



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
01.12.2004 Patentblatt 2004/49

(51) Int Cl.7: **G10L 21/02, G10H 5/00**

(21) Anmeldenummer: **04101464.8**

(22) Anmeldetag: **08.04.2004**

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

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

(72) Erfinder: **Ihle, Marc**
89077 Ulm (DE)

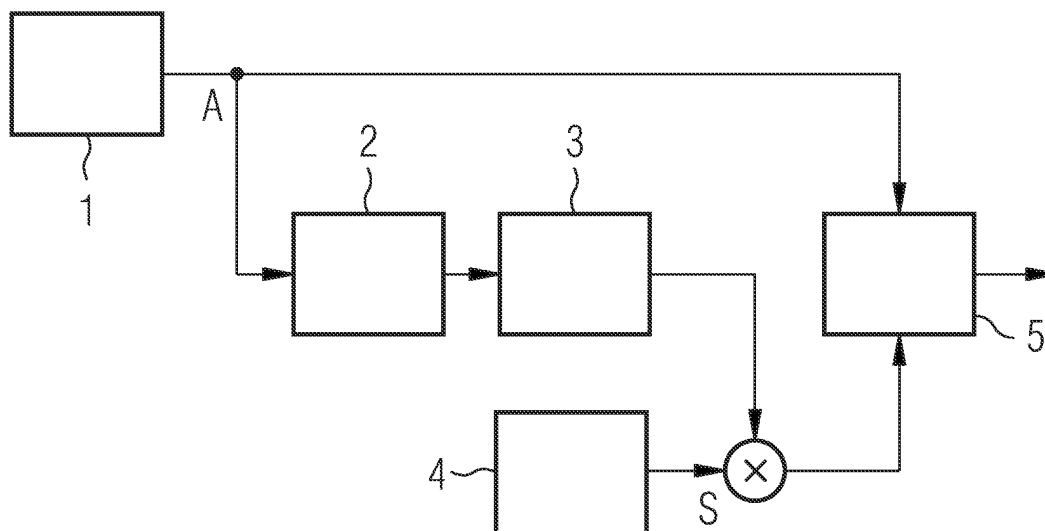
(30) Priorität: **27.05.2003 DE 10324046**

(54) **Frequenzerweiterung für Synthesizer**

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen synthetischer Tonsignale mit einem Synthesizer durch Generieren eines Synthesizerausgangssignals A mit einer geringen Abtastrate des Synthesizers 1. Durch die geringe Abtastrate bedingte, fehlende hohe Frequenzanteile des Synthesizerausgangssi-

gnals werden durch Hinzumischen eines hochfrequenten Signals S erzeugt. Bevorzugt wird das hochfrequente Signal S in der Amplitude moduliert, und das amplitudenmodulierte Signal S und das Synthesizerausgangssignal A auf eine höhere Abtastrate F2 umgesetzt.

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen synthetischer Tonsignale mit einem Synthesizer.

[0002] Derartige Verfahren finden unter Anderem in mobilen Endgeräten, wie beispielsweise Mobilfunk-Endgeräten der dritten Generation, zur Erzeugung von Klingeltönen Anwendung.

[0003] Bei der Erzeugung von synthetischen Tonsignalen mit Hilfe eines in Software realisierten Musik-Synthesizers, ist der benötigte Rechenaufwand in etwa proportional zur Abtastrate des Ausgangssignals. Dabei kann auf Grund der Nyquist Bedingung das Ausgangssignal nur Frequenzen bis zur halben Abtastrate enthalten. Wird jedoch die Abtastrate zur Verringerung der benötigten Rechenleistung herabgesetzt, so werden hochfrequente Signalanteile nicht mehr wiedergegeben. Das Signal klingt in diesem Fall unnatürlich und dumpf.

