



(10) **DE 10 2011 116 991 B4** 2018.12.06

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 116 991.5**
(22) Anmeldetag: **26.10.2011**
(43) Offenlegungstag: **02.05.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **06.12.2018**

(51) Int Cl.: **H04R 1/10** (2006.01)
H04R 3/00 (2006.01)
G10K 11/178 (2006.01)
H04M 1/58 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
austriamicrosystems AG, Unterpremstätten, AT

(72) Erfinder:
Gether, Horst, Straden, AT

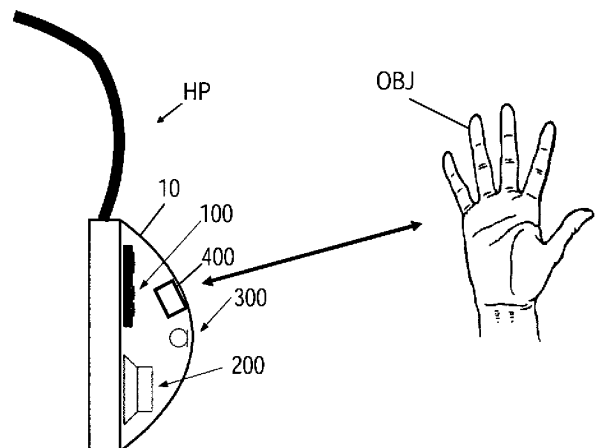
(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:
US 2010 / 0 296 668 A1

(54) Bezeichnung: **Geräuschunterdrückungssystem und Verfahren zur Geräuschunterdrückung**

(57) Hauptanspruch: Geräuschunterdrückungssystem mit einem Kopfhörer (HP), der einen Lautsprecher (200, 210) zum Abgeben eines Lautsprechersignals, ein Mikrofon (300, 310, 320, 330) zum Aufnehmen eines Mikrofonsignals und einen Näherungssensor (400, 410) umfasst, wobei der Näherungssensor (400, 410) an einer Außenseite eines Gehäuses des Kopfhörers (HP) angeordnet ist und eingerichtet ist zum Aufnehmen eines Näherungssignals, welches eine quantitative Information über eine Entfernung eines der Außenseite des Gehäuses zugewandten Objekts (OBJ) von dem Näherungssensor (400, 410) umfasst, das Geräuschunterdrückungssystem aufweisend eine Signalverarbeitungseinrichtung (100), die eingerichtet ist

- ein Kompensationssignal auf der Basis des Mikrofonsignals zu erzeugen, wobei das Erzeugen des Kompensationssignals eine Filterung mit einer einstellbaren Filtercharakteristik umfasst;
- das Kompensationssignal mit einem Audiosignal zu kombinieren, um das Lautsprechersignal zu erzeugen; und
- die Filtercharakteristik auf der Basis der Entfernung anzupassen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Geräuschunterdrückungssystem für einen Kopfhörer sowie ein Verfahren zur Geräuschunterdrückung für einen Kopfhörer.

[0002] Bei einigen herkömmlichen Kopfhörern wird eine aktive Geräuschunterdrückung durchgeführt, um störende Fremdgeräusche vom Nutzer des Kopfhörers fernzuhalten. Dazu wird üblicherweise mit einem dafür vorgesehenen Mikrofon ein Signal aufgenommen, welches das zu unterdrückende störende Geräusch als Störsignal enthält. Dieses Signal wird nach entsprechender Bearbeitung in invertierter Form einem Audiosignal überlagert, sodass sich das aufgenommene und bearbeitete Störsignal und das tatsächliche in der Umgebung des Kopfhörers auftretende Störsignal zumindest teilweise gegenseitig auslöschen.

[0003] Hierfür sind verschiedene Ansätze bekannt. Beispielsweise wird das Mikrofon an der Außenseite des Kopfhörers angebracht, sodass lediglich Geräusche außerhalb des Kopfhörers aufgenommen werden und für die Geräuschunterdrückung zur Verfügung stehen. Ein solches System wird auch als Vorwärtssystem oder Feed Forward-System bezeichnet. Weiterhin ist es möglich, ein Mikrofon im Inneren eines Gehäuses des Kopfhörers anzubringen, sodass von dem Mikrofon sowohl Teile des Lautsprechersignals als auch Umgebungsgeräusche aufgenommen werden. Mit entsprechender Verarbeitung wird wiederum ein Überlagerungssignal gebildet, welches die störenden Umgebungsgeräusche auslöscht.

[0004] Die Verarbeitung der Mikrofonsignale erfolgt beispielsweise dadurch, dass das Mikrofonsignal auf einem bestimmten Pegel gebracht wird und einer Filterung unterzogen wird. Die Wahl des Pegels und einer Filterfunktion hängen hierbei insbesondere von der speziellen Ausgestaltung des Kopfhörers und der Positionierung des Mikrofons ab.

[0005] Wenn durch äußere Einflüsse, beispielsweise Druck auf den Kopfhörer, die Übertragungseigenschaften des Lautsprechers des Kopfhörers beziehungsweise des Mikrofons verändert sind, sind die Parameter zur Bearbeitung des Mikrofonsignals üblicherweise nicht mehr optimal angepasst an die geänderten Verhältnisse. Beispielsweise kann es dazu kommen, dass eine Rückkopplung des überlagerten Ausgleichsignals vom Lautsprecher auf das Mikrofon erfolgt, was zu Oszillationen im Geräuschunterdrückungssystem führt. Dadurch ist die Effektivität des Geräuschunterdrückungssystems beeinträchtigt.

[0006] Im Dokument US 2010/0296668 A1 wird vorgeschlagen, die aktive Geräuschunterdrückung in einem Gerät zu deaktivieren, wenn das Gerät in oder an einem Ohr eines Benutzers ist.

[0007] Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein verbessertes Konzept für eine Geräuschunterdrückung bei einem Kopfhörer anzugeben, welches auch bei geänderten Betriebsparametern eine ausreichende Leistungsfähigkeit ermöglicht.

[0008] Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Weiterbildungen und Ausgestaltungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0009] Beispielsweise wird hierzu bei einem herkömmlichen Kopfhörer mit einem Geräuschunterdrückungssystem zusätzlich ein Näherungssensor vorgesehen, welcher ein Näherungssignal abgibt. Das Näherungssignal enthält beispielsweise Informationen darüber, ob sich ein Objekt in der Nähe des Kopfhörers befindet und gegebenenfalls auch, wie weit sich dieses Objekt vom Kopfhörer entfernt befindet. Basierend auf diesem Näherungssignal kann eine Filtercharakteristik, mit der ein Mikrofonsignal des vorhandenen Geräuschunterdrückungsmikrofons verarbeitet wird, angepasst werden. Somit lässt sich eine jeweils günstige Filtercharakteristik einstellen, die an die Umgebungsbedingungen und Übertragungseigenschaften des Kopfhörers angepasst ist. Folglich lässt sich beispielsweise auch die Leistungsfähigkeit der Geräuschunterdrückung im Vergleich zu einem herkömmlichen Kopfhörer mit Geräuschunterdrückung erhöhen. Zudem können Oszillationen und damit eine starke Beeinträchtigung der Geräuschunterdrückung bei ungünstigen Übertragungseigenschaften des Kopfhörers verhindert werden.

[0010] In einer Ausführungsform ist ein Geräuschunterdrückungssystem für einen Kopfhörer angegeben, wobei der Kopfhörer einen Lautsprecher zum Abgeben eines Lautsprechersignals, ein Mikrofon zum Aufnehmen eines Mikrofonsignals und einen Näherungssensor zum Aufnehmen eines Näherungssignals umfasst. Das Geräuschunterdrückungssystem weist eine Signalverarbeitungseinrichtung auf, die eingerichtet ist, ein Kompensationssignal auf der Basis des Mikrofonsignals zu erzeugen, wobei das Erzeugen des Kompensationssignals eine Filterung mit einer einstellbaren Filtercharakteristik umfasst. Ferner ist die Signalverarbeitungseinrichtung eingerichtet, das Kompensationssignal mit einem Audiosignal zu kombinieren, um das Lautsprechersignal zu erzeugen. Die Signalverarbeitungseinrichtung ist zudem dazu eingerichtet, die Filtercharakteristik auf der Basis des Näherungssignals anzupassen.

[0011] Beispielsweise ist der Kopfhörer ein Monokopfhörer, bei dem das Mikrofon an oder in einem Gehäuse für den Lautsprecher des Kopfhörers angebracht ist. Zudem ist der Näherungssensor derart an dem Kopfhörer angebracht, dass eine Annäherung eines Objekts, welche die Übertragungseigenschaften des Kopfhörers verändern kann, detektiert wer-

den kann. Die Signalverarbeitungseinrichtung, welche beispielsweise in dem Kopfhörer integriert ist, wertet das Näherungssignal aus und verändert in Abhängigkeit der Nähe eines Objekts die Filtercharakteristik, beispielsweise derart, dass die Filtercharakteristik jeweils an die momentanen Übertragungseigenschaften des Kopfhörers angepasst sind. Somit kann das Kompensationssignal jeweils angepasst an die Umgebungsbedingungen des Kopfhörers erzeugt werden.

