(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 2 380 169 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.12.2015 Patentblatt 2015/50

(21) Anmeldenummer: **09807441.2**

(22) Anmeldetag: **10.12.2009**

(51) Int Cl.:
G10L 19/24 *(2013.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2009/008853

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/069513 (24.06.2010 Gazette 2010/25)

(54) **VERFAHREN UND MITTEL ZUR SKALIERBAREN VERBESSERUNG DER QUALITÄT EINES SIGNALCODIERVERFAHRENS**

METHOD AND MEANS FOR THE SCALABLE IMPROVEMENT OF THE QUALITY OF A SIGNAL ENCODING METHOD

PROCÉDÉ ET MOYEN D'AMÉLIORATION MODULAIRE DE LA QUALITÉ D'UN TRAITEMENT DE CODAGE DU SIGNAL

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **19.12.2008 AT 19822008**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.10.2011 Patentblatt 2011/43

(73) Patentinhaber: **Unify GmbH & Co. KG**
81379 München (DE)

(72) Erfinder:
- **SCHANDL, Stefan**
  A-1130 Wien (AT)
- **SETIAWAN, Panji**
  91054 Erlangen (DE)

(74) Vertreter: **Fritzsche, Thomas et al**
Fritzsche Patent
Naupliastraße 110
81545 München (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
US-A1- 2004 054 529

- **"7 kHz audio-coding within 64 kbit/s; G.722 (11/88)" ITU-T STANDARD IN FORCE (I), INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION, GENEVA, CH, Nr. G.722 (11/88), 25. November 1988 (1988-11-25), XP017400870**
- **SREENIVAS T V ET AL: "Reduced Rate Ultra Low Delay Audio Coder using Multistage Vector Quantization" SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS, 2007. ACSSC 2007. CONFERENCE RECORD OF THE FORTY-FIRST ASILOMAR CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 4. November 2007 (2007-11-04), Seiten 2080-2084, XP031242438 ISBN: 978-1-4244-2109-1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 2 380 169 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur skalierbaren Verbesserung der Qualität eines Signalcodierverfahrens In digitalen Kommunikationssystemen werden zur Reduktion der benötigen Datenraten die zu übertragenden Audiosignale mittels Kodierungsverfahren komprimiert und nach der Übertragung dekomprimiert.

[0002] Ein derartiges Codierverfahren, welches für eine Übertragung eines Sprachsignals in einem Frequenzbereich von 300 bis 3400 Hz mit einer Datenrate von 8 kbit/s vorgesehen ist, ist beispielsweise aus der ITU-T-Empfehlung G.729 bekannt.

[0003] Für die Übertragung mit einer höheren Qualität ist die Übertragung eines erweiterten Frequenzbereiches von 50 Hz bis 7000 Hz bekannt. Ein hierfür vorgesehener, sogenannter breitbandiger Sprach-Codec ist beispielsweise in der ITU-T-Empfehlung G.722.EV beschrieben.

[0004] Das Verfahren nutzt die sogenannte Subband- Adaptive Differential Pulse Code Modulation (SB-ADPCM) zur Codierung von Audiosignalen, das in der ITU-T- Empfehlung G.722, "7 kHz Audio-Coding within 64 kbit/s"; G.722 (11/88), International Telecommunication Union, Geneva, CH, 25. November 1988, XP017400870, beschrieben ist.

[0005] Zur weiteren Erhöhung der Qualität des übertragenen Audiosignales besteht die Forderung nach einem skalierbaren Codierungsverfahren.

[0006] Die Skalierbarkeit gestattet einerseits eine empfängerseitige Abwärtskompatibilität mit herkömmlichen Dekodierungsverfahren und andererseits bietet sie eine einfache Möglichkeit, im Falle von eingeschränkten Datenübertragungskapazitäten im Übertragungskanal eine sender- und empfängerseitige Anpassung der Datenrate und der Größe von übertragenen Datenrahmen vorzunehmen.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur skalierbaren Verbesserung der Qualität eines Codierungsverfahrens nach dem Subband- Adaptive Differential Pulse Code Prinzip anzugeben.

