsschaltung oder linearen Kompensatoren. Die Ausgangssignale (**3111**) gehen zu den Distributoren. Jede Verzögerungseinheit (**3102**) enthält ein Puffer und speichert eine Anzahl von Abtastungen dieses Eingangssignals und gibt den maximalen absoluten Wert, der in diesem Puffer ist (**3103**) aus. Die Länge des Puffers kann geändert werden, um den Bereich der Verzögerungen zu verfolgen, die in den Distributoren implementiert sind durch Steuerungssignale, die nicht gezeigt sind. Der Addierer (**3104**) summiert diese maximalen Werte von jedem Kanal. Seine Aus-

gabe wird konvertiert durch den Antwortformer (**3105**) in ein glatteres variierendes Gewinnsteuerungssignal mit spezifischen Attack- und Release-Raten. Bevor es an die Distributoren gesendet wird, wie (**3111**), werden in der Stufe (**3110**) die Eingangssignale gemäß dem Gewinnsteuerungssignal gedämpft. Vorzugsweise werden die Signale in Proportion zu dem Gewinnsteuerungssignal gedämpft.

[0184] Verzögerung (**3109**) können in die Kanalsignalphade integriert werden, um Verstärkungsänderungen für antizipierte Peaks zu erlauben.

[0185] Wenn ein Überabtasten integriert wird, kann es innerhalb der MML platziert werden, mit Überabstastungsstufen (**3106**), die gefolgt werden von Anti-Image-Filtern (**3107–3108**). Hochqualitative Anti-Image-Filter können eine beträchtliche Gruppenverzögerung in dem Durchlassband haben. Die Verwendung eines Filterdesigns mit wenig Gruppenverzögerung für **3108**, kann die Verzögerungen (**3109**) erlauben, um reduziert oder eliminiert zu werden.

[0186] Wenn die Distributoren globale ADFs (**807**) integrieren, wird das MML am nützlichsten integriert nach diesen in dem Signalpfad, wodurch die Distributoren in separate, in globale und Pro-SET-Stufen gesplittet werden.

[0187] Das sechste Beispiel erlaubt folglich eine Begrenzungsvorrichtung, die im Aufbau einfach ist, die ein Clipping und eine Streuung verhindert, und die die erforderliche Strahlungsform aufrecht erhält.

Siebentes Beispiel

[0188] Das siebente Beispiel betrifft ein Verfahren zum Detektieren und Entschärfen der Effekte ausgefallener Transducer in einer Anordnung.

[0189] Das Verfahren gemäß dem siebenten Beispiel erfordert, dass ein Testsignal weitergeleitet wird an jeden Ausgangstransducer der Anordnung, das empfangen wird (oder nicht) von einem Eingangstransducer, der in der Nähe lokalisiert ist, um zu Bestimmen, ob der Transducer ausgefallen ist. Die Testsignale können durch jeden Transducer nacheinander oder gleichzeitig ausgegeben werden, vorausgesetzt, dass die Testsignale voneinander unterscheidbar sind. Die Testsignale sind im Allgemeinen ähnlich zu denen, die gemäß dem dritten Beispiel, das bereits beschrieben wurde, verwendet wurden.

[0190] Der Ausfalldetektionsschritt kann durchgeführt werden am Anfang vor einem Set-Up des Systems, beispielsweise während eines „Soundchecks“ oder vorteilhafter Weise kann er durchgeführt werden während das System verwendet wird, indem sichergestellt wird, dass die Testsignale nicht hörbar oder nicht bemerkbar sind. Dies wird erreicht indem Test-

signale mit Pseudozufallsrauschsignalen mit geringer Amplitude bereitgestellt werden. Sie können von Gruppen von Transducer gleichzeitig gesendet werden, wobei diese Gruppen sich ändern, so dass eventuell alle Transducer ein Testsignal senden, oder sie können von allen Transducer im Wesentlichen zum gleichen Zeitpunkt gesendet werden, zu dem Signal hinzuaddiert, das von dem DPAA ausgegeben werden soll.

[0191] Wenn ein Transducerausfall detektiert worden ist, ist es oft wünschenswert, dass dieser Transducer stummgestellt wird, so dass unvorhersagbare Ausgaben verhindert werden. Es ist dann ferner wünschenswert die Amplitude des Ausgangssignals der Transducer benachbart zu dem stummgestellten Transducer zu reduzieren, so dass eine gewisse Reduzierung des Effekts eines ausgefallenen Transducers bereitgestellt wird. Diese Korrektur kann soweit gehen, dass die Amplitude einer Gruppe von arbeitenden Transducer gesteuert wird, die nahe eines ruhiggestellten Transducers angeordnet sind.

Achtes Beispiel

[0192] Das achte Beispiel betrifft ein Verfahren zum Reproduzieren eines Audiosignals, das an einer reproduzierenden Vorrichtung empfangen wird, beispielsweise an einem DPAA, die die Audio-Ausgangssignale derart steuert, dass sie hauptsächlich in eine oder in eine Mehrzahl von separaten Richtungen gesendet werden.

[0193] Für einen DPAA bestimmt im Allgemeinen das Ausmaß der Verzögerung, das an jedem Transducer beobachtet werden kann, die Richtung, in die das Audiosignal gerichtet wird. Es ist folglich notwendig für einen Benutzer eines derartigen Systems die Vorrichtung zu programmieren, so dass das Signal in eine bestimmte Richtung gerichtet wird. Wenn sich die gewünschte Richtung ändert, ist es notwendig die Vorrichtung neu zu programmieren.

[0194] Das achte Beispiel sucht nach einer Lösung des obigen Problems, indem ein Verfahren und eine Vorrichtung bereitgestellt werden, die ein Audio-Ausgangssignal automatisch ausrichten können.

[0195] Dies wird erreicht durch Schaffung eines Informationssignals, das zu dem Audiosignal gehört, wobei das Informationssignal Information enthält, wie das Schallfeld bei irgendeiner bestimmten Zeit geformt sein sollte. Jedes Mal, wenn das Audiosignal wiedergegeben wird, wird folglich das zugehörige Informationssignal dekodiert und verwendet, um das Schallfeld zu formen. Dadurch wird es für einen Benutzer nicht mehr notwendig zu programmieren, wo das Audiosignal ausgerichtet sein muss, und erlaubt ebenfalls, dass die Richtung der Audiosignalsteuerung geändert werden kann nach Bedarf, während

der Reproduktion des Audiosignals.

[0196] Das achte Beispiel ist ein Soundwiedergabesystem, das in der Lage ist einen oder verschiedene Audiokanäle zu reproduzieren, von denen einige oder alle einen zugehörigen Stream mit zeitvariierender Steuerungsinformation haben, und eine Anzahl von Lautsprecherzuführungen. Jeder Stream von Steuerungsinformationen wird verwendet von einem Dekodiersystem, um zu steuern, wie das Signal von dem zugehörigen Audiosignal zwischen den Lautsprecherzuführungen verteilt wird. Die Anzahl an Lautsprecherzuführungen ist typischer Weise beträchtlich größer als die Anzahl der aufgenommenen Audiokanäle und die Anzahl der Audiokanäle, die verwendet werden, kann im Laufe eines Programms geändert werden.

[0197] Das achte Beispiel verwendet hauptsächlich die reproduzierenden Systeme, die Schall in eine von einer Anzahl von Richtungen ausrichten können. Dies kann in verschiedener Art und Weise erfolgen: Viele unabhängig Lautsprecher können verteilt sein in dem Auditorium und eine Direktionalität kann gewonnen werden, indem einfach das Audiosignal zu dem Lautsprecher weitergeleitet wird, der am nächsten zu der gewünschten Position ist, oder durch verschiedene naheliegendste Lautsprecher, mit den Pegeln und Zeitverzögerungen jedes Signals, die eingestellt sind für eine genaue Lokalisierung an dem gewünschten Punkt zwischen den Lautsprechern.

[0198] Ein mechanisch steuerbarer Lautsprechern kann verwendet werden. Dieser Ansatz kann die Verwendung von Parabolspiegeln mit sich bringen, um herkömmliche Transducer herum oder einen Ultraschallträger, um einen Strahl von Schall zu projizieren. Die Direktionalität kann erreicht werden durch mechanisches Drehen oder anderweitiges Ausrichten des Schallstrahls; und vorzugsweise ist eine große Anzahl an Lautsprechern in einer Phased-Array (vorzugsweise 2D) angeordnet. Wie bezüglich der anderen Aspekte beschrieben, ist jeder Lautsprecher mit einer unabhängigen Speisung bereitgestellt, und jede Speisung kann ihren Gewinn haben, Verzögerung und Filterung, die derart gesteuert sind, dass Strahlen von Schall von dem Array produziert werden. Das System kann die Strahlen an einem bestimmten Punkt oder den Schall derart erscheinen lassen, als ob er von einem Punkt hinter dem Array kommt. Ein Strahl von Schall kann derart erscheinen, dass er von einer Wand des Auditoriums kommt, indem ein Strahl auf diese Wand fokussiert wird.

[0199] Die meisten der Lautsprecherzuführungen steuern eine große zweidimensionale Anordnung von Lautsprechern an, die ein Phased-Array bilden. Sie können auch separate, diskrete Lautsprecher und weitere Phased-Arrays in dem Auditorium sein.

[0200] Das achte Beispiel enthält zugehörige Schallfeldforminformation mit dem tatsächlichen Audiosignal selbst, wobei die Forminformation verwendbar ist, um zu diktieren, wie das Audiosignal ausgerichtet werden wird. Die Forminformation kann eine oder mehrere physikalische Positionen enthalten, bei denen es erwünscht ist einen Strahl zu fokussieren oder bei denen es erwünscht ist einen Schallursprung zu simulieren.

[0201] Die Steuerungsinformation kann die tatsächlichen Verzögerungen enthalten, die jeder Replik des Audiosignals bereitgestellt werden. Dieser Ansatz führt jedoch zu dem Steuerungssignal, das viele Informationen enthält.

[0202] Die Steuerungsinformation wird vorzugsweise multigeplext in den gleichen Datenstrom, wie die Audiokanäle. Durch einfaches Erweitern existierender Standards, können sie kombiniert werden in einen MPEG Stream und durch DVD, DVB, DAB oder irgendeine andere zukünftige Transportschicht ausgeliefert werden. Ferner können die herkömmlichen digitalen Soundsysteme, die bereits in Kinos vorhanden sind, erweitert werden, um das Verbundsignal zu verwenden.

[0203] Anstatt der Verwendung von Steuerungsinformation, die Verstärkungen, Verzögerungen oder Filterkoeffizienten für jeden Lautsprecher enthält, kann stattdessen einfach beschrieben werden, wo der Schall zu fokussieren ist oder erscheinen soll. Während der Installation in einem Auditorium wird das Dekodiersystem programmiert und bestimmt selbst den Ort der Lautsprecher, die von jeder Lautsprecherspeisung gesteuert werden, und die Form des Hörbereichs. Diese Information wird verwendet zum Herleiten der Verstärkungen, Verzögerungen und Filterkoeffizienten, die notwendig sind, um jeden Kanal derart zu bilden, dass er von dem Ort kommt, der vorgeschrieben ist durch die Steuerungsinformation. Dieser Ansatz zum Speichern der Steuerungsinformation erlaubt die gleiche Aufzeichnung zu verwenden, mit unterschiedlichen Lautsprecher- und Anordnungsanordnungen und in unterschiedlich großen Räumen. Ebenfalls wird die Quantität der Steuerungsinformation, die zu speichern und zu senden ist, signifikant reduziert.

[0204] In audiovisuellen Anwendungen und Kinoanwendungen ist das Array typischer Weise hinter dem Schirm lokalisiert (aus einem akustisch transparenten Material gebildet), und ist ein signifikanter Bruchteil der Größe des Schirms. Die Verwendung eines derartigen großen Arrays erlaubt Kanäle von Schall, um von irgendeinem Punkt hinter dem Schirm aus zu erscheinen, entsprechend den Orten der Objekte in dem projizierten Bild, und die Bewegung dieser Objekte zu verfolgen. Das Kodieren der Steuerungsinformation unter Verwendung von Einheiten der

Schirmhöhe und -breite und das Informieren des Dekodiersystems über den Ort des Schirms erlaubt dann die Verwendung der gleichen Steuerungsinformation in Kinos mit unterschiedlichen großen Schirmen, während die offensichtlichen Audioquellen an der gleichen Stelle in dem Bild bleiben. Das System kann mit diskreten (nicht arrayed) Lautsprechern oder extra Anordnungen erweitert werden. Es kann insbesondere angenehm sein eine Anordnung an der Decke zu platzieren.

[0205] [Fig. 32](#) zeigt eine Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens. Ein Audiosignal, das mit einem Informationssignal multigeplext wird, wird in den Anschluss **3201** des d-Multiplexors **3207** eingegeben. Der Demultiplexer **3207** gibt das Ausgangssignal und das Informationssignal separat aus. Das Audiosignal wird weitergeleitet an den Eingangsanschluss **3202** der Dekodiervorrichtung **3208**, und das Informationssignal wird weitergeleitet an den Anschluss **3203** der Dekodiervorrichtung **3208**. Die Replikationsvorrichtung **3204** repliziert das Audiosignal, das am Eingangsanschluss **3202** eingegeben worden ist, in eine Anzahl von identischen Repliken (hier vier Repliken, die verwendet werden, aber irgendeine andere Zahl ist möglich). Folglich gibt die Replikationsvorrichtung **3204** vier Signale aus, die jeweils identisch sind mit dem Signal, das am Eingangsanschluss **3202** präsentiert ist. Das Informationssignal wird weitergeleitet von dem Anschluss **3203** an eine Steuerung **3209**, die in der Lage ist das Ausmaß der Verzögerung zu steuern, das für jedes der replizierten Signale an jedem der Verzögerungselemente **3210** angewendet wird. Jeder der verzögerten replizierten Audiosignale wird dann an separate Transducer **3206** über einen Ausgangsanschluss **3205** gesendet, um eine directionale Schallausgabe zu schaffen.

[0206] Die Information enthaltend das Informationssignal, das an dem Anschluss **3203** eingegeben wird, kann kontinuierlich mit der Zeit geändert werden, so dass das Ausgangsaudiosignal in dem Auditorium ausgerichtet werden kann gemäß dem Informationssignal. Dies verhindert, dass der Benutzer kontinuierlich die Audiosignalausgangsrichtung überwachen muss, um die notwendigen Einstellungen bereitzustellen.

[0207] Es ist klar, dass das Informationssignal, das in den Anschluss **3203** eingegeben wird, Werte für die Verzögerungen enthalten kann, die angewendet werden sollen auf das Signal, das in jeden Transducer **3206** eingegeben wird. Die Information, die in dem Informationssignal gespeichert ist, kann jedoch stattdessen physikalische Ortsinformation enthalten, die in den Decoder **3209** in einen entsprechenden Satz von Verzögerungen dekodiert wird. Dies kann erreicht werden, indem eine Nachschlagetabelle mit Karten physikalischer Orte in dem Auditorium mit einem Satz von Verzögerungen verwendet wird, um die

Direktionalität zu diesem Ort zu erreichen. Vorzugsweise wird ein mathematischer Algorithmus, beispielsweise einer der in der Beschreibung des ersten Aspekts der Erfindung bereitgestellt wurde, verwendet, der einen physikalischen Ort in einen Satz von Verzögerungswerten übersetzt.