[0004] Wird ein solcher Synthesizer beispielsweise für die Erzeugung von Klingeltönen in Mobiltelefonen eingesetzt, so bewirkt eine Herabsetzung der Abtastfrequenz zusätzlich eine Verringerung der empfundenen Lautheit der Klingelmelodie und somit eine Verringerung der Signalwirkung.

[0005] Da für die Realisierung von Synthesizern im Konsumbereich (z.B. Mobiltelefone, elektronische Spiele) sehr preiswerte Prozessoren eingesetzt werden um Kosten zu sparen, ist die verfügbare Rechenleistung stets sehr knapp. Für hochwertige Synthesizer werden teure Prozessoren mit sehr hoher Rechenleistung verwendet. Derartige Prozessoren sind jedoch für Mobiltelefone und elektronische Spiele zu teuer, zu groß und benötigen zu viel Strom.

[0006] In Mobiltelefonen werden z. B. spezielle integrierte Schaltkreise (ICs) verwendet (z.B. MA-2 der Firma Yamaha), die bei relativ hoher Abtastrate möglichst wenig Strom und Chipfläche benötigen. Derartige ICs sind teuer und benötigen zusätzlichen Platz auf der Leiterplatte. Zudem entstehen Fertigungs- und Testkosten.

[0007] Bei manchen Mobiltelefonen wird die Anzahl der gleichzeitig spielbaren Töne herabgesetzt, um hierdurch die benötigte Rechenleistung herabzusetzen. Dies hat jedoch den Nachteil, dass die Wiedergabe komplexer Melodien nicht möglich ist, da nicht alle gleichzeitig zu spielenden Töne wiedergegeben werden können.

[0008] Somit liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Erzeugen synthetischer Tonsignale mit einem Synthesizer bereitzustellen, durch welches die benötigte Rechenleistung so gering wie möglich gehalten wird, wobei der Klang des Synthesizers so wenig wie möglich beeinträchtigt werden soll.

[0009] Diese Aufgabe wird durch das Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhaftige Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Patentansprüchen.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Erzeugen synthetischer Tonsignale mit einem Synthesizer wird ein Synthesizerausgangssignal mit einer geringen Abtastrate des Synthesizers generiert. Durch die geringe Abtastrate bedingte, fehlende hohe Frequenzanteile des Synthesizerausgangssignals werden durch Hinzumischen eines hochfrequenten Signals erzeugt. Bevorzugt beträgt die geringe Abtastrate 16kHz.

[0011] In einer Weiterbildung der Erfindung wird das hochfrequente Signal in der Amplitude moduliert. Bevorzugt erfolgt die Amplitudenmodulation mit einer geringen Abtastrate F1, insbesondere mit 16kHz.

[0012] In einer bevorzugten Ausführungsform werden das amplitudenmodulierte Signal und das Synthesizerausgangssignal auf eine höhere Abtastrate F2, insbesondere auf 32kHz, umgesetzt.

[0013] Weiter bevorzugt wird eine gemeinsame Abtastatenumsetzung für die Umsetzungen auf die höhere Abtastrate F2 verwendet. Dabei wird gleichzeitig das Synthesizerausgangssignal auf Frequenzen von 0Hz bis zur Nyquist-Frequenz der geringen Abtastrate F1 umgesetzt, und das amplitudenmodulierte Signal wird auf Frequenzen von der Nyquist-Frequenz der geringen Abtastrate F1 bis zur Nyquist-Frequenz der höheren Abtastrate F2 umgesetzt. Die gemeinsame Abtastatenumsetzung benötigt deutlich weniger Rechenleistung als eine getrennte Umsetzung. Zudem können die Filterkoeffizienten der benötigten Anti-Image Filter aus den gleichen abgespeicherten Koeffizienten abgeleitet werden. Dies spart zusätzlichen Speicherbedarf.

