

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Übertragung eines Signals nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Bei der Übertragung eines Audiosignals, z.B. bei der Rundfunkübertragung, Kabelübertragung, Satellitenübertragung und bei Aufzeichnungsgeräten ist es bekannt, das analoge Audiosignal in ein digitales Audiosignal mit einer bestimmten Auflösung umzuwandeln, in dieser Form zu übertragen und bei der Wiedergabe wieder in ein analoges Signal umzusetzen. Durch die digitale Übertragung wird insbesondere bei der Wiedergabe ein größerer Störabstand erreicht.

Die für die Übertragung eines solchen Signals erforderliche Bandbreite ist im wesentlichen bestimmt durch die Zahl der zu übertragenden Abtastwerte pro Zeiteinheit sowie durch die Auflösung.

In der Praxis besteht die Forderung, die für die Übertragung notwendige Bandbreite möglichst klein zu halten, um mit einem schmalbandigen Kanal auszukommen oder über einen vorhandenen Kanal möglichst viele Audiosignale gleichzeitig übertragen zu können. Die erforderliche Bandbreite läßt sich an sich verringern durch eine Reduzierung der Abtastwerte oder der Anzahl der Bits pro Abtastwert.

Diese Maßnahme hat aber in der Regel eine Verschlechterung bei der Wiedergabe zur Folge. Bei einem bekannten Verfahren (DE OS 35 06 912.0) wird zur Verbesserung der Wiedergabequalität das digitale Audiosignal in zeitlich aufeinanderfolgenden Abschnitten in ein Kurzzeitspektrum transformiert, welches jeweils für die Zeitabschnitte, z.B. 20 ms, die Spektralkomponenten des Signals darstellt. In dem Kurzzeitspektrum lassen sich auf Grund psycho-akustischer Gesetzmäßigkeiten im allgemeinen Komponenten, die vom Hörer nicht wahrgenommen werden, also im nachrichtentechnischen Sinn irrelevant sind, besser auffinden, als im Zeitbereich. Diese Komponenten werden bei der Übertragung weniger gewichtet oder ganz weggelassen. Durch diese Maßnahme kann bei der Übertragung ein beträchtlicher Teil der sonst notwendigen Daten entfallen, so daß die mittlere Bitrate wesentlich verringert werden kann. Weiterbildungen diese aus DE-A-3 506 912 bekannten Verfahrens werden in EP-A-0 251 028 beschrieben.

Zur Aufteilung des Signals in Abschnitte eignet sich das aus J. P. Princen and A. B. Bradley, "Analysis/Synthesis Filterbank Design based on Time Domain Aliasing Cancellation," IEEE-Transactions Acoustics, Speech, Signal-Processing, Volume ASSP-34, pages 1153 - 1161, Oktober 1986, beschriebene Verfahren. Es wird hierin eine Transformation beschrieben, bei der überlappende Blöcke mit abgerundeten Fensterfunktionen in den Fenstern ohne zusätzliche Koeffizienten im Frequenzbereich erzeugt werden. Bei diesem Verfahren werden zunächst N Werte mit Hilfe einer Fensterfunktion $f(n)$ der Länge N aus dem Eingangssignal herausgeschnitten und anschließend zu N/2 signifikanten Koeffizienten im Frequenzbereich transformiert. Die Rücktransformation berechnet aus dem N/2 Koeffizienten N Abtastwerte, die wiederum mit der Fensterfunktion $f(n)$ gewichtet werden.

Das Ausgangssignal der Rücktransformation unterscheidet sich jedoch vom Eingangssignal der Hintransformation. Die exakte Rekonstruktion des Eingangssignals wird erst dadurch möglich, daß die Ausgangswerte aufeinanderfolgender Rücktransformationen im Überlappungsbereich von jeweils N/2 Abtastwerten addiert werden. Damit durch dieses sogenannte "Overlap-Add" das Eingangssignal wiedergewonnen werden kann, muß die Fensterfunktion $f(n)$ folgenden Bedingungen erfüllen:

$$\begin{aligned} f(N-1-n) &= f(n) & 0 \leq n \leq N-1 & \quad (1) \\ f(N/2-1-n) + f(n) &= 2 & 0 \leq n \leq N/2-1 & \quad (2) \end{aligned}$$

Die erste Bedingung entspricht einer Symmetrie von $f(n)$. Die zweite Bedingung entspricht der Punktsymmetrie des Quadrats von $f(n)$ jeweils in einer Fensterhälfte. Unter Berücksichtigung dieser Bedingungen kann die effektive Fensterlänge der Transformation zwischen N/2 und N Abtastwerten variiert werden.