[0012] In verschiedenen Ausführungsformen kann das Geräuschunterdrückungssystem beziehungsweise die Signalverarbeitungseinrichtung auch für einen Stereokopfhörer mit wenigstens zwei Lautsprechern ausgelegt sein, sodass für jeden Audiokanal ein eigenes Mikrofonsignal mit einem separaten Mikrophon aufgenommen wird, um entsprechende Kompensationssignale zu erzeugen. Dementsprechend kann auch für beide Seiten beziehungsweise beide Kanäle des Kopfhörers ein eigener Näherungssensor vorgesehen sein, welche eine Annäherung eines Objekts im Bereich des zugehörigen Lautsprechers beziehungsweise Mikrofons detektiert. Eine Anpassung der jeweiligen Filtercharakteristik für die beiden Stereokanäle kann unabhängig voneinander erfolgen. Im Folgenden wird wegen der einfacheren Darstellung die Beschreibung für einen Kopfhörer mit lediglich einem Audiokanal fortgeführt. Entsprechende Ausführungsformen für einen Stereokopfhörer ergeben sich aber in entsprechender Weise.

[0013] Die Anpassung der Filtercharakteristik erfolgt beispielsweise dadurch, dass die Signalverarbeitungseinrichtung einen Verstärkungsfaktor der Filtercharakteristik anpasst. Beispielsweise wird bei einer größeren Entfernung eines Objekts beziehungsweise bei keinem Objekt in der Nähe des Kopfhörers ein hoher Verstärkungsfaktor der Filtercharakteristik gewählt, sodass das resultierende Kompensationssignal vergleichsweise hohe Anteile eines in dem Mikrofonsignal enthaltenen Störsignals umfasst. Dadurch entsteht beim Nutzer des Kopfhörers der Eindruck einer guten Auslöschung des akustischen Störsignals, sodass die Effizienz des Geräuschunterdrückungssystems erhöht ist.

[0014] Wenn über das Näherungssignal von der Signalverarbeitungseinrichtung detektiert wird, dass sich ein Objekt in der Nähe des Kopfhörers befindet, sodass es zu Rückkopplungen des Lautsprechersignals auf das Mikrofonsignal kommt, kann der Verstärkungsfaktor der Filtercharakteristik so weit herabgesetzt werden, dass Oszillationen durch die Aufnahme des Kompensationssignals im Mikrofonsignal verhindert werden. Folglich wird eine Überkompensation eines störenden akustischen Signals verhindert und dadurch wiederum eine hohe Effizienz des Geräuschunterdrückungssystems erreicht.

[0015] Die Anpassung des Verstärkungsfaktors der Filtercharakteristik erfolgt beispielsweise durch Einstellung der Verstärkung eines Mikrofonverstärkers, welcher das aufgenommene Mikrofonsignal verstärkt und vorzugsweise anschließend einer Filterung zufführt. Mit anderen Worten umfasst in dieser Ausführungsform die Filtercharakteristik unter anderem die Verstärkung eines Mikrofonverstärkers und eine Übertragungsfunktion eines Filters.

[0016] Die Anpassung des Verstärkungsfaktors kann in verschiedenen Ausführungsformen lediglich in zwei Stufen erfolgen, beispielsweise durch eine Umschaltung zwischen einer hohen und einer niedrigen Verstärkung, wenn eine Auswertung des Näherungssignals beispielsweise lediglich ergibt, ob ein Objekt vorhanden ist oder nicht.

[0017] In verschiedenen Ausführungsformen umfasst das Näherungssignal jedoch auch eine Information über eine Entfernung eines Objekts von dem Näherungssensor. Die Signalverarbeitungseinrichtung ist dabei eingerichtet, den Verstärkungsfaktor auf der Basis der Entfernung stufenweise oder kontinuierlich anzupassen. Beispielsweise erfolgt eine Auswertung des Näherungssignals derart, dass die Entfernung ermittelt wird und der einzustellende Verstärkungsfaktor in Abhängigkeit der ermittelten Entfernung festgelegt wird, etwa mittels einer Berechnung auf Basis einer bestimmten Funktion. Es ist aber auch möglich, dass für verschiedene vorgegebene Entfernungen beziehungsweise Entfernungsbereiche jeweils entsprechende Verstärkungsfaktoren in einer Tabelle oder dergleichen abgespeichert sind, sodass jeder Entfernung ein bestimmter Verstärkungsfaktor zugeordnet ist.

[0018] In verschiedenen weiteren Ausführungsformen ist die Signalverarbeitungseinrichtung eingerichtet, eine Übertragungsfunktion der Filtercharakteristik anzupassen. Hierbei wird insbesondere eine Filterfunktion eines Filters angepasst. Durch die Annäherung eines Objekts an den Kopfhörer beziehungsweise dem Näherungssensor können sich bestimmte Frequenzen, insbesondere Grenzfrequenzen oder Eckfrequenzen im Übertragungsverhalten des Kopfhörers verändern. Diese Änderungen können sich zum einen durch eine Frequenzverschiebung auszeichnen, zum anderen aber auch durch die Änderung einer Amplitude in einer Übertragungsfunktion bei einer bestimmten Frequenz auswirken. Um diese Änderungen bei der Kompensation der Störgeräusche zu berücksichtigen, ist es vorteilhaft, die Übertragungsfunktion des Filters, mit dem das Mikrofonsignal gefiltert wird, in entsprechender Weise an geänderte Bedingungen anzupassen. Folglich wird wiederum die Effizienz des Geräuschunterdrückungssystems erhöht.

[0019] Die Anpassung der Übertragungsfunktion kann auf der Basis verschiedener gespeicherter und vorab bestimmter Übertragungsfunktionen erfolgen. Beispielsweise ist die Signalverarbeitungseinrichtung eingerichtet, auf der Basis des Näherungssignals eine Übertragungsfunktion aus einer Gruppe von wenigstens zwei gespeicherten Übertragungsfunktionen auszuwählen.

[0020] Ähnlich wie zuvor für die Anpassung des Verstärkungsfaktors beschrieben, kann auch die Anpassung der Übertragungsfunktion auf der Basis einer Entfernung erfolgen, die aus dem Näherungssignal gewonnen wird. Beispielsweise ist die Signalverarbeitungseinrichtung eingerichtet, die Übertragungsfunktion aus der Gruppe von wenigstens zwei gespeicherten Übertragungsfunktionen auf der Basis der Entfernung auszuwählen.

[0021] In verschiedenen Ausführungsformen umfasst der Näherungssensor wenigstens eines der folgenden: einen kapazitiven Näherungssensor, einen auf Infrarotstrahlung basierenden Näherungssensor, einen Helligkeitssensor, einen Drucksensor.

[0022] Bei einem kapazitiven Näherungssensor wird beispielsweise die Änderung der kapazitiven Eigenschaften an einer Elektrode beziehungsweise zwischen zwei Elektroden detektiert, welche durch die Nähe eines Objekts, beispielsweise einer menschlichen Hand, ausgelöst wird.

[0023] Bei einem auf Infrarotstrahlung basierenden Näherungssensor wird beispielsweise mit einer Infrarotquelle, beispielsweise einer Leuchtdiode mit Lichtstrahlung im Infrarotbereich, ein Quellsignal ausgesendet, welches von einem Objekt in der Nähe reflektiert wird und schließlich von einem für Infrarotstrahlung empfindlichen Sensor, beispielsweise einem Fototransistor oder einer Fotodiode, aufgenommen wird. Das Maß der reflektierten Infrarotstrahlung beziehungsweise der aufgenommenen Infrarotstrahlung ermöglicht einen Rückschluss über die Nähe eines Objekts zu dem Näherungssensor.

[0024] Bei einem Helligkeitssensor kann beispielsweise die Nähe eines Objekts aufgrund einer sich verändernden Helligkeit detektiert werden. Bei einem Drucksensor kann beispielsweise der Druck auf den Sensor beziehungsweise dem Kopfhörer, auf dem der Drucksensor angebracht ist, ermittelt werden, wobei das Vorhandensein eines bestimmten Drucks auf die Nähe eines Objekts zu dem Näherungssensor schließen lässt.

[0025] Die verschiedenen beschriebenen Näherungssensoren können auch kombiniert werden, um beispielsweise eine präzisere Information über die Nähe eines Objekts zu erhalten. Zudem können auch andere Sensoren verwendet werden, welche die De-

tektion eines sich annähernden oder in der Nähe befindenden Objekts ermöglichen.

[0026] In verschiedenen Ausführungsformen ist die Signalverarbeitungseinrichtung als integrierte Schaltung auf einem Halbleiterkörper ausgebildet. Eine solche integrierte Signalverarbeitungseinrichtung kann beispielsweise in dem Kopfhörer und/oder in einer Zuleitung des Kopfhörers angeordnet sein. Beispielsweise umfasst hierzu das Geräuscherdrückungssystem den Kopfhörer selbst. In anderen Ausgestaltungsformen ist das Geräuscherdrückungssystem beispielsweise in ein Audiogerät, insbesondere ein mobiles Audiogerät integriert, wobei entsprechende Leitungen für das Lautsprechersignal, das Mikrofonsignal und das Näherungssignal für jeden Audiokanal von dem Kopfhörer zu dem Audiogerät geführt sind, beziehungsweise entsprechende Anschlüsse für solche Leitungen vorgesehen sind.

[0027] Der Näherungssensor ist beispielsweise an einem Gehäuse des Kopfhörers angeordnet, insbesondere an einer Außenseite des Gehäuses. Das Gehäuse umfasst beispielsweise den Lautsprecher und das Mikrofon.

