



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 684 543 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
26.07.2006 Patentblatt 2006/30

(51) Int Cl.:
H04R 3/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05001063.6**

(22) Anmeldetag: **19.01.2005**

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

(71) Anmelder: **Success Chip Ltd.**
Road Town, Tortola (VG)

(72) Erfinder: **Börsch, Martin**
47877 Willich (DE)

(74) Vertreter: **Englaender, Klaus**
Jung HML
Patentanwälte
Schraudolphstrasse 3
80799 München (DE)

(54) **Verfahren zum Unterdrücken von elektroakustischer Rückkopplung**

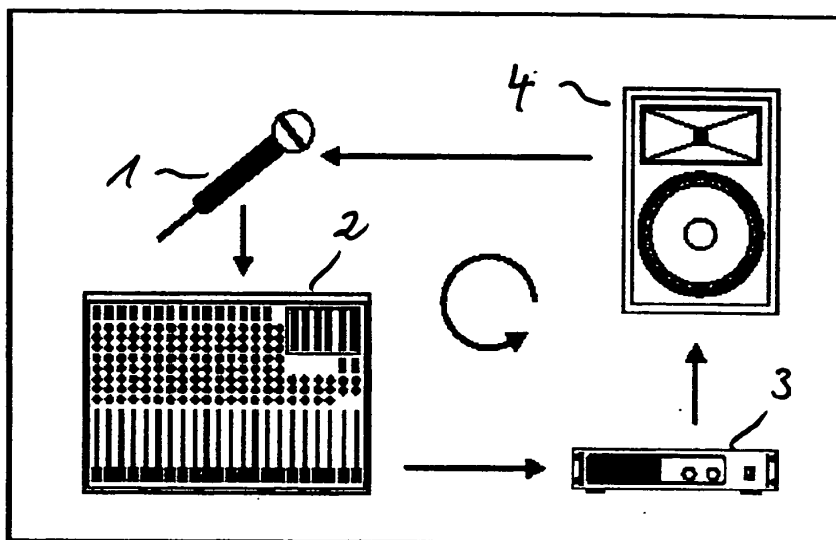
(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterdrücken von elektroakustischer Rückkopplung (Feedback) in einem Audiosystem, das ein Mikrophon umfasst, das über einen Verstärker ein Lautsprechersystem treibt, insbesondere im Rahmen einer Beschallungsanlage, mit den Schritten:

- Überwachen des Pegels des Mikrophonsignals auf der Mikrophon-Verstärkerstrecke,
- Ermitteln der Bereitschaft für das Auftreten einer Rückkopplung, wenn der Pegel des Mikrophonsignals einen Schwellenwert übersteigt,
- Erfassen einer kritischen Frequenz, bei welcher der Pegel des Mikrophonsignals den Schwellenwert

übersteigt, und Werten dieser Frequenz als Rückkopplungsfrequenz, und
d) Ausfiltern der Rückkopplungsfrequenz aus dem Mikrophonsignal zur Unterdrückung der Rückkopplung.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Mikrophonsignal vor dem Schritt a) durch eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) vom Zeitbereich in einen Frequenzbereich transformiert wird und dass diejenige Frequenz als Rückkopplungsfrequenz gewertet wird, bei welcher der maximale Pegel des Mikrophonsignals den Schwellenwert in Gestalt eines vorbestimmten Verhältnisses des maximalen Pegels des Mikrophonsignals zum Gesamtpegel des Mikrophonsignals überschreitet.