[0014] Bevorzugt wird ferner das hochfrequente Signal als Rauschen realisiert und mit einer geringen Abtastrate berechnet. Der Berechnung erfolgt bevorzugt mit 16kHz. Das Rauschsignal kann mit einem Rauschgenerator generiert werden. Alternativ kann das hochfrequente Signal auch als einzelner Ton, insbesondere als Sinusschwingung, realisiert werden. Auch die Berechnung der benötigten Amplitude des Rauschsignals kann mit 16kHz erfolgen.

[0015] In einer Weiterbildung der Erfindung wird die Leistung der in dem Synthesizerausgangssignal vorhandenen hochfrequenten Anteile gemessen. Bevorzugt erfolgt die Messung im Bereich zwischen 4kHz und 8kHz. Diese Leistung kann für die Berechnung der Lautstärke des hochfrequenten Signals verwendet werden.

[0016] Die vorliegende Erfindung betrifft des Weiteren ein mobiles Endgerät, welches geeignet ist, ein erfindungsgemäßes Verfahren zu verwenden. Bei dem mobilen Endgerät kann es sich beispielsweise um ein Mobilfunkendgerät, einen Personal Digital Assistant (PDA), ein elektronisches Spielgerät oder Ähnlichem handeln.

[0017] Die Erfindung macht sich die Erkenntnis zum Nutzen, dass das menschliche Gehör nur schlecht zwischen hochfrequenten Klängen und hochfrequentem Rauschen unterscheiden kann.

[0018] Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird die Klangqualität eines Synthesizers, insbesondere ei-

nes Musik-Synthesizers, mit niedriger Abtastfrequenz erhöht. Wird das Signal des Synthesizers beispielsweise als Klingelmelodie eines Mobilfunkgerätes verwendet, ist die Signalwirkung deutlich erhöht. Das Signal ist auch in lauter Umgebung oder bei Abdecken des Lautsprechers (z.B. Mobilfunkgerät in einer Tasche) gut wahrnehmbar.

[0019] Die benötigte Rechenleistung wird dabei nur geringfügig erhöht, ohne dass die Zahl der gleichzeitig wiedergebbaren Töne reduziert werden muss. Die für die Erweiterung des Frequenzbereichs benötigte Rechenleistung ist unabhängig von der Zahl der gleichzeitig wiedergebbaren Töne. Damit ist das Verfahren besonders vorteilhaft, wenn viele Töne gleichzeitig wiedergebar sein sollen. Dies ist eine wichtige Marktanforderung für moderne Mobilfunkgeräte.

[0020] Die Erfindung wird im Folgenden unter Hinweis auf die beigefügten Zeichnungen anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert. Die dort dargestellten Merkmale und auch die bereits oben beschriebenen Merkmale können nicht nur in der genannten Kombination, sondern auch einzeln oder in anderen Kombinationen erfindungswesentlich sein. Es zeigen:

- Figur 1: ein Ausführungsbeispiel eines Synthesizer-Gesamtsystems;
 Figur 2: einen rekursiven Filter zum Einsatz in dem Gesamtsystem;
 Figur 3: einen Rauschgenerator zum Einsatz in dem Gesamtsystem; und
 Figur 4: einen kombinierten Abtastratenumsetzer zum Einsatz in dem Gesamtsystem.

[0021] Figur 1 zeigt einen Synthesizer 1, welcher ein Synthesizerausgangssignal A generiert. Das Signal wird mit einem Hochpassfilter 2 gefiltert. Anschließend erfolgt eine Schätzung der Leistung des Signals mit Hilfe eines Leistungsschätzungsmittels 3.

[0022] Figur 2 zeigt eine Ausführungsform des Leistungsschätzungsmittels. Die Schätzung erfolgt mit Hilfe eines rekursiven Filters durch Gleichrichtung des Eingangssignals und Filterung. Dabei wird vom Eingangssignal das Ausgangssignal der vorangegangenen Berechnung subtrahiert, wie dies durch den Block z^{-1} dargestellt ist. Ist der berechnete Wert positiv ($x > 0$), so wird zur Filterung des Signals die Konstante c1 verwendet. Ist die Bedingung $x > 0$ nicht erfüllt, so wird die Konstante c2 verwendet. Durch Umschaltung der Konstanten wird erreicht, dass das Filter auf steigende Eingangsleistungen schneller reagiert als auf fallende.