[0028] Die verschiedenen Ausführungsformen des Geräuscherdrückungssystems können auch in einem Verfahren zur Geräuscherdrückung für einen Kopfhörer implementiert sein, der einen Lautsprecher zum Abgeben eines Lautsprechersignals, ein Mikrofon zum Aufnehmen eines Mikrofonsignals mit einem Näherungssensor zum Aufnehmen eines Näherungssignals umfasst. Bei dem Verfahren wird ein Kompensationssignal auf der Basis des Mikrofonsignals erzeugt, wobei das Erzeugen des Kompensationssignals eine Filterung mit einer einstellbaren Filtercharakteristik umfasst. Das Kompensationssignal wird mit einem Audiosignal kombiniert, um das Lautsprechersignal zu erzeugen. Die Filtercharakteristik wird auf der Basis des Näherungssignals angepasst. Durch die Anpassung der Filtercharakteristik auf der Basis des Näherungssignals lässt sich in Abhängigkeit der Nähe eines Objekts zu dem Kopfhörer beziehungsweise dem Näherungssensor eine geeignete Filtercharakteristik für eine Geräuscherdrückung auswählen, um eine hohe Effizienz bei der Geräuscherdrückung zu erreichen.

[0029] Verschiedene Ausgestaltungsformen des beschriebenen Verfahrens ergeben sich unmittelbar aus den zuvor beschriebenen Ausführungsformen des Geräuscherdrückungssystems.

[0030] Die Erfindung wird nachfolgend an mehreren Ausführungsbeispielen anhand von Figuren näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen kennzeichnen hierbei Elemente oder Bauteile gleicher Funktion. Soweit sich Schaltungsteile oder Bauelemente in ihrer Funk-

tion entsprechen, wird deren Beschreibung nicht in jeder der folgenden Figuren wiederholt.

[0031] Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels eines Geräuschunterdrückungssystems für einen Kopfhörer,

Fig. 2 verschiedene Ausführungsformen eines Geräuschunterdrückungssystems für einen Kopfhörer,

Fig. 3 Blockschaltbilder verschiedener Ausführungsformen eines Geräuschunterdrückungssystems,

Fig. 4 ein Frequenzdiagramm mit beispielhaften Übertragungsfunktionen,

Fig. 5 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems für einen Kopfhörer,

Fig. 6 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems für einen Kopfhörer,

Fig. 7 eine schematische Darstellung einer weiteren Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems für einen Kopfhörer,

Fig. 8 ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems, und

Fig. 9 ein Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems.

[0032] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Kopfhörers HP mit einem Geräuschunterdrückungssystem. Der Kopfhörer HP umfasst ein Gehäuse **10**, in dem eine Signalverarbeitungseinrichtung **100**, ein Lautsprecher **200**, ein Mikrofon **300** sowie ein Näherungssensor **400** angeordnet sind. Das Mikrofon **300** ist bezüglich seiner Aufnahme-richtung nach außen gerichtet, um vorzugsweise Geräusche außerhalb des Gehäuses **10** aufzunehmen und ein entsprechendes Mikrofonsignal zu erzeugen. Der Lautsprecher **200** dient zum Abgeben eines Lautsprechersignals, welches insbesondere von der Signalverarbeitungseinrichtung **100** auf der Basis eines extern zugeführten Audiosignals und des Mikrofonsignals erzeugt wird. Über den Näherungssensor **400** kann ein Näherungssignal aufgezeichnet werden, welches eine Entfernung eines Objekts OBJ zu dem Kopfhörer HP beziehungsweise dem Gehäuse **10** umfasst. Das Objekt OBJ ist hier beispielsweise als menschliche Hand dargestellt. Eine Information in dem Näherungssignal über die Entfernung des Objekts OBJ kann eine quantitative Information über die Entfernung umfassen. Es ist aber auch möglich, dass diese Information lediglich eine qualitative Information über die Entfernung des Objekts OBJ beinhaltet,

beispielsweise, ob das Objekt OBJ in der Nähe vorhanden ist oder nicht.

[0033] In der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform ist das Geräuschunterdrückungssystem ein vorwärts koppelndes System oder Feed Forward-System, bei dem das Mikrofonsignal insbesondere ein Störgeräusch außerhalb des Kopfhörers HP beziehungsweise des Gehäuses **10** umfasst, welches von dem Geräuschunterdrückungssystem mit einer einstellbaren Filtercharakteristik gefiltert wird, um ein Kompensationssignal zu erzeugen. Dieses Kompensationssignal wird in der Signalverarbeitungseinrichtung **100** dem extern zugeführten Audiosignal überlagert, um das Lautsprechersignal zu erzeugen, welches über den Lautsprecher **200** abgegeben wird. Der Anteil des Kompensationssignals im Lautsprechersignal überlagert sich für den Nutzer des Kopfhörers HP mit dem externen Störgeräusch derart, dass sich die jeweiligen akustischen Wellen zumindest teilweise gegenseitig auslöschen.

[0034] Das extern zugeführte Audiosignal kommt beispielsweise von einem Audiogerät, insbesondere einem mobilen Audiogerät wie einem MP3-Player, einem Mobiltelefon oder dergleichen. Die Filtercharakteristik, mit der das Mikrofonsignal verarbeitet wird, ist abhängig von den Gegebenheiten am Kopfhörer HP, insbesondere den Übertragungseigenschaften zwischen dem Lautsprecher **200** und dem Mikrofon **300**, der Gestaltung des Gehäuses **10** et cetera. Diese Gegebenheiten können sich im Betrieb des Kopfhörers HP jedoch verändern. Daher wird bei herkömmlichen Geräuschunterdrückungssystemen üblicherweise eine Filtercharakteristik gewählt, welche für viele verschiedene Gegebenheiten geeignet ist. Jedoch ist bei solchen herkömmlichen Geräuschunterdrückungssystemen die Filtercharakteristik wegen der universellen Verwendbarkeit nicht jeweils optimal an die vorhandene Gegebenheit angepasst.

[0035] Bei der dargestellten Ausführungsform wird daher von der Signalverarbeitungseinrichtung **100** das von dem Näherungssensor **400** aufgezeichnete Näherungssignal ausgewertet, um eine Veränderung der Gegebenheiten am Kopfhörer HP beziehungsweise dem Gehäuse **10** zu detektieren. Die Filtercharakteristik wird entsprechend der detektierten Gegebenheit angepasst. Dementsprechend erfolgt eine Anpassung der Filtercharakteristik auf der Basis des Näherungssignals. Somit wird erreicht, dass eine jeweils an die vorhandene Gegebenheit angepasste Filtercharakteristik zur Verarbeitung des Mikrofonsignals verwendet wird. Dadurch ist die Leistungsfähigkeit des Geräuschunterdrückungssystems erhöht. Eine Anpassung der Filtercharakteristik kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass ein Verstärkungsfaktor, mit dem das Mikrofonsignal verarbeitet wird, verändert wird. Zudem ist es möglich, dass ei-

ne Filterübertragungsfunktion der Filtercharakteristik verändert wird.

[0036] Beim Betrieb des Geräuschunterdrückungssystems beziehungsweise des Kopfhörers HP ist bei der in **Fig. 1** dargestellten Ausführungsform in der Regel keine Kopplung zwischen dem Lautsprecher **200** und dem Mikrofon **300** vorhanden, sodass das Mikrofonsignal keine oder nur vernachlässigbare Anteile des Lautsprechersignals enthält. Bei sich verändernden Gegebenheiten, beispielsweise durch die Nähe eines Objekts, kann eine solche Kopplung entstehen, sodass Teile des Lautsprechersignals, welche wiederum das Kompensationssignal enthalten, über das Mikrofonsignal aufgenommen werden. Dadurch kann es zu Oszillationen im Lautsprechersignal kommen, welche die Leistungsfähigkeit des Geräuschunterdrückungssystems verringern und den Höreindruck beim Benutzer des Kopfhörers HP verschlechtern. Wenn das Geräuschunterdrückungssystem bzw. die Signalverarbeitungseinrichtung **100** auf der Basis des Näherungssignals eine solche Nähe des Objekts OBJ und damit eine Veränderung der Gegebenheiten erkennt, kann der Verstärkungsfaktor des Mikrofonsignals verringert werden, sodass der Oszillationseffekt verhindert beziehungsweise beseitigt wird. Wenn jedoch kein Objekt in der Nähe des Kopfhörers **10** ist und damit keine oder nur eine vernachlässigbare Kopplung zwischen Lautsprecher **200** und Mikrofon **300** besteht, kann der Verstärkungsfaktor für das Mikrofonsignal vergrößert werden, um so einen höheren Grad der Kompensation des Steuersignals zu erreichen. Insbesondere im Vergleich zu einem herkömmlichen Geräuschunterdrückungssystem mit fest eingestelltem Verstärkungsfaktor kann somit die Effizienz des Geräuschunterdrückungssystems verbessert werden.

[0037] In ähnlicher Weise können sich durch die Nähe eines Objekts auch frequenzabhängige Übertragungseigenschaften am Kopfhörer verändern, welche eine Änderung der Filterübertragungsfunktion für die Filterung des Mikrofonsignals vorteilhaft machen. Dementsprechend lässt sich an eine vorhandene Gegebenheit angepasst eine jeweilige Filterfunktion auswählen beziehungsweise einstellen, mit der eine möglichst gute Verarbeitung des Mikrofonsignals möglich wird.