Fig. 1



EP 1 684 543 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterdrücken von elektroakustischer Rückkopplung (Feedback) in einem Audiosystem, das ein Mikrophon umfasst, das über einen Verstärker ein Lautsprechersystem treibt, insbesondere im Rahmen einer Beschallungsanlage in Übereinstimmung mit dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Die Erfindung liegt auf dem Gebiet elektroakustischer Darbietungen, wie Live-Musik-Veranstaltungen. Bei derartigen Veranstaltungen kommen sogenannte PA-Anlagen mit Mikrophonen zum Einsatz, mit denen Stimmen und Instrumente elektroakustisch erfasst, verstärkt und über Lautsprecher wiedergegeben werden. Dabei kann es zu Rückkopplungen des verstärkten Mikrophonsignals über die Strecke Mikrophon-Verstärker kommen, die über die Lautsprecher unangenehm laute Schallereignisse produzieren. Insbesondere entstehen diese Rückkopplungen, auch als Feedback bezeichnet, wenn das vom Mikrophon erfasste Lautsprechertonsignal gleichphasig zum Mikrophon-Nutzsignal die Strecke Mikrophon-Verstärker durchläuft. Über die Rückkopplungsschleife können sich diese Signale zunehmend hochschaukeln und über die Lautsprecher hohe und höchste Schallamplituden mit einer typischen Rückkopplungsfrequenz erzeugen, die sich im Verlauf der Zeit ändert. Eine bisherige Gegenmaßnahme in Bezug auf Rückkopplungseffekte sieht vor, die PA-Anlage auszuschalten oder ihre Verstärkung zumindest drastisch zu vermindern. Alternativ ist es bekannt, den Bereich der Rückkopplungsfrequenz, soweit dieser durch Erfahrung ermittelt worden ist, mehr oder weniger breitbandig aus dem Audiofrequenzband herauszufiltern, wobei dieser Frequenzbereich jedoch bei der Wiedergabe fehlt. Eine noch wirksamere Maßnahme bietet das eingangs genannte gattungsgemäße Verfahren, welches die Rückkopplungsfrequenz selbsttätig ermittelt und ausfiltert. Dieses Verfahren läuft jedoch nicht unter allen praxisgerechten Umständen schnell und präzise genug sowie frei von einer Beeinträchtigung der Wiedergabequalität ab, weshalb ein Bedarf an einem Verfahren zum Unterdrücken von elektroakustischer Rückkopplung (Feedback) in einem Audiosystem der eingangs genannten Art besteht, das das Auftreten von Rückkopplungseffekten schnell und zuverlässig verhindert, ohne die Wiedergabequalität zu beeinträchtigen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Unterdrücken von elektroakustischer Rückkopplung (Feedback) in einem Audiosystem zu schaffen, das Rückkopplungseffekte wirksam unterdrückt, ohne die Wiedergabequalität des Audiosystems zu beeinträchtigen.

[0004] Gelöst wird die Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1. Weitere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0005] Nach dem Grundgedanken der Erfindung läuft das eingangs genannte gattungsgemäße Verfahren, das im Stand der Technik im Zeitbereich abläuft, im Frequenzbereich ab, in welchen das Mikrophonsignal durch schnelle Fourier-Transformation überführt wird. Dabei wird erfindungsgemäß diejenige Frequenz als Rückkopplungsfrequenz gewertet, bei welcher der maximale Pegel des Mikrophonsignals den Schwellenwert in Gestalt eines vorbestimmten Verhältnisses des maximalen Pegels des Mikrophonsignals zum Gesamtpegel des Mikrophonsignals überschreitet.

[0006] Um beim erfindungsgemäßen Verfahren die Genauigkeit bei der Erkennung der Rückkopplungsfrequenz zu optimieren, ist vorgesehen, das Mikrophonsignal vor Ausführung der Schritte des gattungsgemäßen Verfahrens durch Allpassfilterung in Kombination mit der schnellen Fourier-Transformation (FFT) vom Zeitbereich in einen "bark"-skalierten Frequenzbereich zu transformieren.

[0007] Bevorzugt erfolgt das Herausfiltern der Rückkopplungsfrequenz schmalbandig, vor allem mittels einem Notchfilter, das mit einer Bandbreite von 1/60 Oktave realisierbar ist und durch seinen erfindungsgemäßen Einsatz das Audionutzsignal nicht beeinträchtigt.

[0008] Um bei der hohen Erfassungsgeschwindigkeit von Anzeichen einer Rückkopplung die Rückkopplungsfrequenz und den dort auftretenden Pegel hinreichend genau ermitteln zu können, werden erfindungsgemäß Korrekturprozeduren an Frequenz und Pegel vorgeschlagen, die ohne Zeitverlust in Echtzeit realisierbar sind.

