

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
5. April 2007 (05.04.2007)

PCT

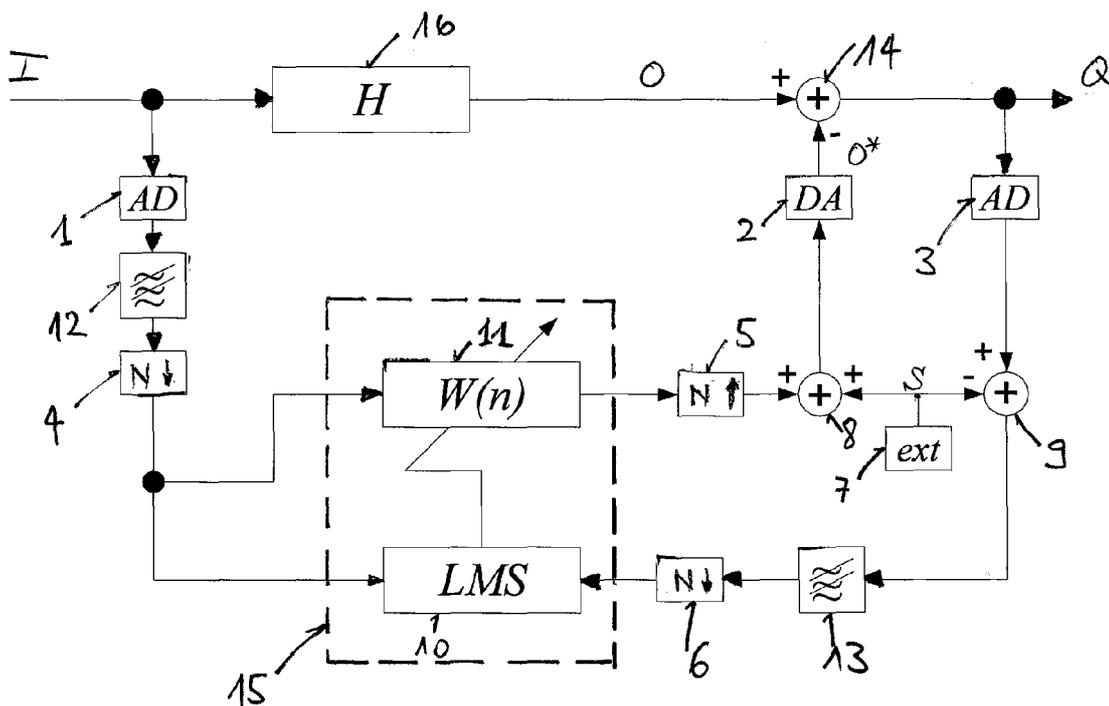
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2007/036443 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
G10K 11/178 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/066408
- (22) Internationales Anmeldedatum:
15. September 2006 (15.09.2006)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
1569/05 27. September 2005 (27.09.2005) CH
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ANOCSYS AG [CH/CH]; Industriezone Schächental, CH-6460 Altdorf (CH).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BACHMANN, Harry [CH/CH]; Sternenholdenstrasse 5, CH-8712 Stäfa (CH).
- (74) Anwalt: TROESCH SCHEIDEGGER WERNER AG; Peter D. Rigling, Schwaentenmos 14, CH-8126 Zumikon (CH).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR THE ACTIVE REDUCTION OF NOISE, AND DEVICE FOR CARRYING OUT SAID METHOD

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR AKTIVEN GERÄUSCHVERMINDERUNG UND EINE VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DES VERFAHRENS



(57) Abstract: Disclosed is a method in which a digital system is used for actively reducing noise. According to said method, a digital user signal can be transmitted at a different sampling rate, said sampling rate being adjusted with the aid of adequate converters.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2007/036443 A1



NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Erklärung gemäß Regel 4.17:

— *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv)*

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Verfahren, welches die Anwendung eines digitalen Systems zur aktiven Geräuschverminderung beschreibt, mit der Möglichkeit ein digitales Nutzsignal mit abweichender Abtastrate zu übertragen, wobei die Abtastrate mit entsprechenden Konvertern angepasst wird.

**Verfahren zur aktiven Geräuschverminderung und eine
Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens**

- 5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur aktiven Geräuschverminderung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.
- 10 Lärmquellen werden zunehmend als Umweltbelastung wahrgenommen und gelten als Verminderung der Lebensqualität. Da sich Lärmquellen häufig jedoch nicht vermeiden lassen, wurden bereits Verfahren zur Geräuschreduktion vorgeschlagen, die auf dem Prinzip der
- 15 Wellenauslöschung basieren.

Das Prinzip der aktiven Geräuschreduktion (ANC oder "Active Noise Cancelling") beruht auf der Auslöschung von Schallwellen durch Interferenzen. Diese Interferenzen

20 werden von einem oder mehreren elektro-akustischen Wandlern, beispielsweise von Lautsprechern, erzeugt. Das von den elektro-akustischen Wandlern abgestrahlte Signal wird mittels eines dazu geeigneten Algorithmus berechnet und laufend korrigiert. Als Grundlage für die Berechnung

25 des von den elektro-akustischen Wandlern auszustrahlenden Signals dienen die von einem oder mehreren Sensoren gelieferten Informationen. Dies sind zum einen Informationen über die Beschaffenheit des zu minimierenden Signals. Hierzu kann zum Beispiel ein Mikrofon verwendet

30 werden, welches das zu minimierende Geräusch erfasst. Zum

anderen werden aber auch Informationen über das verbleibende Restsignal benötigt. Auch hierzu können Mikrophone verwendet werden.