[0038] Während in **Fig. 1** lediglich ein Geräuschunterdrückungssystem für einen einzigen Audiokanal dargestellt ist, sind in **Fig. 2** verschiedene Ausführungsformen eines Kopfhörers HP mit einem Geräuschunterdrückungssystem dargestellt, welche ein Stereosystem mit zwei Audiokanälen verwirklichen. Hierbei ist in **Fig. 2A** eine Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems mit einer Vorwärtskopplung, in **Fig. 2B** eine Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems mit einer Rückkopplung, und in **Fig. 2C** ein Geräuschunterdrückungs-

system mit einer kombinierten Vorwärtskopplung und Rückkopplung dargestellt.

[0039] Neben den bereits zu **Fig. 1** beschriebenen Elementen umfasst die Ausführungsform in **Fig. 2A** für den zweiten Audiokanal einen zweiten Lautsprecher **210**, ein zweites, nach außen gerichtetes Mikrofon **310** sowie einen zweiten nach außen gerichteten Näherungssensor **410**, welche in beziehungsweise an einem Gehäuse **20** angeordnet sind. In dem Gehäuse **20** ist zudem eine Batterie **500** vorgesehen, welche beispielsweise zur Spannungsversorgung des Geräuschunterdrückungssystems dient.

[0040] Eine Verarbeitung der beiden Audiokanäle erfolgt unabhängig voneinander. Insbesondere wird die Filtercharakteristik jedes Kanals in Abhängigkeit des jeweiligen Näherungssignals, welches von den Näherungssensoren **400**, **410** aufgenommen wird, angepasst. Die Art und Weise der Anpassung entspricht jedoch auch für den zweiten Audiokanal dem für **Fig. 1** beschriebenen.

[0041] Das in **Fig. 2B** dargestellte Geräuschunterdrückungssystem mit einer Rückkopplung des Mikrofonsignals umfasst abweichend zu den zuvor dargestellten Ausführungsformen nach innen gerichtete Mikrofone **320**, **330**, welche ein Geräusch im Inneren des Gehäuses **10**, **20** aufnehmen. Dementsprechend umfasst das jeweilige Mikrofonsignal sowohl Anteile von externen Störgeräuschen als auch des Lautsprechersignals. Die Anteile des Lautsprechersignals werden jedoch bei der Verarbeitung des Mikrofonsignals eliminiert, beispielsweise durch Herausrechnen oder schaltungstechnische Verarbeitung. Wiederum erfolgt eine Filterung des Mikrofonsignals, um ein Kompensationssignal zu erhalten, welches dem externen Audiosignal überlagert wird. Eine Anpassung der Filtercharakteristik erfolgt wie bei den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0042] In **Fig. 2C** ist ein Geräuschunterdrückungssystem dargestellt, bei dem eine Vorwärtskopplung und eine Rückwärtskopplung kombiniert sind. Dazu sind sowohl nach außen gerichtete Mikrofone **300**, **310** als auch nach innen gerichtete Mikrofone **320**, **330** vorgesehen. Die jeweiligen Mikrofonsignale werden entsprechend der vorherigen Beschreibung verarbeitet und mit einander kombiniert, um mit entsprechender Filterung das jeweilige Kompensationssignal zu erzeugen. Auch bei dieser Ausführungsform erfolgt eine Anpassung der jeweiligen Filtercharakteristik auf der Basis der jeweils zugeordneten Näherungssignale entsprechend der zuvor beschriebenen Ausführungsformen.

[0043] **Fig. 3** zeigt Blockschaltbilder verschiedener Ausführungsformen einer Signalverarbeitungseinrichtung **100** mit angeschlossenem Lautsprecher **200**, Mikrofon **300** und Näherungssensor **400**. Dabei

ist in **Fig. 3A** eine Ausführungsform mit einer Vorwärtskopplung dargestellt, während in **Fig. 3B** eine Ausführungsform mit einer Rückkopplung gezeigt ist.

[0044] Die Signalverarbeitungseinrichtung **100** umfasst einen Mikrofonverstärker **110**, der eingangsseitig mit dem Mikrofon **300** zur Zuführung des Mikrofonsignals verbunden ist. Ein Ausgang des Mikrofonverstärkers **110** ist mit einer Filtereinheit **120** verbunden. Die Signalverarbeitungseinrichtung **100** umfasst ferner einen Signalverstärker **130**, dem eingangsseitig ein Audiosignal, insbesondere als Nutzsignal zugeführt wird. Ein Ausgang des Signalverstärkers **130** ist mit einem Summienglied **140** verbunden, dessen zweiten Eingang ein Ausgangssignal der Filtereinheit **120** in negativer Form zugeführt wird. Ein Ausgang des Summienglieds **140** ist über einen Ausgangsverstärker **150** mit dem Lautsprecher **200** gekoppelt. Die Signalverarbeitungseinrichtung **100** umfasst ferner eine Anpasseinheit **160**, die eingangsseitig mit dem Näherungssensor **400** verbunden ist.

[0045] Die Anpasseinheit ist mit dem Mikrofonverstärker **110** und der Filtereinheit **120** verbunden, um diese einstellen zu können. Insbesondere ist die Anpasseinheit **160** eingerichtet, einen Verstärkungsfaktor des Mikrofonverstärkers **110** anzupassen und eine Filterübertragungsfunktion der Filtereinheit **120** einzustellen.

[0046] Im Betrieb der Signalverarbeitungseinrichtung **100** wird dementsprechend in Abhängigkeit des Näherungssignals, welches von dem Näherungssensor **400** geliefert wird, der Verstärkungsfaktor und/oder die Filterübertragungsfunktion eingestellt. Das Mikrofonsignal wird mit dem jeweiligen Verstärkungsfaktor über den Mikrofonverstärker **110** verstärkt und der Filtereinheit **120** mit der entsprechenden Filterübertragungsfunktion gefiltert. Das daraus resultierende Kompensationssignal wird von dem über den Signalverstärker **130** verstärkten Audiosignal im Summienglied **140** abgezogen, um mit anschließender Verstärkung durch den Ausgangsverstärker **150** das Lautsprechersignal für den Lautsprecher **200** zu erzeugen. Eine Anpassung des Verstärkungsfaktors beziehungsweise der Filterübertragungsfunktion erfolgt gemäß den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen und ist daher an dieser Stelle nicht weiter erläutert. Der Verstärkungsfaktor und die Filterübertragungsfunktion bilden gemeinsam die Filtercharakteristik, welche zur Filterung des Mikrofonsignals verwendet wird.

[0047] Bei der in **Fig. 3B** dargestellten Ausführungsform ist das Mikrofon **320** im symbolisch dargestellten Gehäuse **10** zusammen mit dem Lautsprecher **200** angeordnet. Zusätzlich zu den in **Fig. 3A** erläuterten Elementen weist die Signalverarbeitungseinrichtung **100** in **Fig. 3B** ein weiteres Summienglied **170** auf, welches zwischen den Mikrofonverstärker

110 und die Filtereinheit **120** geschaltet ist. Über das weitere Summienglied wird der Anteil des Lautsprechersignals, der auf dem extern zugeführten Audiosignal basiert, von dem verstärkten Mikrofonsignal abgezogen, welches ebenfalls Anteile des Audiosignals enthält. Wiederum wird das durch die Filterung resultierende Kompensationssignal im Summienglied **140** von dem verstärkten Audiosignal abgezogen, um das zu verstärkende Lautsprechersignal für den Lautsprecher **200** zu erhalten.

[0048] Wie zuvor für die Ausführungsform in **Fig. 3A** beschrieben, ist die Anpasseinheit **160** eingerichtet, die Filtercharakteristik, insbesondere den Verstärkungsfaktor des Mikrofonverstärkers **110** und die Filterübertragungsfunktion der Filtereinheit **120**, auf der Basis des Näherungssignals anzupassen.

[0049] **Fig. 4** zeigt ein Frequenzdiagramm von Übertragungsfunktionen **TR**, **TF** für eine Filterung des Mikrofonsignals. Hierbei stellt die Übertragungsfunktion **TR** eine beispielsweise per Messung bestimmte optimale Übertragungsfunktion für die Filterung dar, während die Übertragungsfunktion **TF** eine daraus resultierende praktische Implementierung des Filters kennzeichnet. Die in dem Frequenzdiagramm dargestellten Pfeile geben an, dass bei sich verändernden Gegebenheiten am Kopfhörer sich die Lage beziehungsweise der Verlauf der optimalen Filterübertragungsfunktion **TR** sowohl frequenzmäßig als auch amplitudenmäßig verändern kann. Wenn beispielsweise durch die Nähe eines Objekts zu dem Kopfhörer sich die optimale Übertragungsfunktion **TR** derart verändert, dass die Amplitude bei einer bestimmten Frequenz absinkt, kann bei unveränderter Filterübertragungsfunktion **TF** des resultierenden Filters eine Überkompensation entstehen, welche zu dem zuvor beschriebenen Oszillieren des Geräuschunterdrückungssystems führt. Dementsprechend kann durch die Auswertung des Näherungssignals die Filterübertragungsfunktion **TF** derart angepasst werden, dass das Oszillieren wiederum verhindert wird. Dies kann beispielsweise durch Anpassung des Verstärkungsfaktors über die gesamte Frequenzbandbreite geschehen. Alternativ oder zusätzlich kann jedoch auch die Filterübertragungsfunktion **TF** derart angepasst werden, dass lediglich bei einzelnen Frequenzen eine geringere Übertragungsamplitude erzielt wird.

