



EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.05.2006 Patentblatt 2006/19

(51) Int Cl.:
H04R 25/00^(2006.01) H04S 1/00^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: 05110440.4

(22) Anmeldetag: 08.11.2005

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

(71) Anmelder: Siemens Audiologische Technik
GmbH
91058 Erlangen (DE)

(72) Erfinder: Puder, Henning, Dr.
91052 Erlangen (DE)

(30) Priorität: 08.11.2004 DE 102004053790

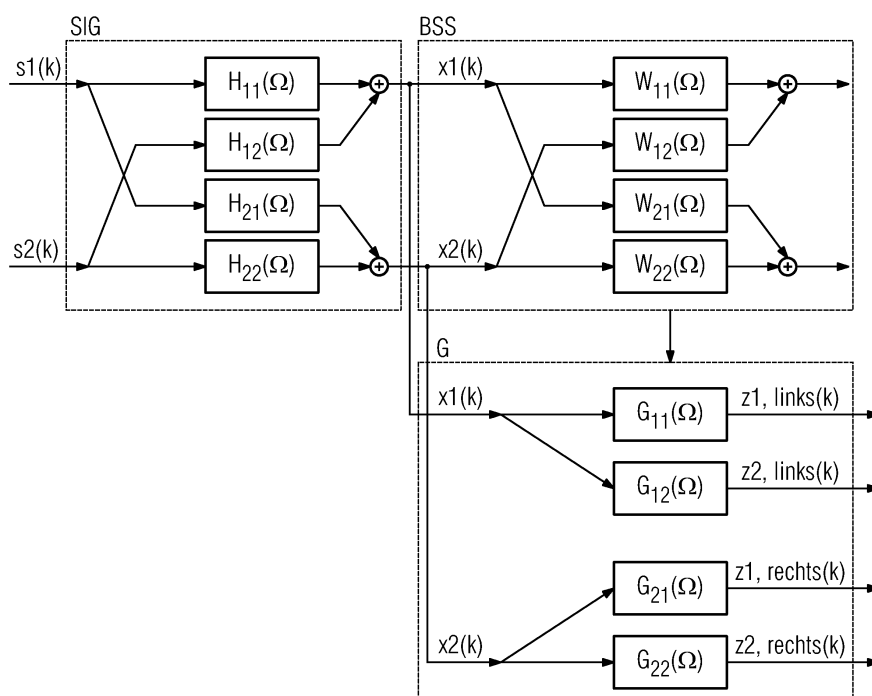
(74) Vertreter: Berg, Peter et al
Siemens AG
Postfach 22 16 34
80506 München (DE)

(54) Verfahren zur Erzeugung von Stereosignalen für getrennte Quellen und entsprechendes Akustiksystem

(57) Bei der Quellentrennung durch ein Akustiksystem soll für jede der getrennten Quellen ein Stereosignal zur Verfügung gestellt werden. Dazu ist vorgesehen, eine Blinde Quellentrennung von mindestens zwei Mikrofonsignalen ($x_1(k)$, $x_2(k)$) zur Gewinnung von BSS-Filtern ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$) auszuführen. Jedes der Mikrofonsignale ($x_1(k)$, $x_2(k)$) wird jeweils mit einem eigenen Filter ($G_{11}(\Omega)$, $G_{12}(\Omega)$, $G_{21}(\Omega)$, $G_{22}(\Omega)$),

dessen Übertragungsfunktion der Quotient aus einem Leistungsdichtespektralanteil der jeweiligen Schallquelle und dem Gesamtleistungsdichtespektrum des jeweiligen Mikrofonsignals ist, gefiltert, so dass für jedes Mikrofonsignal ($x_1(k)$, $x_2(k)$) zwei Stereosignale ($z1links(k)$, $z1rechts(k)$, $z2links(k)$, $z2rechts(k)$) gewonnen werden. Damit ist eine Schätzung der zu trennenden Signale beispielsweise für jedes Hörgerät einzeln möglich.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Verfahren zur Erzeugung von Stereosignalen für getrennte Quellen und entsprechendes Akustiksystem

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei Schallquellen. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung ein entsprechendes Akustiksystem zur Erzeugung von Stereosignalen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung Hörgeräte bzw. Hörhilfegeräte.

[0003] Ein Verfahren zur Erzeugung jeweils eines Monosignals beim Empfang mehrerer Schallquellen für jede von ihnen ist aus dem Aufsatz J. Benesty, Y. Huang: Adaptive Signal Processing: Applications in Real-World Problems, Springer-Verlag: Berlin, New York, Seiten 195-223, 2003 bekannt. Die dort vorgestellten BSS-Verfahren (Blind Source Separation = Blinde Quellentrennung) können räumlich getrennte aber zeitlich überlagerte Quellen trennen und einzeln wiedergeben. Ein derartiges BSS-Verfahren kann beispielsweise bei binauraler Versorgung oder speziell bei einem binauralen Richtmikrofon Verwendung finden, wobei je ein Mikrofon signal vom rechten und linken Hörgerät genutzt wird.