5 Eine bekannte Anwendung, bei der Störgeräusche aktiv reduziert werden, sind zum Beispiel von Helikopterpiloten verwendete Kopfhörer. So werden Störgeräusche, die in Kopfhörer von Helikopterpiloten gelangen, aktiv gedämpft, indem Kenntnisse der vom Antrieb der Rotoren stammenden
10 Störgeräusche ausgenutzt werden. Die Signalverarbeitung bei diesen bekannten Kopfhörern ist mit Hilfe von Analogtechnologie realisiert, d.h. die akustischen Signale und deren Verarbeitung erfolgt rein analog.

15 Bei den bekannten Kopfhörern ist es möglich, ein Nutzsinal, wie zum Beispiel Funkverkehr, beizumischen, da beide Signale analog sind.

Allen analogen Anwendungen ist gemeinsam, dass sie für eine
20 spezifische Situation optimiert sind. Eine Übertragung auf andere Anwendungen ist in der Regel nicht einfach zu bewerkstelligen. Es ist mithin immer eine Neukonzeption der Hardware erforderlich, wenn Lösungen für neue Anwendungen bereitgestellt werden müssen.

25

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Geräuschreduktion anzugeben, dass die vorstehenden Nachteile nicht aufweist.

Diese Aufgabe ist durch die im kennzeichnenden Teil von Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens sind in weiteren Ansprüchen angegeben.

5

Das erfindungsgemäße Verfahren dient zur aktiven Geräuschreduktion in einem Eingangssignal, das einer unbekanntem Übertragungsfunktion zugeführt wird. Das Verfahren besteht nun darin, dass die unbekanntem Übertragungsfunktion bzw. dessen tatsächliches Ausgangssignal mit Hilfe eines adaptiven Prozesses unter Verwendung des Eingangssignals und eines Fehlersignals geschätzt wird. Das Fehlersignal entspricht dabei dem Unterschied zwischen dem geschätzten Ausgangssignal und dem tatsächlichen Ausgangssignal. Ferner wird das geschätzte Ausgangssignal vom tatsächlichen Ausgangssignal zur Bildung eines geräuschreduzierten Ausgangssignals subtrahiert. Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass ein Nutzsignal dem geräuschreduzierten Ausgangssignal überlagert wird, wobei das Nutzsignal das Fehlersignal nicht beeinflusst, und dass ein Berechnungszyklus des adaptiven Prozesses länger als ein Taktintervall des Nutzsignals ist.

Damit ist ein flexibles Verfahren geschaffen, das sich sehr schnell auf eine neue Anwendung übertragen lässt.

Insbesondere muss die hierfür verwendete Hardware nicht geändert werden, sondern eine Anpassung der erforderlichen Algorithmen, die den adaptiven Prozess steuern, reicht aus. Darüber hinaus wird dem Umstand Rechnung getragen, dass eine aktive Geräuschreduktion eine hohe Rechenleistung

30

erfordert. Die Anforderungen an die Rechenleistung sind derweil so hoch, dass die zu verarbeitenden Eingangssignale eine relativ tiefe Abtastrate aufweisen müssen.

Eingangssignale mit zu hohen Abtastraten sind demzufolge
5 nicht verarbeitbar. Hohe Abtastraten sind auch deshalb nicht angebracht, weil eine aktive Geräuschreduktion insbesondere bei relativ tiefen Frequenzen zuverlässig funktioniert.

10 Bei einer Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens ist es vorgesehen, dass ein Taktintervall des Eingangssignals an den Berechnungszyklus des adaptiven Prozesses angepasst wird und dass das Taktintervall des geschätzten Ausgangssignals an das Taktintervall des
15 Nutzsignals angepasst wird.

Damit wird dem Umstand weiter Rechnung getragen, dass aufgrund der verfügbaren Rechenleistung ein reduzierter Verarbeitungszyklus beim adaptiven Prozess erforderlich
20 ist. Im Zusammenhang mit den verwendeten Begriffen "Taktintervall" und "Berechnungszyklus" wird darauf hingewiesen, dass dessen reziproke Werte den jeweiligen Abtastraten entsprechen.

25 Eine weitere Ausführungsvariante des erfindungsgemässen Verfahrens besteht darin, dass die Anpassung des Taktintervalls des Eingangssignals mit Hilfe eines Dezimationsalgorithmus erfolgt, und, gemäss einer noch weiteren Ausführungsvariante, dass die Anpassung des

Taktintervalls des geschätzten Ausgangssignals mit Hilfe eines Interpolationsalgorithmus erfolgt.

Sowohl Dezimationsalgorithmen als auch

5 Interpolationsalgorithmen zur Änderung der Abtastraten von digitalen Signalen sind beispielsweise durch Ronald E. Crochiere und Lawrence R. Rabiner in der Veröffentlichung mit dem Titel "Multirate Digital Signal Processing" (Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1983)
10 beschrieben worden.

Ferner zeichnet sich eine weitere Ausführungsform dadurch aus, dass ein zwischen dem Nutzsignal und dem geräuschreduzierten Ausgangssignal vorhandener
15 Laufzeitunterschied mit Hilfe einer adaptiven Verzögerungseinheit korrigiert wird.