[0009] Folgende Korrekturprozeduren sind erfindungsgemäß vorgesehen:

- Der maximale Mikrophonpegel wird unter Bezug auf zwei benachbarte kleinere Pegel niedrigerer bzw. höherer Frequenz einer Fehlerkorrektur unterzogen. Bevorzugt wird die Rückkopplungsfrequenz unter Bezug auf zwei benachbarte Frequenzen mit kleinerem Mikrophonpegel als dem maximalen einer Fehlerkorrektur unterzogen. Dabei wird der Wert der Rückkopplungsfrequenz bevorzugt einer Korrektur unterworfen, indem er durch einen Wert ersetzt wird, der sich durch lineare Interpolation aus zwei benachbarten Frequenzwerten ergibt.
- Der Signalpegel bei der Rückkopplungsfrequenz wird relativ zu einem benachbarten Signalpegel einer Korrektur unterworfen. Bevorzugt erfolgt die Korrektur relativ zu demjenigen benachbarten Signalpegel von zwei benachbarten Signalpegeln, dessen Wert am nächsten zum Signalpegel bei der Rückkopplungsfrequenz liegt.

[0010] Zusammengefasst lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren folgende Vorteile erzielen:

- Rückkopplungen lassen sich sehr schnell erkennen und gegensteuern, vor allen durch den Einsatz einer schnellen

Fourier-Transformation (FFT).

- Rückkopplungen lassen sich genau erkennen und gegensteuern, vor allem durch Verwendung eines Netzwerks von Allpassfiltern zur Konvertierung der FFT in einen "bark"-skalierten Frequenzbereich.
- Das Audiosignal bzw. Mikrophonsignal wird durch den Einsatz sehr schmalbandiger Filter zur Unterdrückung von Rückkopplung so gut wie nicht beeinträchtigt.
- Durch Nachführen der Filterfrequenz des schmalbandigen Filters kann ein Auswandern der Rückkopplungsfrequenz zeitnah verfolgt werden.

[0011] Schließlich ist erfindungsgemäß vorgesehen, das schmalbandige Filter zum Herausfiltern der Rückkopplungsfrequenz nachzuführen, wenn diese sich im Verlauf der Zeit ändert. Hierdurch kann der schmalbandige Ansatz der Ausfilterung auch bei Änderung der Rückkopplungsfrequenz beibehalten werden, ohne die Nachteile einer breitbandigeren Filterung für diesen Fall anwenden zu müssen.

[0012] Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert; in dieser zeigen:

Fig. 1 schematisch eine PA-Audiosystem zur Verdeutlichung der Ausbildung einer Rückkopplungsschleife,

Fig. 2 die Filterkurve eines Notchfilters einer Bandbreite von 1/60 Oktave,

Fig. 3 schematisch anhand eines Frequenz/Pegel-Diagramms die Arbeitsweise einer Frequenzkorrekturprozedur,

Fig. 4 schematisch anhand eines Frequenz/Pegel-Diagramms die Arbeitsweise einer Pegelkorrekturprozedur.

[0013] In Fig. 1 ist eine typischerweise bei Live-Ereignissen zu Einsatz kommende PA-Anlage gezeigt, die ein Mikrophon 1 umfasst, dessen Mikrophonsignal über ein Mischpult 2 in einen Leistungsverstärker 3 eingespeist wird, der einen Lautsprecher 4 mit dem verstärkten Mikrophonsignal treibt. In dieser Anlage entsteht eine Feedback-Schleife bzw. Rückkopplungsschleife, wenn der vom Lautsprecher abgestrahlte Schall vom Mikrophon 1 eingefangen und zusammen mit dem Nutzsignal des Mikrophons, das z. B. von einem Instrumentalisten oder Sänger genutzt wird, gleichphasig in den Verstärker eingespeist und daraufhin vom Lautsprecher abgestrahlt wird. Diese Schleife ist in Fig. 1 mit einem kreisförmigen Pfeil bezeichnet.

[0014] Erfindungsgemäß wird die Ausbildung einer Rückkopplung in der Rückkopplungsschleife unterbunden, indem der Pegel des Mikrophonsignals auf der Mikrophon-Verstärkerstrecke erfasst wird, wobei die Bereitschaft für das Auftreten einer Rückkopplung dadurch erkannt wird, dass der Pegel des Mikrophonsignals einen Schwellenwert übersteigt. Die Frequenz des Mikrophonsignals bei diesem kritischen Pegel wird als Rückkopplungsfrequenz gewertet und aus dem Mikrophonsignal zur Unterdrückung der Rückkopplung mittels eines schmalbandigen Filters, wie etwa dem Notchfilter ausgefiltert, dessen Frequenzkennlinie in Fig. 2 gezeigt ist.