[0004] Ein bislang noch ungelöstes Problem besteht darin, dass das BSS-Verfahren für jede der getrennten Quellen nur ein Monosignal zur Verfügung stellt. Böte man dem Hörgeräteträger dieses Signal auf beiden Hörgeräten identisch an, könnte er die Quellen zwar sehr gut getrennt wahrnehmen, allerdings wäre deren räumliche Lokalisation nicht möglich. Hierzu müssten sich nämlich die rechts und links dargebotenen Signale durch die für natürliche Signale üblichen, interauralen Pegel- und Laufzeitdifferenzen unterscheiden.

[0005] Alternative Verfahren neben den BSS-Verfahren zur binauralen Richtmikrofonie zeigen eine sehr eingeschränkte Leistungsfähigkeit und kommen deshalb und auch wegen der bisher nicht vorhandenen, drahtlosen Verbindung zwischen Hörgeräten nicht zum Einsatz.

[0006] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein Verfahren zur besseren Wahrnehmbarkeit von getrennten Schallquellen vorzuschlagen. Darüber hinaus soll ein entsprechendes Akustiksystem angegeben werden.

[0007] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch ein Verfahren zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei abgetrennte Schallquellen, durch Ausführen einer Blinden Quellentrennung von mindestens zwei Mikrofon signalen zur Gewinnung von Übertragungsfunktionen von Filtern einer ersten Filtereinrichtung, Ermitteln von Übertragungsfunktionen von Filtern einer zweiten Filtereinrichtung mit Hilfe der Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung, wobei deren Übertragungsfunktionen jeweils dem Quotienten aus einem Leistungsdichtespektralanteil der jeweiligen Schallquelle und dem Gesamtleistungsdichtespektrum des jeweiligen Mikrofon signals entsprechen, und Filtern der mindestens zwei Mikrofon signale jeweils mit mindestens zwei Filtern der zweiten Filtereinrichtung, so dass für jedes Mikrofon signal zwei Stereosignale gewonnen werden.

[0008] Weiterhin wird erfindungsgemäß vorgeschlagen ein Verfahren zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei abgetrennte Schallquellen, durch Ausführen einer Blinden Quellentrennung von mindestens zwei Mikrofon signalen mit Hilfe einer ersten Filtereinrichtung zur Gewinnung zweier Monoausgangssignale und Filtern jedes der Monoausgangssignale jeweils mit mindestens zwei zweiten Filtern einer zweiten Filtereinrichtung, deren Übertragungsfunktionen aus den Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung berechnet werden, so dass für jedes Monoausgangssignal zwei Stereosignale gewonnen werden. Dabei können die Übertragungsfunktionen von den Schallquellen zu den Mikrofonen berechnet und mit den Monoausgangssignalen multipliziert werden, woraus sich die Übertragungsfunktionen der zweiten Filter gewinnen lassen.

[0009] Darüber hinaus ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Akustiksystem zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei getrennte Schallquellen, mit einer Mikrofoneinrichtung zur Bereitstellung von mindestens zwei Mikrofon signalen, einer ersten Filtereinrichtung zur Blinden Quellentrennung der mindestens zwei Mikrofon signale unter Gewinnung der Übertragungsfunktionen von Filtern der ersten Filtereinrichtung, einer zweiten Filtereinrichtung zum Filtern jedes der Mikrofon signale, so dass für jedes Mikrofon signal zwei Stereosignale erzeugbar sind, und einer Recheneinrichtung zum Ermitteln der Übertragungsfunktionen von Filtern der zweiten Filtereinrichtung mit Hilfe der Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung, wobei deren Übertragungsfunktionen jeweils dem Quotienten aus einem Leistungsdichtespektralanteil der jeweiligen Schallquelle und dem Gesamtleistungsdichtespektrum des jeweiligen Mikrofon signals entsprechen.

[0010] Schließlich ist auch vorgesehen ein Akustiksystem zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei getrennte Schallquellen, mit einer Mikrofoneinrichtung zur Bereitstellung von mindestens zwei Mikrofon signalen, einer ersten Filtereinrichtung zur Blinden Quellentrennung der mindestens zwei Mikrofon signale unter Gewinnung der Übertragungsfunktionen von Filtern der ersten Filtereinrichtung und zur Gewinnung zweier Monoausgangssignale, einer zweiten Filtereinrichtung zum Filtern jedes der Monoausgangssignale, so dass für jedes Monoausgangssignal zwei Stereosignale erzeugbar sind, und einer Recheneinrichtung zum Ermitteln der Übertragungsfunktionen von Filtern der zweiten Filtereinrichtung mit Hilfe der Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung.

[0011] In vorteilhafter Weise wird durch das erfindungsgemäße Verfahren und das erfindungsgemäße Akustiksystem die Schätzung der zu trennenden Signale zum Beispiel für jedes Hörgerät, Head-Set oder dergleichen möglich.