Neben dem erfindungsgemäße Verfahren ist auch eine Vorrichtung mit einem Eingangssignal angegeben, das einer
20 unbekanntem Übertragungsfunktion beaufschlagt ist, die ein tatsächliches Ausgangssignal aufweist. Die Vorrichtung umfasst ferner:

- eine adaptive Prozessoreinheit, der das Eingangssignal beaufschlagt ist und ein geschätztes Ausgangssignal
25 aufweist,
- Mittel zur Erzeugung eines Fehlersignals aus dem geschätzten Ausgangssignal und dem tatsächlichen Ausgangssignal und
- Mittel zur Erzeugung eines geräuschreduzierten
30 Ausgangssignals,

wobei das Fehlersignal der adaptiven Prozessoreinheit beaufschlagt ist. Des Weiteren sind vorhanden:

- eine Nutzsinalquelle zur Erzeugung eines Nutzsinal, und
- 5 - Mittel zur Überlagerung des Nutzsinal dem geräuschreduzierten Ausgangssinal,

wobei ein Berechnungszyklus der adaptiven Prozessoreinheit länger als ein Taktsinal des Nutzsinal ist.

10 Eine weitere Ausführungsform der erfindungsgemässen Vorrichtung umfasst:

- Mittel zum Anpassen eines Abtastintervalls des Eingangssinal an den Berechnungszyklus der adaptiven Prozessoreinheit und
- 15 - Mittel zum Anpassen eines Abtastintervalls des geschätzten Ausgangssinal an ein Abtastintervall des Nutzsinal.

Ein weitere Ausführungsform besteht darin, dass die Mittel
20 zur Erzeugung eines geräuschreduzierten Ausgangssinal mindestens eine Lautsprehereinheit ist, der das tatsächliche Ausgangssinal und das geschätzte Ausgangssinal beaufschlagt sind.

25 Ferner ist es in einer weiteren Ausführungsvariante vorgesehen, dass der mindestens einen Lautsprehereinheit zusätzlich das Nutzsinal beaufschlagt ist.

Eine noch weitere Ausführungsvariante der
30 erfindungsgemässen Vorrichtung besteht darin, dass das

Eingangssignal über eine Analog/Digital-Wandlereinheit den Mittel zum Anpassen des Abtastintervalls des Eingangssignals an den Berechnungszyklus der adaptiven Prozesseinheit beaufschlagt ist und dass das geschätzte
5 Ausgangssignal über eine Digital/Analog-Wandlereinheit den Mitteln zur Erzeugung eines geräuschreduzierten Ausgangssignals beaufschlagt ist.

Schliesslich besteht eine weitere Ausführungsvariante
10 darin, dass eine erste Filtereinheit vor dem Mittel zum Anpassen des Abtastintervalls des Eingangssignals an den Berechnungszyklus der adaptiven Prozesseinheit angeordnet ist.

15 Die vorliegende Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Zeichnungen im Folgenden weiter erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockdiagramm mit einer erfindungsgemässen
20 Vorrichtung in schematischer Darstellung,

Fig. 2 ein Blockdiagramm mit einer weiteren Ausführungsvariante, ebenfalls in schematischer Darstellung, und

25

Fig. 3 einen gegenüber den Blockdiagrammen gemäss Fig. 1 und 2 geänderten Teil.

Fig. 1 zeigt ein Blockdiagramm mit einer erfindungsgemässen
30 Vorrichtung - inklusive Übertragungsfunktion H - zur

aktiven Geräuschreduktion ("active noise canceller" - ANC), wobei die Möglichkeit gegeben ist, ein in einer externen Nutzsignalquelle 7 erzeugtes Nutzsignal S beizumischen.

5 Die Übertragungsfunktion H ist zunächst eine unbekannte Grösse, die in einer adaptiven Prozesseinheit 15 geschätzt wird. Alternativ wird ein tatsächliches Ausgangssignal O der Übertragungsfunktion H in der adaptiven Prozesseinheit 15 geschätzt. Die Übertragungsfunktion H wird zur

10 Erläuterung der erfindungsgemässen Vorrichtung bzw. des erfindungsgemässen Verfahrens verwendet und ist selbst nicht ein Teil des erfindungsgemässen Verfahrens bzw. der erfindungsgemässen Vorrichtung. Die Übertragungsfunktion H beschreibt ein tatsächliches Ausgangssignal O, das aufgrund

15 eines an der Übertragungsfunktion H angelegten Eingangssignals I entsteht. Bezogen auf die in der Beschreibungseinleitung erwähnte Anwendung bei einem Helikopter entspricht das Eingangssignal I dem Helikoptergeräusch, wie es beispielsweise im Cockpit

20 vorzufinden ist, und das tatsächliche Ausgangssignal O dem akustischen Signal, wie es im Kopfhörer noch vorhanden ist. Die Übertragungsfunktion H beschreibt demzufolge die Veränderung des Eingangssignals I durch die Kopfhörerschale. Eine aktive Geräuschreduktion wird nun

25 damit erreicht, dass die Übertragungsfunktion H bzw. dessen Ausgangssignal geschätzt wird. Hierzu ist, wie aus Fig. 1 ersichtlich, das Eingangssignal I über eine Analog/Digital-Wandlereinheit 1, über eine erste Filtereinheit 12 und über eine erste Dezimationseinheit 4 einer adaptiven