[0208] Das achte Beispiel enthält auch einen Decoder, der verwendet werden kann mit herkömmlichen Audiowiedergabevorrichtungen, so dass die Steuerungsinformation verwendet werden kann, um herkömmliche Stereosound oder Surroundsound zu liefern. Für eine Kopfhörerpräsentation kann die Steuerungsinformation verwendet werden, um eine Stereophonpräsentation der Aufzeichnung unter Verwendung kopfbezogener Transferfunktionen zur Position von Schallquellen um den Hörer herum zu verwenden. Unter Verwendung dieses Decoders kann ein aufgezeichnetes Signal, das die Audiokanäle und zugehörige Steuerungsinformation enthält, in einer herkömmlichen Art und Weise wiedergegeben werden, wenn dies wünschenswert ist, da kein Phased-Array verfügbar ist. In dieser Beschreibung wird auf ein „Auditorium“ Bezug genommen. Die beschriebenen Techniken können jedoch in einer großen Anzahl an Anwendungen angewendet werden, enthaltend Heimkino und Musikwiedergabe, sowie große öffentliche Räume.

[0209] Die obige Beschreibung bezieht sich auf ein System unter Verwendung einer einzelnen Audioeingabe, die wiedergegeben wird durch alle Transducer in der Anordnung. Das System kann jedoch erweitert werden auf das Wiedergeben von mehreren Audioeingangssignalen (erneut unter Verwendung aller Transducer), indem jedes Eingangssignal separat verarbeitet wird und folglich ein Satz von Verzögerungskoeffizienten für jedes Eingangssignal berechnet wird (basierend auf der Information, die zu diesem Eingangssignal gehört) und durch Summieren der verzögerten Audioeingangssignale, die für jeden Transducer gewonnen werden. Dies ist möglich auf Grund der linearen Natur des Systems. Dies erlaubt, dass separate Audioeingangssignale in unterschiedlicher Art und Weise unter Verwendung der gleichen Transducer ausgerichtet werden können. Folglich können viele Audioeingangssignale gesteuert werden, um eine Direktivität insbesondere in Richtungen aufzuweisen, die sich während der Durchführung automatisch ändern.

Neuntes Beispiel

[0210] Das neunte Beispiel betrifft ein Verfahren zum Designen eines Schallfelds, das durch eine DPAA-Vorrichtung ausgegeben wird.

[0211] Wenn ein Benutzer wünscht das Schallmuster zu spezifizieren, erlaubt die Verwendung von ADFs eine eingeschränkte Optimierungsprozedur mit

vielen Freiheitsgraden. Ein Benutzer kann Ziele spezifizieren, typischerweise Bereiche des Orts, in welchem eine Abdeckung möglich sein sollte, oder systematisch den Abstand variieren, andere Regionen, in denen eine Abdeckung minimal sein sollte, möglicherweise bei bestimmten Frequenzen, und ferner Regionen, in denen die Abdeckung keine Rolle spielt. Die Regionen können spezifiziert werden durch die Verwendung von Mikrofonen oder durch ein anderes Positionierungssystem, durch manuelle Benutzereingabe oder durch die Verwendung von Datensätzen von Architektur- oder Akustikmodellsystemen. Die Ziele können mit einer Priorität versehen werden. Die Optimierungsprozedur kann entweder durchgeführt werden innerhalb der DPAA, in welchen Fall dieser anpassbar sein soll in Antwort auf Windänderungen, wie oben beschrieben, oder als ein separater Schritt unter Verwendung eines externen Computers. Im Allgemeinen enthält die Optimierung ein Auswählen entsprechender Koeffizienten für die ADFs, um den gewünschten Effekt zu erzielen. Dies kann beispielsweise erfolgen, indem begonnen wird mit Filterkoeffizienten, die gleich einem einzelnen Satz von Verzögerungen sind, wie in den ersten Beispiel beschrieben, und durch Berechnen des resultierenden Strahlungsmusters durch Simulation. Weitere positive und negative Strahlen (mit unterschiedlichen entsprechenden Verzögerungen) können dann iterativ addiert werden, um das Strahlungsmuster zu verbessern, einfach durch Addieren ihre entsprechenden Filterkoeffizienten zu dem existierenden Satz.

Weitere bevorzugte Merkmale

[0212] Es können Mittel bereitgestellt werden zum Einstellen des Strahlungsmusters und für Fokussierungspunkte von Signalen, die jeden Eingang betreffen, in Antwort auf den Wert der Programmdigitalsignale an diesen Eingängen – ein derartiger Ansatz kann verwendet werden, um Stereosignale und Surroundsound-Effekte zu übertreiben, indem die fokussierenden Punkte derjenigen Signale nach außen verlagert werden, wenn von diesem Eingangssignal ein lauter Schall zu reproduzieren ist. Folglich kann die Steuerung erreicht werden gemäß dem tatsächlichen Eingangssignal selbst.

[0213] Im Allgemeinen, wenn die Fokuspunkte bewegt werden, ist es notwendig die Verzögerungen zu ändern, die für jede Replik angewendet werden, was ein Duplizieren oder Verwerfen von Abtastungen mit sich bringt. Dieser folgt vorzugsweise allmählich, um irgendwelche hörbaren Klickgeräusche zu verhindern, die auftreten können, wenn eine große Anzahl von Abtastungen beispielsweise gleichzeitig verworfen wird.

[0214] Praktikable Anwendungen dieser Technologie der Erfindung enthaltend folgende:
Für Heimentertainment, die Fähigkeit mehrere reale

Quellen von Schall an unterschiedliche Positionen in einem Hörraum zu liefern erlaubt die Reproduktion von Multikanalsurroundsound ohne Stördaten, Komplexitäts- und Verdrahtungsprobleme von mehreren separaten verkabelten Lautsprechern;
für öffentliche Systeme und Konzertsoundsysteme, die Fähigkeit zur Anpassung des Strahlungsmusters des DPAA in drei Dimensionen, und mit mehreren gleichzeitigen Strahlen ermöglicht es:
ein sehr viel schnelleres Set-up wie physikalische Orientierung des DPAA ist nicht sehr kritisch und muss nicht wiederholt eingestellt werden;
kleinere Lautsprecher wie von dem Typ von Lautsprecher (ein DPAA) können eine breite Vielfalt von Strahlungsmustern erreichen, was typischerweise jeweils bestimmte Lautsprecher erfordern würde mit entsprechenden Hörnern;
bessere Verständlichkeit, da es möglich ist die Schalenergie, die reflektierende Flächen erreicht, zu reduzieren, wodurch folglich dominante Echos reduziert werden, einfach durch Einstellen der Filter- und Verzögerungskoeffizienten; und
bessere Steuerung ungewollter akustischer Rückkopplungen, da das DPAA-Strahlungsmuster designed werden kann, um die Energie zu reduzieren, die Mikrophone erreicht, die verbunden sind mit dem DPAA-Eingang;
für Menschenmassen – und militärische Aktivitäten, die Fähigkeit zum Erzeugen eines sehr intensiven Schallfelds in einer Fernregion, welches Feld einfach und schnell repositionierbar ist, indem die DPAA-Strahlen fokussiert und gesteuert werden (ohne physikalisch schwere Lautsprecher und/oder Hörnern zu bewegen), und was einfach auf das Ziel gerichtet werden kann mittels von Verfolgungslichtquellen, was eine starke akustische Waffe liefert, die jedoch nicht invasiv ist; wenn eine große Anordnung verwendet wird, oder eine Gruppe von koordinierten separaten DPAA-Feldern mit möglicherweise weiten Abstand, dann kann das Schallfeld sehr viel intensiver sein in der Fokusregion, als nahe den DPAA SETs (selbst an einem unteren Ende des Audiobands, wenn die gesamte Anordnungsdimensionen ausreichend groß sind).

Patentansprüche

1. Verfahren zum Veranlassen von mehreren Eingangssignalen, die jeweilige Kanäle darstellen, aufzutreten, um von jeweils unterschiedlichen Positionen im Raum zu entspringen, wobei das Verfahren aufweist:
Bereitstellen einer schallreflektierenden oder schallresonierenden Fläche an jeder der Positionen im Raum;
Bereitstellen einer Anordnung von Ausgangstransducern distal von den Positionen im Raum; und
Richten, unter Verwendung der Anordnung der Ausgangstransducer, der Schallwellen jedes Kanals in Richtung der jeweiligen Position im Raum, um die

Schallwellen zu veranlassen durch die reflektierende oder resonierende Fläche zurück gesendet zu werden;
wobei der Schritt des Richtens aufweist:
Gewinnen, bezüglich jedes Transducers, einer verzögerten Replik jedes Eingangssignals, die um eine entsprechende Verzögerung verzögert ist, die gemäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Ausgangstransducers und der jeweiligen Position im Raum derart ausgewählt wird, dass die Schallwellen des Kanals in Richtung der Position im Raum bezüglich dieses Kanals gerichtet werden;
Summieren, in Bezug auf jeden Transducer, der jeweiligen verzögerten Repliken jedes Eingangssignals, um eine Ausgangssignal zu erzeugen;
Weiterleiten der Ausgangssignale zu den jeweiligen Transducern.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt des Gewinnens einer verzögerten Replik des Eingangssignals bezüglich jedes Ausgangstransducers, aufweist:
Replizieren des Eingangssignals die vorbestimmte Anzahl an Zeitpunkten, um ein Repliksignal bezüglich jedes Ausgangstransducers zu gewinnen;
Verzögern jedes Replik des Eingangssignals mit der entsprechenden Verzögerung, die ausgewählt wird gemäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Ausgangstransducers und der jeweiligen Position im Raum.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, ferner enthaltend:
Berechnen der jeweiligen Verzögerung bezüglich jedes Eingangssignalreplik vor dem Verzögerungsschritt durch:
Bestimmen des Abstands zwischen jedem Ausgangstransducer und der Position im Raum bezüglich dieses Eingangssignals;
Ableiten von entsprechenden Verzögerungswerten derart, dass die Schallwellen von jedem Transducer für einen einzelnen Kanal an der Position im Raum gleichzeitig ankommen.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, ferner enthaltend:
Invertieren von einem der mehreren Eingangssignalen;
Gewinnen, bezüglich jedes Transducers, einer verzögerten Replik des invertierten Eingangssignals, die um eine entsprechende Verzögerung verzögert ist, die ausgewählt wird, gemäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Transducers, so dass Schallwellen, die von dem invertierten Eingangssignal hergeleitet werden, an eine Position im Raum gerichtet werden, um mindestens teilweise Schallwellen auszulöschen, die hergeleitet werden von dem Eingangssignal an dieser Position im Raum.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der Schritt

des Gewinnens, in Bezug auf jeden Ausgangstransducer, einer verzögerten Replik des invertierten Eingangssignals aufweist:

Replizieren des invertierten Eingangssignals die vorbestimmte Anzahl an Zeitpunkten oft, um ein Repliksignal bezüglich jedes Ausgangstransducers zu erhalten;

Verzögern jeder Replik des invertierten Eingangssignals mit einer jeweiligen vorbestimmten Verzögerung, die ausgewählt wird gemäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Ausgangstransducers.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, wobei das invertierte Eingangssignal skaliert ist, so dass die Schallwellen die von dem invertierten Eingangssignal abgeleitet werden, im Wesentlichen Schallwellen auslöschen, die von diesem Eingangssignal an der Position im Raum hergeleitet werden.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei das Skalieren ausgewählt wird durch Bestimmen, in Bezug auf das Eingangssignal, das invertiert worden ist, der Größe der Schallwellen an der Position im Raum und Auswählen des Skalierens derart, dass Schallwellen, die von dem invertierten Eingangssignal hergeleitet werden, im Wesentlichen die gleiche Größe an dieser Position haben.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei mindestens eine der Flächen mit einer Wand eines Raum oder einer anderen permanenten Struktur bereitgestellt ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Anordnung der Ausgangstransducer ein regelmäßiges Muster von Ausgangstransducern in einer zweidimensionalen Ebene enthält.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei jeder der Ausgangstransducer eine Hauptausgaberichtung senkrecht zu der zweidimensionalen Ebene hat.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, wobei die zweidimensionale Ebene eine gekrümmte Ebene ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei jeder der Ausgangstransducer angesteuert wird durch einen digitalen Leistungsverstärker.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Amplitude eines Signals, das von einem Transducer der Anordnung von Ausgangstransducern ausgegeben wird, derart gesteuert wird, dass das Schallfeld genauer geformt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Signale überabgetastet werden, bevor sie verzögert werden.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Signale rauschgeformt werden, bevor sie repliziert werden.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Signale in PWM-Signale umgewandelt werden, bevor sie an entsprechende Ausgangstransducer der Anordnung weiter geleitet werden.

17. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Steuern derart erfolgt, dass die Amplitude von Ausgangssignalen, die Transducern zugeführt werden, an der Peripherie der Anordnung reduziert wird.

18. Verfahren nach Anspruch 13 oder 17, wobei das Steuern derart ist, dass die Amplitude von Ausgangssignalen, die den Transducern zugeführt werden, gemäß einer vorbestimmten Funktion, beispielsweise Gauß'schen Kurve oder „raised“ Kosinus Kurve reduziert wird.

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei jeder der Transducer eine Gruppe von individuellen Transducern enthält.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, wobei lineare oder nicht-lineare Kompensatoren bereitgestellt werden vor jedem Ausgangstransducer, um ein Signal einzustellen, das dorthin gerichtet wurde, um Unvollkommenheiten in dem Ausgangstransducer zu berücksichtigen.

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei der Kompensator ein linearer Kompensator ist, der bereitgestellt wird, der bereitgestellt wird zum Kompensieren eines Eingangssignals, bevor es repliziert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, wobei die Kompensatoren anpassbar sind gemäß der Schallfeldform, so dass Hochfrequenzkomponenten gemäß dem Winkel unter welchem sie ausrichten sind, verstärkt werden.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 22, wobei ein Mittel bereitgestellt ist zum allmählichen Steuern von Änderungen in dem Schallfeld.

24. Verfahren nach Anspruch 23, wobei das Mittel arbeitet, so dass eine Signalverzögerung allmählich erhöht wird durch Verdoppeln von Abtastungen oder allmähliches Reduzieren durch Überspringen von Abtastungen.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 24, wobei die Schallfelddirektivität geändert wird basierend auf dem Signal, das in das System eingegeben und von der Anordnung von Ausgangstransducern ausgegeben wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis

25, wobei mehrere Anordnungen von Ausgangstransducern bereitgestellt werden, die durch eine gemeinsame Steuerung gesteuert werden.

27. Vorrichtung zum Veranlassen von mehreren Eingangssignalen, die jeweilige Kanäle darstellen, aufzutreten, um von jeweiligen unterschiedlichen Positionen im Raum zu entspringen, zur Verwendung mit einer reflektierenden oder resonierenden Fläche an jeder der Positionen im Raum, wobei die Vorrichtung aufweist:

eine Anordnung von Ausgangstransducern distal von den Positionen im Raum; und

eine Steuerung zum Richten, unter Verwendung der Anordnung von Ausgangstransducern, der Schallwellen jedes Kanals in Richtung dieser jeweiligen Position des Kanals im Raum derart, dass die Schallwellen durch die reflektierende oder resonierende Fläche zurück gesendet werden;

wobei die Steuerung aufweist:

ein Replikations- und Verzögerungsmittel, das angeordnet ist zum Gewinnen, in Bezug auf jeden Transducer, einer verzögerten Replik des Eingangssignals, die um eine jeweilige Verzögerung verzögert ist, die ausgewählt wird gemäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Ausgangstransducers und der jeweiligen Position im Raum derart, dass die Schallwellen des Kanals in Richtung der Position im Raum bezüglich dieses Eingangssignals gerichtet werden; ein Addierermittel, das angeordnet ist, um bezüglich jedes Transducers die jeweiligen verzögerten Repliken jedes Eingangssignals zu summieren, zum Erzeugen eines Ausgangssignals; und ein Mittel zum Weiterleiten der Ausgangssignale an jeweilige Transducer derart, dass die Kanalschallwellen in Richtung der Position im Raum bezüglich dieses Eingangssignals gerichtet werden.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, wobei die Steuerung ferner aufweist:

ein Berechnungsmittel zum Berechnen der jeweiligen Verzögerungen bezüglich jeder Eingangssignalreplik durch:

Bestimmen des Abstands zwischen jedem Ausgangstransducer und der Position im Raum bezüglich dieses Eingangssignals;

Herleiten von entsprechenden Verzögerungswerten derart, dass die Schallwellen von jedem Transducer für einen einzelnen Kanal an der Position im Raum gleichzeitig ankommen.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, wobei die Steuerung ferner enthält:

einen Inverter zum Invertieren von einem der mehreren Eingangssignale;

ein zweites Replikations- und Verzögerungsmittel, das angeordnet ist, um bezüglich jedes Ausgangstransducers eine verzögerte Replik des invertierten Eingangssignals zu erhalten, die um eine jeweilige Verzögerung verzögert ist, die ausgewählt wird ge-

mäß der Position in der Anordnung des jeweiligen Transducers und einer zweiten Position im Raum, so dass Schallwellen, die von dem invertierten Eingangssignal hergeleitet werden, an die zweite Position im Raum gerichtet werden, um mindestens teilweise Schallwellen auszulöschen, die von diesem Eingangssignal an der zweiten Position im Raum hergeleitet werden.