[0023] Figur 1 zeigt ferner, wie das Ausgangssignal des Leistungsschätzungsmittels 3 mit dem Ausgangssignal eines Rauschgenerators 4 amplitudenmoduliert, d.h. multipliziert, wird.

[0024] Figur 3 zeigt eine Ausführungsform des Rauschgenerators 4 als Pseudo-Rauschgenerator. Das Ausgangssignal der vorangegangenen Berechnung (durch den Block z^{-1} dargestellt) wird dabei mit einem

Wert a multipliziert und anschließend mit einem Wert b addiert.

[0025] Figur 1 zeigt, wie anschließend die Abtastrate der Signale A des Synthesizers 1 und des Rauschgenerators 4 (nach der Amplitudenmodulation) um den Faktor 2 erhöht werden. Dies erfolgt in einem Abtastratenumsetzer 5.

[0026] Figur 4 zeigt eine Ausführungsform des Abtastratenumsetzers zur kombinierten Abtastratenumsetzung im Detail. Das Signal des Synthesizers 10 und des Rausch-Generators 11 werden hierzu zum einen addiert einem FIR (Finite Input Response)-Filter zugeführt, zum zweiten subtrahiert (Synthesizer-Signal - Rausch-Signal) einem zweiten FIR-Filter zugeführt. Beide FIR-Filter werden mit den selben Filterkoeffizienten (a_0, a_1) realisiert, jedoch werden die mittleren Koeffizienten (a_2, a_3) für das zweite FIR-Filter getauscht. Die beiden Ausgangssignale der beiden FIR-Filter werden im Wechsel als Ausgangssignal verwendet, wodurch sich eine Abtastratenerhöhung um den Faktor zwei ergibt.

[0027] Das Synthesizer-Signal wird dabei ohne Vorzeichenwechsel in beide FIR-Filter eingespeist. Diese FIR-Filter bilden zusammen ein Polyphasen-Filter zur Abtastratenumsetzung um den Faktor 2. Das Rausch-Signal wird dem oberen FIR-Filter mit unverändertem Vorzeichen, dem unteren FIR-Filter mit invertiertem Vorzeichen eingespeist. Da die Ausgangssignale der beiden FIR-Filter im Wechsel verwendet werden ergibt sich hierdurch eine Modulation des Rauschsignals mit der Nyquist-Frequenz der Ausgangs-Abtastrate. Hierdurch wird das Rauschsignal in den oberen Frequenzbereich gespiegelt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen synthetischer Tonsignale mit einem Synthesizer durch Generieren eines Synthesizerausgangssignals (A) mit einer geringen Abtastrate des Synthesizers (1), wobei, durch die geringe Abtastrate bedingte, fehlende hohe Frequenzanteile des Synthesizerausgangssignals durch Hinzumischen eines hochfrequenten Signals (S) erzeugt werden.
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei dem die geringe Abtastrate 16kHz beträgt.
3. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das hochfrequente Signal (S) in der Amplitude moduliert wird.
4. Verfahren gemäß Anspruch 3, bei dem die Amplitudenmodulation mit einer geringen Abtastrate F1, insbesondere 16kHz, erfolgt.
5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 3 oder 4, bei dem das amplitudenmodulierte Signal (S) und

das Synthesizerausgangssignal (A) auf eine höhere Abtastrate F2, insbesondere 32kHz, umgesetzt werden.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, bei dem eine gemeinsame Abtastratenumsetzung (5) für die Umsetzungen auf die höhere Abtastrate F2 verwendet wird, wobei gleichzeitig das Synthesizerausgangssignal (A) auf Frequenzen von 0Hz bis zur Nyquist-Frequenz der geringen Abtastrate F1 umgesetzt wird, und das amplitudenmodulierte Signal (S) auf Frequenzen von der Nyquist-Frequenz der geringen Abtastrate F1 bis zur Nyquist-Frequenz der höheren Abtastrate F2 umgesetzt wird.