30 Prozessoreinheit 15 zugeführt. In der adaptiven

Prozessoreinheit 15 wird unter Verwendung eines adaptiven Algorithmus ein geschätztes Ausgangssignal O^* bestimmt, das einer Interpolationseinheit 5 zugeführt wird. In der Interpolationseinheit 5 wird eine Taktrate eingestellt, die dem Nutzsignal S entspricht. Damit ist die Voraussetzung geschaffen worden, dass das geschätzte Ausgangssignal O^* und das Nutzsignal S addiert werden können, was in der Additionseinheit 8 geschieht, indem diese sowohl vom geschätzten Ausgangssignal O^* als auch vom Nutzsignal S beaufschlagt ist. Das Ausgangssignal der Additionseinheit 8 wird über eine Digital/Analog-Wandlereinheit 2 einer Superpositionseinheit 14 zugeführt, der das tatsächliche Ausgangssignal O ebenfalls zugeführt wird, wobei das geschätzte Ausgangssignal O^* vor der Superposition d.h. vor der Überlagerung mit dem tatsächlichen Ausgangssignal O invertiert wird, so dass bei Übereinstimmung der beiden Signale eine Signalauslöschung erfolgt, d.h. das geschätzte Ausgangssignal O^* löscht das tatsächliche Ausgangssignal O vollständig aus. Ist keine Übereinstimmung der beiden Signale gegeben, so erfolgt keine Signalauslöschung sondern eine dem Grad der Übereinstimmung entsprechende Reduktion.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Superpositionseinheit 14 als Teil eines Modells anzusehen ist, das die Situation - wiederum mit Bezug auf das Helikopterbeispiel - im durch die Ohrmuschel beschriebenen Raum beschreibt. Tatsächlich wird das geschätzte Ausgangssignal O^* auf eine, gegebenenfalls auf mehrere Lautsprechereinheiten (in Fig. 1 nicht dargestellt) zur Erzeugung eines akustischen Signals gegeben. Die Signallöschung (bei vollständiger

Übereinstimmung von tatsächlichem und geschätztem Ausgangssignal) bzw. die Signalreduktion (bei noch unterschiedlichen Signalen) erfolgt im geschlossenen Raum.

- 5 Damit sich die adaptive Prozessoreinheit 15 bzw. die in dieser durchgeführten Berechnungen laufend der sich allenfalls ändernden Übertragungsfunktion H angepasst werden kann, wird ein Fehlersignal ε an die adaptive Prozessoreinheit 15 zurückgeführt. Darin wird das
- 10 geschätzte Ausgangssignal O^* bzw. die in der adaptiven Prozessoreinheit 15 geschätzte Übertragungsfunktion so lange optimiert, bis das Fehlersignal ε ein Minimum erreicht hat.
- 15 Erfindungsgemäss wird ein Nutzsinal S einem geräuschreduzierten Ausgangssignal Q überlagert. Dies muss bei der Berechnung des Fehlersignals ε berücksichtigt werden, wobei dies durch eine Subtraktionseinheit 9 bewerkstelligt wird, der einerseits das Nutzsinal S der
- 20 Nutzsinalquelle 7 andererseits das beispielsweise mit einem Mikrophon (in Fig. 1 nicht dargestellt) aufgenommene und mit einer zweiten Analog/Digital-Wandlereinheit 3 konvertierte geräuschreduzierte Ausgangssignal Q zugeführt wird. Als Folge der Überlagerung des Nutzsignals S und des
- 25 geschätzten Ausgangssignals O^* zur Bildung des tatsächlichen Ausgangssignals O muss bei der Erzeugung des Fehlersignals ε das Nutzsinal S subtrahiert werden, was in der Subtraktionseinheit 9 wie vorstehend beschrieben erfolgt. Da die Digital/Analog-Wandlereinheit 2 und die
- 30 Analog/Digital-Wandlereinheit 3 mit der gleichen Taktrate

betrieben werden, ist das dem Fehlersignal ε entsprechende Ausgangssignal der Subtraktionseinheit 9 vor einer Übergabe an die adaptive Prozessoreinheit 15 an deren Berechnungszyklus anzupassen. Hierzu ist eine zweite
5 Dezimationseinheit 6 vorgesehen, welche die erforderliche Anpassung in den Taktraten bzw. in den Taktintervallen vornimmt.

Damit so genannte Antialiasing-Effekte verhindert werden
10 können, ist in der Ausführungsvariante gemäss Fig. 1 vor der ersten Dezimationseinheit 4 und/oder vor der zweiten Dezimationseinheit 6 eine erste und/oder eine zweite Filtereinheit 12, 13 vorgesehen.

15 In Fig. 1 ist die adaptive Prozessoreinheit 15 strichliniert dargestellt. Innerhalb der strichlinierten Umrahmung sind zwei Komponenten der adaptiven Prozessoreinheit 15 dargestellt, wobei eine einstellbare Übertragungsfunktion W und eine mit dieser wirkverbundenen
20 Fehlerberechnungseinheit LMS vorhanden sind. Die einstellbare Übertragungsfunktion W stimmt im Idealfall mit der Übertragungsfunktion H überein. Nur dann entspricht das geschätzte Ausgangssignal O^* dem tatsächlichen Ausgangssignal O und eine vollständige Signalauslöschung
25 ist das Resultat. Bei Ungleichheit erfolgt eine entsprechend reduzierte Signalauslöschung bzw. lediglich eine Signalreduktion. Die Fehlerberechnungseinheit LMS wirkt derart auf die einstellbare Übertragungsfunktion W ein, dass eine möglichst grosse Signalreduktion oder sogar
30 eine vollständige Signallöschung erhalten wird. Hierzu

eignet sich beispielsweise ein so genannter LMS-(Least Mean Square)-Algorithmus, wobei es sich hierbei um eine von vielen möglichen Realisierungsvarianten handelt.