30. Vorrichtung nach Anspruch 29, wobei die Steuerung ferner einen Skalierer enthält zum Skalieren des invertierten Eingangssignals, so dass Schallwellen, die von dem invertierten Eingangssignal hergeleitet werden im Wesentlichen Schallwellen auslösen, die von diesem Eingangssignal an der zweiten Position im Raum hergeleitet werden.

31. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 30, ferner enthaltend eine Schall reflektierende oder Schall resonierende Fläche an jeder der Positionen im Raum.

32. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 31, wobei die Flächen reflektierend sind und eine Rauigkeit auf der Skala der Wellenlänge der Schallfrequenz haben, die für ein diffuses Reflektieren erwünscht ist.

33. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 32, wobei die Flächen optisch transparent sind.

34. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 33, wobei mindestens eine der Flächen eine Wand eines Raums oder eine andere permanente Struktur ist.

35. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 34, wobei die Anordnung von Ausgangstransducern ein regelmäßiges Muster von Ausgangstransducern in einer zweidimensionalen Ebene enthält.

36. Vorrichtung nach Anspruch 35, wobei jeder der Ausgangstransducer eine Hauptausgaberichtung senkrecht zu der zweidimensionalen Ebene hat.

37. Vorrichtung nach Anspruch 34 oder 36, wobei die zweidimensionale Ebene eine kurvenförmige Ebene ist.

38. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 37, wobei jeder der Ausgangstransducer durch einen digitalen Leistungsverstärker angesteuert wird.

39. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 38, wobei die Amplitude eines Signals, das von einem Transducer der Anordnung von Ausgangstransducern ausgegeben wird, gesteuert wird, um das Schallfeld genauer zu formen.

40. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis

39, wobei die Signale überabgetastet sind, bevor sie verzögert werden.

41. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 40, wobei die Signale rauschgeformt sind, bevor sie repliziert werden.

42. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 41, wobei die Signale umgewandelt werden in PWM-Signale, bevor sie weitergeleitet werden an die jeweiligen Ausgangstransducer der Anordnung.

43. Vorrichtung nach Anspruch 39, wobei das Steuern derart erfolgt, dass die Amplitude der Ausgangssignale, die den Transducer zugeführt werden, an der Peripherie der Anordnung reduziert ist.

44. Vorrichtung nach Anspruch 39 oder 43, wobei die Steuerung derart ist, dass die Amplitude der Ausgangssignale, die den Transducer zugeführt werden, gemäß einer vorbestimmten Funktion wie Gauß'sche Kurve oder „raised“ Kosinuskurve reduziert ist.

45. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 44, wobei jeder der Transducer eine Gruppe von individuellen Transducer enthält.

46. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 45, wobei lineare oder nicht-lineare Kompensatoren bereitgestellt sind vor jedem Ausgangstransducer, um ein Signal einzustellen, das dorthin geleitet wurde, um Unvollkommenheiten in dem Ausgangstransducer zu berücksichtigen.

47. Vorrichtung nach Anspruch 46, wobei der Kompensator ein Linearkompensator ist, der bereitgestellt ist zum Kompensieren eines Eingangssignals, bevor es repliziert wird.

48. Vorrichtung nach Anspruch 46 oder 47, wobei die Kompensatoren anpassbar sind gemäß der Schallfeldform, so dass Hochfrequenzkomponenten gemäß dem Winkel, unter welchem sie ausgerichtet sind, verstärkt werden.

49. Vorrichtung nach Anspruch 27 bis 48, wobei ein Mittel bereitgestellt ist zur allmählichen Steuerung von Änderungen in dem Schallfeld.

50. Vorrichtung nach Anspruch 49, wobei das Mittel derart betreibbar ist, dass eine Signalverzögerung durch Duplizieren von Abtastungen allmählich erhöht oder durch Überspringen von Abtastungen allmählich reduziert wird.

51. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 50, wobei die Schallfelddirektivität geändert wird basierend auf dem Signal, das in das System eingegeben und von der Anordnung der Ausgangstransducer ausgegeben wird.

52. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 27 bis 51, wobei mehrere Anordnungen der Ausgangstransducer bereitgestellt sind, die durch eine gemeinsame Steuerung gesteuert werden.

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen

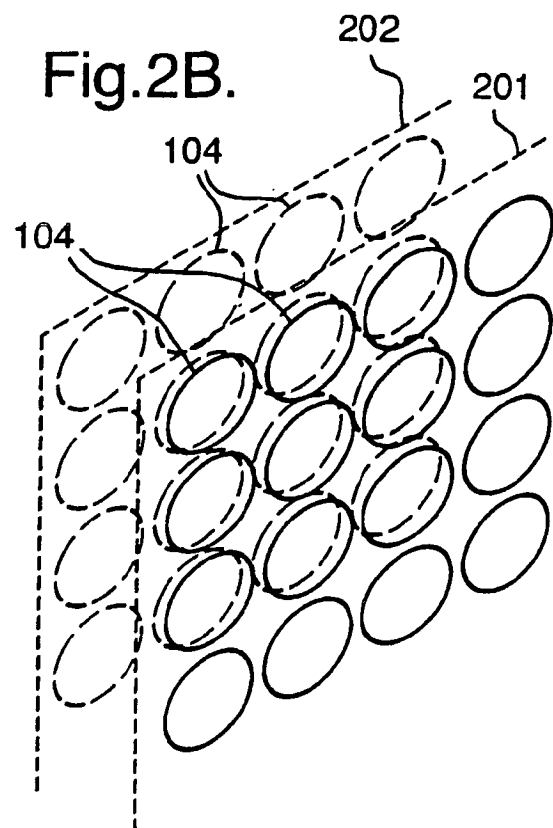
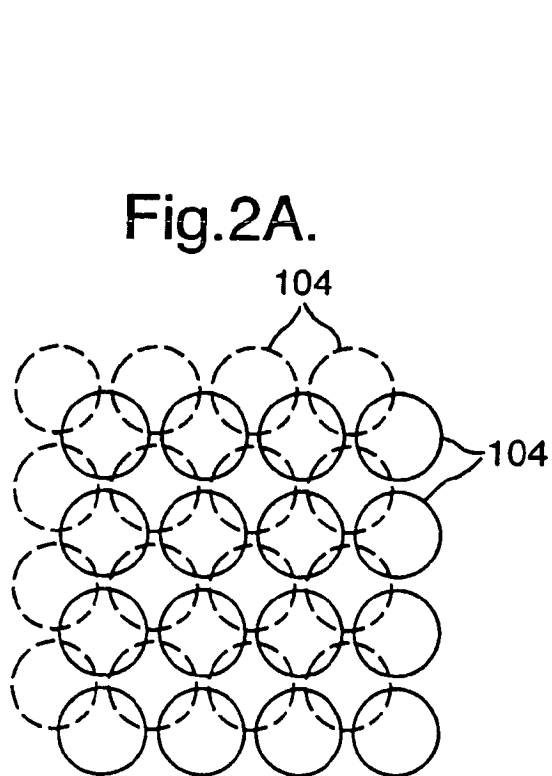
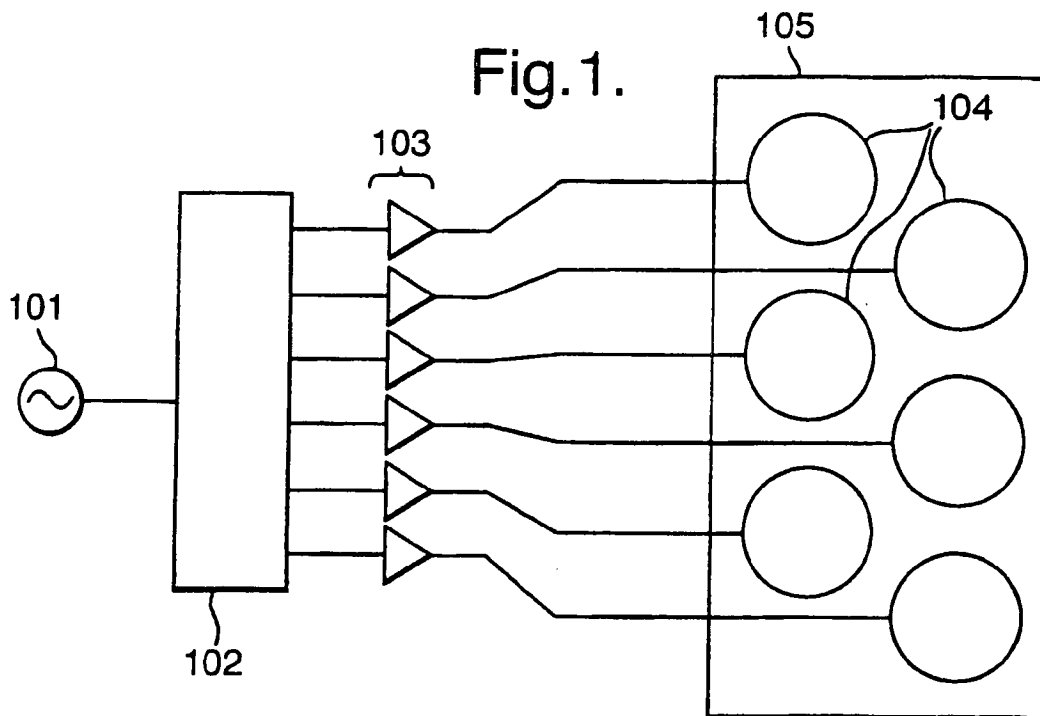


Fig.3A.

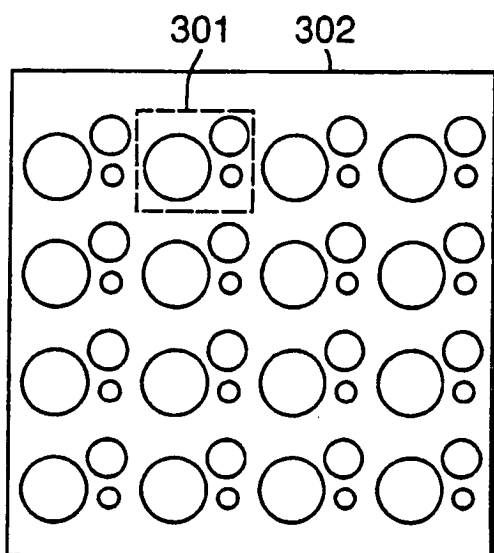


Fig.3B

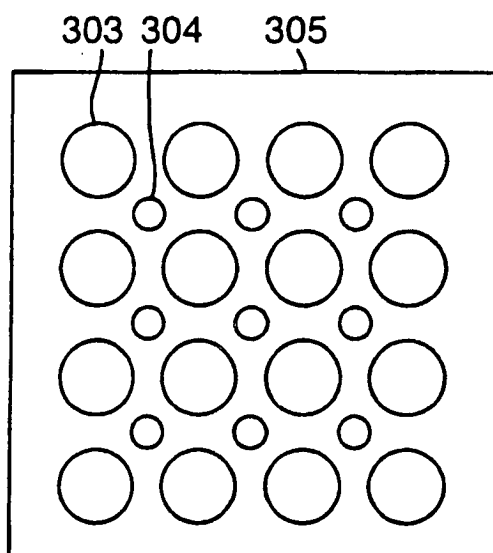


Fig.4A.

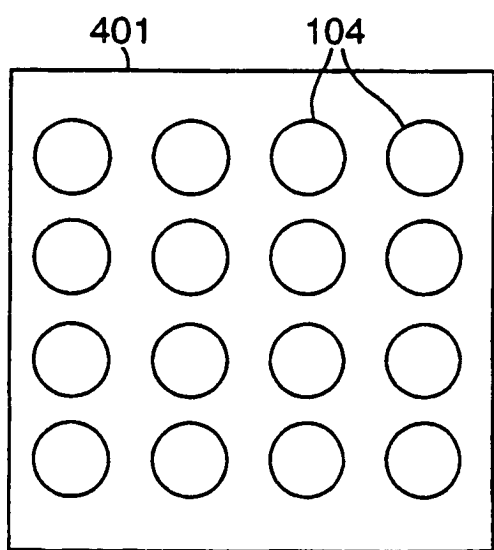


Fig.4B.

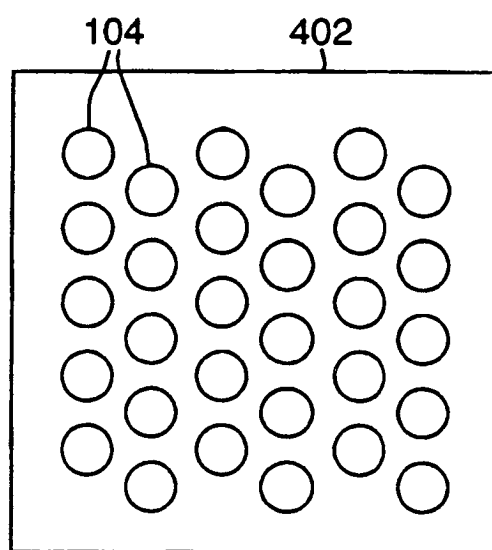


Fig.5.

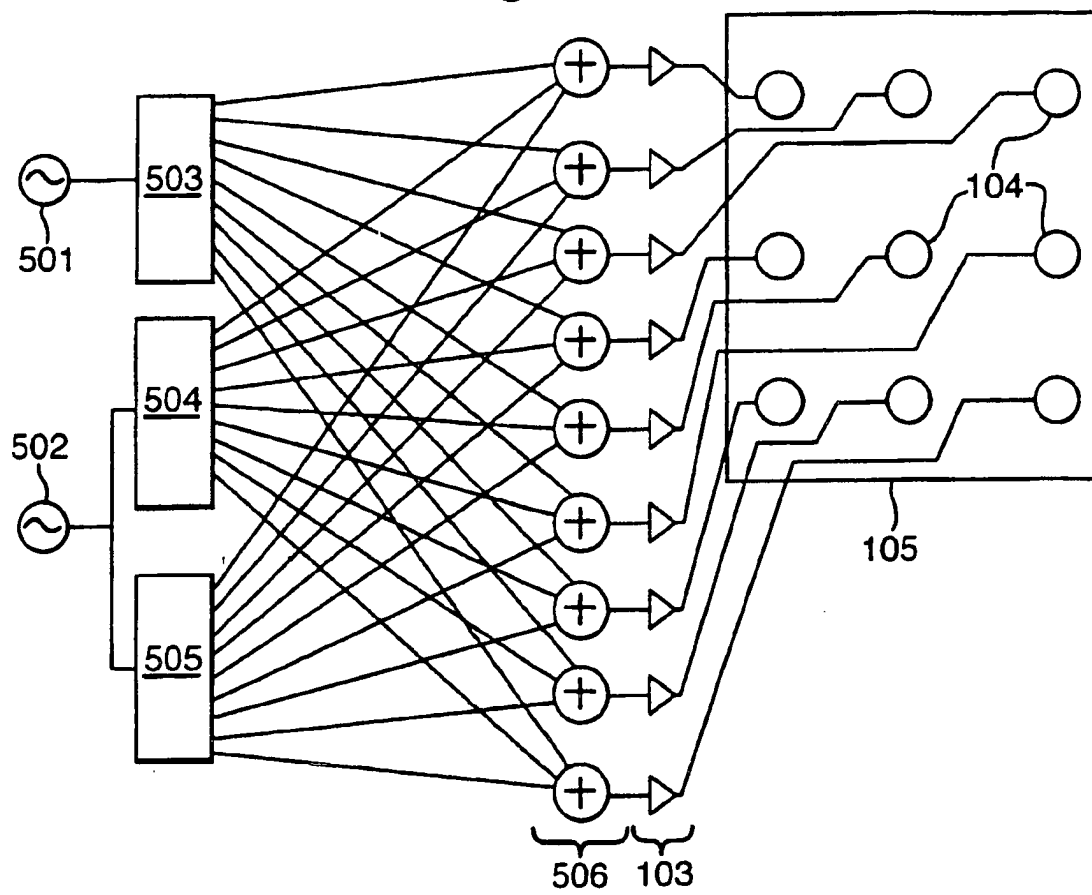


Fig.6.