5
10
15
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das hochfrequente Signal (S) als Rauschen realisiert wird.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das hochfrequente Signal (S) mit einer geringen Abtastrate, insbesondere 16kHz, berechnet wird.

20
9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, bei dem das hochfrequente Signal (S) als Tongemisch oder als einzelner Ton, insbesondere als Sinusschwingung, realisiert wird.

25
10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Leistung der in dem Synthesizerausgangssignal (A) vorhandenen hochfrequenten Anteile gemessen wird.

30
11. Verfahren gemäß Anspruch 10, bei dem die Leistung der in dem Synthesizerausgangssignal (A) vorhandenen hochfrequenten Anteile im Bereich zwischen 4kHz und 8kHz gemessen wird.

35
12. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 10 oder 11, bei dem die Leistung der in dem Synthesizerausgangssignal (A) vorhandenen hochfrequenten Anteile für die Berechnung der Lautstärke des hochfrequenten Signals (S) verwendet wird.

40
45
13. Mobiles Endgerät, insbesondere Mobilfunkendgerät, welches geeignet ist, ein Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche zu verwenden.

50

55

FIG 1

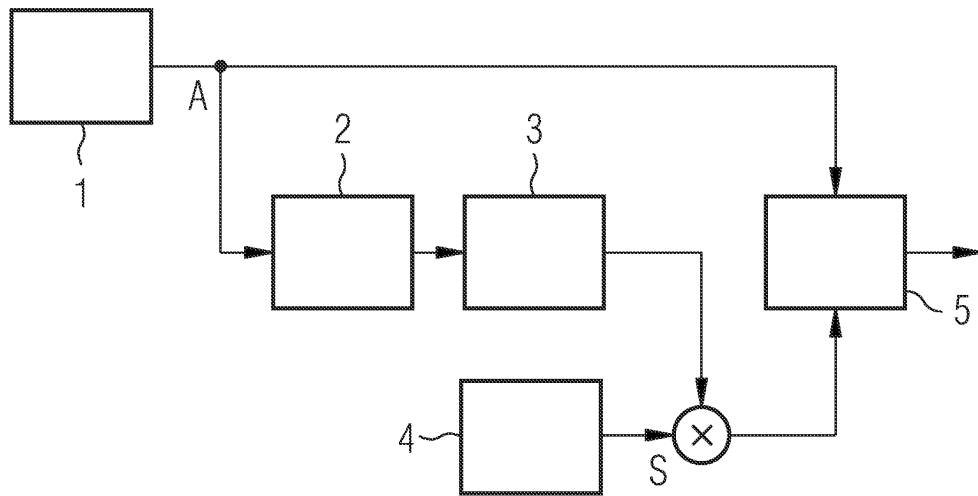


FIG 2

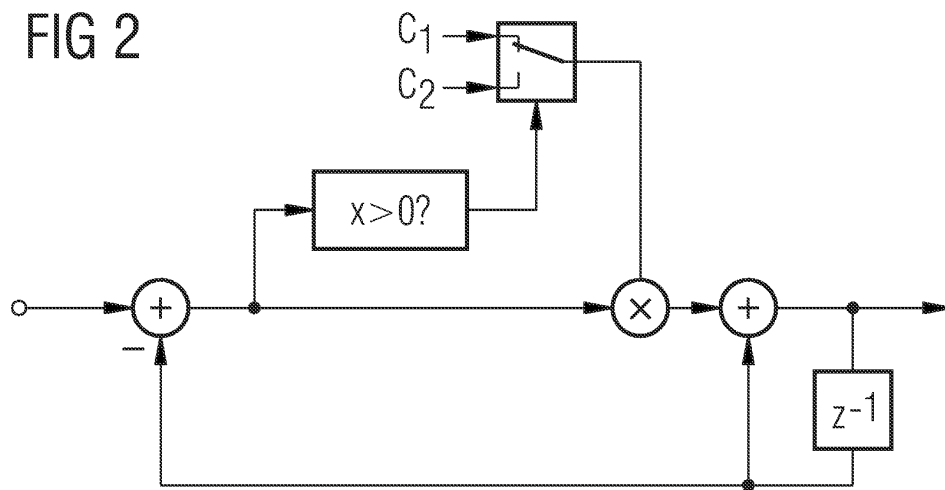


FIG 3

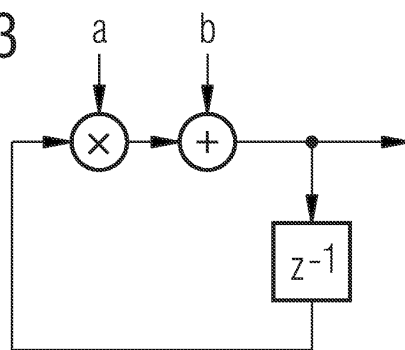
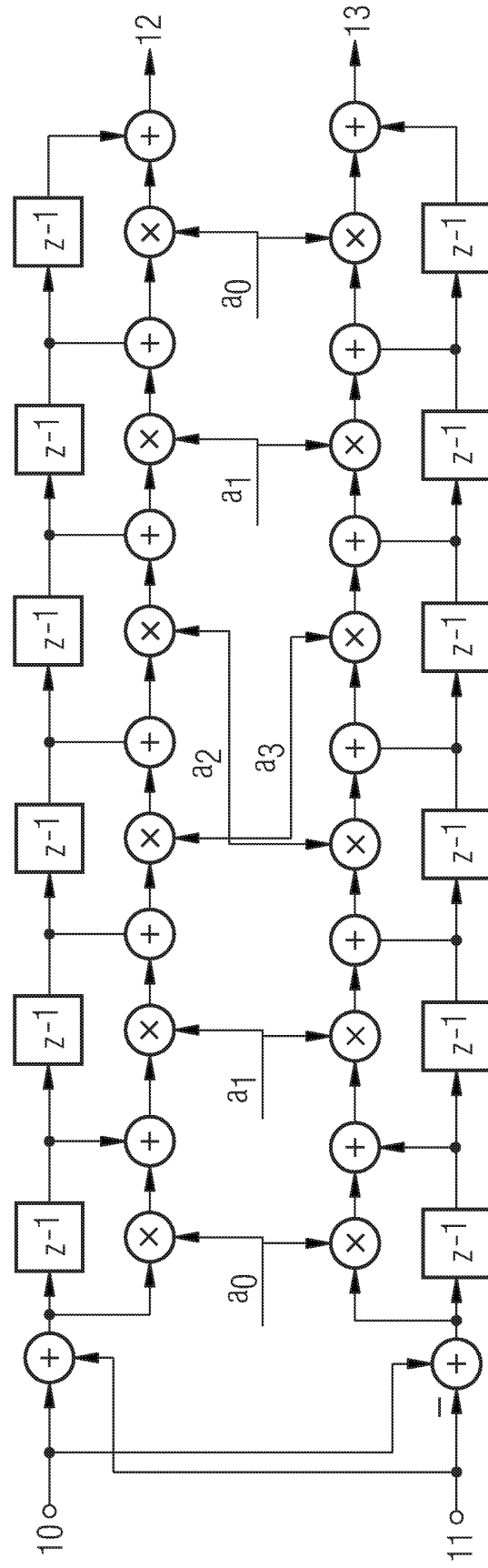