Grundsätzlich sind die aus der adaptiven Signalverarbeitung
5 bekannten Algorithmen zur Bestimmung des geschätzten
Ausgangssignals, wie sie beispielsweise von Ronald E.
Crochiere und Lawrence R. Rabiner in der Veröffentlichung
mit dem Titel "Multirate Digital Signal Processing"
(Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1983)
10 beschrieben worden sind, in der adaptiven Prozessoreinheit
15 verwendbar.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, dass die zwei
Analog/Digital-Wandlereinheiten 1 und 3 ein beispielsweise
15 mit einem Mikrophon (in Fig. 1 nicht dargestellt)
aufgezeichnetes analoges Signal in entsprechende digitale
Signale umwandeln. Ferner wird ein berechnetes digitales
Signal, nämlich das geschätzte Ausgangssignal O^* , mit der
Digital/Analog-Wandereinheit 2 in ein analoges Signal
20 gewandelt, das beispielsweise einem Lautsprecher (in Fig. 1
nicht dargestellt) beaufschlagt wird. Da die
Wandlereinheiten 1, 2 und 3 Teil desselben CODEC sind,
werden sie mit identischer Abtastrate betrieben.

25 Der CODEC muss mit einer hohen Abtastrate arbeiten, sobald
das Nutzsignal S entsprechende qualitative Ansprüche
befriedigen soll, wie es zum Beispiel bei Musik der Fall
ist. Bei CD-Qualität beträgt die Abtastrate 44,1 kHz.
Demzufolge sind die Wandlereinheiten 1 bis 3 ebenfalls mit
30 dieser Taktfrequenz von 44,1 kHz zu betreiben. Der in der

adaptiven Prozessoreinheit 15 verwendete Algorithmus arbeitet hingegen mit wesentlich tieferen Frequenzen, beispielsweise mit 8 kHz. Diese Umwandlung wird, wie erwähnt, von den Dezimationseinheiten 4 und 6 durchgeführt.

5 Die Interpolationseinheit 5 wandelt das der adaptiven Prozessoreinheit 15 geschätzte Ausgangssignal, welches eine Abtastrate von 8 kHz hat, in die für die Wiedergabe von Musik nötigen 44,1 kHz um.

10 Damit weisen die der Additionseinheit 8 und der Subtraktionseinheit 9 zugeführten Signale eine identische Abtastrate auf. Als Folge davon lassen sich die Signale problemlos addieren bzw. subtrahieren.

15 Fig. 1 zeigt eine Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung, bei der Antialiasing-Effekte vermieden werden. Hierfür sind in erwähnter Weise Filtereinheiten 12 und 13 vor den jeweiligen Dezimationseinheiten 4, respektive 6, vorgesehen. Die beiden Filtereinheiten 12 und 13 sorgen nun
20 dafür, dass die nachfolgenden Dezimationseinheiten 4 und 6 nur relevante Signalanteile berücksichtigen, indem sie alle Signalanteile oberhalb der Hälfte der reduzierten Abtastrate herausfiltern, in diesem Fall also alle
Signalanteile oberhalb 4 kHz.

25

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsvariante der vorliegenden Erfindung, bei der keine Filtereinheiten 12 und 13 vorgesehen sind. Entsprechend ist hier eine Verschlechterung der Signalverarbeitung, insbesondere in
30 der adaptiven Prozessoreinheit 15, zu erwarten, weil bei

dieser Variante mit Antialiasing-Effekten gerechnet werden muss.

Fig. 3 zeigt einen geänderten Teil des in Fig. 1 und 2
5 gezeigten Blockdiagramms. So ist im Signalpfad zwischen der
Additionseinheit 8 und der Subtraktionseinheit 9 vor dessen
Eingang eine adaptive Verzögerungseinheit 20 enthalten, um
eine Verzögerung des Nutzsignals S kompensieren zu können.
Die Verzögerung des Nutzsignals S entsteht im Signalpfad
10 über die Additionseinheit 8, die Digital/Analog-
Wandlereinheit 2 und die Analog/Digital-Wandlereinheit 3.
Dementsprechend muss das Nutzsignal S, das direkt der
Subtraktionseinheit 9 zugeführt wird, verzögert werden,
damit eine exakte Berechnung des Fehlersignals ϵ möglich
15 ist.

Eine flexible Anpassung der Hardware der vorliegenden
Erfindung erfordert eine digitale Realisierung der aktiven
Geräuschreduktionseinheit. Da bei solchen aktiven
20 Geräuschreduktionseinheiten ohnehin Lautsprecher vorhanden
sind, ist eine Integration anderer akustischer Signale, wie
zum Beispiel Sprache oder Musik, erwünscht.

Wie bereits darauf hingewiesen worden ist, sind die
25 beispielsweise mit Mikrofonen erfassten Signale analog und
müssen zur weiteren Verarbeitung mit der adaptiven
Prozessoreinheit in ein digitales Format umgewandelt
werden. CODEC's stellen hierzu eine effiziente Variante
dar. Sie sind günstig und für Audioanwendungen optimiert
30 und besitzen ausserdem mehrere Kanäle. Ein CODEC wird auf

allen Kanälen mit identischer Abtastrate betrieben. Als CODEC eignen sich beispielsweise die Algorithmen mit den Bezeichnungen TLV 320 AIC 23 oder TLV 320 AIC 25, welche von der Firma Texas Instruments Inc. entwickelt worden sind. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf die Verwendung dieser Algorithmen eingeschränkt.

Die Verwendung von herkömmlichen Wandlereinheiten anstelle von CODEC's für jeden Kanal ist grundsätzlich denkbar, wobei dann für jeden Kanal eine individuelle Abtastrate eingestellt werden kann.