[0012] Vorzugsweise sind die ersten und zweiten Filter durch Wiener-Filter realisiert. Diese können adaptiv gestaltet

sein.

[0013] Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

FIG 1 ein Signalmodell und BSS-Verfahren gemäß dem Stand der Technik;

FIG 2 ein erfindungsgemäßes Verarbeitungsschema entsprechend einer ersten Ausführungsform zur Bereitstellung einer binauralen Ausgabe bzw. Stereoausgabe und

FIG 3 ein erfindungsgemäßes Verarbeitungsschema entsprechend einer zweiten Ausführungsform zur Bereitstellung einer binauralen Ausgabe bzw. Stereoausgabe.

[0014] Die nachfolgend näher geschilderten Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

[0015] Zur Realisierung eines binauralen Richtmikrofons mit Stereo- bzw. binauraler Wiedergabe wird ein BSS-Verfahren verwendet. Allgemein können BSS-Verfahren anhand von FIG 1 erläutert werden. Hierzu wird nochmals auf den Aufsatz von J. Benesty und Y. Huang hingewiesen. Dementsprechend wird die Signalübertragung von zwei Signalquellen zu zwei Mikrofonen durch das Signalmodell SIG beschrieben. Die weitere Verarbeitung von den Mikrofonen zum Ausgang wird durch ein BSS-Modell BSS dargestellt.

[0016] Entsprechend dem Signalmodell SIG werden die Signale $s1(k)$ der ersten Signalquelle und die Signale $s2(k)$ der zweiten Signalquelle jeweils zu beiden Mikrofonen übertragen, wobei k Abtastzeitpunkte darstellt. Die Übertragungsfunktionen im Spektralbereich für die einzelnen Übertragungswege können durch Signalmodellfilter $H_{ij}(\Omega)$ symbolisiert werden. An den Mikrofonen werden die Signale der beiden Signalquellen additiv zu den Mikrofonensignalen $x1(k)$ und $x2(k)$ überlagert.

[0017] Um nun die einzelnen Signalanteile wieder aufzutrennen, wird das BSS-Modell entsprechend FIG 1 angewandt. Dabei wird mit Hilfe von adaptiven BSS-Filtern $W_{ij}(\Omega)$ aus den Mikrofonensignalen $x1(k)$ und $x2(k)$ für jede Quelle jeweils ein Monoausgangssignal $y1(k)$ und $y2(k)$ ermittelt. Auch hier liefert jedes der beiden Mikrofonensignale einen Beitrag zum jeweiligen Ausgangssignal.

[0018] Für BSS gilt zunächst folgender Zusammenhang zwischen den Signalmodellfiltern $H_{ij}(\Omega)$ und den adaptiven BSS-Filtern $W_{ij}(\Omega)$:

$$\begin{bmatrix} Y1(\Omega) \\ Y2(\Omega) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{11}(\Omega) & W_{12}(\Omega) \\ W_{21}(\Omega) & W_{22}(\Omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} H_{11}(\Omega) & H_{12}(\Omega) \\ H_{21}(\Omega) & H_{22}(\Omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S1(\Omega) \\ S2(\Omega) \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} c_1(\Omega) & 0 \\ 0 & c_2(\Omega) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S1(\Omega) \\ S2(\Omega) \end{bmatrix}$$

[0019] BSS-Verfahren bestimmen nun die Filter-Werte $W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$ und $W_{22}(\Omega)$. Unbekannt sind die Signalmodell-Filter $H_{11}(\Omega)$, $H_{12}(\Omega)$, $H_{21}(\Omega)$ und $H_{22}(\Omega)$ und die (komplexen) Gewichtungen $c_1(\Omega)$ und $c_2(\Omega)$ der Signale nach Trennung. Man kann die obige Matrix-Gleichung nun nach $H_{11}(\Omega)$, $H_{12}(\Omega)$, $H_{21}(\Omega)$ und $H_{22}(\Omega)$ auflösen. Daraus ergibt sich:

$$H_{11}(\Omega) = \frac{c_1(\Omega)W_{22}(\Omega)}{W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega) - W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega)} = c_1(\Omega)\tilde{H}_{11}(\Omega)$$

$$H_{21}(\Omega) = \frac{c_1(\Omega)W_{21}(\Omega)}{W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega) - W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega)} = c_1(\Omega)\tilde{H}_{21}(\Omega)$$

$$H_{12}(\Omega) = \frac{c_2(\Omega)W_{12}(\Omega)}{W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega) - W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega)} = c_2(\Omega)\tilde{H}_{12}(\Omega)$$

$$H_{22}(\Omega) = \frac{c_2(\Omega)W_{11}(\Omega)}{W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega) - W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega)} = c_2(\Omega)\tilde{H}_{22}(\Omega)$$

[0020] Ziel ist es, Stereosignale zu erhalten, die zum rechten und linken Hörgerät übertragen werden und beim Hörgeräteträger eine räumliche Wahrnehmung erlauben.