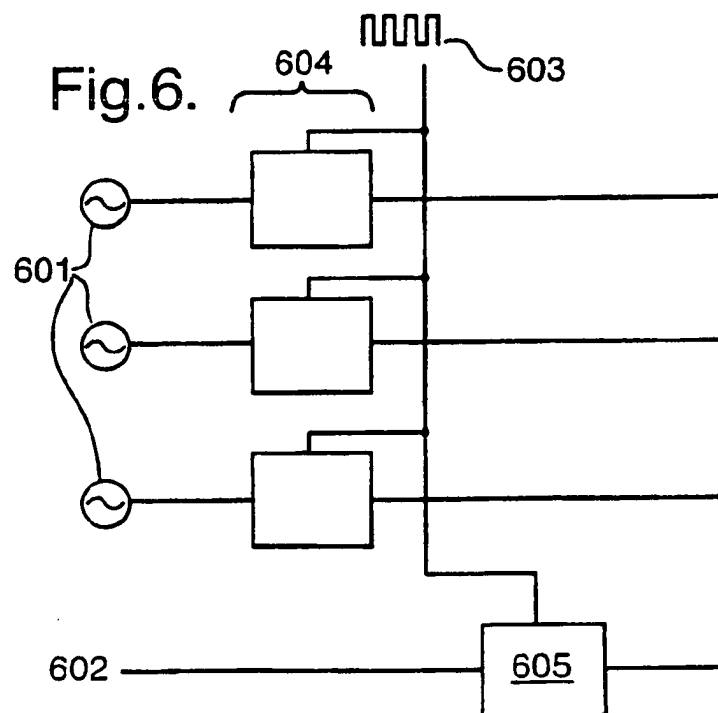


Fig.7.

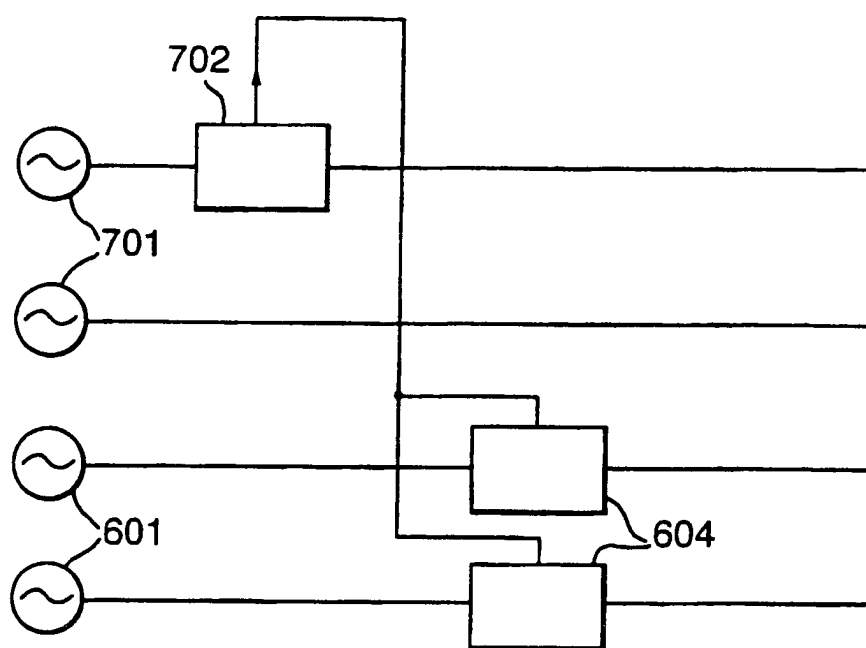


Fig.8.

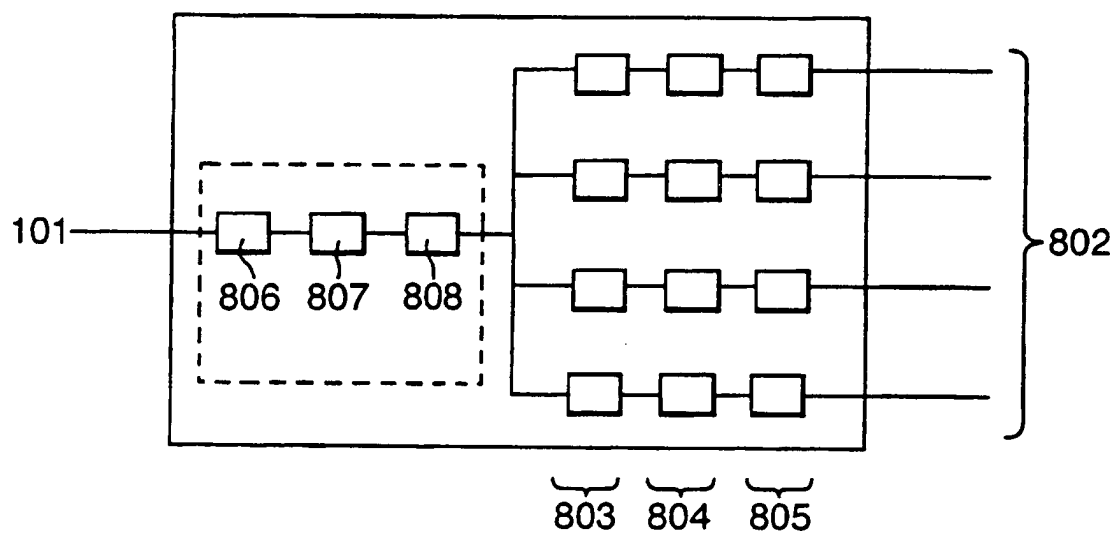


Fig.9.

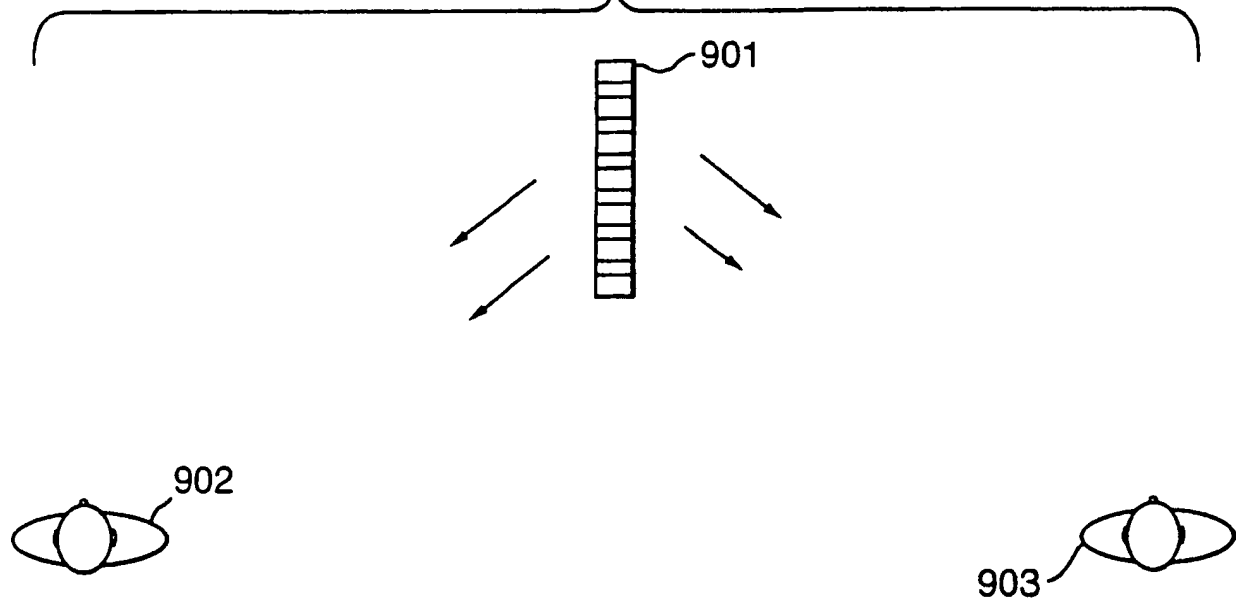


Fig.10.

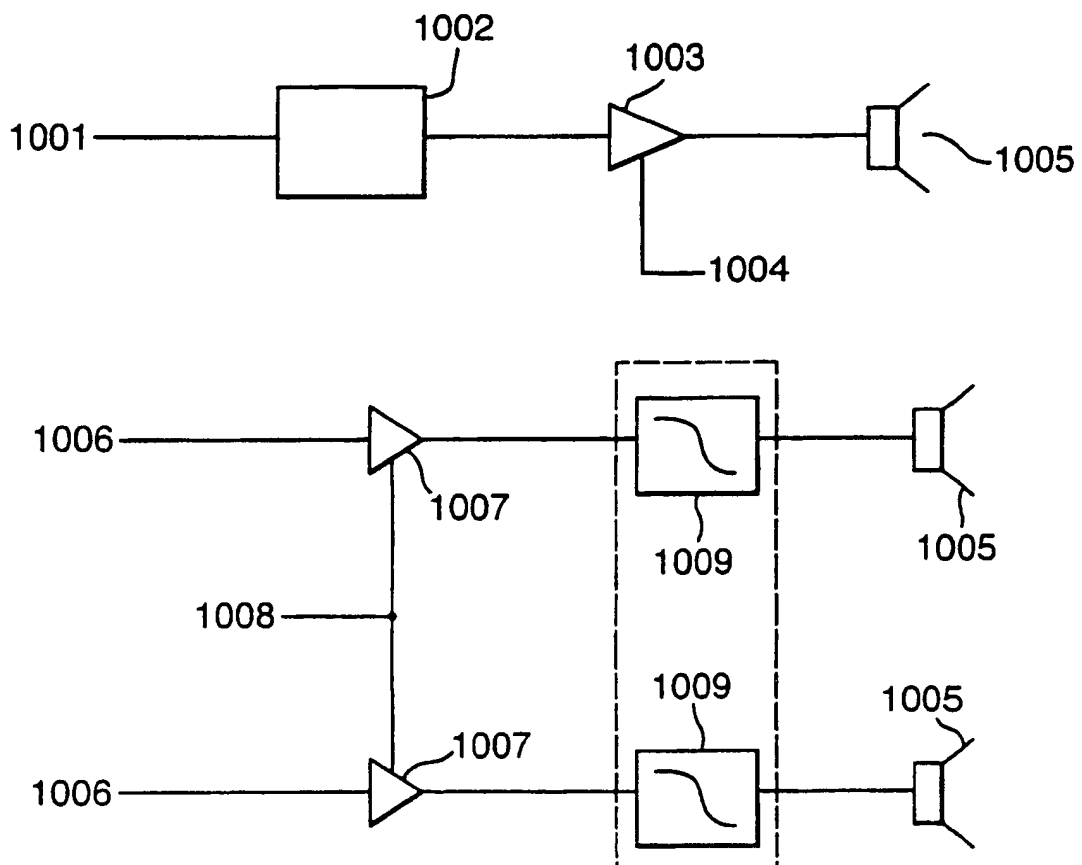


Fig.11.

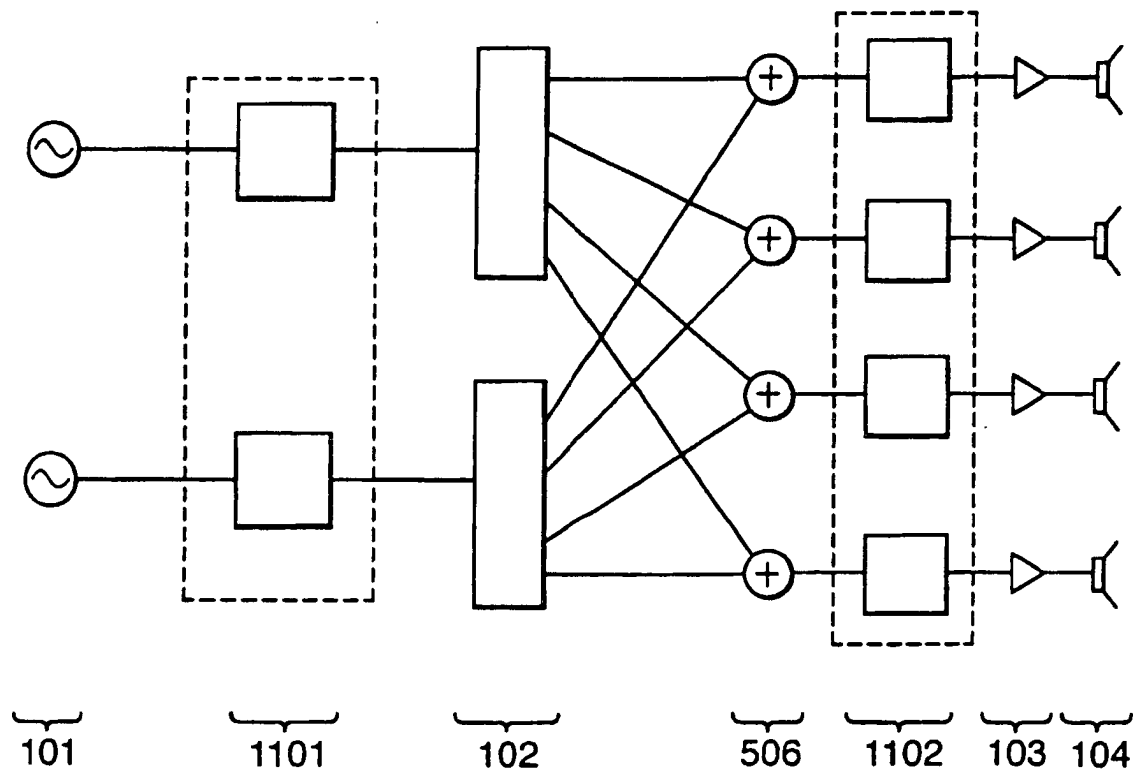


Fig. 12.