[0050] Dazu sind beispielsweise in der Signalverarbeitungseinrichtung **100** beziehungsweise der Anpasseinheit **160** verschiedene Verstärkungsfaktoren beziehungsweise verschiedene Übertragungsfunktionen gespeichert. In Abhängigkeit einer Präsenz eines Objekts am Kopfhörer beziehungsweise einer bestimmten Entfernung des Objekts vom Kopfhörer kann somit eine Auswahl einer der gespeicherten Verstärkungsfaktoren beziehungsweise Übertragungsfunktionen erfolgen.

[0051] Der Näherungssensor kann auf verschiedenen Technologien basieren. Beispielsweise zeigt **Fig. 5** eine Ausführungsform, bei dem der Näherungssensor als kapazitiver Näherungssensor ausgeführt ist, wobei durch die Nähe des Objekts **OBJ** eine Veränderung in den kapazitiven Eigenschaften zwischen den dargestellten Elektroden bewirkt wird. Über einen derartigen kapazitiven Näherungssensor **400** kann sowohl die Präsenz eines Objekts **OBJ** festgestellt werden, als auch eine konkrete Entfernung des Objekts **OBJ** zu dem Näherungssensor **400**. Beispielsweise umfasst das vom Näherungssensor **400** abgegebene Näherungssignal eine Information über die Entfernung zu dem Objekt **OBJ**.

[0052] **Fig. 6** zeigt eine weitere Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems, bei dem der Näherungssensor als Infrarotsensor ausgeführt ist. Insbesondere basiert eine Ermittlung des Näherungssignals auf der Aussendung und Detektion von Infrarotstrahlung. Beispielsweise wird über eine Infrarotlichtquelle, etwa eine Leuchtdiode mit Strahlung im Infrarotbereich, Infrarotstrahlung ausgesendet, welche von dem Objekt **OBJ** reflektiert wird. Die reflektierte Infrarotstrahlung wird von einem entsprechenden Detektor aufgenommen, etwa einem Fototransistor oder einer Fotodiode, wobei die Menge der detektierten Infrarotstrahlung auf die Entfernung des Objekts schließen lässt. In der dargestellten Ausführungsform sind mehrere Sensorelemente vorgesehen, die jeweils Strahlung aussenden und detektieren, um eine höhere räumliche Abdeckung zu erhalten. Das Aussenden der Infrarotstrahlung erfolgt beispielsweise pulsförmig.

[0053] **Fig. 7** zeigt eine weitere Ausführungsform eines Geräuschunterdrückungssystems für einen Kopfhörer, wobei der Kopfhörer **HP** hierbei als Kopfsprechgarnitur, beispielsweise als Bluetooth-Kopfsprechgarnitur ausgebildet ist. Dabei ist neben dem Mikrofon zur Aufnahme des Mikrofonsignals ein weiteres Mikrofon vorgesehen, welches beispielsweise die Sprache des Nutzers aufnimmt. Durch die offene Bauart der Kopfsprechgarnitur ist es grundsätzlich möglich, dass Teile des Lautsprechersignals beziehungsweise des vom Lautsprecher **200** abgegebenen akustischen Signals von dem Mikrofon **300** aufgenommen werden, sodass grundsätzlich eine unerwünschte Rückkopplung auftreten kann, die zu Oszillationen führt. Durch die beschriebenen Ausführungsformen des Geräuschunterdrückungssystems kann beispielsweise durch entsprechende Absenkung des Verstärkungsfaktors für das Mikrofonsignal das Auftreten von Oszillationen verhindert werden, wenn beispielsweise durch die Nähe eines Objekts das vom Lautsprecher **200** abgegebene Signal an dem Objekt reflektiert wird und vom Mikrofon **300** aufgenommen wird.

[0054] In **Fig. 8** und **Fig. 9** sind verschiedene Ausführungsformen einer Signalverarbeitungseinrichtung **100** mit angeschlossenem Näherungssensor **400** als Blockschaltbild dargestellt. Die dargestellten Ausführungsformen sind jeweils für die Verarbeitung von zwei Kanälen von Audiosignalen ausgelegt. Die Signalverarbeitungseinrichtung **100** umfasst jeweils einen Block ANC, der wesentliche Teile der zuvor beschriebenen Signalverarbeitung für das Mikrofonsignal und das Lautsprechersignal durchführt. An dem Block ANC ist jeweils ein Filternetzwerk FN angeschlossen, welches mit externen Filterkomponenten EFN verbunden ist. Ferner ist der Block ANC über Mikrofonverstärker **110**, **115** mit Mikrofonen **300**, **310** sowie über Ausgangsverstärker **150**, **155** mit Lautsprechern **200**, **210** verbunden. Der Block ANC sowie die Verstärker **110**, **115**, **150**, **155** werden von einer Energieversorgungseinheit PMU versorgt. An dem Block ANC ist auch eine digitale Kontrolleinheit DCTRL1 angeschlossen, welche über einen Schnittstellenblock PROXI mit dem Näherungssensor **400** gekoppelt ist.

[0055] Der Näherungssensor **400** umfasst einen entsprechenden Ausgangsschnittstellenblock PROXO, der mit dem Schnittstellenblock PROXI verbunden ist. Ferner ist in dem Näherungssensor **400** ebenfalls eine digitale Kontrolleinheit DCTRL2 vorgesehen, welche mit einem Signalverarbeitungsblock SP verbunden ist. Eine Energieversorgung des Näherungssensors **400** erfolgt über eine entsprechende Energieversorgungseinheit PMU.

[0056] Bei der in **Fig. 8** dargestellten Ausführungsform basiert der Näherungssensor **400** auf Infrarotstrahlung, entsprechend der in **Fig. 6** dargestellten Ausführungsform. Dazu wird über dem Block DCTRL2 eine Ansteuerung einer Infrarotleuchtdiode über einen entsprechenden Block IRLED durchgeführt. Ferner ist an einen BIAS-Block eine Fotodiode angeschlossen, deren Signal über einen Analog/Digital-Wandler ADC an den Signalverarbeitungsblock SP weitergegeben wird. Das resultierende Näherungssignal wird nach entsprechender Verarbeitung über die Schnittstellenblöcke PROXO, PROXI der Signalverarbeitungseinrichtung **100** zugeführt.

[0057] Bei der in **Fig. 9** dargestellten Ausführungsform basiert die Ermittlung des Näherungssignals auf einer kapazitiven Messung. Dazu weist der Näherungssensor **400** in Abwandlung zu der Ausführungsform in **Fig. 8** ein Elektrodeninterface ELINT auf, welches über entsprechende Analog/Digital-Wandler ADC beziehungsweise Digital/Analog-Wandler DAC mit dem Signalverarbeitungsblock SP gekoppelt ist. An das Elektrodeninterface ELINT sind beispielsweise mehrere Elektroden angeschlossen, über die im Betrieb eine Veränderung der kapazitiven Eigenschaften an den Elektroden gemessen werden kann.

[0058] Die verschiedenen dargestellten Ausführungsformen können beliebig kombiniert werden. Insbesondere können verschiedene Arten von Näherungssensoren **400** nebeneinander eingesetzt werden, um die Genauigkeit bei der Ermittlung des Näherungssignals zu erhöhen. Anstelle eines auf Infrarotstrahlung basierenden Näherungssensors oder eines kapazitiven Näherungssensors können alternativ oder zusätzlich auch ein Helligkeitssensor oder ein Drucksensor als Näherungssensor verwendet werden. Insbesondere bei einem Drucksensor kann die direkte Berührung des Kopfhörers detektiert werden, welche üblicherweise zu einer Veränderung der Übertragungseigenschaften im Kopfhörer führt. Beispielsweise wird bei großem Druck der Verstärkungsfaktor für das Mikrofonsignal reduziert.

[0059] Weiterhin kann in verschiedenen Abwandlungen zu den in **Fig. 8** und **Fig. 9** dargestellten Ausführungsformen eine Kopplung zwischen dem Näherungssensor **400** und der Signalverarbeitungseinrichtung **100** auch über eine zwischengeschaltete Recheneinheit erfolgen. Weiterhin ist es möglich, dass die Signalverarbeitungseinrichtung **100** und der Näherungssensor **400** in einer gemeinsamen Schaltung integriert sind, sodass auf die Schnittstellenblöcke PROXI, PROXO verzichtet werden kann. Dementsprechend können direkt an die integrierte Schaltung die kapazitiven Elektroden beziehungsweise die Infrarotstrahlungsquelle und der Infrarotdetektor angeschlossen werden.

[0060] In den zuvor dargestellten Ausführungsformen ist die Signalverarbeitungseinrichtung **100** jeweils in einem Gehäuse des Kopfhörers HP integriert dargestellt. Jedoch ist es auch möglich, dass die Signalverarbeitungseinrichtung **100**, insbesondere als auf einem Halbleiter integrierte Schaltung in einer Zuleitung des Kopfhörers eingebaut ist. Weiterhin ist es möglich, dass die Signalverarbeitungsschaltung auch direkt in einem Audiogerät vorgesehen wird, an welches der Kopfhörer angeschlossen werden kann. Hierbei sind die entsprechenden Lautsprechersignale, Mikrofonsignale und Näherungssignale von dem Kopfhörer an das Audiogerät beziehungsweise vom Audiogerät weg zu führen.