[0021] Nachfolgend werden nun zwei Verfahren vorgestellt, mit denen es möglich ist, die gewünschten binauralen Signale für beide getrennten Quellen zu berechnen.

1) Berechnung der Stereo- bzw. binauralen Signale mit Hilfe von Wiener-Filtern

[0022] Entsprechend der ersten Methode nach FIG 2 werden die Wiener-Filter für das BSS-Verfahren berechnet. Die Ausgangssignale $y1(k)$ und $y2(k)$ des BSS-Verfahrens werden für die weitere Verarbeitung nicht mehr benötigt. Es werden jedoch die Filter $W_{ji}(\Omega)$ der BSS mit $i = 1, 2$ und $j = 1, 2$ verwendet. Aus den Filterwerten $W_{ij}(\Omega)$ werden Nachbearbeitungsfilter $G_{ji}(\Omega)$ mit $i=1, 2$ und $j=1, 2$ berechnet, wie dies in FIG 2 durch den Pfeil vom Filter BSS zum Filter G angedeutet ist.

[0023] Durch das Filter G werden nun das linke Mikrofonsignal $x1(k)$ und das rechte Mikrofonsignal $x2(k)$ gefiltert, so dass sich die Stereoausgangssignale $z1links(k)$, $z1rechts(k)$, $z2links(k)$ und $z2rechts(k)$ für die binaurale Versorgung bzw. Stereoversorgung ergeben. Das linke Mikrofonsignal $x1(k)$ wird hierfür durch die Filtereinheiten $G_{11}(\Omega)$ und $G_{12}(\Omega)$ gefiltert. Dementsprechend wird das rechte Mikrofonsignal $x2(k)$ durch die Filtereinheiten $G_{21}(\Omega)$ und $G_{22}(\Omega)$ gefiltert, um die Stereosignale der einzelnen Schallquellen für den rechten Kanal zu erhalten.

[0024] Nutzt man obige Gleichungen, können die Leistungsdichtespektren $S_{x1x1}(\Omega)$ und $S_{x2x2}(\Omega)$ der beiden Mikrofonssignale $x1(k)$ und $x2(k)$ folgendermaßen geschrieben werden:

$$S_{x1x1}(\Omega) = \left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| c_1(\Omega) \right|^2 S_{s1s1}(\Omega) + \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2 \left| c_2(\Omega) \right|^2 S_{s2s2}(\Omega)$$

$$S_{x2x2}(\Omega) = \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| c_1(\Omega) \right|^2 S_{s1s1}(\Omega) + \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 \left| c_2(\Omega) \right|^2 S_{s2s2}(\Omega)$$

[0025] Dabei bedeuten $S_{s1s1}(\Omega)$ und $S_{s2s2}(\Omega)$ die Leistungsdichtespektren der beiden Signalquellen.

[0026] Löst man diese Gleichungen nun nach den unbekannten Werten $S_{s1s1}(\Omega) \left| c_1(\Omega) \right|^2$ und $S_{s2s2}(\Omega) \left| c_2(\Omega) \right|^2$ auf, ergibt sich:

$$S_{s1s1}(\Omega) \left| c_1(\Omega) \right|^2 = \frac{S_{x1x1}(\Omega) \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - S_{x2x2}(\Omega) \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}{\left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}$$

$$S_{s2s2}(\Omega) \left| c_2(\Omega) \right|^2 = \frac{S_{x2x2}(\Omega) \left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 - S_{x1x1}(\Omega) \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2}{\left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}$$

[0027] Somit können die Anteile der Leistungsdichtespektren der Mikrofonssignale folgendermaßen berechnet werden:

1. Leistungsdichtespektrenanteil von $s1(k)$ in $x1(k)$:

$$P_{11}(\Omega) = \left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| c_1(\Omega) \right|^2 S_{s1s1}(\Omega)$$

$$= \left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \frac{S_{x1x1}(\Omega) \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - S_{x2x2}(\Omega) \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}{\left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}$$

2. Leistungsdichtespektrenanteil von $s2(k)$ in $x1(k)$:

$$P_{12}(\Omega) = \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2 \left| c_2(\Omega) \right|^2 S_{s2s2}(\Omega)$$

$$= \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2 \frac{S_{x2x2}(\Omega) \left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 - S_{x1x1}(\Omega) \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2}{\left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}$$

3. Leistungsdichtespektrenanteil von $s1(k)$ in $x2(k)$:

$$P_{21}(\Omega) = \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| c_1(\Omega) \right|^2 S_{s1s1}(\Omega)$$

$$= \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \frac{S_{x1x1}(\Omega) \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - S_{x2x2}(\Omega) \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}{\left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}$$