Die Anpassung der Taktraten bzw. der Taktintervalle können in einer digitalen Signalverarbeitungseinheit (DSP - Digital Signal Processor) vorgenommen werden, der bei einer Ausführungsvariante der erfindungsgemässen Vorrichtung zur Berechnung der adaptiven Prozesse ohnehin vorhanden ist. Damit entfallen zusätzliche Kosten, die ansonsten für die Dezimationseinheiten bzw. die Interpolationseinheiten aufgewendet werden müssen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur aktiven Geräuschreduktion in einem Eingangssignal (I), das einer unbekanntem Übertragungsfunktion (H) zugeführt wird, wobei das Verfahren darin besteht, dass die unbekanntem Übertragungsfunktion (H) bzw. dessen tatsächliches Ausgangssignal (O) mit Hilfe eines adaptiven Prozesses unter Verwendung des Eingangssignals (I) und eines Fehlersignals (ϵ) geschätzt wird, wobei das Fehlersignal (ϵ) dem Unterschied zwischen dem geschätzten Ausgangssignal (O^*) und dem tatsächlichen Ausgangssignal (O) entspricht, und dass das geschätzte Ausgangssignal (O^*) vom tatsächlichen Ausgangssignal (O) zur Bildung eines geräuschreduzierten Ausgangssignals (Q) subtrahiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Nutzsignal (S) dem geräuschreduzierten Ausgangssignal (Q) überlagert wird, wobei das Nutzsignal (S) das Fehlersignal (ϵ) nicht beeinflusst, und dass ein Berechnungszyklus des adaptiven Prozesses länger als ein Taktintervall des Nutzsignals (S) ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Taktintervall des Eingangssignals (I) an den Berechnungszyklus des adaptiven Prozesses angepasst wird und dass das Taktintervall des geschätzten Ausgangssignals (O^*) an das Taktintervall des Nutzsignals (S) angepasst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpassung des Taktintervalls des Eingangssignals (I) mit Hilfe eines Dezimationsalgorithmus erfolgt.

5 4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Anpassung des Taktintervalls des geschätzten Ausgangssignals (O^*) mit Hilfe eines Interpolationsalgorithmus erfolgt.

10 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein zwischen dem Nutzsignal (S) und dem geräuschreduzierten Ausgangssignal (Q) vorhandener Laufzeitunterschied mit Hilfe einer Verzögerungseinheit (20) korrigiert wird.

15

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5 mit einem Eingangssignal (I), das einer unbekanntem Übertragungsfunktion (H) beaufschlagt ist, die ein tatsächliches Ausgangssignal (O) aufweist,

20 ferner:

- eine adaptive Prozessoreinheit (15), der das Eingangssignal (I) beaufschlagt ist und ein geschätztes Ausgangssignal (O^*) aufweist,

25 - Mittel zur Erzeugung eines Fehlersignals (ε) aus dem geschätzten Ausgangssignal (O^*) und dem tatsächlichen Ausgangssignal (O) und

- Mittel (14) zur Erzeugung eines geräuschreduzierten Ausgangssignals (Q),

30 wobei das Fehlersignal (ε) der adaptiven Prozessoreinheit (15) beaufschlagt ist,

gekennzeichnet durch

- eine Nutzsinalquelle (7) zur Erzeugung eines Nutzsinal (S), und
- Mittel zur Überlagerung des Nutzsinal (S) dem geräuschreduzierten Ausgangssinal (Q),

5

wobei ein Berechnungszyklus der adaptiven Prozesseinheit (15) länger als ein Taktsinal des Nutzsinal (S) ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, ferner gekennzeichnet durch

10

- Mittel (4) zum Anpassen eines Abtastintervalls des Eingangssinal (I) an den Berechnungszyklus der adaptiven Prozesseinheit (15) und
- Mittel (5) zum Anpassen eines Abtastintervalls des geschätzten Ausgangssinal (O*) an ein Abtastintervall des Nutzsinal (S).

15

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch

gekennzeichnet, dass die Mittel (14) zur Erzeugung eines geräuschreduzierten Ausgangssinal (Q) mindestens eine Lautsprechereinheit ist, der das tatsächliche Ausgangssinal (O) und das geschätzte Ausgangssinal (O*) beaufschlagt sind.

20

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet,

25

dass der mindestens einen Lautsprechereinheit zusätzlich das Nutzsinal (S) beaufschlagt ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch

gekennzeichnet, dass das Eingangssinal (I) über eine

30

Analog/Digital-Wandlereinheit (1) den Mittel (4) zum

Anpassen des Abtastintervalls des Eingangssignals (I) an den Berechnungszyklus der adaptiven Prozesseinheit (15) beaufschlagt ist und dass das geschätzte Ausgangssignal (O*) über eine Digital/Analog-Wandlereinheit (2) den
5 Mitteln (14) zur Erzeugung eines geräuschreduzierten Ausgangssignals (Q) beaufschlagt ist.

11. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine erste Filtereinheit (12) vor den Mittel (4) zum
10 Anpassen des Abtastintervalls des Eingangssignals (I) an den Berechnungszyklus der adaptiven Prozesseinheit (15) angeordnet ist.