[0008] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch Anspruch 1 gelöst mit einem Verfahren zur skalierbaren Verbesserung der Qualität eines Codierungsverfahrens gemäß IT-U Recommendation G.722 mit folgenden Verfahrensschritten, in einem iterativen Prozess mit einer vom Umfang der Erweiterung abhängigen Anzahl von Wiederholungsschritten wird ein aus einem zu codierenden Eingangssignal und einem Prognosesignal ermitteltes digitales Fehlersignal abschnittsweise mit einer Anzahl von $M*L^N$ unterschiedlichen Referenzsignalen verglichen und daraus das Referenzsignal mit einem minimalen Fehlersignal hinsichtlich eines vorgegebenen Fehlerkriteriums ermittelt,
die Referenzsignale c(n) sind jeweils aus äquidistanten Dirac-Impulsen $\delta(n)$ gemäß

$$c(n) = \sum_{p=0}^{N-1} \alpha_p \cdot \delta(n - off - M \cdot p)$$

aufgebaut, wobei *off = [0 .. M-1]*, den Abstand des ersten Impulses von dem Beginn des Vergleichsabschnittes angibt, $\alpha_p \in \{\alpha_0, \alpha_1, \cdots, \alpha_{L-1}\}$ den Amplitudenwert , M den Abstand zwischen zwei einzelnen Pulsen, N die Anzahl der Pulse und L die Anzahl der unterschiedlichen Pegel $\acute{\alpha}$;
Die Information über das Referenzsignal mit dem minimalen Fehlersignal wird übertragen.

[0009] Dabei ist es vorteilhaft, wenn als Fehlerkriterium ein erweitertes Fehlersignal $e_{H1}(n)$ gemäß

$$e_{H1}(n) = e_H - c(n)$$

ermittelt wird und wenn über den Zeitraum des Vergleichabschnittes gemäß

$$E_n = \sum_{n=0}^{Ma} e_{H1}(n)^2$$

ein Fehlerbetrag ermittelt und zur Bestimmung des minimalen Fehlersignales herangezogen wird.

[0010] Vorteilhaft ist auch eine Anordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens nach Anspruch 3, bei dem neben einem herkömmlichen Kodierer (ADPCM) nach dem Subband Adaptive Differential Pulse Code Prinzip gemäß IT-U Recommendation G.722 Mittel zur Erstellung von Referenzsignalen vorgesehen sind, die für jede Stufe

der Erweiterung jeweils einen Signalgenerator EHDS1 ,... EHDSS zur Erzeugung der Referenzsignale c(n) und eine Steuereinheit CB 1, ...CB S aufweisen.

[0011] Im Folgenden wird eine Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Figuren erläutert.

[0012] Es zeigen beispielhaft:

Fig.1 den Aufbau eines erfindungsgemäßen Referenzsignales
Fig. 2 die Struktur eines erfindungsgemäßen Codecs und
Fig. 3 die Struktur eines erfindungsgemäßen Decoders.

[0013] Das Referenzsignal gemäß Fig. 1 umfasst eine Anzahl von N Dirac-Impulsen $\delta(n)$. Die Abstände zwischen den einzelnen Impulsen betragen jeweils M Abtastperioden, der Abstand des ersten Impulses $\delta(1)$ vom Beginn des Vergleichsabschnittes beträgt off = [0 .. M-1] Abtastperioden. Die Dirac-Impulse können eine vorgegebene Anzahl von Amplitudenwerten L aufweisen.

[0014] Die mathematische Definition eines Referenzsignales ist wie folgt:

$$c(n) = \sum_{p=0}^{N-1} \alpha_p \cdot \delta(n - off - M \cdot p)$$

[0015] Durch Variation der Parameter Amplitudenwert α mit L unterschiedlichen Werten und des Offsets off = [0 .. M-1]wird nun eine Gruppe mit einer Anzahl $M \cdot L^N$ von unterschiedlichen Referenzsignalen erzeugt.

[0016] Der erfindungsgemäße Vergleich der solcherart erhaltenen Referenzsignale c(n) wird anhand der Figuren 2 und 3 näher erläutert. Fig. 2 zeigt den strukturellen Aufbau eines erfindungsgemäßen Kodierers, der neben einem herkömmlichen Kodierer ADPCM nach dem Subband Adaptive Differential Pulse Code Prinzip gemäß IT-U Recommendation G.722 Mittel zur Erstellung von Referenzsignalen umfasst, die für jede Stufe der Erweiterung jeweils einen Signalgenerator EHDS1 ,... EHDSS zur Erzeugung der Referenzsignale c(n) und eine Steuereinheit CB 1, ...CB S aufweist.