4. Leistungsdichtespektrenanteil von $s2(k)$ in $x2(k)$:

$$P_{22}(\Omega) = \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 \left| c_2(\Omega) \right|^2 S_{s2s2}(\Omega)$$

$$= \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 \frac{S_{x2x2}(\Omega) \left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 - S_{x1x1}(\Omega) \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2}{\left| \tilde{H}_{11}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{22}(\Omega) \right|^2 - \left| \tilde{H}_{21}(\Omega) \right|^2 \left| \tilde{H}_{12}(\Omega) \right|^2}$$

[0028] Die vier Wiener-Filter zur Extraktion der Signalanteile von $S1(\Omega)$ und $S2(\Omega)$ aus den Mikrofonssignalen $X1(\Omega)$ und $X2(\Omega)$ ergeben sich somit zu:

1. Berechnung des Signalanteils von $S1(\Omega)$ im ersten Mikrofon: Applikation des folgenden Filters auf das Signal $X1(\Omega)$:

$$G_{11}(\Omega) = \frac{P_{11}(\Omega)}{S_{x1x1}(\Omega)}$$

2. Berechnung des Signalanteils von $S_2(\Omega)$ im ersten Mikrofon: Applikation des folgenden Filters auf das Signal $X_1(\Omega)$:

$$G_{12}(\Omega) = \frac{P_{12}(\Omega)}{S_{x_1x_1}(\Omega)}$$

3. Berechnung des Signalanteils von $S_1(\Omega)$ im zweiten Mikrofon: Applikation des folgenden Filters auf das Signal $X_2(\Omega)$:

$$G_{21}(\Omega) = \frac{P_{21}(\Omega)}{S_{x_2x_2}(\Omega)}$$

4. Berechnung des Signalanteils von $S_2(\Omega)$ im zweiten Mikrofon: Applikation des folgenden Filters auf das Signal $X_2(\Omega)$:

$$G_{22}(\Omega) = \frac{P_{22}(\Omega)}{S_{x_2x_2}(\Omega)}$$

[0029] Alle notwendigen Größen, d. h. die Filterwerte $W_{ij}(\Omega)$, aus denen die Werte $\tilde{H}_{ij}(\Omega)$ berechnet werden, sowie die Leistungsdichtespektren $S_{x_1x_1}(\Omega)$ und $S_{x_2x_2}(\Omega)$ stehen zu jedem Zeitpunkt zur Verfügung oder können instantan geschätzt werden.

[0030] Bei dieser Anwendung der Wiener-Filterung treten nicht die bekannten Artefakte auf, wie sie von klassischen Geräuschreduktionsverfahren bekannt sind, da alle notwendigen Leistungsdichtespektren instantan geschätzt werden können. Sie müssen nicht geglättet geschätzt werden bzw. eine Aussetzung der Schätzung während bestimmter Zeitabschnitte ist nicht nötig.

2) Direkte Berechnung der Stereo- bzw. binauralen Ausgangssignale basierend auf den Monoausgangssignalen des BSS-Verfahrens und der geschätzten Filterwerte $W_{ij}(\Omega)$

[0031] Alternativ können nach FIG 3 die binauralen Signalanteile bzw. Stereosignalanteile $z1links(k)$ bzw. $z1rechts(k)$, $z21inks(k)$ und $z2rechts(k)$ auch folgendermaßen direkt mit Hilfe der Ausgangssignale des BSS-Verfahrens, $y_1(k)$ und $y_2(k)$, sowie der implizit beim BSS-Verfahren geschätzten Filterwerte $W_{ij}(\Omega)$ berechnet werden:

1. Berechnung des Signalanteils von $S_1(\Omega)$ im ersten Mikrofon:

$$\begin{aligned} S_1(\Omega)H_{11}(\Omega) &= \frac{Y_1(\Omega)}{c_1(\Omega)} c_1(\Omega) \tilde{H}_{11}(\Omega) \\ &= Y_1(\Omega) \tilde{H}_{11}(\Omega) = \frac{Y_1(\Omega)W_{22}(\Omega)}{W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega) - W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega)} \end{aligned}$$

2. Berechnung des Signalanteils von $S_1(\Omega)$ im zweiten Mikrofon:

$$\begin{aligned}
 S1(\Omega)H_{21}(\Omega) &= \frac{Y1(\Omega)}{c_1(\Omega)} c_1(\Omega) \tilde{H}_{21}(\Omega) \\
 &= Y1(\Omega) \tilde{H}_{21}(\Omega) = \frac{Y1(\Omega)W_{21}(\Omega)}{W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega) - W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega)}
 \end{aligned}$$

3. Berechnung des Signalanteils von $S2(\Omega)$ im ersten Mikrofon:

$$\begin{aligned}
 S2(\Omega)H_{12}(\Omega) &= \frac{Y2(\Omega)}{c_2(\Omega)} c_2(\Omega) \tilde{H}_{12}(\Omega) \\
 &= Y2(\Omega) \tilde{H}_{12}(\Omega) = \frac{Y2(\Omega)W_{12}(\Omega)}{W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega) - W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega)}
 \end{aligned}$$