Die Wahl der Fensterlänge bei Anwendung dieser Verfahren in Transformationskodern führt zu folgenden Auswirkungen. Eine große Fensterlänge mit möglichst abgerundeter Form ermöglicht eine gute Frequenzselektivität. Dabei dehnt sich der Fehler durch Quantisierung der Koeffizienten nach der Rücktransformation über die gesamte effektive Fensterlänge aus. Dies kann sich besonders bei starken Sprüngen der Amplitude des zu codierenden Signals negativ auf die subjektive Qualität des codierten Signals auswirken.

Die Wahl kürzerer Fenster bewirkt eine Verschlechterung der Frequenzselektivität, was sich besonders bei stark korrelierten Eingangssignalen negativ auf den zu erzielenden Transformationsgewinn auswirkt. Dagegen lassen sich Fehler durch Quantisierung der Koeffizienten bei starken Signalsprüngen auf das betreffende Fenster beschränken, so daß ihre Auswirkungen auf benachbarte Fenster verhindert werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Übertragung eines Signals nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 dahingehend zu verbessern, daß eine optimale Frequenzselektivität und hohe subjektive Qualität des codierten und decodierten Signals erzielt wird.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der Eingangs genannten Art durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst. Weitere Ausbildungen werden in den abhängigen Ansprü-

chen angegeben.

Bei einer Weiterbildung werden die Fensterfunktionen eines nachfolgenden Fensters im überlappenden Bereich mit dem vorangestellten Fenster durch Spiegelung der in diesem Bereich vorliegenden Fensterfunktionen des vorangestellten Fensters gebildet. Dadurch läßt sich eine noch bessere Anpassung an schnelle Signaländerungen erzielen. Bei der oben beschriebenen Fensterfunktion wurde noch davon ausgegangen, daß bei sämtlichen Transformationen gleiche Fensterfunktionen verwendet werden. Geht man jedoch von der Verwendung unterschiedlicher Fensterfunktionen, z. B. $f(n)$ und $g(n)$ in aufeinanderfolgenden Blöcken aus, so zeigt sich, daß sich die Beziehungen (1) und (2) nur noch auf den Bereich beziehen in dem sich die beiden Hälften der Fenster überlappen:

$$\begin{aligned} f(N-1-n) &= g(n) & 0 \leq n \leq N/2-1 & \quad (3) \\ f(N/2+n) + g^2(n) &= 2 & 0 \leq n \leq N/2-1 & \quad (4) \end{aligned}$$

Beide Gleichungen betreffen in diesem Fall lediglich die zweite Hälfte der Funktion f und die erste Hälfte der Funktion g . Somit lassen sich die Fensterhälften eines Blocks unabhängig voneinander wählen, wenn sie nur mit den entsprechenden Fensterhälften der benachbarten Blöcke zusammen die Gleichungen (3) und (4) erfüllen.

Das Verfahren nach der Erfindung wird anhand der Zeichnung erläutert. Diese zeigt:

in Fig. 1 a - c Fensterfunktionen mit unterschiedlicher Breite,

in Fig. 2 unsymmetrische Fensterfunktionen und

in Fig. 3a den Verlauf eines Eingangssignals und

in Fig. 3b eine Fensterfunktion die auf dieses Eingangssignal angepaßt ist.

In Fig. 1 sind mehrere Fenster konstanter Breite (b) mit unterschiedlichen Fensterfunktionen $f(n)$ dargestellt. Die Fenster werden jeweils so zusammengesetzt, daß sich die benachbarten Fenster zur Hälfte überlappen. Dadurch entsteht bei der sinusförmigen Fensterfunktion $f(n)$ in Fig. 1a ebenfalls eine Überlappung zur Hälfte, bei der Darstellung gemäß Fig. 1b eine Teilüberlappung, die weniger als die Hälfte beträgt und in Fig. 1c nur eine Berührung der beiden Schenkel der Fensterfunktion $f(n)$.

Fig. 2 zeigt die Überlagerung zweier Fenster mit unsymmetrischen Fensterfunktionen $f(n)$ und $g(n)$. Die Fensterfunktionen sind jedoch in ihrem gemeinsamen überlappenden Bereich so ausgestaltet, daß sich ihre Resultierenden zu 1 ergänzen.