[0017] Erfindungsgemäß werden die Referenzsignale c(n) über einen vorgegebenen zeitlichen Abschnitt,, ein sogenanntes Frame, mit einem digitalen Fehlersignal e_H verglichen, welches in einem herkömmlichen Codierungsverfahren gemäß IT-U Recommendation G.722 aus einem zu codierenden Eingangssignal und einem Prognosesignal ermittelt wurde.

[0018] Daraus ergibt sich gemäß $e_{H1}(n) = e_H - c(n)$ ein erweitertes Fehlersignal $e_{H1}(n)$ zu dem über den Zeitraum des Vergleichabschnittes gemäß

$$E_n = \sum_{n=0}^{Ma} \mathrm{e}_{\mathrm{H1}}(\mathrm{n})^2$$

ein Fehlerbetrag ermittelt wird.

[0019] Mittels Steuereinheit CB 1, ...CB S wird nun das Referenzsignal c(n) mit dem geringsten Fehlerbetrag E_n ermittelt undie Information über dieses Signal als zusätzliche Information I_{H1min},...I_{HSmin} übertragen und im Empfänger zur Dekodierung des Nutzsignales herangezogen.

[0020] Dabei haben sich in der Praxis für den Aufbau des Referenzsignales c(n) folgende Parameter bewährt.

[0021] Ausgangspunkt ist eine Abtastrate von 8 KHz und damit eine Dauer eines Abtastintervalles von 125 μsec. Die Dauer eines Vergleichsabschnittes beträgt 5 msec, die Anzahl der möglichen Amplitudenwerte L für die Dirac-Impulse beträgt 2. Die Zahl der Dirac-Impulse selbst in einem Vergleichsabschnitt beträgt N = 5. Der Abstand zwischen jeweils 2 Dirac-Impulsen beträgt M= 8 Abtastintervalle.

[0022] Der oben beschriebene Vergleichsvorgang der Referenzsignale c(n) mit dem digitalen Fehlersignal e_H wird nun in Abhängigkeit von der gewählten Skalierung iterativ mehrfach wiederholt, was in der Fig.2 für den S- ten Wiederholungsvorgang durch einen Funktionsblock mit Signalgenerator EHDSS, Steuereinheit CB S und zusätzliche Informationssignal I_{HSmin} dargestellt ist.

[0023] Das heißt für den ersten Wiederholungsschritt, dass die Referenzsignale c(n) mit dem erweiterten ersten Fehlersignal $e_{H1}(n)$ verglichen und daraus ein erweitertes zweites Fehlersignal $E_{H2}(n)$ generiert wird. Dieser Vorgang wird typisch viermal wiederholt.

[0024] Fig. 3 zeigt die Struktur eines erfindungsgemäßen Dekoders in dem aus dem empfangenen Signal I_H, I_{H1}, I_{H2}... I_{HS} das Audiosignal gewonnen wird. Das empfangene Signal umfasst neben dem Ausgangssignal I_H des herkömmlichen Kodierers ADPCM die mit der Erfindung gewonnene zusätzliche Information I_{H1min},... I_{HSmin} in Abhängigkeit von der Anzahl der im Sender gewählten Erweiterungsstufen.

[0025] Dabei besteht ein wesentlicher Vorteil auch darin, dass nicht alle Informationen, die im empfangenen Signal vorhanden sind, auch tatsächlich ausgewertet werden müssen. So is es möglich, dass ein Empfänger mit nur einem herkömmlichen Dekoder Core Decoder ein Signal empfängt, welches auch die Zusatzinformationen I_{H1min},... I_{HSmin} enthält, diese aber für die Gewinnung des Audiosignales nicht heranzieht

[0026] Diese Möglichkeit wird als Abwärtskompatibilität bezeichnet.