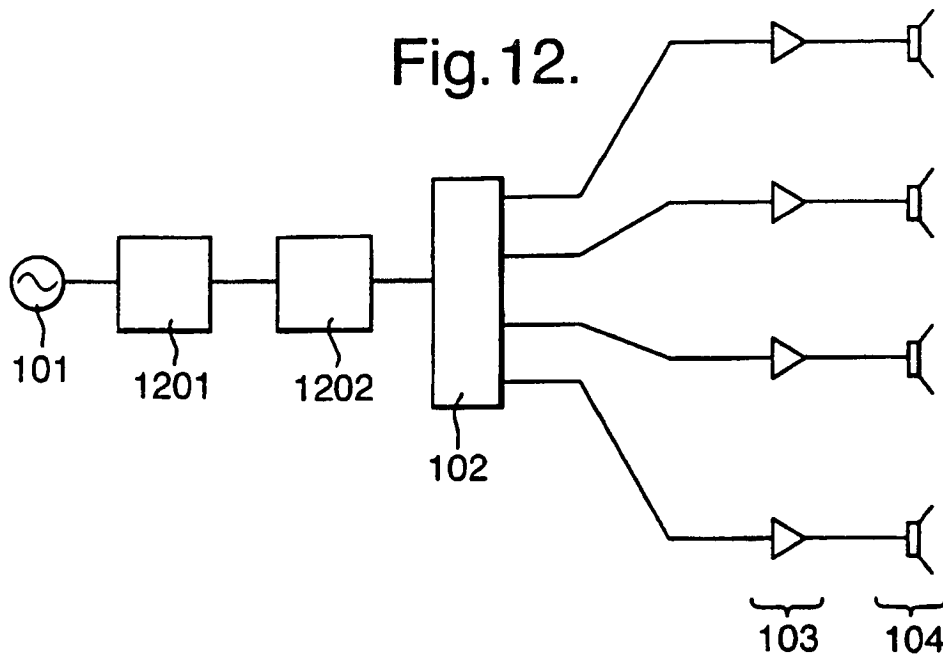


Fig. 13.

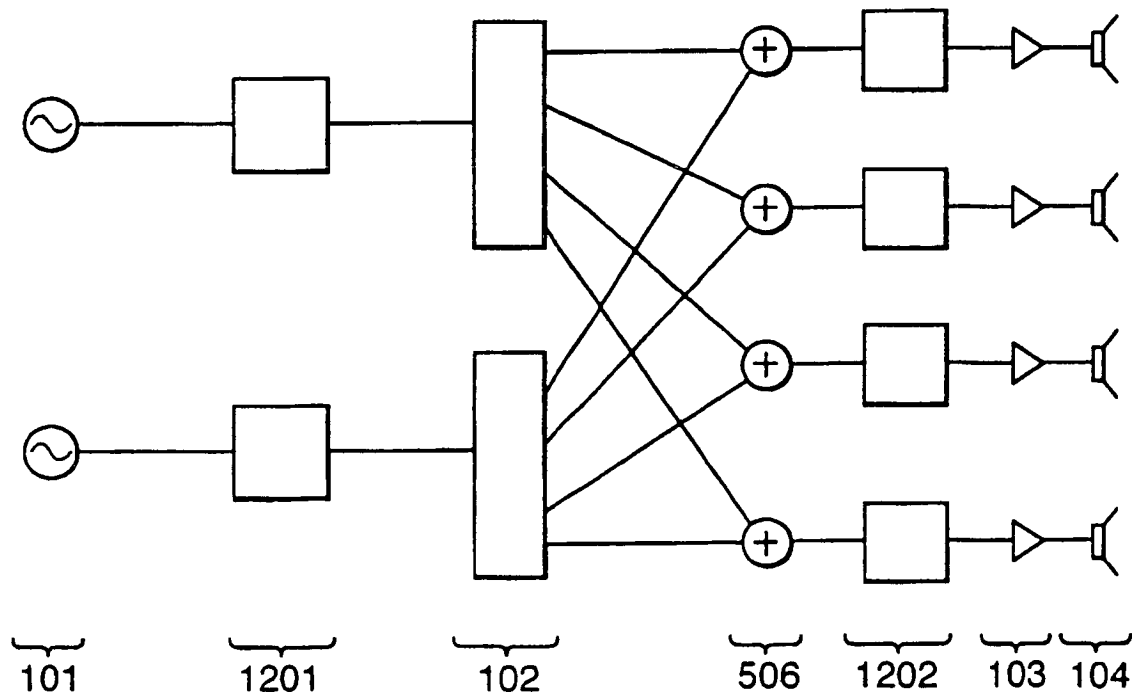


Fig.14.

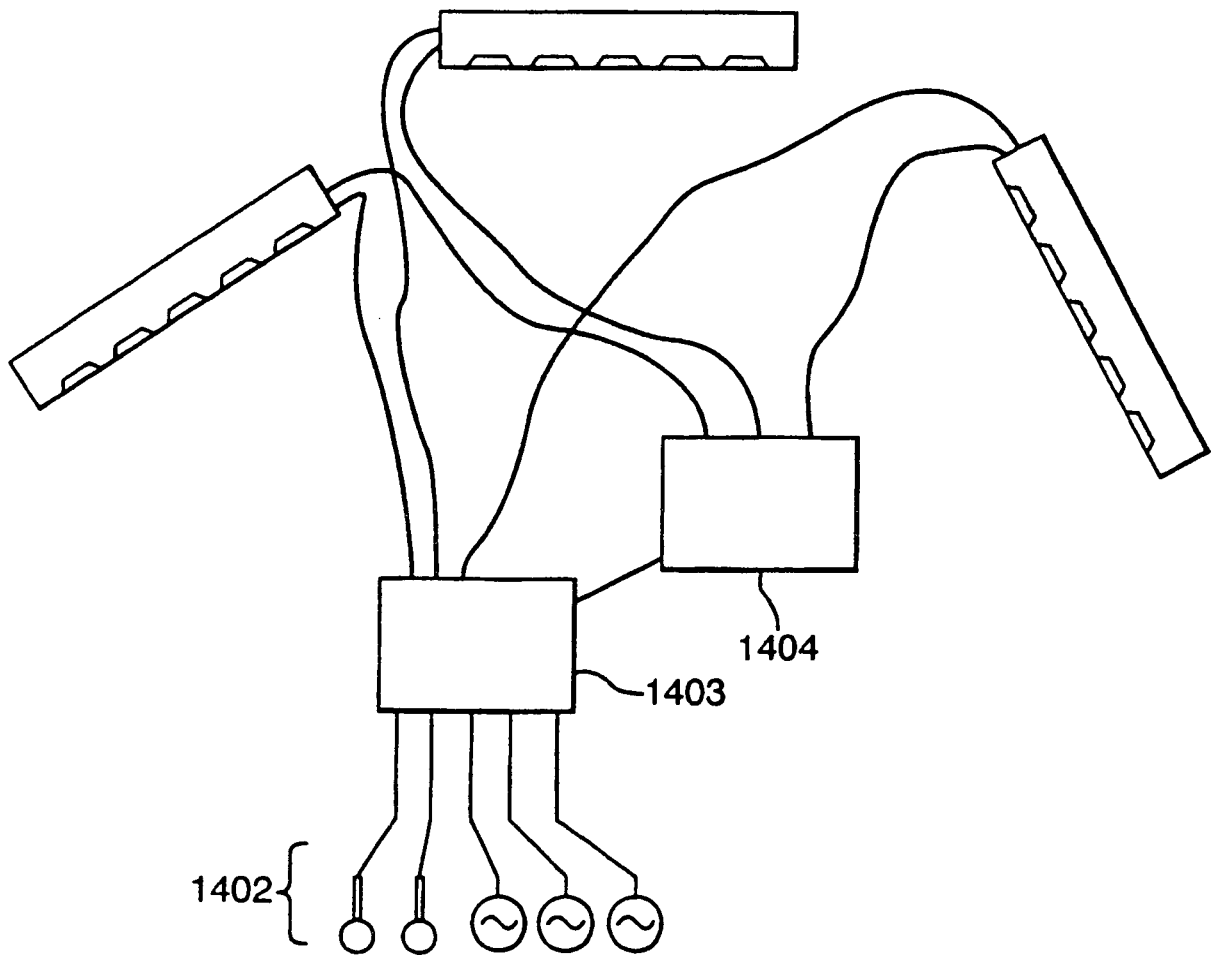


Fig.15.

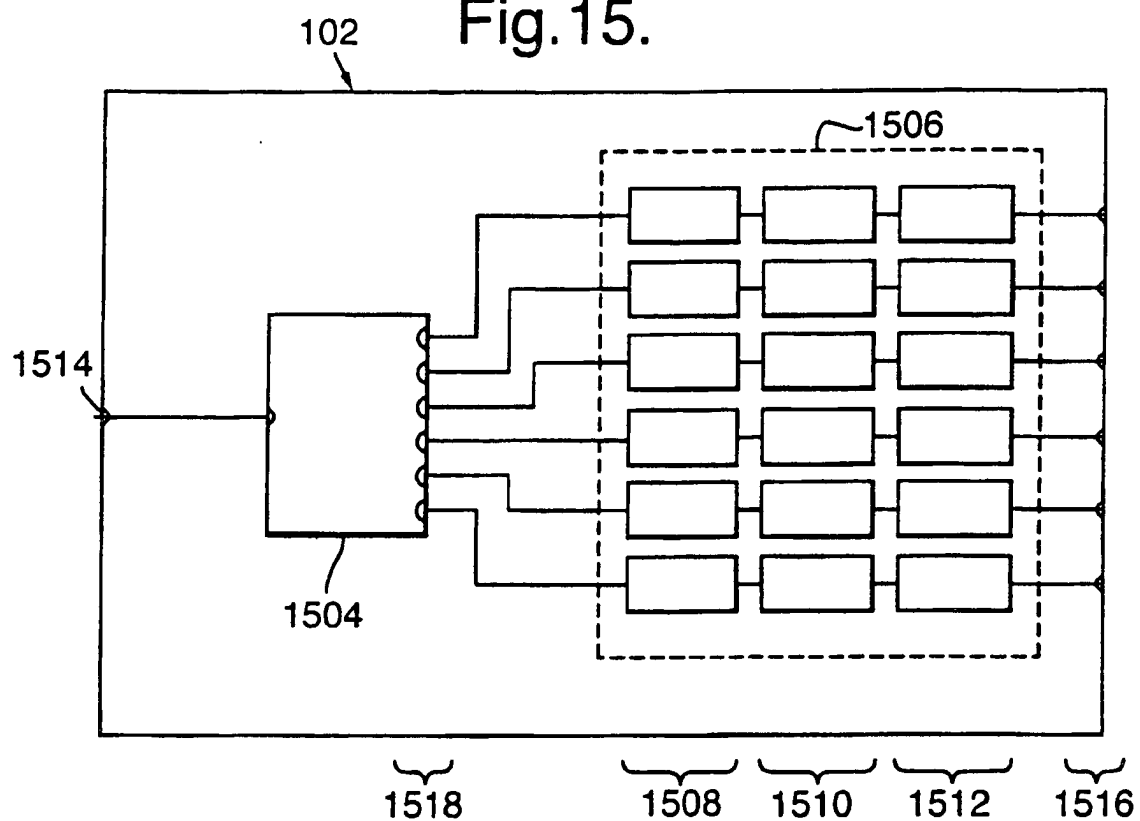


Fig.16A.

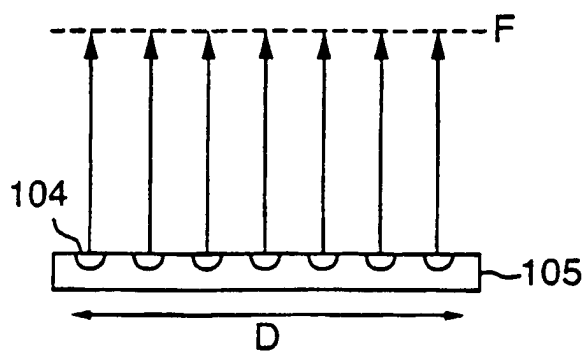
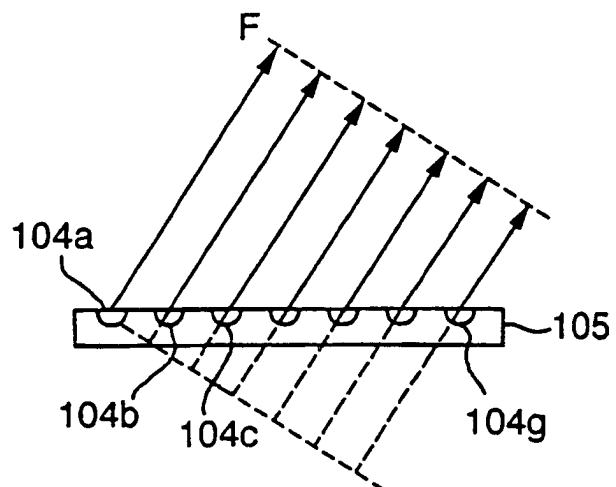


Fig.16B.