In Fig. 3a ist ein Amplitudenverlauf $A(t)$ eines Eingangssignals dargestellt. Wie zu erkennen ist, besitzt das Signal zunächst eine gleichmäßige geringe Amplitude, der ein Signalsprung folgt, worauf sich die ursprüngliche Amplitude fortsetzt. Darunter sind in Fig. 3b Fensterfunktionen der Fenster dargestellt, mit denen dieses Signal optimal bearbeitet werden kann. Im ersten Bereich 1 handelt es sich um sinusförmige Fensterfunktionen, die eine hohe Frequenzselektivität ermöglichen. Das Fenster 3, in dem das Signal mit der hohen Amplitude hineinfällt, besitzt dagegen eine Fensterfunktion die sehr schmal ist. Die Fensterfunktionen der benachbarten Fenster 2 und 4, also des vorhergehenden und des nachfolgenden Fensters besitzen im überlappenden Bereich eine entsprechend angepaßte Fensterfunktion, so daß sich in diesen Bereichen die Fensterfunktionen zu eins ergänzen. Damit haben die Fensterfunktionen in diesen beiden angrenzenden Fenstern 2 und 4 eine unsymmetrische Gestalt. Quantisierungsstörungen, die innerhalb des Fensters 3 auftreten würden, in die der Signalsprung hineinfällt, werden so auf den Bereich der Fensterfunktionen des Fensters 3 beschränkt und damit etwa gegenüber einer Fensterfunktion mit sinusförmigem Verlauf auf die Hälfte der zeitlichen Ausdehnung reduziert. Durch den Verdeckungseffekt des Signalsprungs ergibt sich so trotz der verringerten Frequenzselektivität eine subjektive Verbesserung der Audio-Qualität.

Die Erfindung ist nicht auf Audio-Signale beschränkt. Es kann sich ebenso um Video-Signale handeln. Dabei können auch die aufeinanderfolgenden Blöcke z. B. in räumlichen statt in zeitlichen Abständen folgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung eines Signals, das durch Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) in aufeinanderfolgende, überlappende Fenster aufgeteilt wird, daß dann die in den Fenstern enthaltenen Teilsignale jeweils durch Transformation in ein Spektrum umgewandelt werden, anschließend die Spektren codiert, übertragen, nach der Übertragung decodiert und durch Rücktransformation wieder in Teilsignale überführt werden, und daß schließlich die die Teilsignale enthaltenden Fenster überlappend aneinandergesetzt werden, wobei die überlappenden Bereiche der Fenster so gewichtet sind, daß sich die Resultierende der Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) zu eins ergibt, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) in Abhängigkeit von Signaländerungen gewählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fenster konstante Abstände haben und

chen angegeben.

Bei einer Weiterbildung werden die Fensterfunktionen eines nachfolgenden Fensters im überlappenden Bereich mit dem vorangestellten Fenster durch Spiegelung der in diesem Bereich vorliegenden Fensterfunktionen des vorangestellten Fensters gebildet. Dadurch läßt sich eine noch bessere Anpassung an schnelle Signaländerungen erzielen. Bei der oben beschriebenen Fensterfunktion wurde noch davon ausgegangen, daß bei sämtlichen Transformationen gleiche Fensterfunktionen verwendet werden. Geht man jedoch von der Verwendung unterschiedlicher Fensterfunktionen, z. B. $f(n)$ und $g(n)$ in aufeinanderfolgenden Blöcken aus, so zeigt sich, daß sich die Beziehungen (1) und (2) nur noch auf den Bereich beziehen in dem sich die beiden Hälften der Fenster überlappen:

$$f(N - 1 - n) = g(n) \quad 0 \leq n \leq N/2 - 1 \quad (3)$$

$$f^2(N/2 + n) + g^2(n) = 2 \quad 0 \leq n \leq N/2 - 1 \quad (4)$$

Beide Gleichungen betreffen in diesem Fall lediglich die zweite Hälfte der Funktion f und die erste Hälfte der Funktion g . Somit lassen sich die Fensterhälften eines Blocks unabhängig voneinander wählen, wenn sie nur mit den entsprechenden Fensterhälften der benachbarten Blöcke zusammen die Gleichungen (3) und (4) erfüllen.