[0027] Bei einem Empfänger, der die erfindungsgemäßen Erweiterungsstufen EDS1, EDS2, ... EDSS zur Dekodierung der Zusatzinformationen I_{H1min},...I_{HSmin} umfasst, wird hingegen das Signal in voller Qualität dekodiert, sofern nicht aus anderen Gründen eine Einschränkung geboten ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur skalierbaren Verbesserung der Qualität eines Codierungsverfahrens, bei dem Subband- Adaptive Differential Pulse Code Modulation (SB-ADPCM) zur Codierung von Audiosignalen gemäß IT-U Recommendation G.722 verwendet wird, mit folgenden Verfahrensschritten,

   - in einem iterativen Prozess mit einer vom Umfang der Erweiterung abhängigen Anzahl von Wiederholungsschritten wird ein aus einem zu codierenden Subband-Eingangssignal und einem Prognosesignal ermitteltes digitales Fehlersignal (e_H) abschnittsweise mit einer Anzahl von $M*L^N$ unterschiedlichen Referenzsignalen c(n) verglichen und daraus das Referenzsignal mit einem minimalen Fehlersignal hinsichtlich eines vorgegebenen Fehlerkriteriums ermittelt,
   - die Referenzsignale c(n) sind jeweils aus äquidistanten Dirac-Impulsen $\delta(n)$ gemäß

$$c(n) = \sum_{p=0}^{N-1} \alpha_p \cdot \delta(n - off - M \cdot p)$$

   aufgebaut, wobei *off = [0 .. M-1]*, den Abstand des ersten Impulses von dem Beginn des Vergleichsabschnittes angibt, $\alpha_p \in \{\alpha_0, \alpha_1, \cdots, \alpha_{L-1}\}$ den Amplitudenwert , M den Abstand zwischen zwei einzelnen Pulsen, N die Anzahl der Pulse und L die Anzahl der unterschiedlichen Pegel $\acute{\alpha}$;
   - Die Information (I_{H1min},...I_{HSmin}) über das Referenzsignal mit dem minimalen Fehlersignal wird übertragen.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei als Fehlerkriterium ein erweitertes Fehlersignal $e_{H1}(n)$ gemäß $e_{H1}(n) = e_H - c(n)$ ermittelt wird und über den Zeitraum des Vergleichabschnittes gemäß

$$E_n = \sum_{n=0}^{Ma} \mathrm{e_{H1}(n)}^2$$

   ein Fehlerbetrag ermittelt und zur Bestimmung des minimalen Fehlersignales herangezogen wird.

3. Anordnung eingerichtet zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei neben einem herkömmlichen Kodierer (ADPCM) nach dem Subband Adaptive Differential Pulse Code Prinzip gemäß IT-U Recommendation G.722 Mittel zur Erstellung von Referenzsignalen vorgesehen sind, die für jede Stufe der Erweiterung jeweils einen Signalgenerator (EHDS1 ,... EHDSS) zur Erzeugung der Referenzsignale c(n) und eine Steuereinheit (CB 1, ...CB S) aufweisen.

Claims

1. A method for scalable improvement of the quality of an encoding method, in which the Subband Adaptive Differential Pulse Code Modulation (SB-ADPCM) for encoding audio signals pursuant to IT-U Recommendation G.722 is used, comprising the following method steps,

   - comparing a digital error signal (e_H), derived from an input signal to be encoded and a prognosis signal, in sections to a number of $M*L^N$ different reference signals c(n) in an iterative process having a number of repeated steps depending on a scope of an expansion, and deriving from said comparison a reference signal having a minimum error signal with respect to a prescribed error criterion,
   - each of the reference signals c(n) is made up of equidistant Dirac impulses $\delta(n)$ according to the formula

$$c(n) = \sum_{p=0}^{N-1} \alpha_p \cdot \delta(n - off - M \cdot p)$$

   wherein *off = [0.. M-1]* indicates the distance of the first impulse from the beginning of the comparison segment, $\alpha_P \in \{\alpha_0, \alpha_1, \cdots, \alpha_{L-1}\}$ indicates the amplitude value, M the distance between two individual pulses, N the number of pulses, L the number of different levels α; transmitting the information (I_{Himin}, ... I_{HSmin}) about the reference signal with the minimum error signal.

2. The method according to Claim 1, wherein an expanded error signal $e_{H1}(n)$ is determined as an error criterion according to $e_{H1}(n) = e_H - c(n)$, and an error amount is determined over the period of the comparison segment according to

$$E_n = \sum_{n=0}^{Ma} e_{H1}(n)^2$$

   and is used to determine the minimum error signal.