Fig. 1

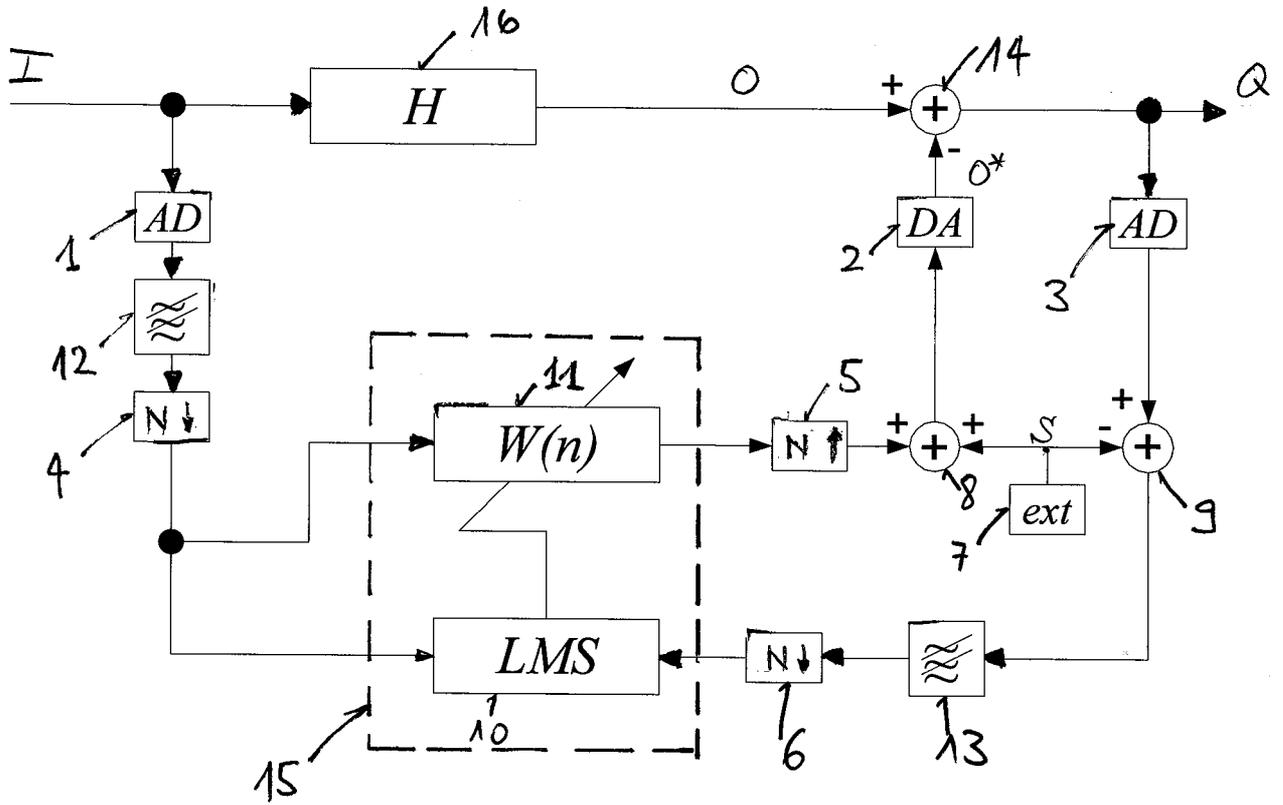
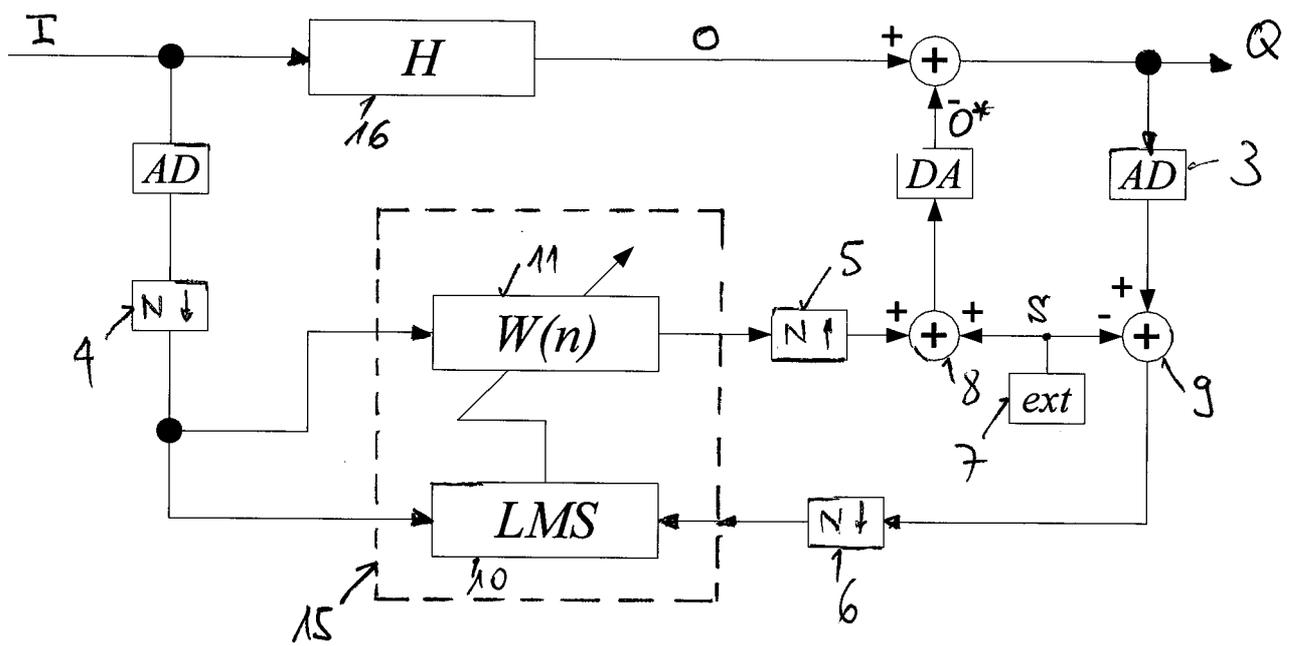


