



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 32 714 T2 2007.11.08**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 102 407 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 32 714.0**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 309 844.9**

(96) Europäischer Anmeldetag: **06.11.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **23.05.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **03.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **08.11.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H03M 13/35 (2006.01)**
H03M 13/00 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

165803 P 16.11.1999 US
680708 P 06.10.2000 US

(73) Patentinhaber:

Lucent Technologies Inc., Murray Hill, N.J., US

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Anand, Raghavan, Alameda, California 94706, US;
Lou, Hui-Ling, Murray Hill, New Jersey 07974, US;
Podilchuk, Christine Irene, Bridgewater, New
Jersey 08807, US

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Apparat für den Kanalfehlerschutz eines quellencodierten Bitstromes**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**Gebiet der Erfindung**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein die Informationscodierung und, spezieller, Verfahren zum Bereitstellen von Fehlerschutz für progressive Bitströme unter Verwendung von Faltungscodes und anderen Arten von Kanalcodes.

Allgemeiner Stand der Technik

[0002] In einem progressiven quellcodierten Bitstrom sind Bits im Allgemeinen nach abnehmender Bedeutung angeordnet, so dass die Qualität des Quellsignals, das beim Empfänger rekonstruiert werden kann, von der Zahl der Bits, die empfangen wurden, abhängt. Konventionelle progressive Quellcodierungsverfahren dieser Art werden z.B. in A. Said et al., „A New and Efficient Image Codec Based on Set Partitioning in Hierarchical Trees [Ein neuer und effizienter Bild-Codec auf der Basis der Mengeneinteilung in hierarchischen Bäumen]“, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Tech., Juni 1996; B.-J. Kim et al., „Very Low Bit-Rate Embedded Coding with 3D Set Partitioning in Hierarchical Trees [Eingebettetes Codieren bei sehr niedriger Bitrate mit 3D-Mengeneinteilung in hierarchischen Bäumen]“, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, Sonderausgabe zu Bild- und Videoverarbeitung für aufkommende interaktive Multimedienste, September 1998; und B. J. Kim et al., „Low-Delay Embedded Video Coding with SPIHT [Eingebettete Videocodierung mit geringer Verzögerung mittels SPIHT]“, Proc. SPIE, Visual Communications and Image Processing [Optische Nachrichtentechnik und Bildverarbeitung] '98, S. 955–964, Jan. 1998.

[0003] Man betrachte als Beispiel einen progressiven quellcodierten Bitstrom von N Bit, der in der Folge $\{a_0, a_1, a_2, \dots, a_N\}$ angeordnet ist, wobei a_0 das wichtigste Bit und a_N das Bit mit der geringsten Wichtigkeit repräsentiert. Wenn nur eine gegebene Teilmenge $\{a_0, \dots, a_i\}$ ($1 \leq i < N$) der geordneten Bits vom Empfänger empfangen wird, dann kann eine grobe Darstellung des Quellsignals auf der Basis dieser ($i + 1$) Bits rekonstruiert werden. Die Qualität des rekonstruierten Signals erhöht sich also mit der Zahl der Bits, die erfolgreich empfangen wurden. Wenn jedoch a_i nicht erfolgreich empfangen wurde und a_j mit $j > i$ empfangen wurde, so kann im Allgemeinen das a_j -Bit vom Quelldecoder nicht verwendet werden, um die Qualität des decodierten Signals zu verbessern. Daher sollte ein Kanalcode, der in Verbindung mit der Übertragung des quellcodierten Bitstroms durch einen Kommunikationskanal verwendet wird, vorzugsweise so ausgelegt werden, dass sichergestellt wird, dass die wichtigsten Bits, d.h. Bits mit kleineren Werten von i , mit dem höchsten Grad des Fehlerschutzes

ausgestattet werden, und dass sich der Fehlerschutz für Bits mit wachsenden Werten von i verringert.

[0004] Eine Reihe von Verfahren zur Bereitstellung von unterschiedlichem Fehlerschutz (UEP) durch Kanalcodes wird in der US-Patentanmeldung Reihen-Nr. 09/022,114, auf den Namen der Erfinder D. Sinha und C.-E. Sundberg und unter dem Titel „Unequal Error Protection for Perceptual Audio Coders [Unterschiedlicher Fehlerschutz für perzeptive Audio-codierer]“ am 11. Februar 1998 eingereicht (und als US 6,405,338 am 11. Juni 2002 veröffentlicht), beschrieben. Bei einem solchen Verfahren wird ein quellcodierter Bitstrom in verschiedene Klassen von Bits unterteilt, wobei unterschiedliche Niveaus des Fehlerschutzes für die verschiedenen Klassen von Bits bereitgestellt werden. Ein quellcodierter Bitstrom kann zum Beispiel in Bits der Klasse I und Klasse II unterteilt werden, wobei die Bits der Klasse I durch einen Kanalcode niedrigerer Rate geschützt werden, als der, der zum Schutz der Bits der Klasse II verwendet wird.