Patentansprüche

1. Geräuschunterdrückungssystem mit einem Kopfhörer (HP), der einen Lautsprecher (200, 210) zum Abgeben eines Lautsprechersignals, ein Mikrophon (300, 310, 320, 330) zum Aufnehmen eines Mikrofonsignals und einen Näherungssensor (400, 410) umfasst, wobei der Näherungssensor (400, 410) an einer Außenseite eines Gehäuses des Kopfhörers (HP) angeordnet ist und eingerichtet ist zum Aufnehmen eines Näherungssignals, welches eine quantitative Information über eine Entfernung eines der Außenseite des Gehäuses zugewandten Objekts (OBJ)

von dem Näherungssensor (400, 410) umfasst, das Geräuschunterdrückungssystem aufweisend eine Signalverarbeitungseinrichtung (100), die eingerichtet ist

- ein Kompensationssignal auf der Basis des Mikrofonsignals zu erzeugen, wobei das Erzeugen des Kompensationssignals eine Filterung mit einer einstellbaren Filtercharakteristik umfasst;
- das Kompensationssignal mit einem Audiosignal zu kombinieren, um das Lautsprechersignal zu erzeugen; und
- die Filtercharakteristik auf der Basis der Entfernung anzupassen.

2. Geräuschunterdrückungssystem nach Anspruch 1, bei dem die Signalverarbeitungseinrichtung (100) eingerichtet ist, einen Verstärkungsfaktor der Filtercharakteristik auf der Basis der Entfernung stufenweise oder kontinuierlich anzupassen.

3. Geräuschunterdrückungssystem nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Signalverarbeitungseinrichtung (100) eingerichtet ist, eine Übertragungsfunktion der Filtercharakteristik aus einer Gruppe von wenigstens zwei gespeicherten Übertragungsfunktionen auf der Basis der Entfernung auszuwählen.

4. Geräuschunterdrückungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei dem der Näherungssensor (400, 410) wenigstens eines der folgenden umfasst:

- einen kapazitiven Näherungssensor;
- eine auf Infrarot-Strahlung basierenden Näherungssensor;
- einen Helligkeitssensor;
- einen Drucksensor.

5. Geräuschunterdrückungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem die Signalverarbeitungseinrichtung (100) als integrierte Schaltung auf einem Halbleiterkörper ausgebildet ist.

6. Geräuschunterdrückungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Signalverarbeitungseinrichtung (100) in dem Kopfhörer (HP) und/oder in einer Zuleitung des Kopfhörers (HP) angeordnet ist.

7. Verfahren zur Geräuschunterdrückung für einen Kopfhörer (HP), der einen Lautsprecher (200, 210) zum Abgeben eines Lautsprechersignals, ein Mikrophon (300, 310, 320, 330) zum Aufnehmen eines Mikrofonsignals und einen Näherungssensor (400, 410) umfasst, wobei der Näherungssensor (400, 410) an einer Außenseite eines Gehäuses des Kopfhörers (HP) angeordnet ist und eingerichtet ist zum Aufnehmen eines Näherungssignals, welches eine quantitative Information über eine Entfernung eines der Außenseite des Gehäuses zugewandten Objekts (OBJ) von dem Näherungssensor (400, 410) umfasst, das Verfahren umfassend:

- Erzeugen eines Kompensationssignals auf der Basis des Mikrofonsignals, wobei das Erzeugen des Kompensationssignals eine Filterung mit einer einstellbaren Filtercharakteristik umfasst;
- Kombinieren des Kompensationssignals mit einem Audiosignal, um das Lautsprecher-signal zu erzeugen; und
- Anpassen der Filtercharakteristik auf der Basis der Entfernung.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem das Anpassen der Filtercharakteristik ein stufenweises oder kontinuierliches Anpassen eines Verstärkungsfaktors der Filtercharakteristik auf der Basis der Entfernung umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, bei dem das Anpassen der Filtercharakteristik ein Auswählen einer Übertragungsfunktion der Filtercharakteristik aus einer Gruppe von wenigstens zwei gespeicherten Übertragungsfunktionen auf der Basis der Entfernung umfasst.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig 1