3. An arrangement designed for carrying out the method according to Claims 1 or 2, wherein in addition to a conventional encoder (ADPCM) operating according to the Subband Adaptive Differential Pulse Code principle pursuant to IT-U Recommendation G.722, means are provided for generating reference signals which, for each step of the expansion, have a signal generator (EHDS 1 ,... EHDSS) for generating the reference signals c(n), and a control unit (CB 1, ... CB S).

Revendications

1. Procédé d'amélioration modulaire de la qualité d'un traitement de codage, pour lequel on utilise la modulation par impulsions codées différentielle adaptable en sous-bande (SB-ADPCM) pour le codage de signaux audio selon la recommandation IT-U G.722, avec les étapes de procédé suivantes,

   - dans un processus itératif avec un nombre dépendant de l'étendue de l'extension d'étapes de répétition, un signal d'erreur (e_H) numérique déterminé à partir d'un signal d'entrée de sous-bande à coder et d'un signal de pronostic est comparé par section à un nombre de $M*L^N$ signaux de référence différents c(n) et à partir de là, le signal de référence est déterminé avec un signal d'erreur minimal en ce qui concerne un critère d'erreur prescrit,
   - les signaux de référence c(n) sont établis respectivement à partir d'impulsions de Dirac équidistantes $\delta(n)$ selon

$$c(n) = \sum_{p=0}^{n-1} \alpha_p \cdot \delta(n - off - M \cdot p)$$

off = [0.. M-1] indiquant la distance entre la première impulsion et le début de la section de comparaison, $\alpha_p \in \{\alpha_0, \alpha_1, \cdots, \alpha_{L-1}\}$ la valeur d'amplitude, M la distance entre deux impulsions individuelles, N le nombre d'impulsions et L le nombre de niveaux différents α ;
- l'information (I_{H1min}, ... I_{HSmin}) sur le signal de référence avec le signal d'erreur minimal est transmise.

2. Procédé selon la revendication 1, un signal d'erreur $e_{H1}(n)$ étendu étant déterminé comme critère d'erreur selon $e_{H1}(n) = e_H - c(n)$ et un montant d'erreur est déterminé sur la période de la section de comparaison selon

$$E_n = \sum_{n=0}^{Ma} e_{H1}(n)^2$$

et est pris en considération pour la détermination du signal d'erreur minimal.

3. Agencement aménagé pour la réalisation du procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, des moyens pour l'établissement de signaux de référence étant prévus outre un codeur traditionnel (ADPCM) selon le principe de modulation par impulsions codées différentielle adaptable en sous-bande selon la recommandation IT-U G.722, lesquels présentent pour chaque étape d'extension respectivement un générateur de signal (EHDS1, ... EHDSS) pour la génération des signaux de référence c(n) et une unité de commandé (CB 1, ...CB S).