Fig. 2



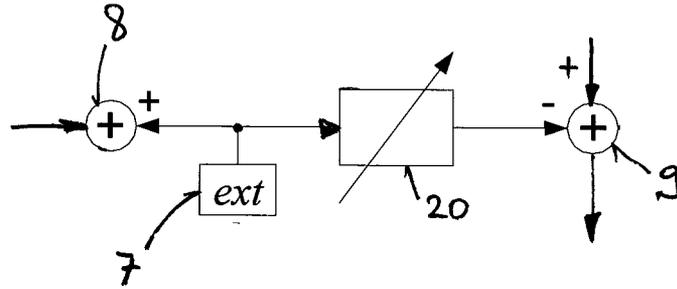


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/066408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G10K11/178		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G10K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 991 418 A (KUO SEN M [US]) 23 November 1999 (1999-11-23) column 6, line 11 - line 53 column 6, line 64 - column 7, line 7 column 12, line 54 - column 13, line 9 figures 1,2	1-11
A	WO 03/105524 A (ELBIT SYSTEMS LTD [IL]; BARAK LIOR [IL]; EICHLER UZI [IL]; PAZ AVNER []) 18 December 2003 (2003-12-18) page 4, line 6 - line 15 page 11, line 23 - line 31 page 23, line 5 - line 23	1-11
A	US 5 600 729 A (DARLINGTON PAUL [GB] ET AL) 4 February 1997 (1997-02-04) column 3, line 6 - line 10 claim 1	1-11
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "&" document member of the same patent family	
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
8 December 2006	21/12/2006	
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer SCHNEIDERBAUER, K	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/066408

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 97/02559 A (CANADA NAT RES COUNCIL [CA]) 23 January 1997 (1997-01-23) page 9, line 22 - page 11, line 9 page 11, line 10 - page 12, line 17 claims 7,8	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2006/066408

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5991418	A	23-11-1999	NONE	
WO 03105524	A	18-12-2003	AU 2003228093 A1 US 2003228019 A1	22-12-2003 11-12-2003
US 5600729	A	04-02-1997	CA 2154348 A1 DE 69402413 D1 DE 69402413 T2 EP 0681726 A1 ES 2099593 T3 GB 2274757 A WO 9417512 A1 JP 3754067 B2 JP 8507155 T	04-08-1994 07-05-1997 10-07-1997 15-11-1995 16-05-1997 03-08-1994 04-08-1994 08-03-2006 30-07-1996
WO 9702559	A	23-01-1997	CA 2225631 A1 DE 69616553 D1 DE 69616553 T2 DE 69627395 D1 DE 69627395 T2 DE 69627725 D1 DE 69627725 T2 EP 0836736 A1	23-01-1997 06-12-2001 11-07-2002 15-05-2003 05-02-2004 28-05-2003 18-12-2003 22-04-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2006/066408

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G10K11/178

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G10K

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 991 418 A (KUO SEN M [US]) 23. November 1999 (1999-11-23) Spalte 6, Zeile 11 - Zeile 53 Spalte 6, Zeile 64 - Spalte 7, Zeile 7 Spalte 12, Zeile 54 - Spalte 13, Zeile 9 Abbildungen 1,2	1-11
A	WO 03/105524 A (ELBIT SYSTEMS LTD [IL]; BARAK LIOR [IL]; EICHLER UZI [IL]; PAZ AVNER []) 18. Dezember 2003 (2003-12-18) Seite 4, Zeile 6 - Zeile 15 Seite 11, Zeile 23 - Zeile 31 Seite 23, Zeile 5 - Zeile 23	1-11
A	US 5 600 729 A (DARLINGTON PAUL [GB] ET AL) 4. Februar 1997 (1997-02-04) Spalte 3, Zeile 6 - Zeile 10 Anspruch 1	1-11
	----- -/--	

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
8. Dezember 2006	21/12/2006

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter SCHNEIDERBAUER, K
---	---

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/066408

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	WO 97/02559 A (CANADA NAT RES COUNCIL [CA]) 23. Januar 1997 (1997-01-23) Seite 9, Zeile 22 - Seite 11, Zeile 9 Seite 11, Zeile 10 - Seite 12, Zeile 17 Ansprüche 7,8	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/066408

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5991418	A	23-11-1999	KEINE	
WO 03105524	A	18-12-2003	AU 2003228093 A1 US 2003228019 A1	22-12-2003 11-12-2003
US 5600729	A	04-02-1997	CA 2154348 A1 DE 69402413 D1 DE 69402413 T2 EP 0681726 A1 ES 2099593 T3 GB 2274757 A WO 9417512 A1 JP 3754067 B2 JP 8507155 T	04-08-1994 07-05-1997 10-07-1997 15-11-1995 16-05-1997 03-08-1994 04-08-1994 08-03-2006 30-07-1996
WO 9702559	A	23-01-1997	CA 2225631 A1 DE 69616553 D1 DE 69616553 T2 DE 69627395 D1 DE 69627395 T2 DE 69627725 D1 DE 69627725 T2 EP 0836736 A1	23-01-1997 06-12-2001 11-07-2002 15-05-2003 05-02-2004 28-05-2003 18-12-2003 22-04-1998