[0005] Um die Hardwarekomplexität zu verringern, können diese und andere Verfahren ratenkompatible punktierte Faltungscodes (RCPC-Codes) verwenden, um die unterschiedlichen Kanalcoderaten, die für UEP (unterschiedlicher Fehlerschutz) benötigt werden, zu implementieren. RCPC-Codes werden in J. Hagenauer, „Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes (RCPC-Codes) an Their Applications [Ratenkompatible Punktierte Faltungscodes (RCPC-Codes) und ihre Anwendungen]“, IEEE Transactions on Communications, Bd. 36, April 1988; und J. Hagenauer et al., The Performance of Rate-Compatible Punctured Convolutional Codes for Digital Mobile Radio [Die Leistungsfähigkeit von ratenkompatiblen punktierten Faltungscodes und ihre Anwendungen]“, IEEE Transactions on Communications, Bd. 28, Juli 1990; und J. Hagenauer et al., „Channel Coding and Transmission Aspects for Wireless Multimedia [Kanalcodierungs- und Übertragungsaspekte für drahtlose Multimedia]“, Proceedings of the IEEE, Bd. 87, Nr. 10, Oktober 1999. Mit Bezug auf das vorherige Beispiel können RCPC-Codes dazu verwendet werden, die Kanalcodes sowohl der Rate von Klasse I als auch der Rate von Klasse II zu implementieren.

[0006] Bei bestimmten UEP-Verfahren, die in der oben zitierten US-Patentenmeldung Reihen-Nr. 09/022,114 beschrieben werden, werden die quellcodierten Bits verschiedener Klassen im Allgemeinen getrennt codiert, und jede Klasse wird weiter in Blocks aufgetrennt, um Fehlerausbreitung zu vermeiden, die die Kanal-Decoderleistung beträchtlich verschlechtern kann. Diese Aufteilung in Blöcke erfordert, dass so genannte Endbits verwendet werden, um jeden Block eines der gegebenen Codes abzuschließen. Wie oben bemerkt, kann im Fall eines pro-

gressiven quellcodierten Bitstroms, wenn ein gegebenes Bit a_i nicht erfolgreich empfangen wird, ein nachfolgendes Bit a_j ($j > i$) im Allgemeinen nicht dazu verwendet werden, die Qualität des decodierten Signals zu verbessern. Daher sollte der Kanalfehlerschutz auch progressiv bereitgestellt werden, wobei sich der Fehlerschutz bis zu den Bits a_i, a_{i+1}, a_{i+2} usw. im quellcodierten Bitstrom verringert. Die Anwendung des oben beschriebenen Mehrklassen-UEP-Verfahrens auf einen progressiven quellcodierten Bitstrom kann jedoch dazu führen, dass der quellcodierte Bitstrom in viele Teilblöcke unterteilt wird, wobei jeder Teilblock einer wachsenden Coderate unterworfen wird. Solch eine Anordnung kann eine übermäßig große Zahl von Endbits erforderlich machen, wodurch der allgemeine Aufwand, der mit der Implementierung dieses Verfahrens verbunden ist, sich beträchtlich erhöht.

[0007] Aus dem vorher Gesagten ist erkennbar, dass es ein Bedürfnis nach einem verbesserten Verfahren zur Bereitstellung von Kanalfehlerschutz für quellcodierte Bitströme gibt.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0008] Die vorliegende Erfindung befriedigt das oben angeführte Bedürfnis, indem sie ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Implementieren von Kanalfehlerschutz für einen progressiven quellcodierten Bitstrom oder eine andere Art von quellcodiertem Bitstrom bereitstellt.

[0009] Gemäß der Erfindung wird unterschiedlicher Kanalfehlerschutz für einen quellcodierten Bitstrom durch Punktieren eines Kanalcodes bereitgestellt. Der quellcodierte Bitstrom ist vorzugsweise ein progressiver quellcodierter Bitstrom, könnte aber auch ein anderer Typ von quellcodiertem Bitstrom sein, z.B. ein unterteilter Bitstrom. Der Kanalcode besitzt eine festgelegte Rate, die mit einem entsprechenden Niveau des Fehlerschutzes verbunden ist, und wird zum Codieren eines ersten Abschnitts des quellcodierten Bitstroms verwendet. Der Kanalcode wird danach für mindestens einen zweiten Teil des quellcodierten Bitstroms punktiert, um so eine höhere Rate als die angegebene Rate bereitzustellen.