Das Verfahren nach der Erfindung wird anhand der Zeichnung erläutert. Diese zeigt:

in Fig. 1 a - c Fensterfunktionen mit unterschiedlicher Breite,

in Fig. 2 unsymmetrische Fensterfunktionen und

in Fig. 3a den Verlauf eines Eingangssignals und

in Fig. 3b eine Fensterfunktion die auf dieses Eingangssignal angepaßt ist.

In Fig. 1 sind mehrere Fenster konstanter Breite (b) mit unterschiedlichen Fensterfunktionen $f(n)$ dargestellt. Die Fenster werden jeweils so zusammengesetzt, daß sich die benachbarten Fenster zur Hälfte überlappen. Dadurch entsteht bei der sinusförmigen Fensterfunktion $f(n)$ in Fig. 1a ebenfalls eine Überlappung zur Hälfte, bei der Darstellung gemäß Fig. 1b eine Teilüberlappung, die weniger als die Hälfte beträgt und in Fig. 1c nur eine Berührung der beiden Schenkel der Fensterfunktion $f(n)$.

Fig. 2 zeigt die Überlagerung zweier Fenster mit unsymmetrischen Fensterfunktionen $f(n)$ und $g(n)$. Die Fensterfunktionen sind jedoch in ihrem gemeinsamen überlappenden Bereich so ausgestaltet, daß sich ihre Resultierenden zu 1 ergänzen.

In Fig. 3a ist ein Amplitudenverlauf $A(t)$ eines Eingangssignals dargestellt. Wie zu erkennen ist, besitzt das Signal zunächst eine gleichmäßige geringe Amplitude, der ein Signalsprung folgt, worauf sich die ursprüngliche Amplitude fortsetzt. Darunter sind in Fig. 3b Fensterfunktionen der Fenster dargestellt, mit denen dieses Signal optimal bearbeitet werden kann. Im ersten Bereich 1 handelt es sich um sinusförmige Fensterfunktionen, die eine hohe Frequenzselektivität ermöglichen. Das Fenster 3, in dem das Signal mit der hohen Amplitude hineinfällt, besitzt dagegen eine Fensterfunktion die sehr schmal ist. Die Fensterfunktionen der benachbarten Fenster 2 und 4, also des vorhergehenden und des nachfolgenden Fensters besitzen im überlappenden Bereich eine entsprechend angepaßte Fensterfunktion, so daß sich in diesen Bereichen die Fensterfunktionen zu eins ergänzen. Damit haben die Fensterfunktionen in diesen beiden angrenzenden Fenstern 2 und 4 eine unsymmetrische Gestalt. Quantisierungsstörungen, die innerhalb des Fensters 3 auftreten würden, in die der Signalsprung hineinfällt, werden so auf den Bereich der Fensterfunktionen des Fensters 3 beschränkt und damit etwa gegenüber einer Fensterfunktion mit sinusförmigem Verlauf auf die Hälfte der zeitlichen Ausdehnung reduziert. Durch den Verdeckungseffekt des Signalsprunges ergibt sich so trotz der verringerten Frequenzselektivität eine subjektive Verbesserung der Audio-Qualität.

Die Erfindung ist nicht auf Audio-Signale beschränkt. Es kann sich ebenso um Video-Signale handeln. Dabei können auch die aufeinanderfolgenden Blöcke z. B. in räumlichen statt in zeitlichen Abständen folgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Übertragung eines Signals, das durch Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) in aufeinanderfolgende, überlappende Fenster aufgeteilt wird, daß dann die in den Fenstern enthaltenen Teilsignale jeweils durch Transformation in ein Spektrum umgewandelt werden, anschließend die Spektren codiert, übertragen, nach der Übertragung decodiert und durch Rücktransformation wieder in Teilsignale überführt werden, und daß schließlich die die Teilsignale enthaltenden Fenster überlappend aneinandergesetzt werden, wobei die überlappenden Bereiche der Fenster so gewichtet sind, daß sich die Resultierende der Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) zu eins ergibt, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) in Abhängigkeit von Signaländerungen gewählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Fenster konstante Abstände haben und



die wirksame Länge der Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) im Vergleich zur Länge der Fenster in Abhängigkeit von Signaländerungen gewählt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstände der Fenster in Abhängigkeit von Signaländerungen gewählt werden.
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) bei großen Signaländerungen klein und bei kleinen Signaländerungen groß gewählt wird.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Fensterfunktion eines nachfolgenden Fensters im überlappenden Bereich mit dem vorangestellten Fenster durch Spiegelung der in diesem Bereich vorliegenden Fensterfunktion des vorangestellten Fensters gebildet wird.
6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Satz unterschiedlicher Fensterfunktionen ($f(n), g(n)$) definiert wird, aus denen in Abhängigkeit von Signaländerungen jeweils eine Fensterfunktion vergeben wird und daß bei der Übertragung eine die vergebene Fensterfunktion eindeutig bestimmende Kennungszahl übertragen wird.
7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Signale zeitlichen Veränderungen unterworfen sind, insbesondere daß die Signale Audiosignale sind.
8. Verwendung oder Einsatz des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche bei der Rundfunkübertragung, Kabelübertragung, Satellitenübertragung oder bei Aufzeichnungsgeräten.