[0015] Um die Rückkopplungsfrequenz schnell und genau zu ermitteln, wird das Mikrophonsignal durch eine Kombination von einem Netzwerk aus Allpassfiltern und einer schnellen Fourier-Transformation (FFT) vom Zeitbereich in den Frequenzbereich transformiert. Durch diese Kombination, die einem "warped" FFT entspricht, entsteht ein "bark"-skaliertes Frequenzspektrum, das einer logarithmischen Skalierung sehr nahe kommt. In diesem Frequenzspektrum wird das Pegel-Maximum ermittelt und mit Hilfe von zwei benachbarten Frequenzwerten einer Fehlerkorrektur unterworfen (Fig. 3). Sobald dieser Pegel ein vorbestimmtes Verhältnis des Gesamtpegels des Mikrophonsignals (einen hierdurch festgelegten Schwellenwert) erreicht, wird die Frequenz, bei welcher dieser Pegel auftritt als Rückkopplungsfrequenz gewertet bzw. definiert und mittels eines schmalbandigen Filters aus dem Frequenzspektrum herausgefiltert. Gegebenenfalls kann ein in der Nähe dieser Frequenz bereits existierendes Filter an die Position dieser Frequenz verschoben und zur Wirkung gebracht werden.

[0016] Fig. 3 zeigt die gemessene Energie einiger Frequenzhöfen. Die genaue Bestimmung der Rückkopplungsfrequenz erfolgt mit Hilfe einer linearen Interpolation, die in Fig. 3 durch zwei Geraden gezeigt ist. Zwei zur Rückkopplungsfrequenz benachbarte Frequenzwerte werden jeweils mit einer Steigung (+/-) versehen. Dadurch entsteht im Schnittpunkt der beiden Geraden die interpolierte Position der Frequenz mit maximaler Energie:

$$\Delta f = k + [3 \cdot f(x+1) + f(x-1)] / [f(x-1) + f(x+1)]$$

[0017] Die Korrektur des maximalen Pegels erfolgt in Übereinstimmung mit Fig. 4 über einen tabellarischen Korrekturwert k , der antiproportional zum Wert der Differenz "peakdiff" des maximalen Pegels bei der Frequenz $f(x)$ zum benachbarten Pegel bei der Frequenz $f(x+1)$ verläuft. Je geringer die Differenz ("peakdiff" ist, desto größer wird der Faktor k und damit auch der pegelkorrekturwert $\Delta p = k(\text{peakdiff})$.

[0018] Wenn die zu einem Zeitpunkt ermittelte Rückkopplungsfrequenz sich als Funktion der Zeit relativ geringfügig ändert, wird die Filterfrequenz des Notchfilters (Fig. 2) bevorzugt entsprechend ständig nachgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Unterdrücken von elektroakustischer Rückkopplung (Feedback) in einem Audiosystem, das ein Mikrofon umfasst, das über einen Verstärker ein Lautsprechersystem treibt, insbesondere im Rahmen einer Beschallungsanlage, mit den Schritten:

- a) Überwachen des Pegels des Mikrophonsignals auf der Mikrofon-Verstärkerstrecke,
- b) Ermitteln der Bereitschaft für das Auftreten einer Rückkopplung, wenn der Pegel des Mikrophonsignals einen Schwellenwert übersteigt,
- c) Erfassen einer kritischen Frequenz, bei welcher der Pegel des Mikrophonsignals den Schwellenwert übersteigt, und Werten dieser Frequenz als Rückkopplungsfrequenz, und
- d) Ausfiltern der Rückkopplungsfrequenz aus dem Mikrophonsignal zur Unterdrückung der Rückkopplung,

dadurch gekennzeichnet, dass

das Mikrophonsignal vor dem Schritt a) durch eine schnelle Fourier-Transformation (FFT) vom Zeitbereich in einen Frequenzbereich transformiert wird und dass diejenige Frequenz als Rückkopplungsfrequenz gewertet wird, bei welcher der maximale Pegel des Mikrophonsignals den Schwellenwert in Gestalt eines vorbestimmten Verhältnisses des maximalen Pegels des Mikrophonsignals zum Gesamtpegel des Mikrophonsignals überschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mikrophonsignal vor dem Schritt a) durch Allpassfilterung in Kombination mit der schnellen Fourier-Transformation (FFT) vom Zeitbereich in einen "bark"-skalierten Frequenzbereich transformiert wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der maximale Mikrofonpegel unter Bezug auf zwei benachbarte kleinere Pegel niedrigerer bzw. höherer Frequenz einer Fehlerkorrektur unterzogen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückkopplungsfrequenz unter Bezug auf zwei benachbarte Frequenzen mit kleinerem Mikrophonsignalpegel als dem maximalen Pegel einer Fehlerkorrektur unterzogen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wert der Rückkopplungsfrequenz einer Korrektur relativ zu benachbarten Frequenzwerten unterworfen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Wert der Rückkopplungsfrequenz einer Korrektur unterworfen wird, indem er durch einen Wert ersetzt wird, der sich durch lineare Interpolation aus zwei benachbarten Frequenzwerten ergibt.

7. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden benachbarten Frequenzwerte jeweils eine Gerade derselben Steigung gelegt wird, deren Schnittpunkt den Wert der kritischen Frequenz bestimmt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Signalpegel bei der Rückkopplungsfrequenz relativ zu einem benachbarten Signalpegel einer Korrektur unterworfen wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Korrektur relativ zu demjenigen benachbarten Signalpegel von zwei benachbarten Signalpegeln erfolgt, dessen Wert am nächsten zum Signalpegel bei der Rückkopplungsfrequenz liegt.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Signalpegel bei der Rückkopplungsfrequenz einer Korrektur durch Addieren der Pegeldifferenz zum benachbarten Pegel multipliziert mit einem Korrekturwert unterworfen wird, der antiproportional zur Pegeldifferenz und bevorzugt tabellarisch gespeichert ist.

EP 1 684 543 A1

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rückkopplungsfrequenz zur Unterdrückung der Rückkopplung aus dem Mikrophonsignal durch ein Filter schmalbandig ausgefiltert.
12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** das schmalbandige Filter ein Notchfilter ist.
13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** das schmalbandige Filter der kritischen Frequenz nachgeführt wird, wenn diese sich im Verlauf der Zeit ändert.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

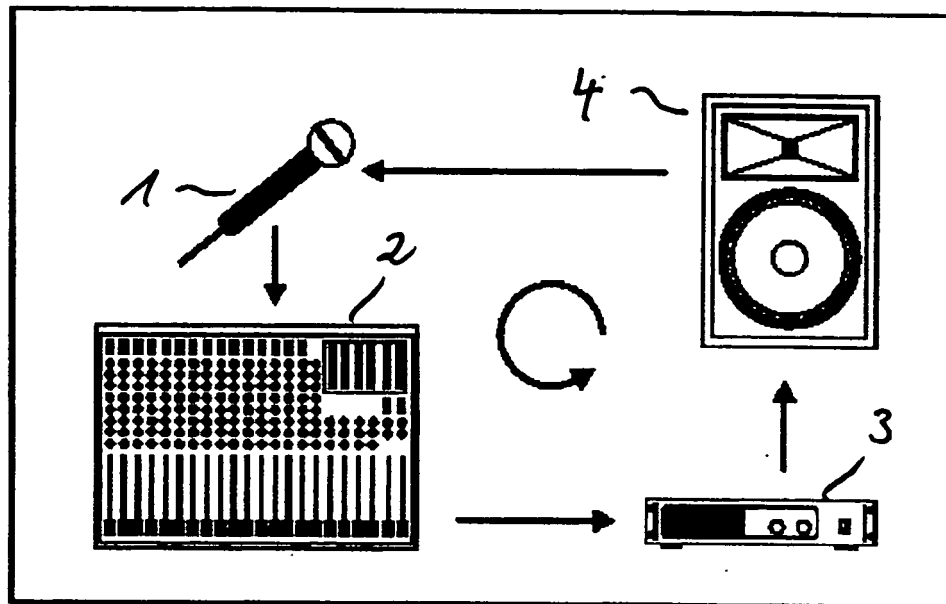


Fig. 2

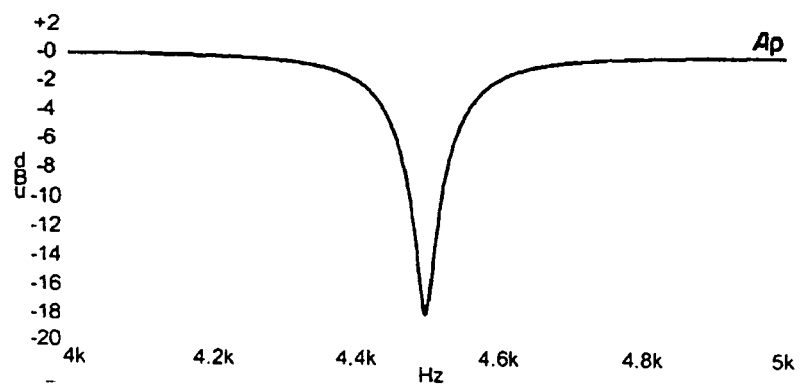


Fig. 3

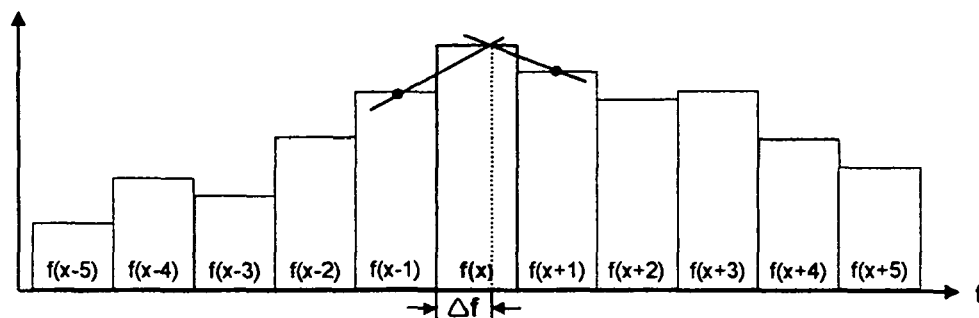
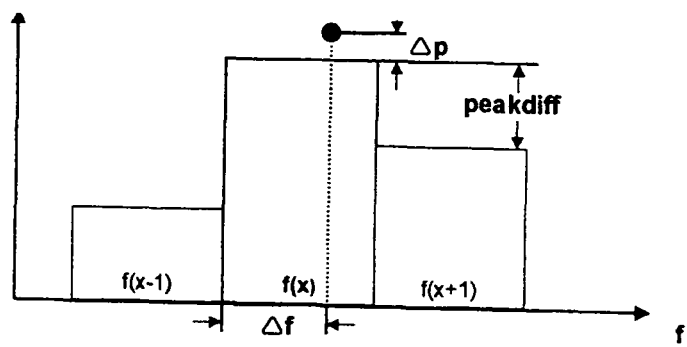


Fig. 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 00 1063