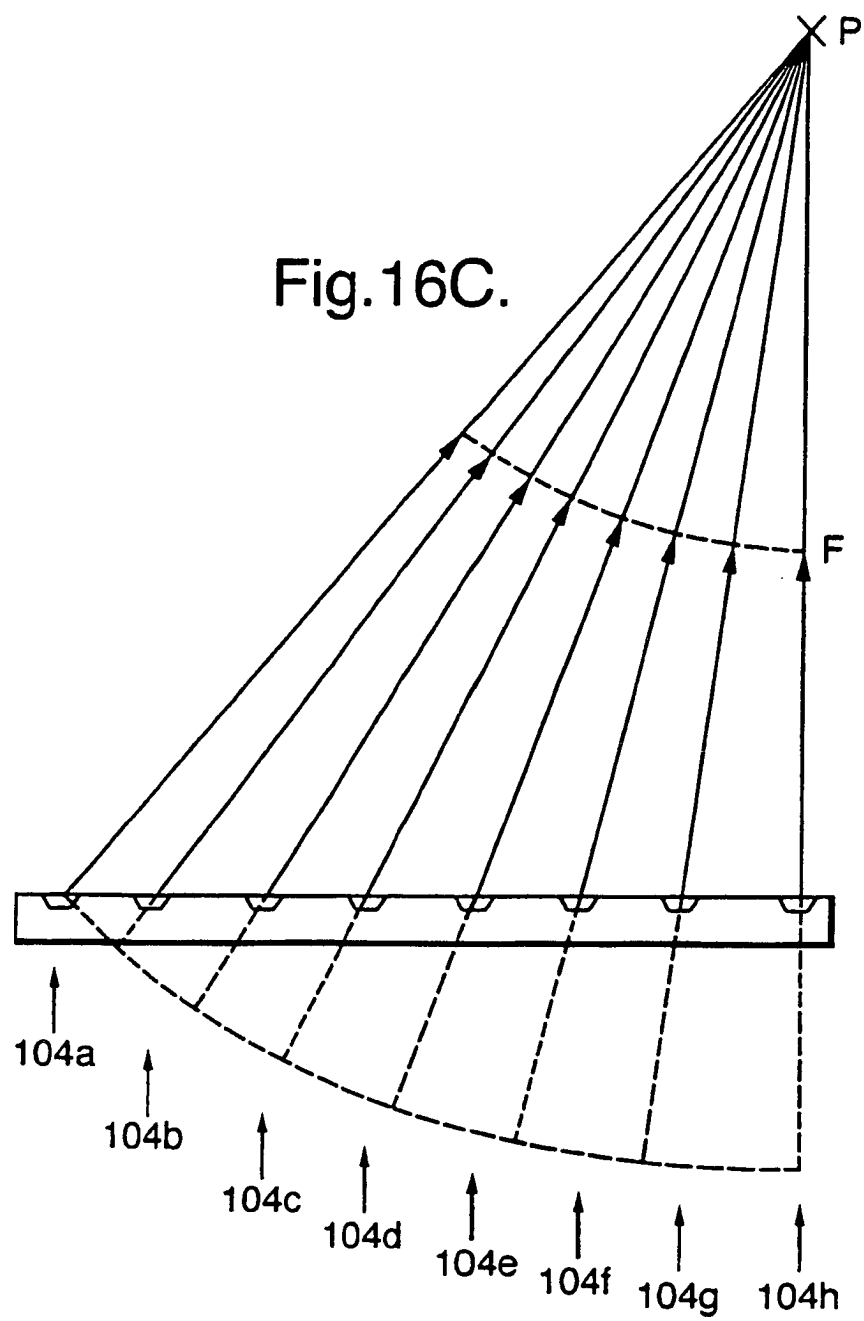
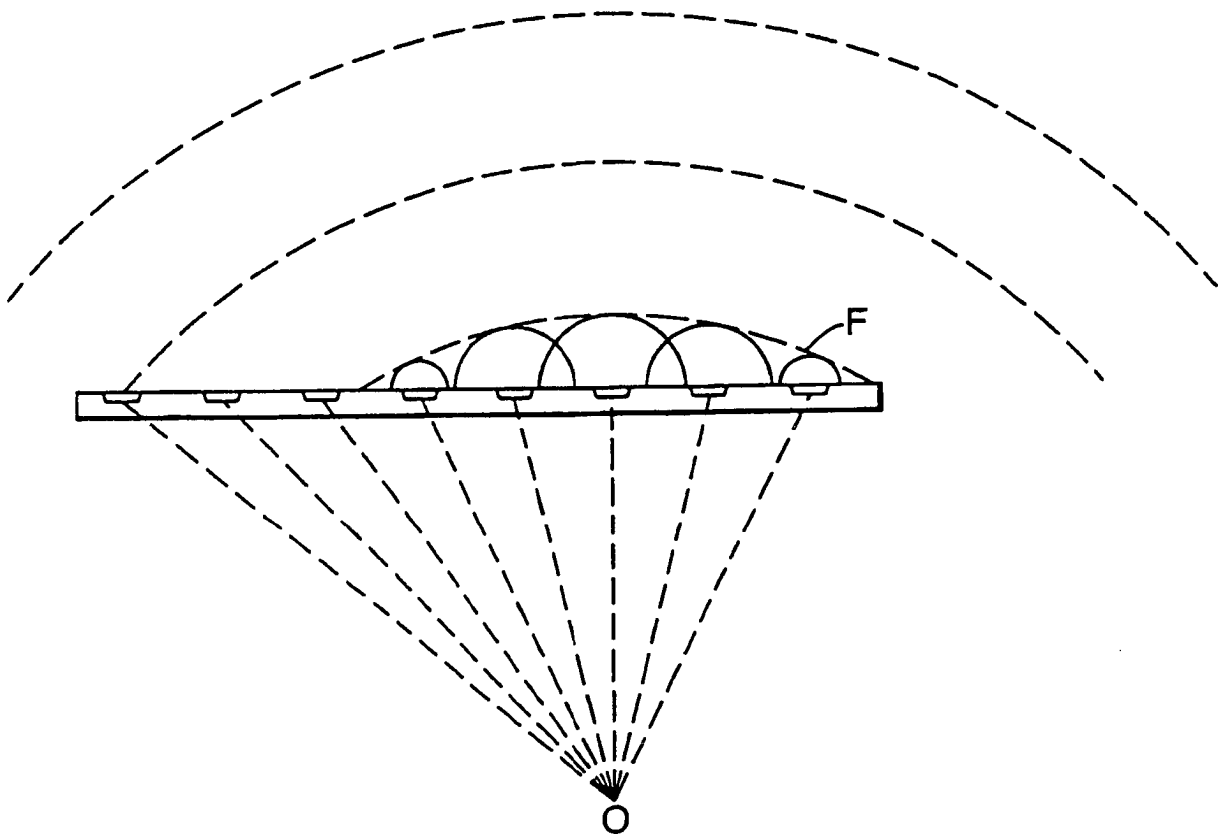


Fig.16D.



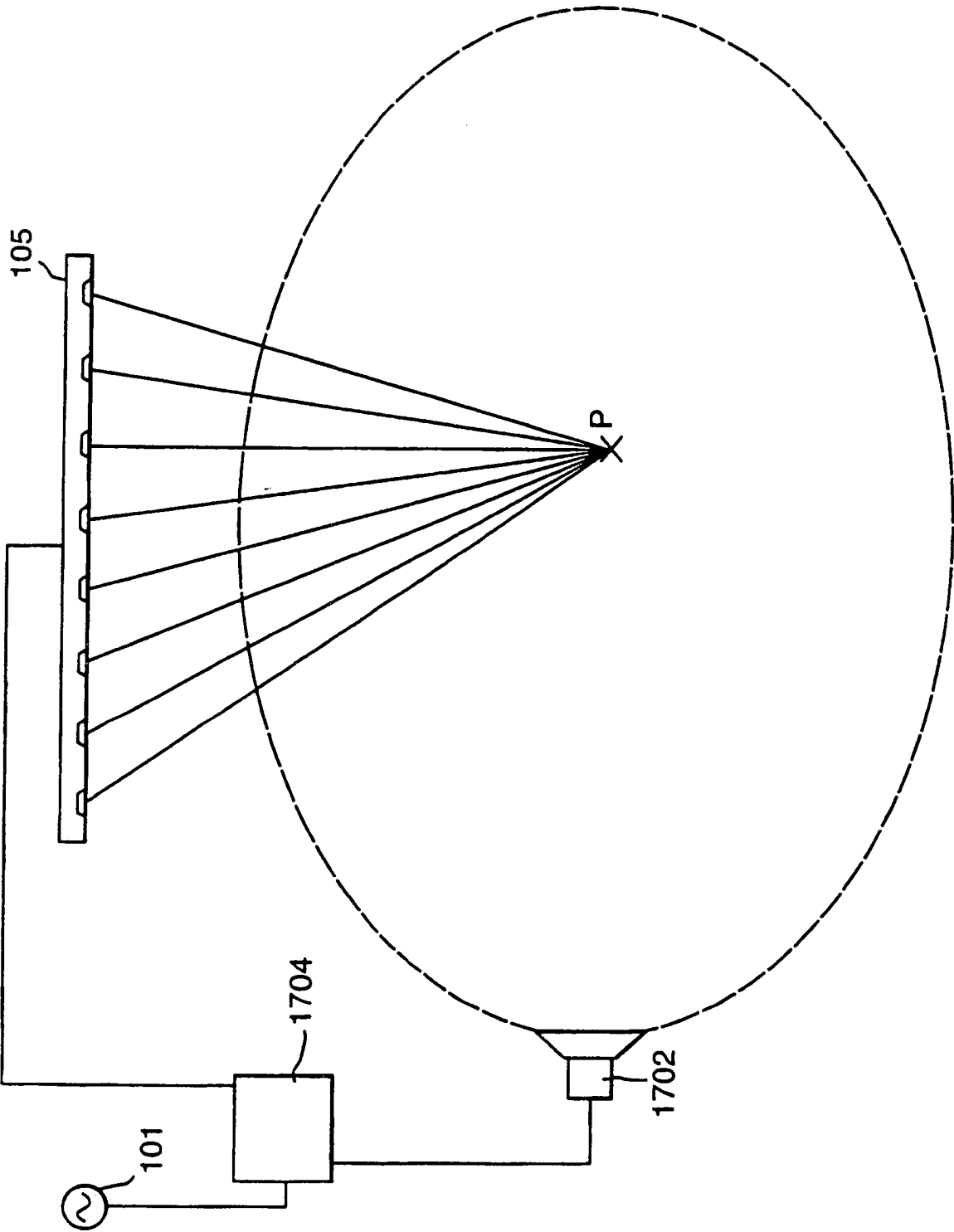


Fig.17.

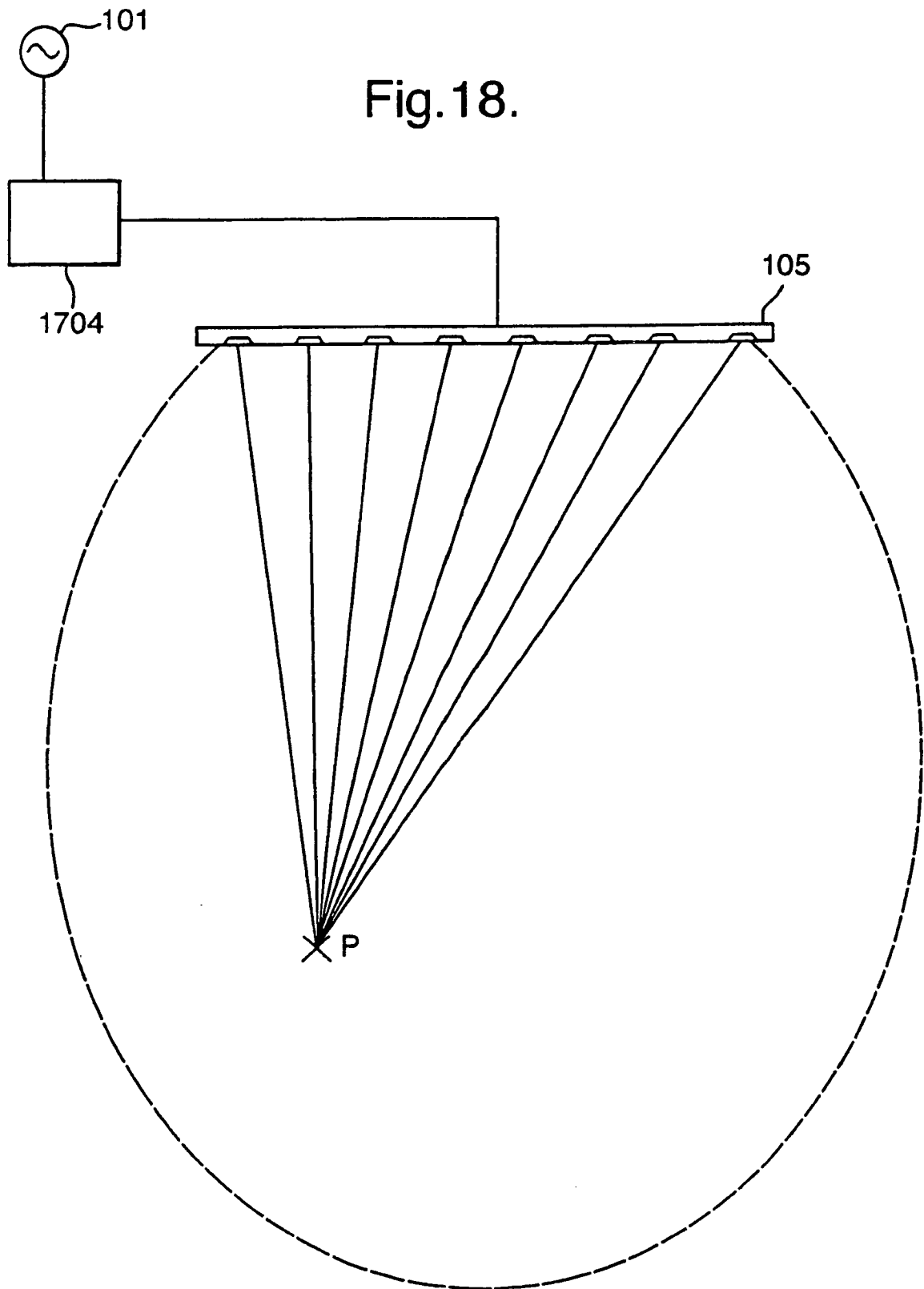


Fig.19.

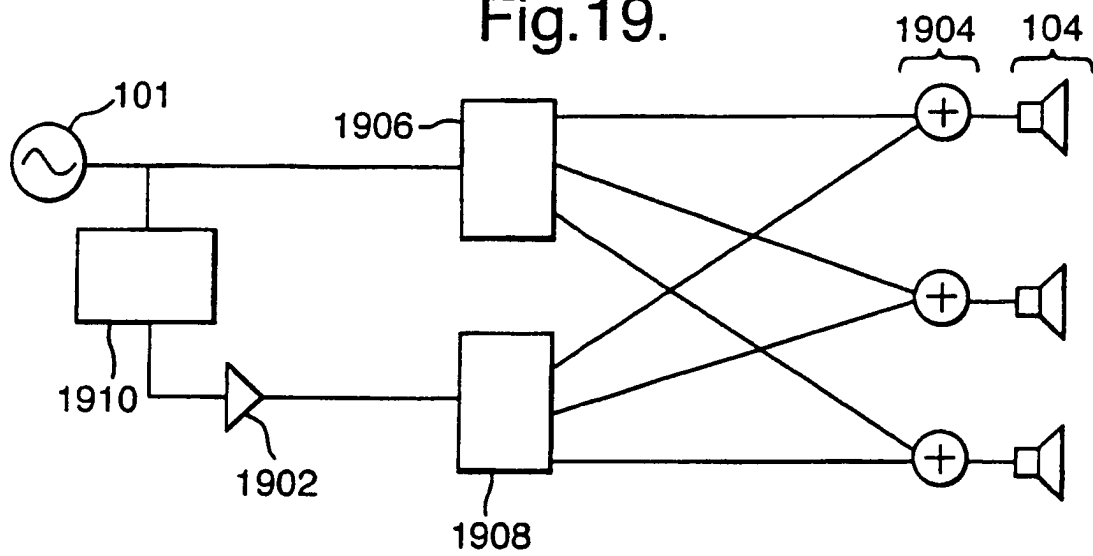


Fig.20.

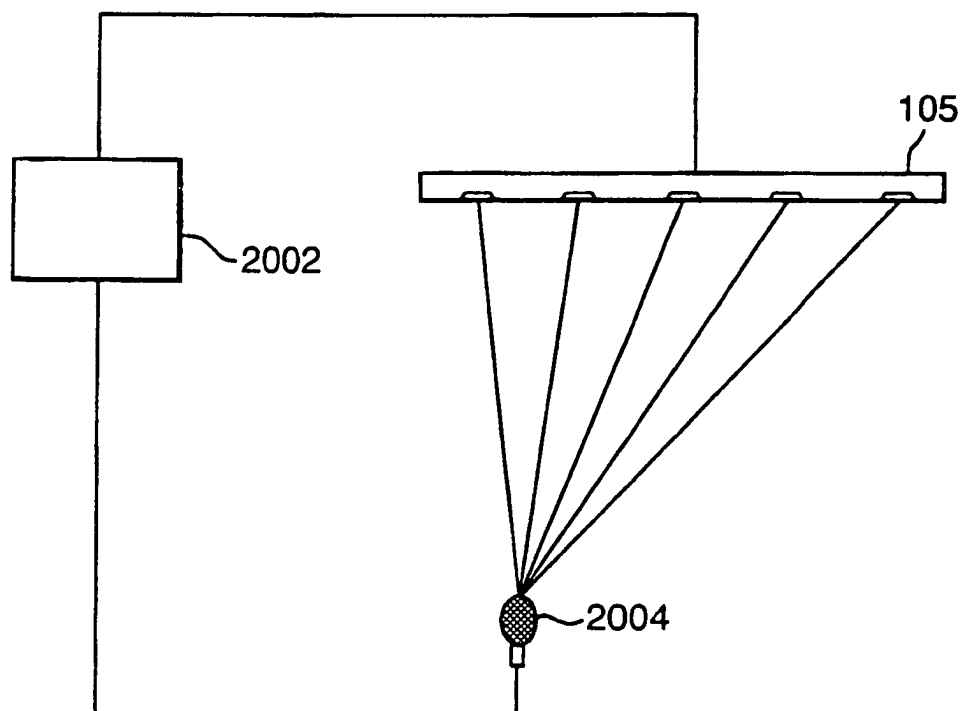


Fig.21.