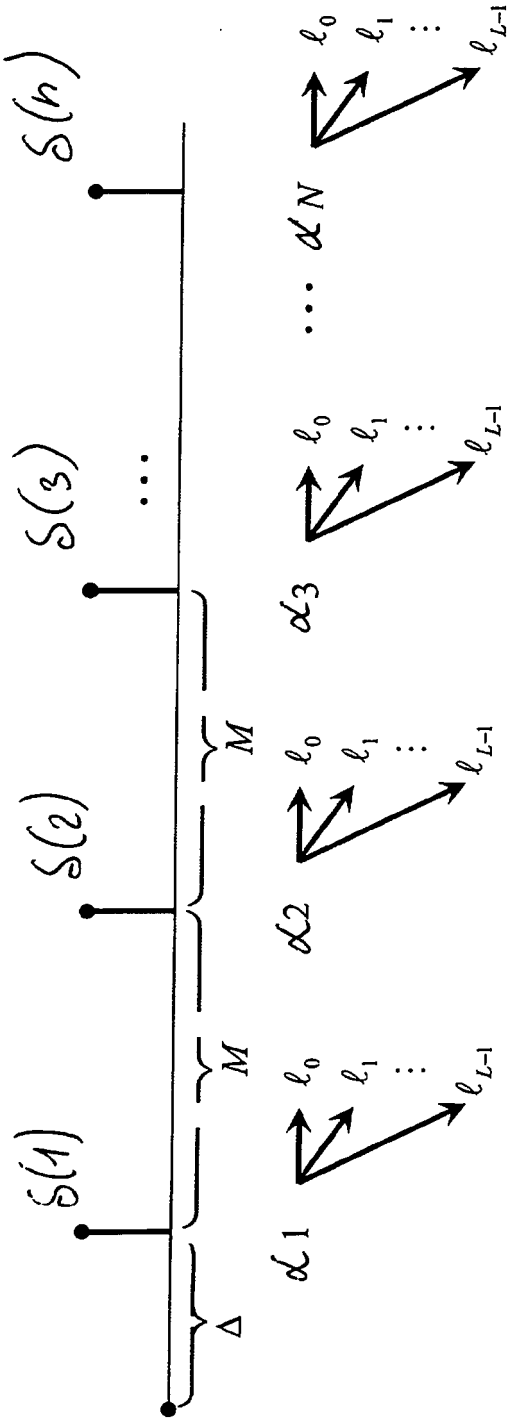


Fig. 1

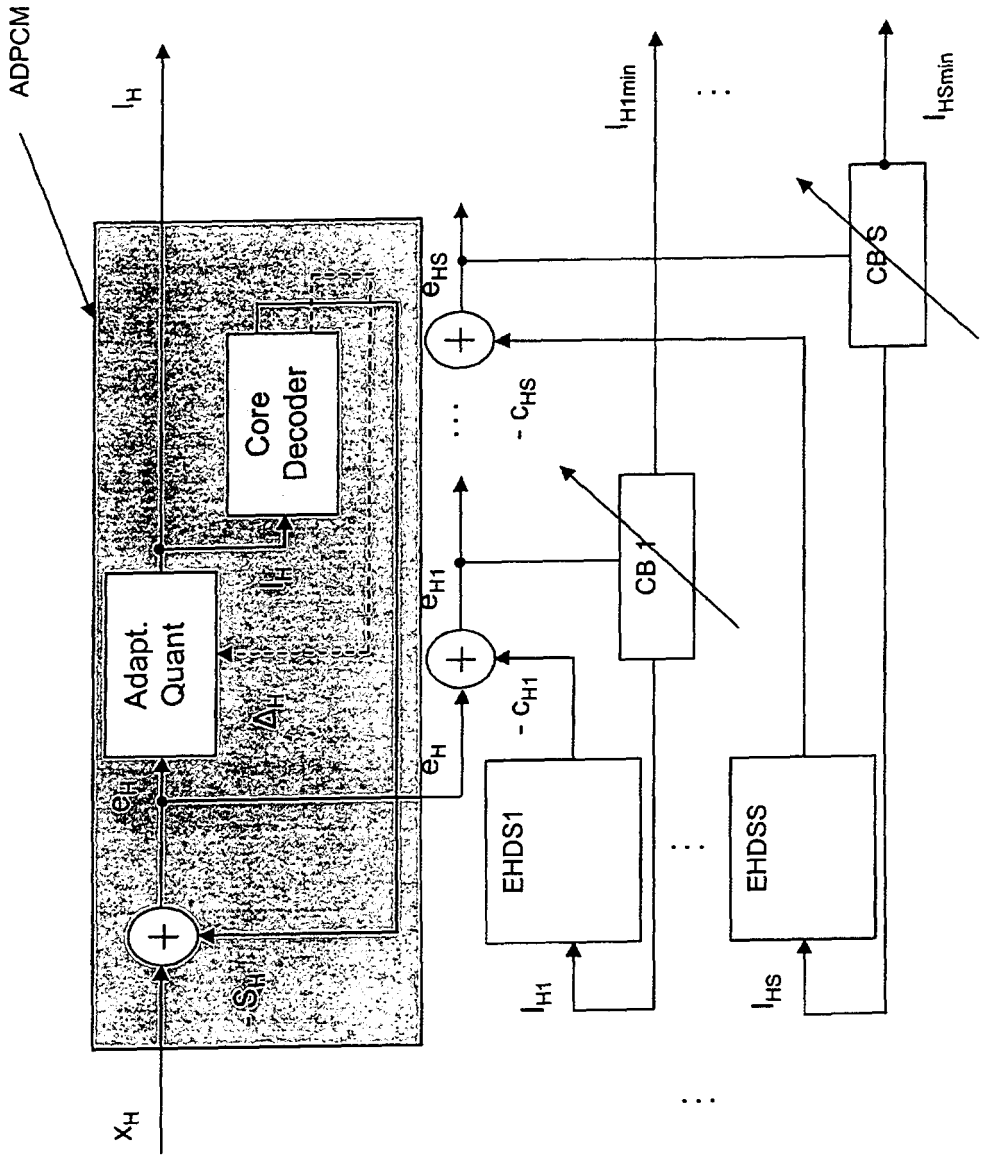

ADPCM
I_H
Adapt. Quant
Core Decoder
Δ_H
I_H
e_H
s_H
x_H
e_{HS}
e_{H1}
e_H
$-c_{HS}$
$-c_{H1}$
CB S
CB 1
EHDS1
EHDSS
I_{H1min}
I_{HSmin}
I_{H1}
I_{HS}

Fig 2

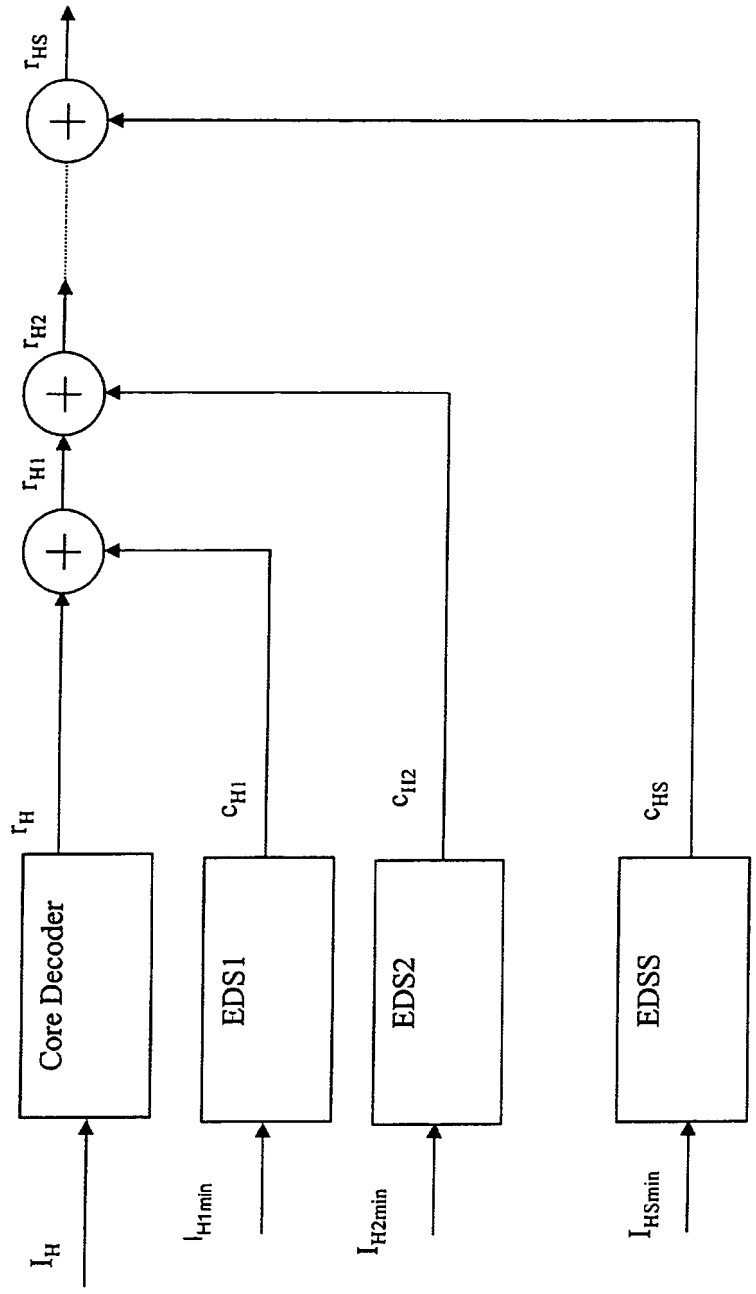

Core Decoder
EDS1
EDS2
EDSS
I_H
I_{H1min}
I_{H2min}
I_{HSmin}
r_H
c_{H1}
c_{H2}
c_{HS}
r_{H1}
r_{H2}
r_{HS}

Fig 3

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- 7 kHz Audio-Coding within 64 kbit/s. *G.722 (11/88), International Telecommunication Union, Geneva, CH,* 25. November 1988 **[0004]**