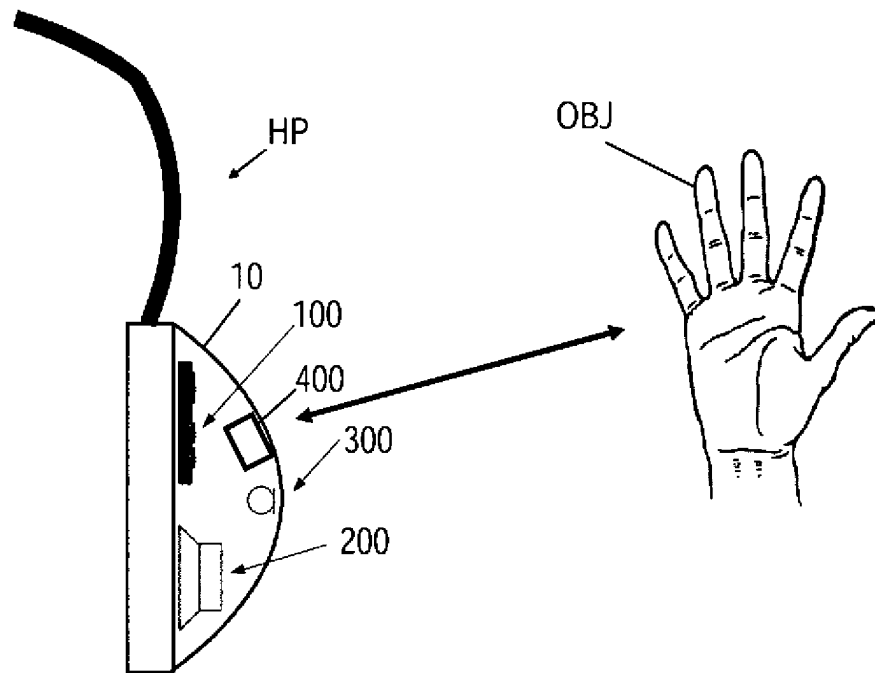


Fig 2A

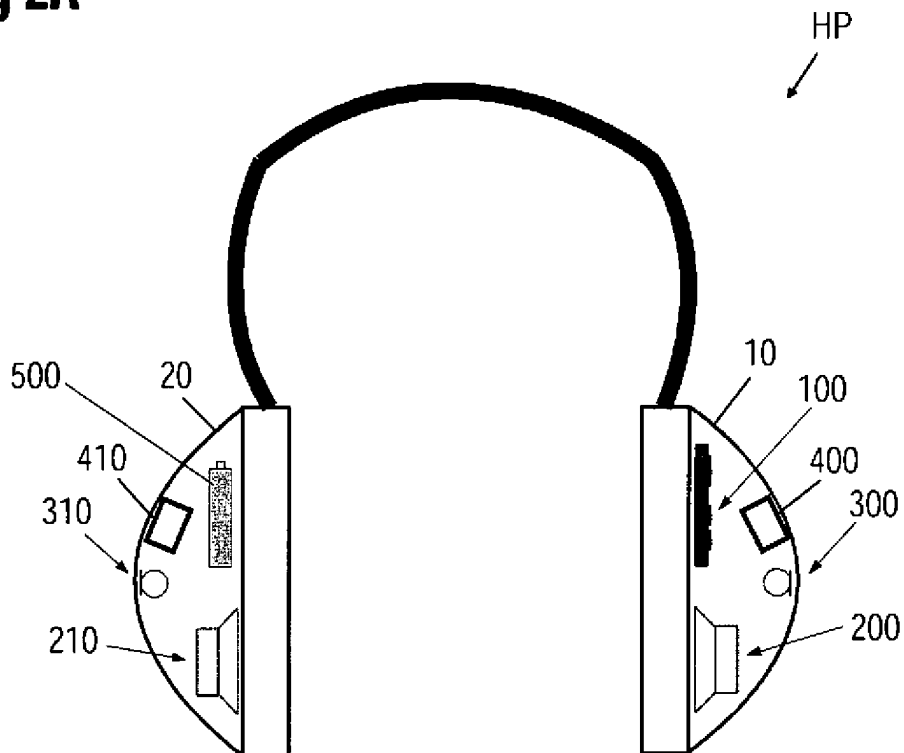


Fig 2B

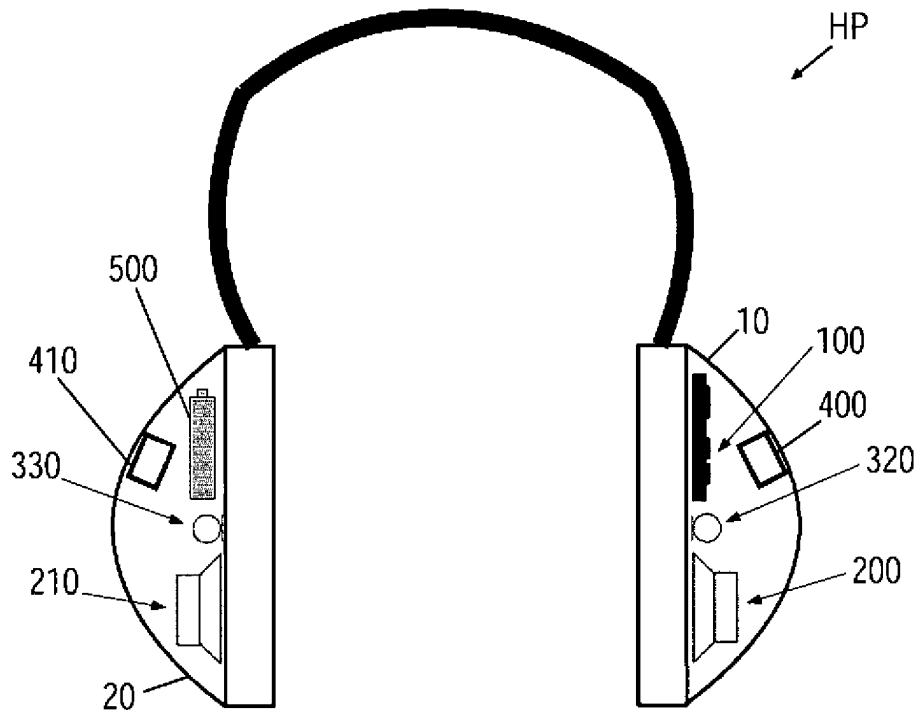


Fig 2C

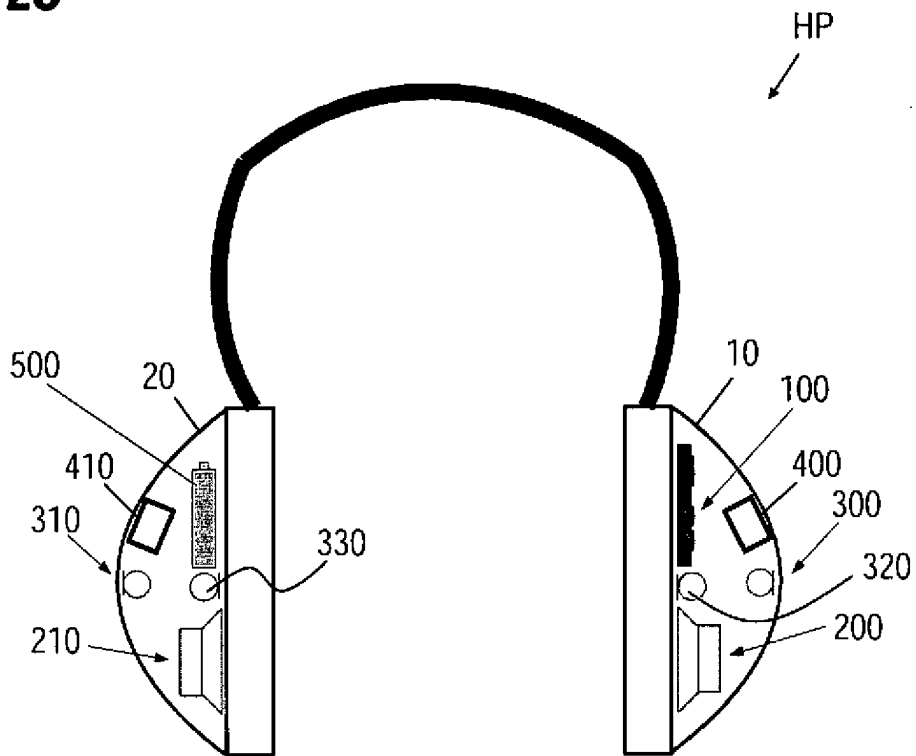


Fig 3A

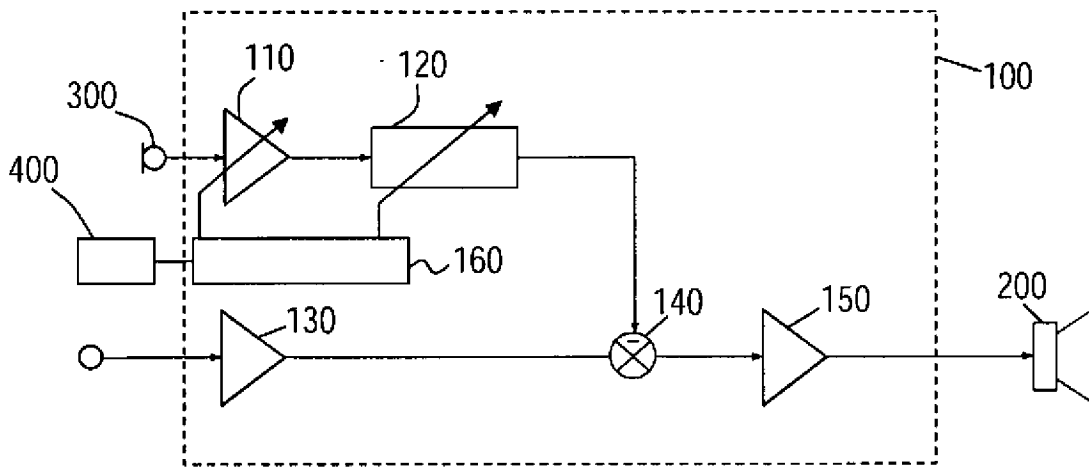


Fig 3B

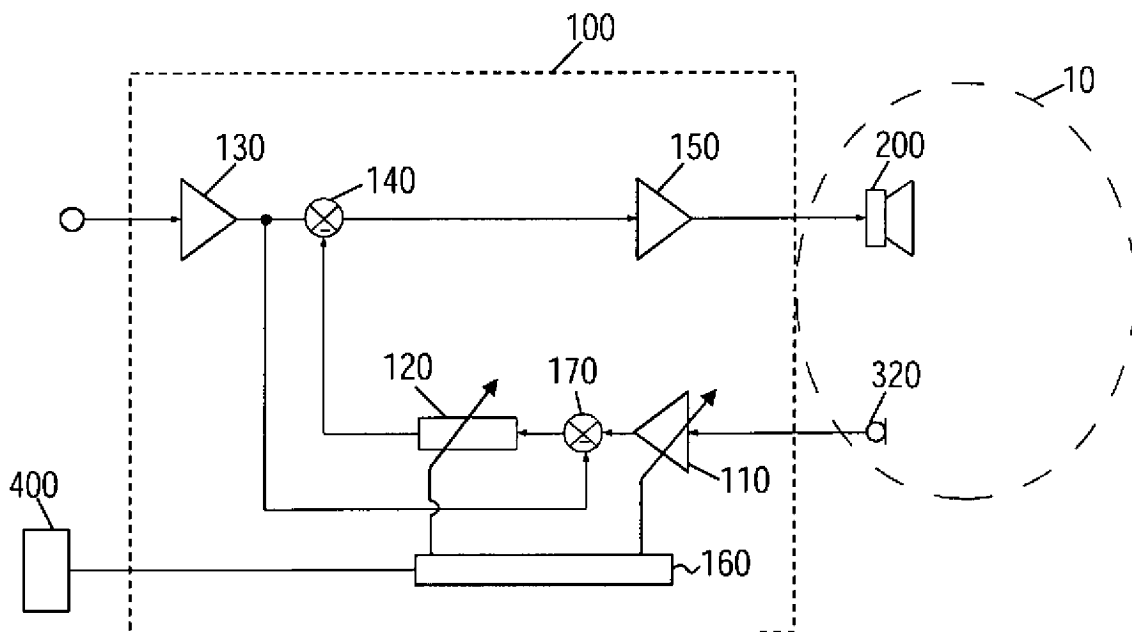