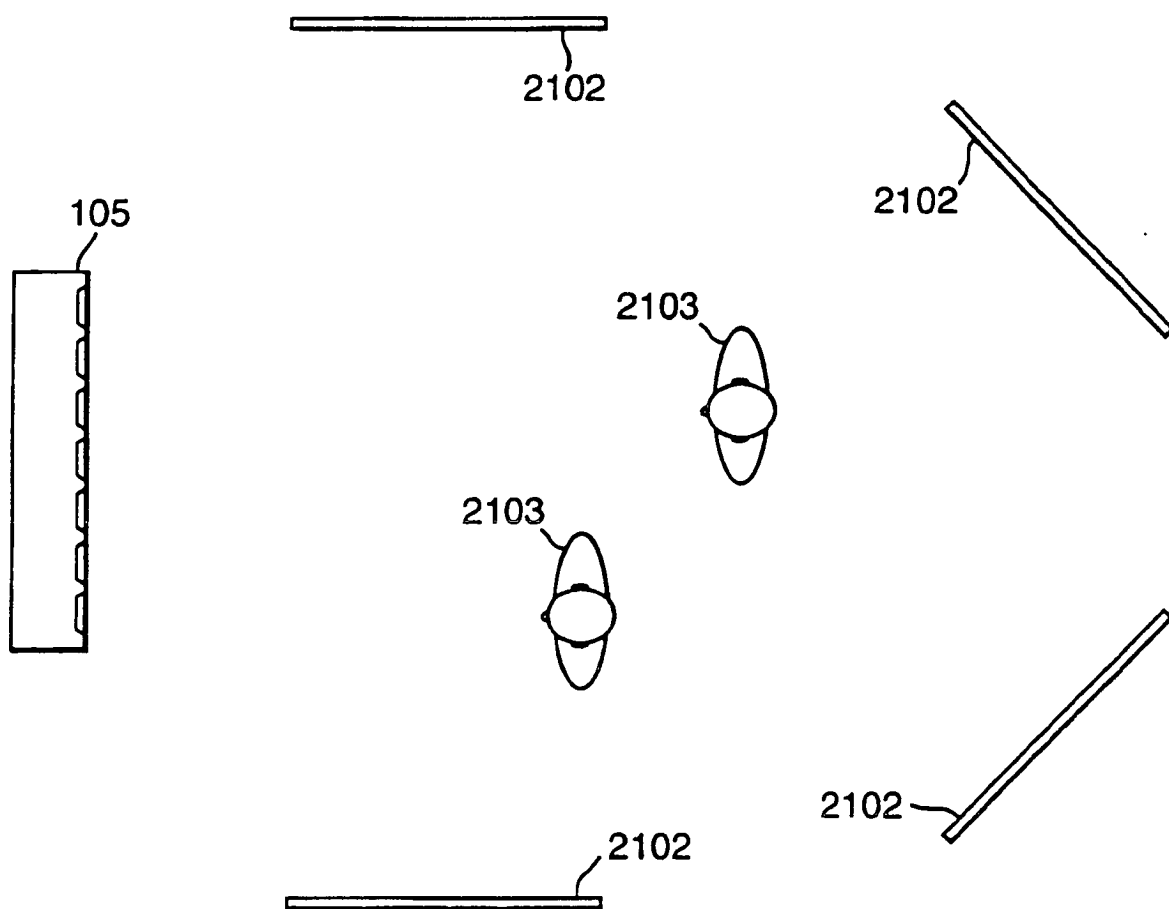
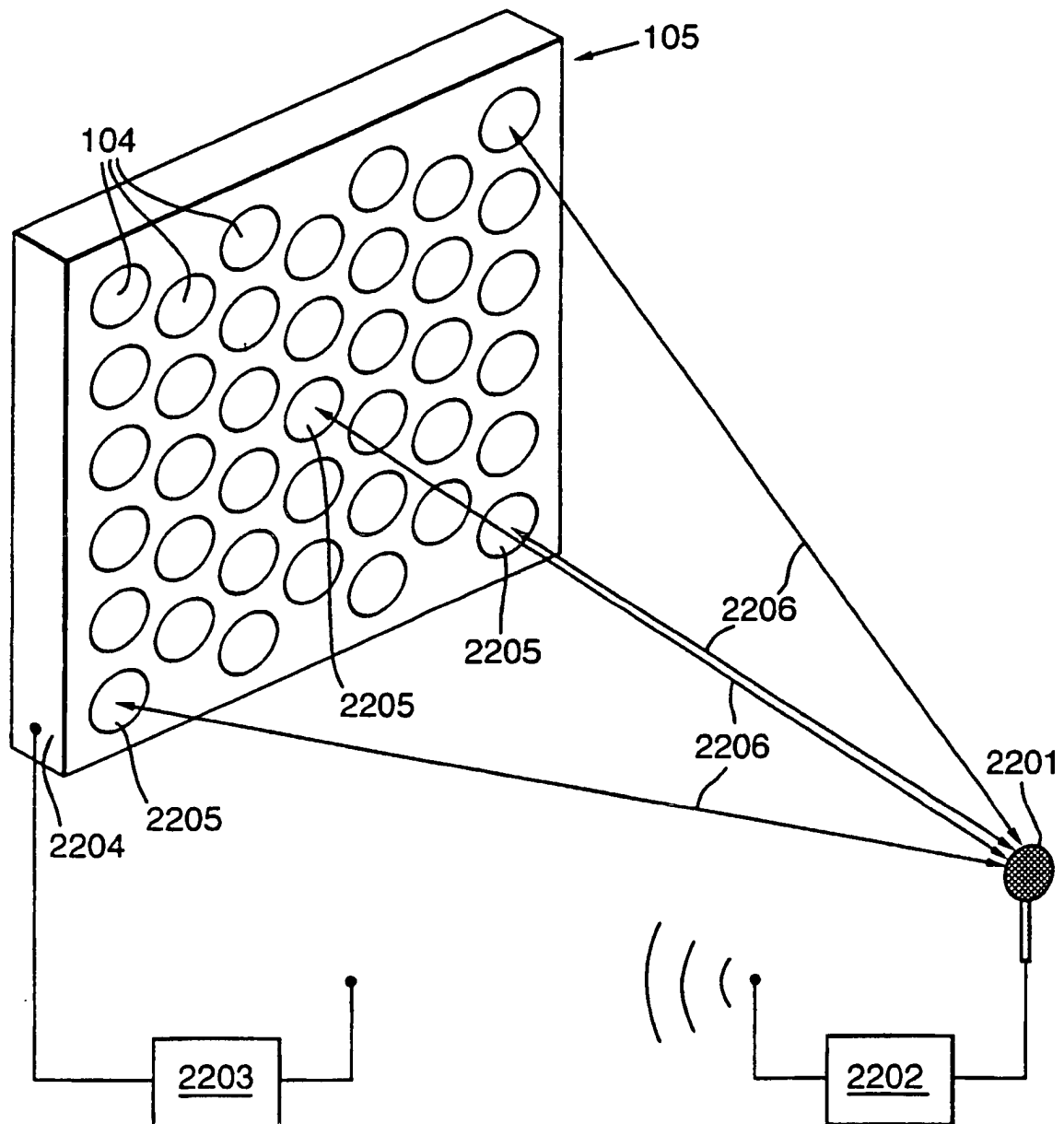


Fig.22.



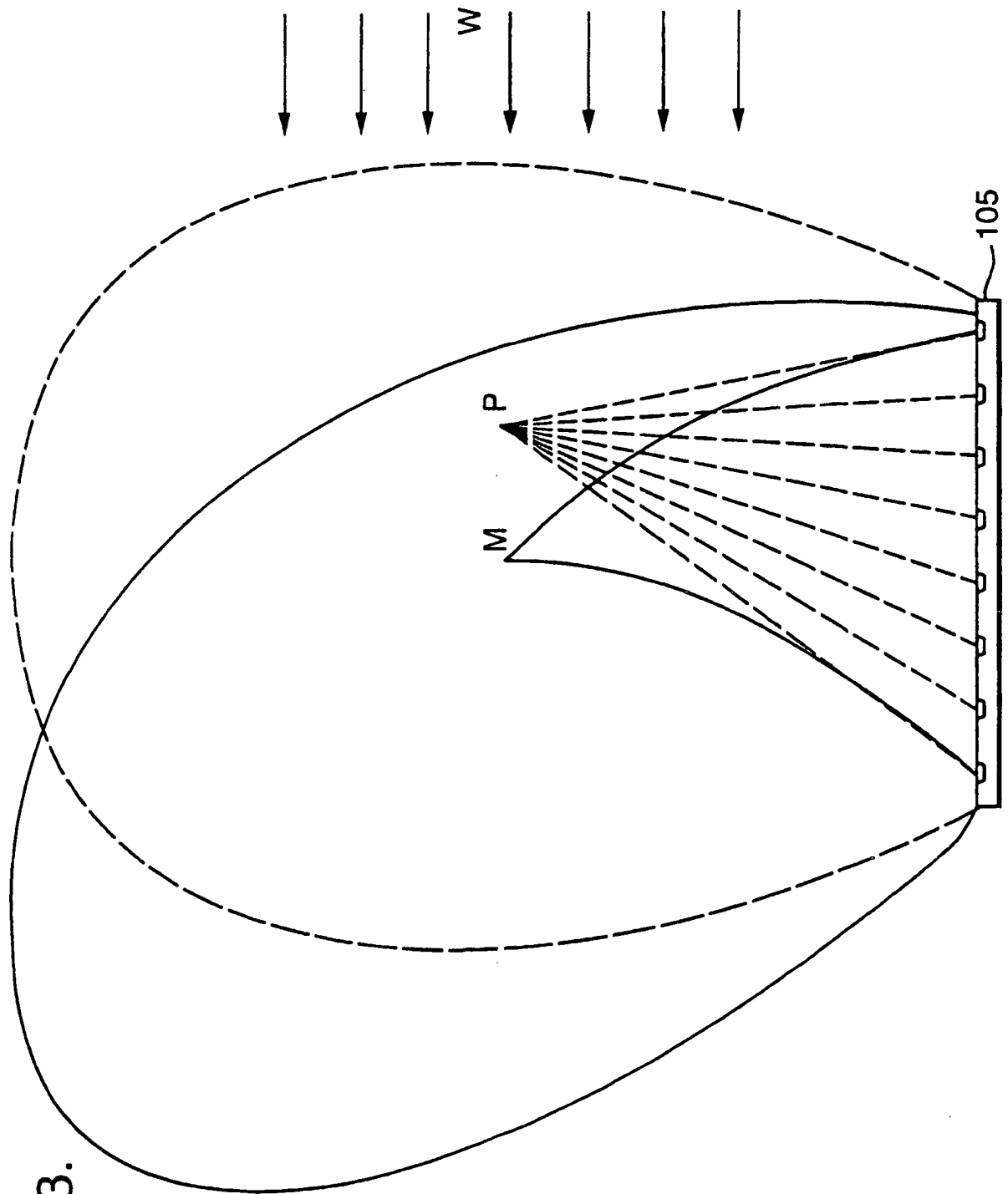


Fig.23.

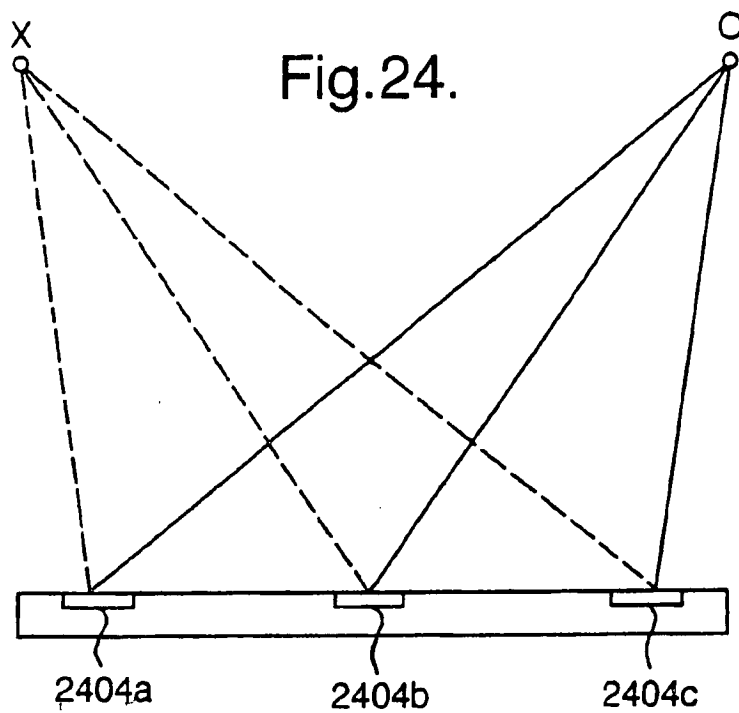


Fig.25A.

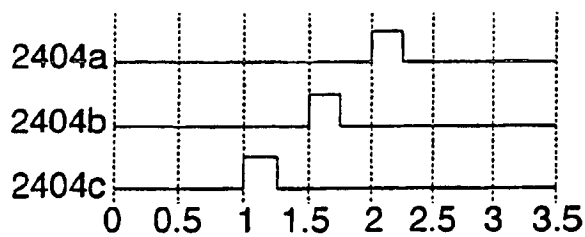


Fig.25B.

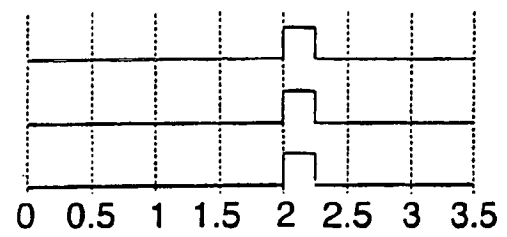


Fig.25C.

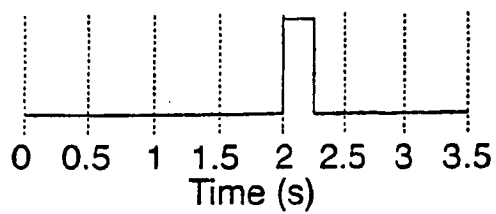


Fig.25D.

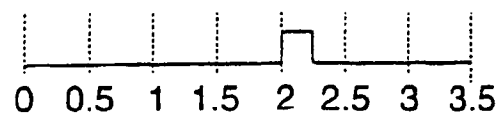


Fig.25E.

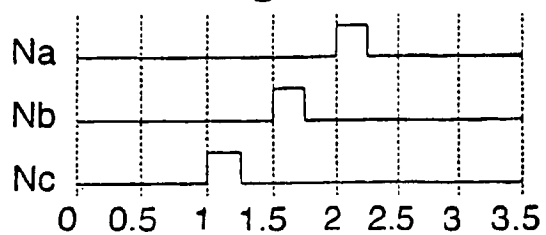


Fig.25F.

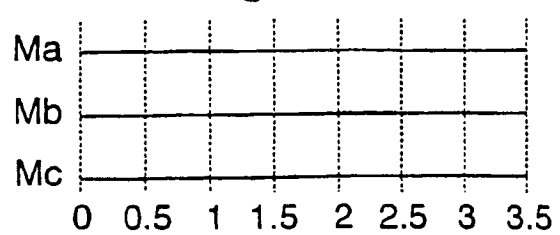


Fig.26A.

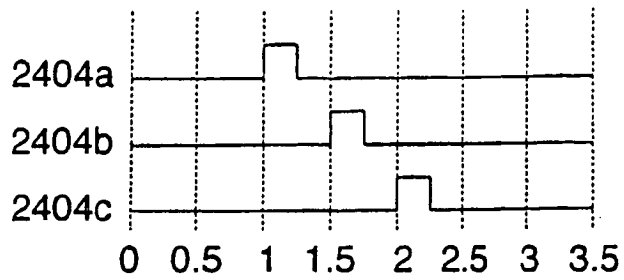


Fig.26B.

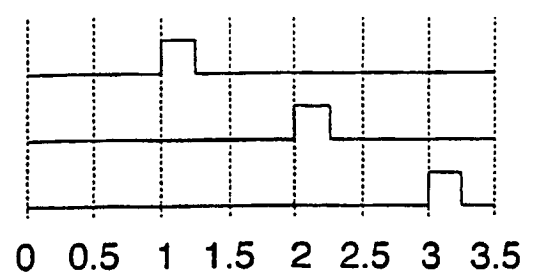


Fig.26C.