Claims

1. Method for transmitting a signal which is divided by window functions ($f(n), g(n)$) into successive, overlapping windows, that the partial signals contained in the windows are then in each case converted by transformation into a spectrum, the spectra are then encoded, transmitted, decoded following transmission and converted back into partial signals by inverse transformation, and that the windows containing the partial signals are finally assembled in an overlapping manner, the overlapping areas of the windows being weighted such that the resultant of the window functions ($f(n), g(n)$) yields one, characterised in that the length of the window functions ($f(n), g(n)$) is selected in accordance with signal variations.
2. Method according to claim 1, characterised in that the windows have constant spacings and the effective length of the window functions ($f(n), g(n)$) compared with the length of the windows is selected in accordance with signal variations.
3. Method according to claim 1, characterised in that the spacings of the windows are selected according to signal variations.
4. Method according to one or more of claims 1 to 3, characterised in that the length of the window functions ($f(n), g(n)$) is selected so as to be small when the signal variations are large and large when the signal variations are small.
5. Method according to one or more of claims 1 to 4, characterised in that the window function of a subsequent window in the area of overlap with the preceding window is formed by reflecting the window function of the preceding window which is present in this area.
6. Method according to one or more of claims 1 to 5, characterised in that a set of different window functions ($f(n), g(n)$) is defined from which a window function is in each case assigned in accordance with signal variations, and that during transmission a code which clearly determines the assigned window function is transmitted.
7. Method according to one or more of claims 1 to 6, characterised in that the signals are subject to variations with time, and in particular that the signals are audio signals.



8. Usage of a method according to any of the preceding claims in the field of radio transmission, cable transmission, satellite transmission or in recording devices.

5 Revendications

1. Procédé pour la transmission d'un signal qui est réparti par des fonctions de fenêtre ($f(n)$, $g(n)$) en fenêtres consécutives qui se chevauchent de telle manière que les signaux partiels contenus dans les fenêtres sont respectivement transformés par transformation en un spectre, que les spectres sont ensuite codés, transmis, décodés après la transmission et retransformés en signaux partiels par transformation inverse et que finalement les fenêtres qui contiennent les signaux partiels sont assemblées les unes aux autres en se chevauchant, les zones de chevauchement des fenêtres étant pondérées de telle manière que la résultante des fonctions de fenêtre ($f(n)$, $g(n)$) résulte en un, caractérisé en ce que la longueur des fonctions de fenêtre ($f(n)$, $g(n)$) est choisie en fonction des variations du signal.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les fenêtres ont des écarts constants et que la longueur effective des fonctions de fenêtre ($f(n)$, $g(n)$) est choisie, par comparaison à la longueur des fenêtres, en fonction des variations du signal.
3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les écarts des fenêtres sont choisis en fonction des variations du signal.
4. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la longueur des fonctions de fenêtre ($f(n)$, $g(n)$) est choisie petite pour des grandes variations de signal et grande pour de petites variations de signal.
5. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les fonctions de fenêtre d'une fenêtre qui suit dans la zone de chevauchement est formée avec la fenêtre qui précède par réflexion de la fonction de fenêtre présente dans cette zone de la fenêtre précédente.
6. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'un ensemble de différentes fonctions de fenêtre ($f(n)$, $g(n)$) est défini, à partir desquelles une fonction de fenêtre est respectivement donnée en fonction des variations du signal et que, lors de la transmission, un chiffre d'identification qui détermine de manière univoque la fonction de fenêtre donnée est transmis.
7. Procédé selon l'une ou plusieurs des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les signaux sont soumis à des variations dans le temps, en particulier que les signaux sont des signaux son.
8. Application ou utilisation de la procédure selon l'une des revendications précédentes pour la transmission par radio, par câble, par satellite ou pour les appareils d'enregistrement.