4. Berechnung des Signalanteils von $S2(\Omega)$ im zweiten Mikrofon:

$$\begin{aligned}
 S2(\Omega)H_{22}(\Omega) &= \frac{Y2(\Omega)}{c_2(\Omega)} c_2(\Omega) \tilde{H}_{22}(\Omega) \\
 &= Y2(\Omega) \tilde{H}_{22}(\Omega) = \frac{Y2(\Omega)W_{11}(\Omega)}{W_{11}(\Omega)W_{22}(\Omega) - W_{21}(\Omega)W_{12}(\Omega)}
 \end{aligned}$$

[0032] Somit werden die Ausgangssignale des BSS-Verfahrens $y1(k)$, $y2(k)$ ($Y1(\Omega)$ und $Y2(\Omega)$ im Spektralbereich) durch die Filtereinrichtung $\tilde{H}$ weiterverarbeitet. Dies bedeutet, dass das Monoausgangssignal $y1(k)$ betreffend die Signalquelle S_1 durch die Filter $\tilde{H}_{11}(\Omega)$ und $\tilde{H}_{21}(\Omega)$ gefiltert wird, so dass sich die Stereosignale $z1links(k)$ und $z1rechts(k)$ für die Signalquelle S_1 ergeben. Analog wird das Monoausgangssignal $y2(k)$ durch die beiden Filter $\tilde{H}_{12}(\Omega)$ und $\tilde{H}_{22}(\Omega)$ gefiltert, so dass sich die Stereoausgangssignale $z2links(k)$ und $z2rechts(k)$ für die Signalquelle S_2 ergeben.

[0033] Es werden also die beim BSS-Verfahren implizit geschätzten Filter $W_{ij}(\Omega)$ zur Berechnung der Filter $H_{ij}(\Omega)$ genutzt, die die Übertragungsfunktionen von den Quellen zu den Mikrofonen beschreiben. Multipliziert man diese entsprechend den obigen Gleichungen mit den geschätzten Monosignalen $Y1(\Omega)$ und $Y2(\Omega)$, erhält man die gewünschten binauralen Signale. Diese Berechnung ist möglich, da die zur Ermittlung der Filterwerte $H_{ij}(\Omega)$ und der Quellsignale $S1(\Omega)$ und $S2(\Omega)$ fehlenden Ausgleichsfaktoren $c1$ und $c2$ sich bei der Multiplikation gerade aufheben.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei abgetrennte Schallquellen, **gekennzeichnet durch**

- Ausführen einer Blinden Quellentrennung (BSS) von mindestens zwei Mikrofonsignalen ($x1(k)$, $x2(k)$) zur Gewinnung von Übertragungsfunktionen von Filtern einer ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$),
- Ermitteln von Übertragungsfunktionen von Filtern einer zweiten Filtereinrichtung ($G_{11}(\Omega)$, $G_{12}(\Omega)$, $G_{21}(\Omega)$, $G_{22}(\Omega)$) mit Hilfe der Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$), wobei deren Übertragungsfunktionen jeweils dem Quotienten aus einem Leistungsdichtespektralanteil ($P_{11}(\Omega)$, $P_{12}(\Omega)$, $P_{21}(\Omega)$, $P_{22}(\Omega)$) der jeweiligen Schallquelle und dem Gesamtleistungsdichtespektrum ($S_{x1x1}(\Omega)$, $S_{x2x2}(\Omega)$) des jeweiligen Mikrofonsignals ($x1(k)$, $x2(k)$) entsprechen, und
- Filtern der mindestens zwei Mikrofonsignale ($x1(k)$, $x2(k)$) jeweils mit mindestens zwei Filtern der zweiten Filtereinrichtung ($G_{11}(\Omega)$, $G_{12}(\Omega)$, $G_{21}(\Omega)$, $G_{22}(\Omega)$), so dass für jedes Mikrofonsignal ($x1(k)$, $x2(k)$) zwei Stereosignale ($z1links(k)$, $z1rechts(k)$, $z2links(k)$, $z2rechts(k)$) gewonnen werden.

2. Verfahren zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei abgetrennte Schallquellen, **gekennzeichnet durch**

- Ausführen einer Blinden Quellentrennung (BSS) von mindestens zwei Mikrofonsignalen ($x_1(k)$, $x_2(k)$) mit Hilfe einer ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$) zur Gewinnung zweier Monoausgangssignale ($y_1(k)$, $y_2(k)$) und
- Filtern jedes der Monoausgangssignale ($y_1(k)$, $y_2(k)$) jeweils mit mindestens zwei zweiten Filtern einer zweiten Filtereinrichtung ($\tilde{H}_{11}(\Omega)$, $\tilde{H}_{12}(\Omega)$, $\tilde{H}_{21}(\Omega)$, $\tilde{H}_{22}(\Omega)$), deren Übertragungsfunktionen aus den Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$) berechnet werden, so dass für jedes Monoausgangssignal ($y_1(k)$, $y_2(k)$) zwei Stereosignale ($z1links(k)$, $z1rechts(k)$, $z21links(k)$, $z2rechts(k)$) gewonnen werden.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die ersten und/oder zweiten Filter Wiener-Filter sind.