[0010] Der Beginn des Punktierungsschritts wird um einen Betrag beliebig verzögert, der zumindest teilweise auf der Basis eines Speichers des Kanalcodes bestimmt wird. Der Betrag der Verzögerung kann zum Beispiel als Zahl von Bits festgelegt werden, die größer oder gleich einem Speicher des Kanalcodes ist, aber kleiner oder gleich einer Decodertiefe des Kanaldecoders ist, die zum Decodieren des kanalcodierten Bitstroms verwendet wird.

[0011] Es ist vorteilhaft, dass die Erfindung die unverhältnismäßig großen allgemeinen Probleme ver-

meidet, die den Endbits zuzuschreiben sind, welche bei herkömmlichen unterschiedlichen Fehlerschutzverfahren (UEP-Verfahren) zum Beenden von Teilblöcken benötigt werden. Obwohl zur Verwendung mit progressiven quellcodierten Videobitströmen besonders gut geeignet, ist die Erfindung allgemeiner auf jede Art von progressivem Informationsbitstrom, der Kanalfehlerschutz erfordert, sowie auf andere Arten von Bitströmen anwendbar, einschließlich aufgeteilten quellcodierten Bitströmen.

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

[0012] [Fig. 1](#) zeigt ein vereinfachtes Blockdiagramm von einer Art von Kommunikationssystem, in dem die vorliegende Erfindung implementiert werden kann.

[0013] [Fig. 2](#) illustriert ein verzögertes Punktieren eines progressiven quellcodierten Bitstroms gemäß der vorliegenden Erfindung.

[0014] [Fig. 3](#) zeigt ein Beispiel für einen progressiven quellcodierten Bitstrom mit mehreren Niveaus des Kanalfehlerschutzes gemäß der Erfindung.

[0015] Die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) illustrieren die Art, in der der Bitstrom von [Fig. 3](#) unter Verwendung der Verfahren der Erfindung punktiert wird.

[0016] [Fig. 5](#) zeigt eine erläuternde Ausführungsform eines Kanalcodierers gemäß der Erfindung.

[0017] [Fig. 6](#) zeigt ein spezielleres Beispiel für das System von [Fig. 1](#), in dem die vorliegende Erfindung implementiert werden kann.

Detaillierte Beschreibung der Erfindung

[0018] Die folgende Beschreibung illustriert die Erfindung unter Verwendung von als Beispiel dienenden Systemen, die progressive quellcodierte Bitströme verwenden. Es versteht sich jedoch, dass die Erfindung nicht auf die Verwendung mit einer bestimmten Art von Kommunikationssystem oder -anwendung beschränkt ist, sondern stattdessen allgemeiner auf jedes Kommunikationssystem oder -anwendung anwendbar ist, in der es wünschenswert ist, dass sie effizient für Kanalfehlerschutz für einen quellcodierten Bitstrom sorgt, was die Notwendigkeit von abschließenden Endbits minimiert. Die Erfindung ist zur Verwendung mit progressiven quellcodierten Videobitströmen besonders gut geeignet. Die Verfahren des unterschiedlichen Fehlerschutzes, die hierin beschrieben werden, sind jedoch auch auf andere Arten von progressiven Bitströmen anwendbar, einschließlich Audio- und anderen Informationsbitströmen. Außerdem können die Verfahren der Erfindung auf aufgeteilte Versionen von quellcodierten Bitströmen angewendet werden, die unter Verwendung von

herkömmlichen nicht-progressiven Codierungsverfahren erzeugt wurden, wie zum Beispiel H.261, H.263, Motion-JPEG, MPEG-1, MPEG-2, usw.

[0019] [Fig. 1](#) zeigt ein vereinfachtes Blockdiagramm eines als Beispiel dienenden Kommunikationssystems **100**, in dem die vorliegende Erfindung implementiert werden kann. System **100** umfasst einen Sender **102** und einen Empfänger **104**, die für die Kommunikation über ein Übertragungsmedium **106** aufgebaut sind. Das Übertragungsmedium **106** kann einen Teil eines verdrahteten oder drahtlosen Netzwerks, Kombinationen von unterschiedlichen Teilen solcher Netze oder eine andere Art von Kommunikationskanal darstellen. Der Sender **102** umfasst einen Quellcodierer **110** und einen Kanalcodierer **112**. Der Empfänger **104** umfasst einen Kanaldecoder **114** und einen Quelldecoder **116**.