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 0 599 450 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD) 1. Juni 1994 (1994-06-01) * Seite 1, Zeile 5 - Seite 3, Zeile 12 * * Seite 3, Zeile 43 - Seite 8, Zeile 5 *	1,11,12	H04R3/02
Y	-----	2,13	
A		3-10	
Y	WO 03/036621 A (MOTOROLA, INC., A CORPORATION OF THE STATE OF DELAWARE) 1. Mai 2003 (2003-05-01) * Seite 1, Zeile 4 - Seite 2, Zeile 4 * * Seite 2, Zeile 16 - Seite 9, Zeile 17 *	2	
Y	-----	13	
A	US 4 232 192 A (BEEH ET AL) 4. November 1980 (1980-11-04) * Spalte 1, Zeile 6 - Spalte 4, Zeile 39 *	1,11,12	
A	US 5 677 987 A (SEKI ET AL) 14. Oktober 1997 (1997-10-14) * Spalte 1, Zeile 5 - Spalte 4, Zeile 20 *	3-7	
A	US 3 183 304 A (SCHROEDER MANFRED R) 11. Mai 1965 (1965-05-11) * Spalte 1, Zeile 9 - Spalte 4, Zeile 13 *		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 27. Juli 2005	Prüfer Peirs, K
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

4
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 00 1063

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-07-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patendokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0599450 A	01-06-1994	JP 3097376 B2	10-10-2000
		JP 6261391 A	16-09-1994
		JP 3134557 B2	13-02-2001
		JP 6164278 A	10-06-1994
		DE 69331181 D1	03-01-2002
		DE 69331181 T2	18-04-2002
		EP 0599450 A2	01-06-1994
		US 5442712 A	15-08-1995
WO 03036621 A	01-05-2003	WO 03036621 A1	01-05-2003
		US 2004024591 A1	05-02-2004
US 4232192 A	04-11-1980	KEINE	
US 5677987 A	14-10-1997	JP 3235925 B2	04-12-2001
		JP 7143034 A	02-06-1995
US 3183304 A	11-05-1965	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82