4. Akustiksystem zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei getrennte Schallquellen, **gekennzeichnet durch**

- eine Mikrofoneinrichtung zur Bereitstellung von mindestens zwei Mikrofonsignalen ($x_1(k)$, $x_2(k)$),
- eine erste Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$) zur Blinden Quellentrennung (BSS) der mindestens zwei Mikrofonsignale unter Gewinnung der Übertragungsfunktionen von Filtern der ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$),
- eine zweite Filtereinrichtung ($G_{11}(\Omega)$, $G_{12}(\Omega)$, $G_{21}(\Omega)$, $G_{22}(\Omega)$) zum Filtern jedes der Mikrofonsignale ($x_1(k)$, $x_2(k)$), so dass für jedes Mikrofonsignal ($x_1(k)$, $x_2(k)$) zwei Stereosignale ($z1links(k)$, $z1rechts(k)$, $z21links(k)$, $z2rechts(k)$) erzeugbar sind und
- eine Recheneinrichtung zum Ermitteln der Übertragungsfunktionen von Filtern der zweiten Filtereinrichtung ($G_{11}(\Omega)$, $G_{12}(\Omega)$, $G_{21}(\Omega)$, $G_{22}(\Omega)$) mit Hilfe der Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$), wobei deren Übertragungsfunktionen jeweils dem Quotienten aus einem Leistungsdichtespektralanteil ($P_{11}(\Omega)$, $P_{12}(\Omega)$, $P_{21}(\Omega)$, $P_{22}(\Omega)$) der jeweiligen Schallquelle und dem Gesamtleistungsdichtespektrum ($S_{x_1x_1}(\Omega)$, $S_{x_2x_2}(\Omega)$) des jeweiligen Mikrofonsignals ($x_1(k)$, $x_2(k)$) entsprechen.

5. Akustiksystem zur Erzeugung von Stereosignalen jeweils für mindestens zwei getrennte Schallquellen, **gekennzeichnet durch**

- eine Mikrofoneinrichtung zur Bereitstellung von mindestens zwei Mikrofonsignalen ($x_1(k)$, $x_2(k)$),
- eine erste Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$) zur Blinden Quellentrennung (BSS) der mindestens zwei Mikrofonsignale unter Gewinnung der Übertragungsfunktionen von Filtern der ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$) und zur Gewinnung zweier Monoausgangssignale ($y_1(k)$, $y_2(k)$),
- eine zweite Filtereinrichtung ($\tilde{H}_{11}(\Omega)$, $\tilde{H}_{12}(\Omega)$, $\tilde{H}_{21}(\Omega)$, $\tilde{H}_{22}(\Omega)$) zum Filtern jedes der Monoausgangssignale ($y_1(k)$, $y_2(k)$), so dass für jedes Monoausgangssignal ($y_1(k)$, $y_2(k)$) zwei Stereosignale ($z1links(k)$, $z1rechts(k)$, $z21links(k)$, $z2rechts(k)$) erzeugbar sind, und
- eine Recheneinrichtung zum Ermitteln der Übertragungsfunktionen von Filtern der zweiten Filtereinrichtung ($\tilde{H}_{11}(\Omega)$, $\tilde{H}_{12}(\Omega)$, $\tilde{H}_{21}(\Omega)$, $\tilde{H}_{22}(\Omega)$) mit Hilfe der Übertragungsfunktionen der Filter der ersten Filtereinrichtung ($W_{11}(\Omega)$, $W_{12}(\Omega)$, $W_{21}(\Omega)$, $W_{22}(\Omega)$).

6. Akustiksystem nach Anspruch 4 oder 5, das als Hörgerät ausgestaltet ist.

7. Akustiksystem nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die ersten und/oder zweiten Filter Wiener-Filter sind.