Fig 4

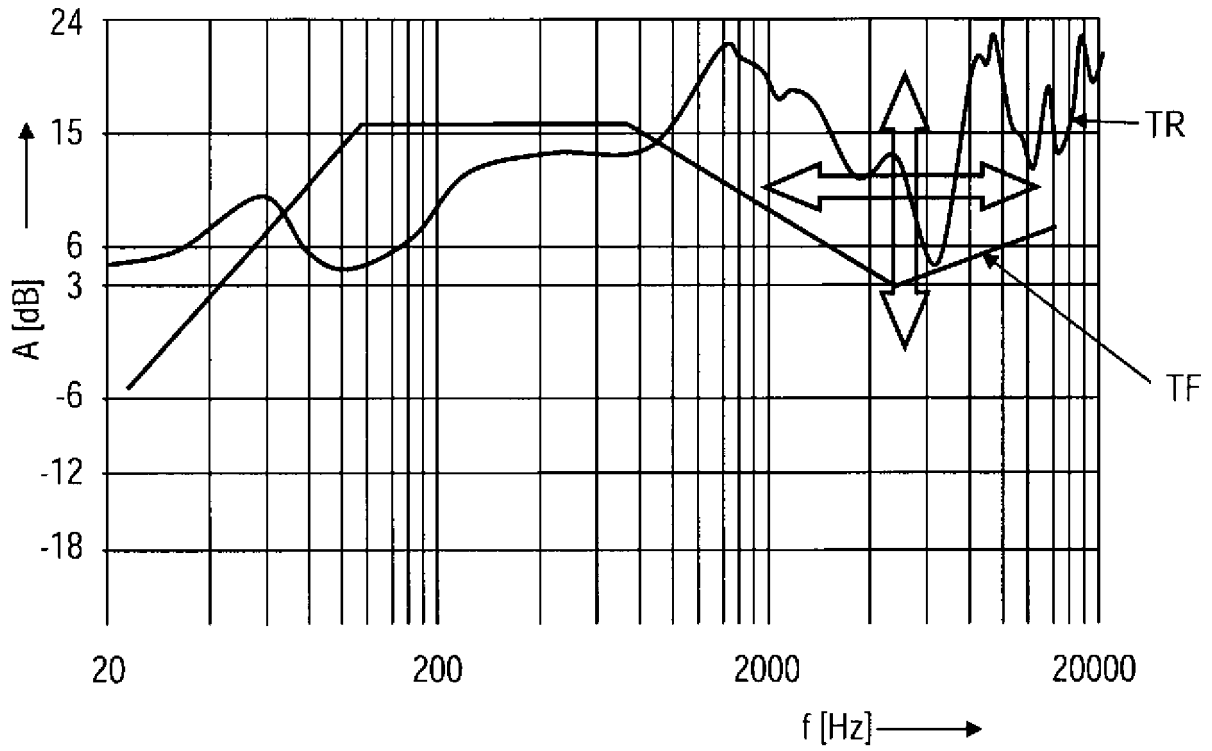


Fig 5

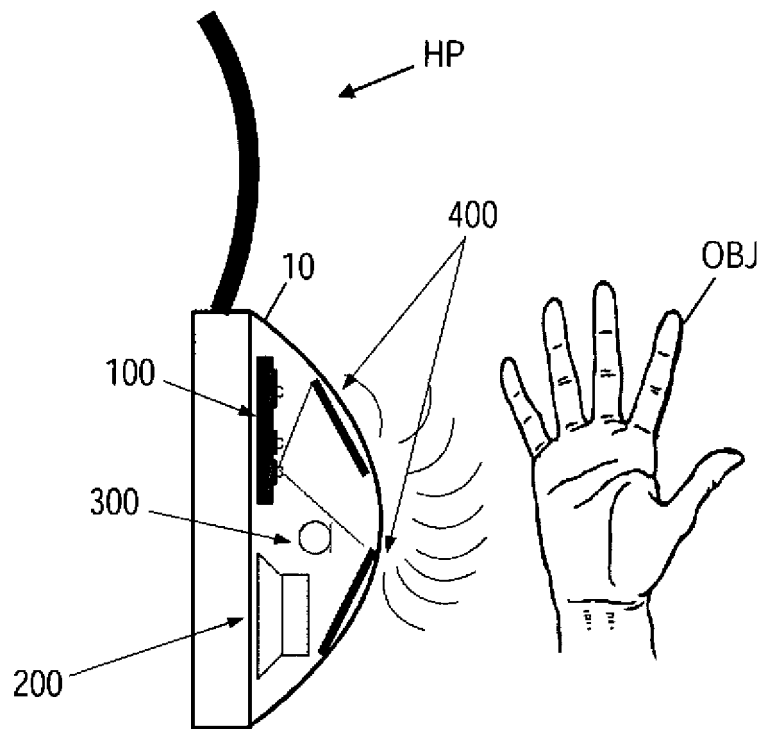


Fig 6

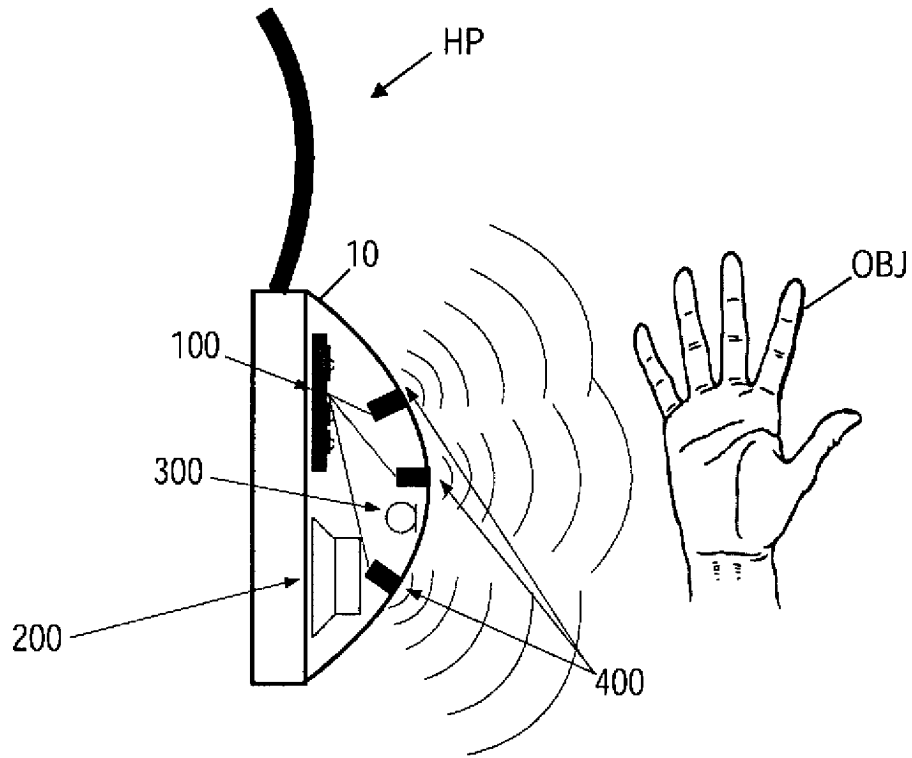


Fig 7

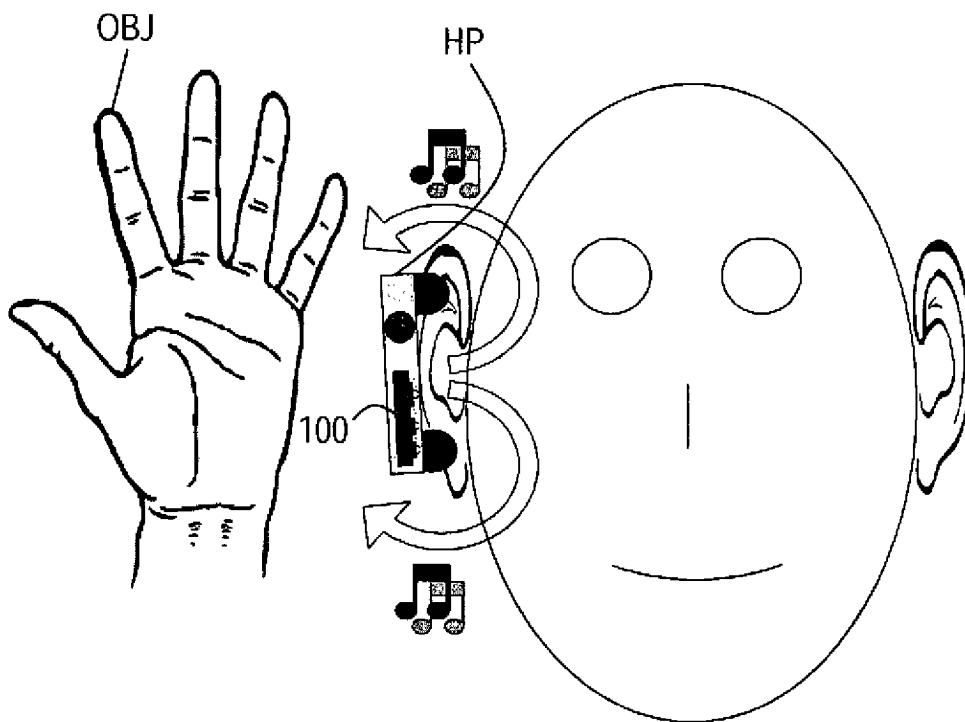


Fig 8

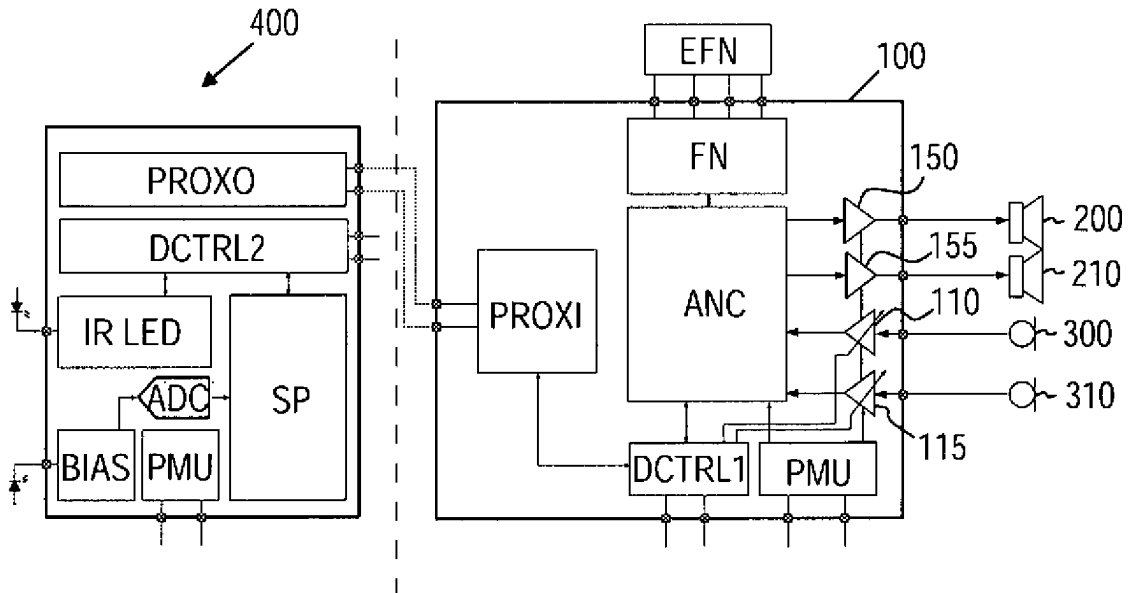


Fig 9