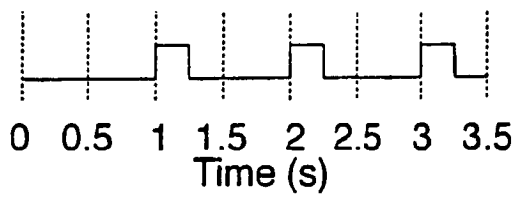


Fig.26D.

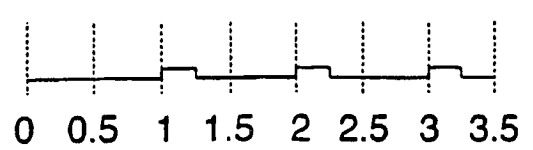


Fig.26E.

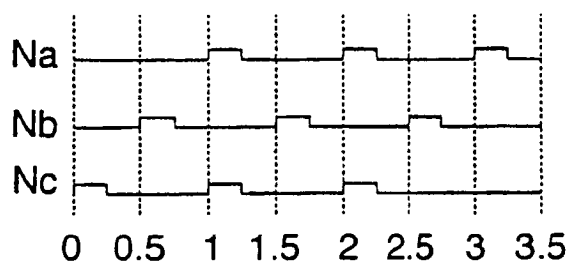
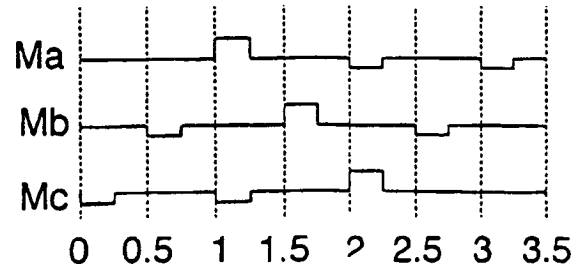


Fig.26F.



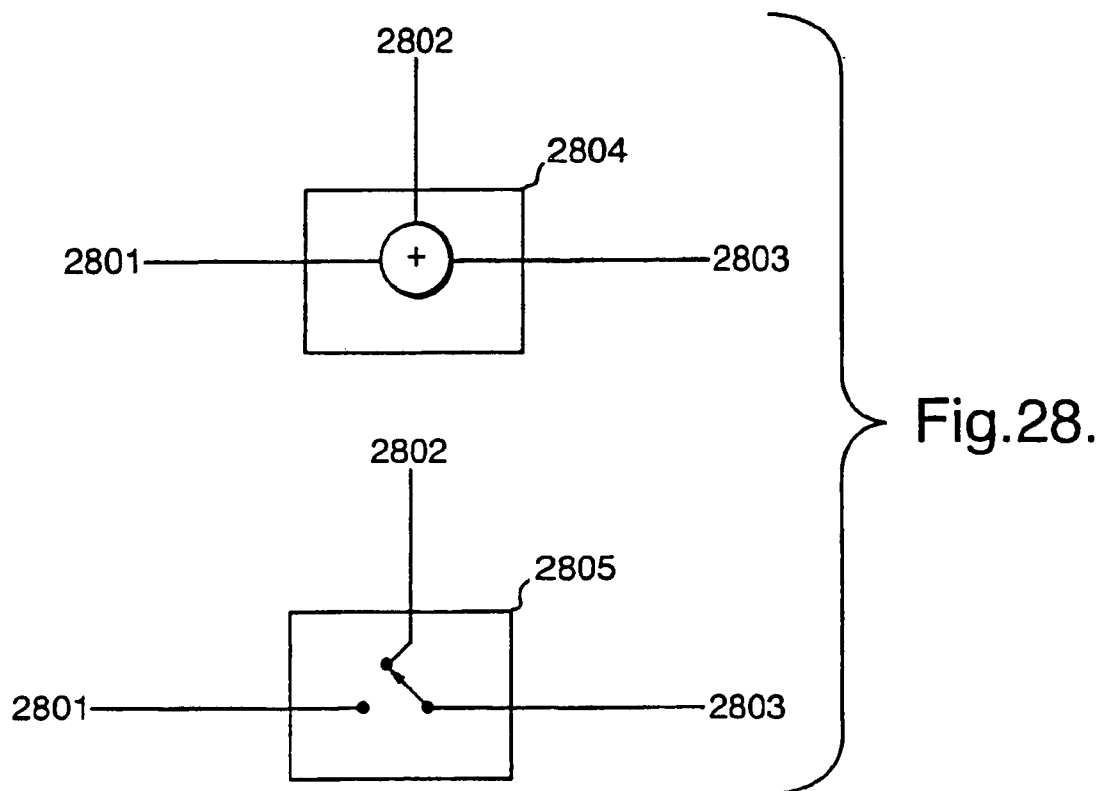
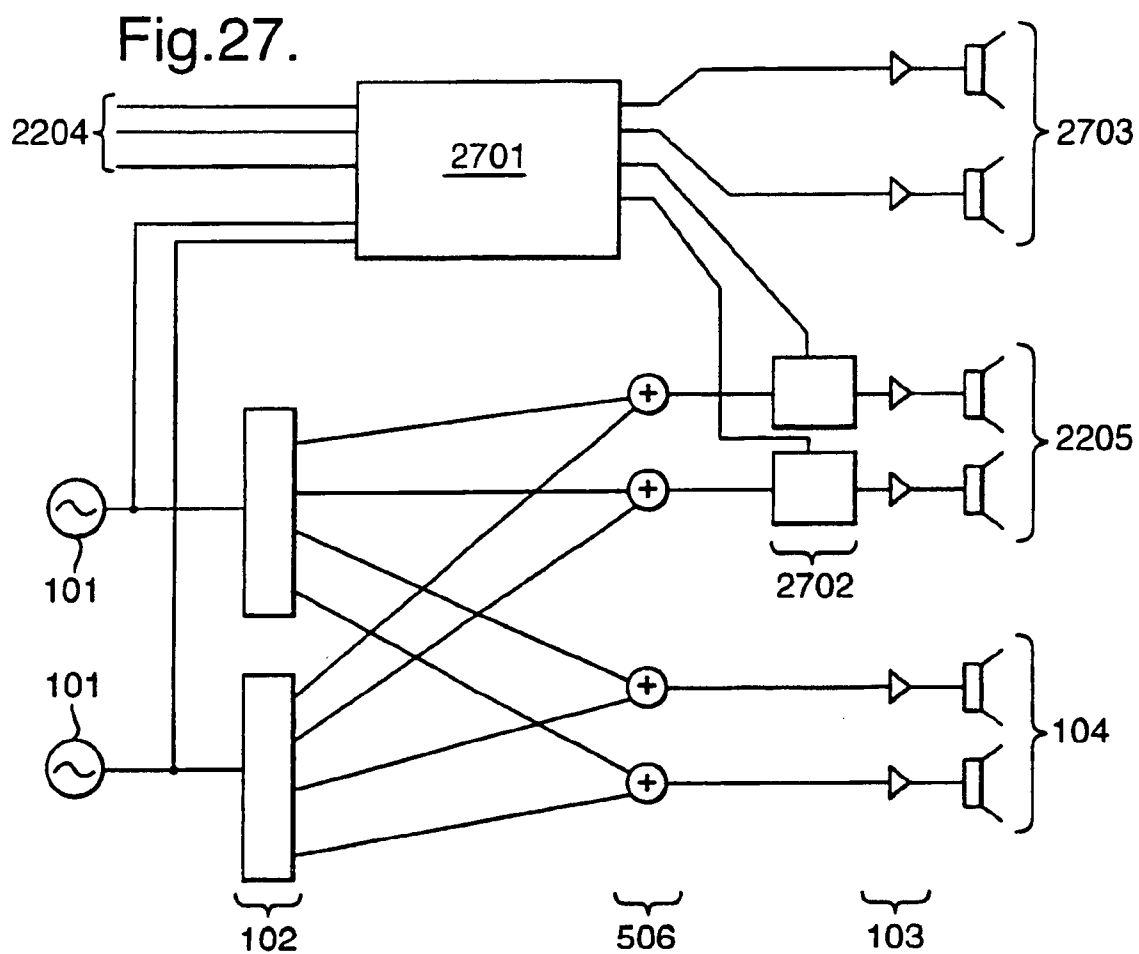


Fig.29.

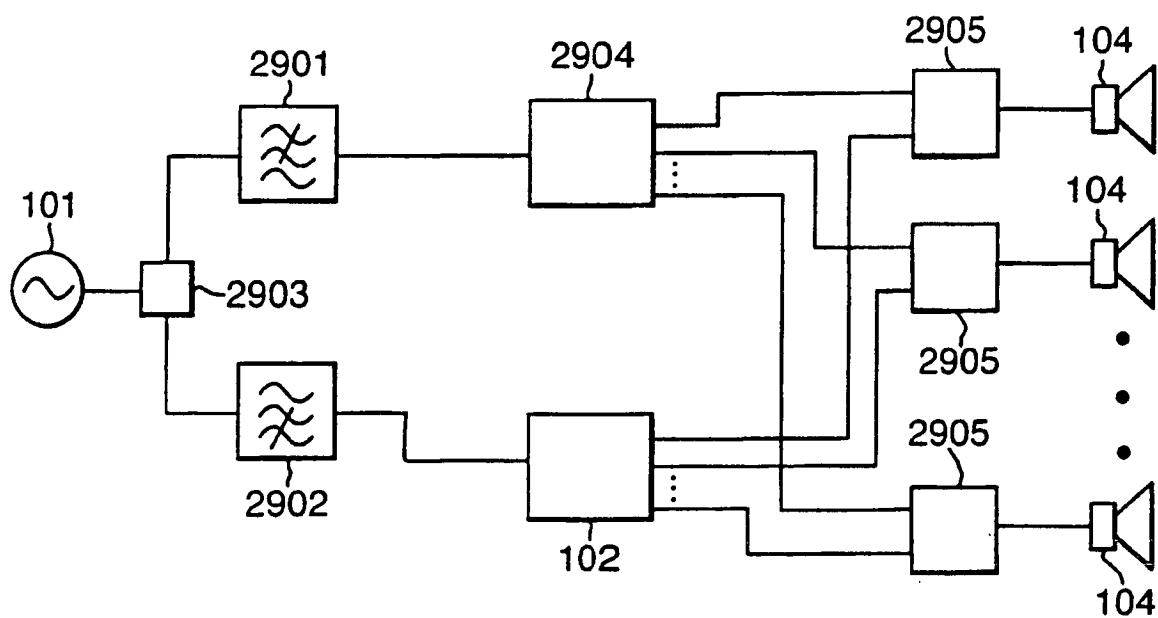


Fig.30.

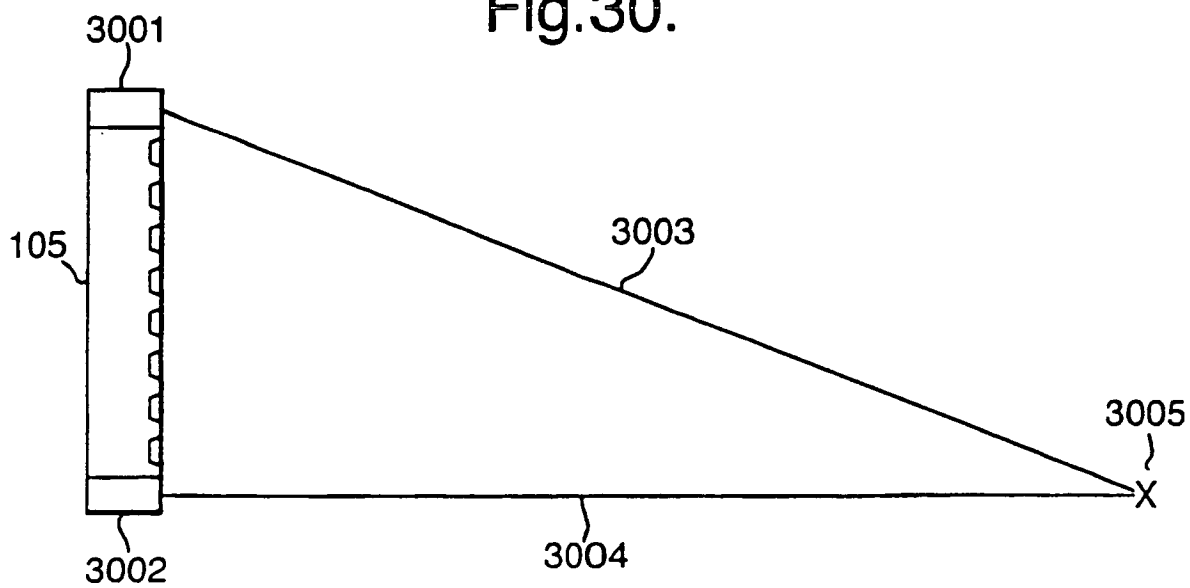


Fig.31.

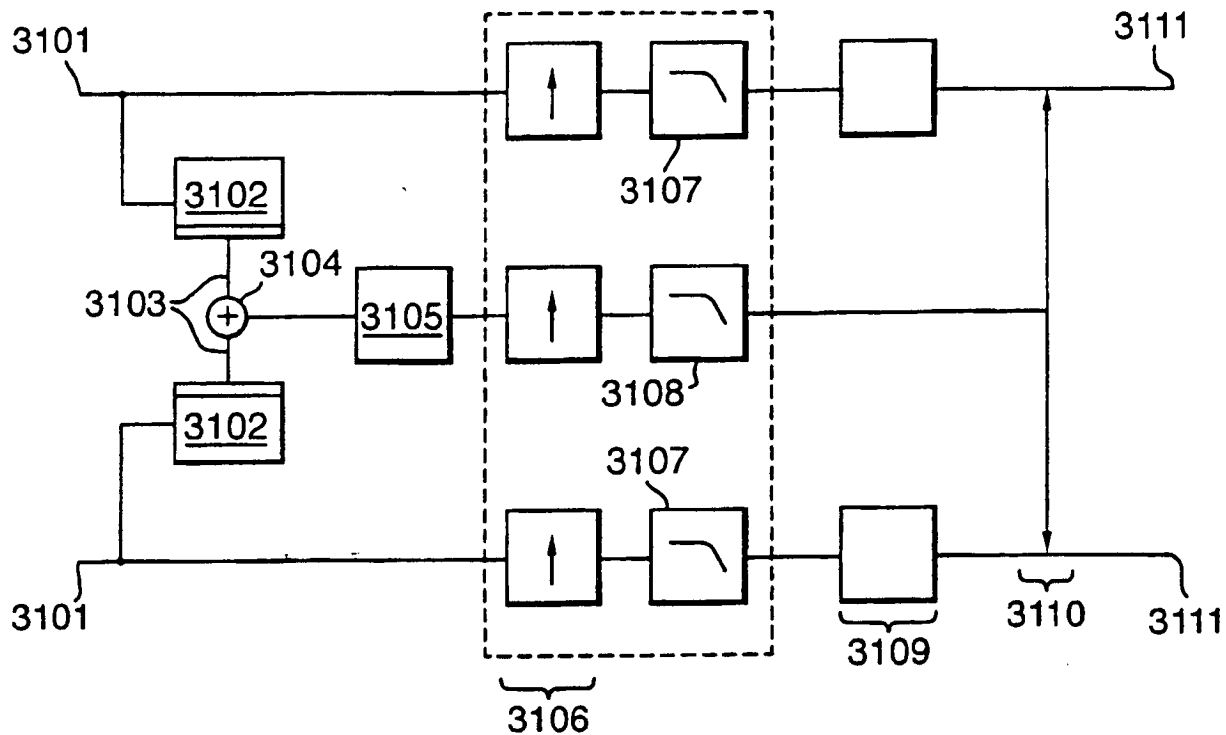


Fig.32.