FIG 4





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 04 10 1464

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	EP 1 047 045 A (SONY CORP) 25. Oktober 2000 (2000-10-25) * Zusammenfassung * * Absätze [0001], [0002] * * Absatz [0031] * * Absatz [0034] * * Absatz [0147] * * Abbildung 3 * * Abbildung 14 *	1-5,7-13	G10L21/02 G10H5/00
X	WO 01/61687 A (NOKIA MOBILE PHONES LTD ; NOKIA INC (US)) 23. August 2001 (2001-08-23) * Zusammenfassung *	1-5,7-12	
Y	* Seite 9, Zeile 1 - Zeile 17 * * Abbildung 2 * * Abbildung 5 * * Abbildung 13 *	6	
X	US 2003/044024 A1 (AARTS RONALDUS MARIA ET AL) 6. März 2003 (2003-03-06) * Zusammenfassung * * Abbildung 1 * * Abbildungen 2A-2E * * Absätze [0016], [0017] * * Absätze [0021] - [0024] * * Absatz [0039] *	1,2	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7) G10L G10H
X	US 5 455 888 A (RABIPOUR RAFI ET AL) 3. Oktober 1995 (1995-10-03) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1-3 * * Spalte 1, Zeile 67 - Zeile 24 * * Spalte 3, Zeile 10 - Zeile 30 *	1-3,5,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
München	3. September 2004	Lecointe, M	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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	
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			

EPO FORM 1503 03.82 (P4/C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 04 10 1464

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
Y	EP 0 930 704 A (BOSCH GMBH ROBERT) 21. Juli 1999 (1999-07-21) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1,3 *	6	
Y	DE 40 26 476 A (ANT NACHRICHTENTECH) 5. März 1992 (1992-03-05) * Zusammenfassung; Abbildungen 2,6a-6b *	6	
P,A	US 2003/187663 A1 (TRUMAN MICHAEL MEAD ET AL) 2. Oktober 2003 (2003-10-02) * Zusammenfassung * * Abbildungen 1,2,4,10 * * Absätze [0010] - [0012] *	1-4,7	
A	US 4 700 390 A (MACHIDA KENJI) 13. Oktober 1987 (1987-10-13) * Zusammenfassung * * Spalte 1, Zeile 29 - Zeile 60 *	1-6	
X	SCHNITZLER J ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "A 13.0 KBIT/S WIDEBAND SPEECH CODEC BASED ON SB-ACELP" PROCEEDINGS OF THE 1998 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING. ICASSP '98. SEATTLE, WA, MAY 12 - 15, 1998, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH AND SIGNAL PROCESSING, NEW YORK, NY : IEEE, US, Bd. VOL. 1 CONF. 23, 12. Mai 1998 (1998-05-12), Seiten 157-160, XP000854539 ISBN: 0-7803-4429-4 * Seite 5 - Seite 6 * * Abbildung 2 *	1-5,7	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 3. September 2004	Prüfer Lecoainte, M
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 : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, 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	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 04 10 1464

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

03-09-2004

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1047045 A	25-10-2000	JP 2000305599 A	02-11-2000
		CN 1274146 A	22-11-2000
		EP 1047045 A2	25-10-2000
		TW 469421 B	21-12-2001
		US 6732075 B1	04-05-2004
WO 0161687 A	23-08-2001	US 6732070 B1	04-05-2004
		AU 2874101 A	27-08-2001
		EP 1273005 A1	08-01-2003
		WO 0161687 A1	23-08-2001
US 2003044024 A1	06-03-2003	EP 1430475 A1	23-06-2004
		WO 03019534 A1	06-03-2003
US 5455888 A	03-10-1995	KEINE	
EP 0930704 A	21-07-1999	DE 19801325 A1	22-07-1999
		EP 0930704 A2	21-07-1999
DE 4026476 A	05-03-1992	DE 4026476 A1	05-03-1992
US 2003187663 A1	02-10-2003	WO 03083834 A1	09-10-2003
US 4700390 A	13-10-1987	JP 60147796 A	03-08-1985
		JP 59170892 A	27-09-1984
		JP 60082000 A	10-05-1985

EPO FORM P0461

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