FIG 1

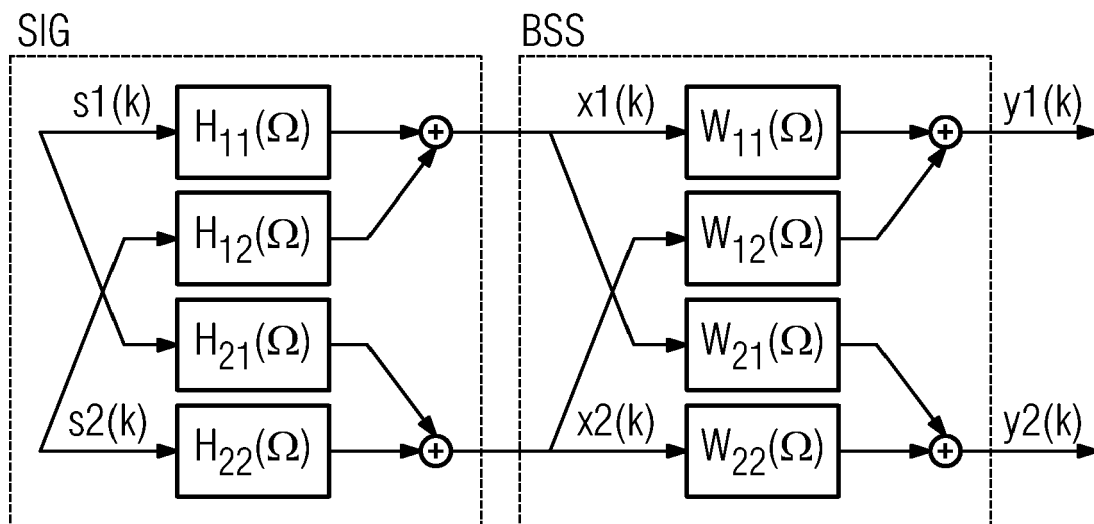


FIG 2

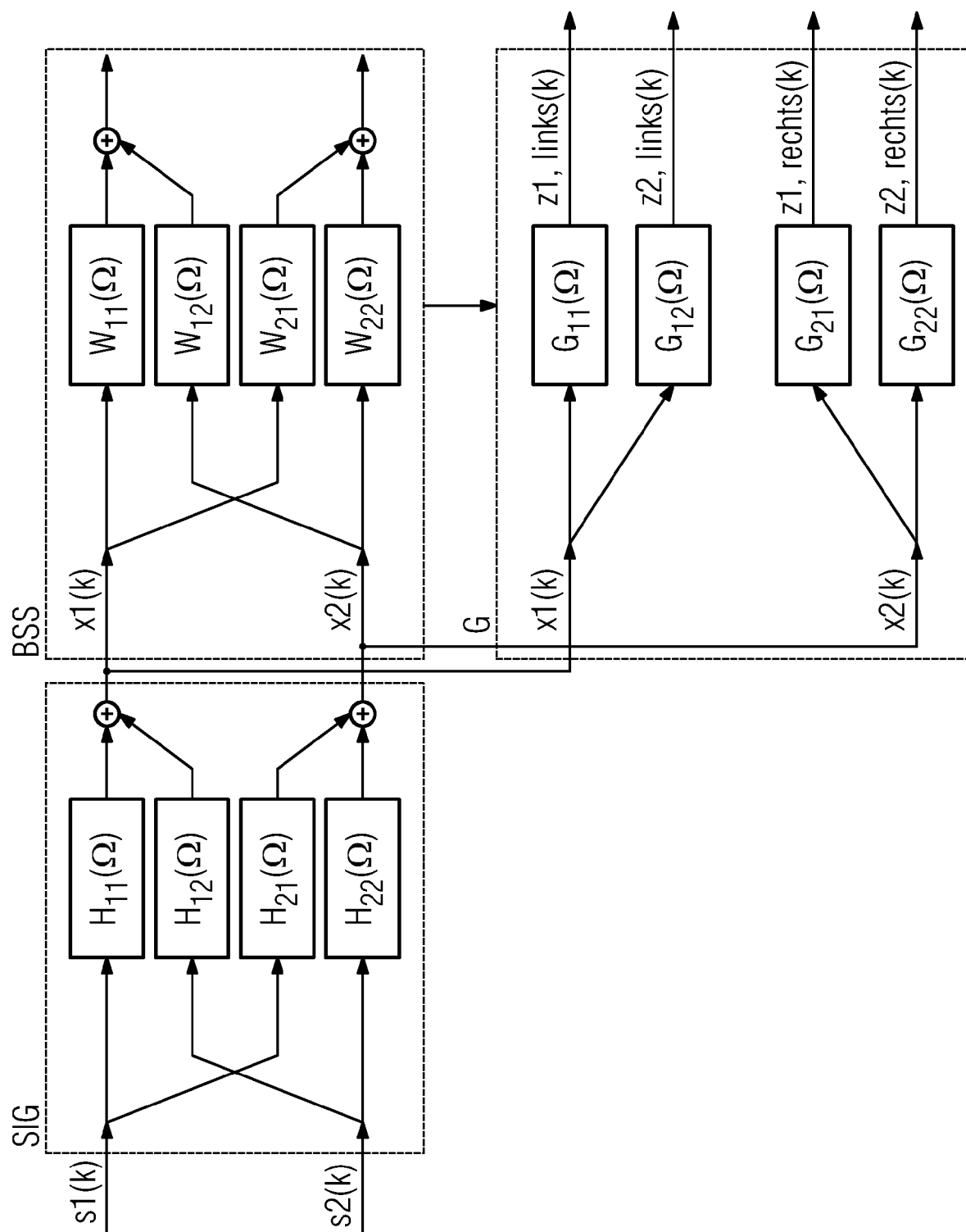


FIG 3