[0020] Beim Betrieb wird ein Strom von Informationsbits auf den Quellcodierer **110** angewendet. Der Quellcodierer **110** erzeugt unter Verwendung herkömmlicher Verfahren einen progressiven quellcodierten Bitstrom. Der progressive quellcodierte Bitstrom wird dann auf den Kanalcodierer **112** angewandt, der die Kanalcodierung unter Verwendung der Verfahren der vorliegenden Erfindung für den unterschiedlichen Fehlerschutz auf den progressiven quellcodierten Bitstrom anwendet. Die Kanalcodierungsverfahren, die im Kanalcodierer **112** genutzt werden, werden detaillierter unten in Verbindung mit [Fig. 2](#) beschrieben. Die Ausgabe des Kanalcodierers **112** kann unter Verwendung herkömmlicher Kommunikationssystemoperationen, wie zum Beispiel Modulation, Multiplexing, Aufwärtsumsetzung, Verstärkung, Filtern usw. weiter verarbeitet werden. Diese Operationen werden in der Figur aus Gründen der Einfachheit und Klarheit der Darstellung weggelassen. Das sich ergebende Signal wird über das Übertragungsmedium **106** weitergeleitet und unterliegt den komplementären Kommunikationssystemoperationen im oder vor dem Empfänger **104**. Der wiederhergestellte kanalcodierte Bitstrom wird auf den Kanaldecoder **114** angewendet, und der sich ergebende progressive quellcodierte Bitstrom wird in Quelldecoder **116** decodiert, um eine rekonstruierte Version des originalen Informationsbitstroms zu erhalten.

[0021] Der Quellcodierer **110** und der Quelldecoder **116** können progressive Videocodierer bzw. Videodecoder sein, wie detaillierter in Verbindung mit [Fig. 3](#) beschrieben. Der Kanalcodierer **112** und Kanaldecoder **114** sind vorzugsweise Faltungscodierer bzw. -decoder. Es ist jedoch zu erkennen, dass die Erfindung allgemeiner auf andere Arten der Quell- und Kanalcodierung anwendbar ist.

[0022] Die Elemente des Systems von [Fig. 1](#) werden zur klaren Erläuterung in vereinfachter Form gezeigt. Es versteht sich jedoch, dass ein oder mehrere

dieser Elemente unter Verwendung von prozessorbasierten Geräten, wie zum Beispiel Mikroprozessoren, digitalen Signalprozessoren (DSPs), anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreisen (ASICs) sowie Teilen oder Kombinationen dieser und anderer Geräte implementiert werden können. Die Erfindung kann ganz oder teilweise in Form von einem oder mehreren Softwareprogrammen gespeichert und von solchen Geräten ausgeführt werden. Außerdem kann das System von [Fig. 1](#) zusätzliche Elemente umfassen, die nicht explizit in der Figur gezeigt werden.

[0023] [Fig. 2](#) illustriert die Art und Weise, in der der Kanalcodierer **112** von [Fig. 1](#) arbeitet, um für einen unterschiedlichen Fehlerschutz zu sorgen, wobei die Verfahren der vorliegenden Erfindung genutzt werden. In diesem Beispiel wird der progressive quellcodierte N-Bit-Bitstrom **200** in der Reihenfolge $\{a_0, a_1, a_2, \dots, a_N\}$ angeordnet, wobei a_0 das wichtigste Bit und a_N das Bit mit der geringsten Wichtigkeit repräsentiert. Es wird für dieses Beispiel angenommen, dass die $N + 1$ Bits $\{a_0, a_1, a_2, \dots, a_N\}$ einen einzelnen vollständigen Datenübertragungsblock des progressiven quellcodierten Bitstroms **200** repräsentieren. Wie vorher bemerkt, kann eine grobe Darstellung des originalen Quellsignals auf der Basis dieser $(i + 1)$ Bits rekonstruiert werden, wenn nur eine gegebene Teilmenge $\{a_0, \dots, a_i\}$ ($1 \leq i < N$) der geordneten Bits am Empfänger empfangen wird. Die Qualität des rekonstruierten Signals erhöht sich so mit der Zahl der Bits, die erfolgreich empfangen wurden. Wenn jedoch a_i nicht erfolgreich empfangen wurde und a_j mit $j > i$ erfolgreich empfangen wurde, kann das a_j -Bit im Allgemeinen nicht vom Quelldecoder dazu verwendet werden, die Qualität des decodierten Signals zu verbessern. Der Kanalcodierer **112** ist daher so aufgebaut, dass er den progressiven quellcodierten Strom **200** kontinuierlich mit abfallenden Niveaus des Fehlerschutzes codiert.

[0024] Die abfallenden Fehlerschutzniveaus werden folgendermaßen für Strom **200** bereitgestellt. Kanalcodierer **112** codiert den Strom **200** unter Verwendung eines Faltungscodes mit niedriger Rate, und der Code mit niedriger Rate wird anschließend punktiert, um Codes mit höherer Rate für die Bits von Strom **200** mit geringerer Wichtigkeit progressiv zu erzeugen. Im Beispiel wird ein erster Teil **202** von Strom **200** von einem vollen, unpunktierten Faltungscode mit 1/3-Rate geschützt. Um die gewünschten abfallenden Niveaus des Fehlerschutzes für den progressiven Strom **200** bereitzustellen, muss ein zweiter Teil **204** von Strom **200** unter Verwendung einer punktierten Version des Codes mit originaler 1/3-Rate codiert werden. Die Punktierungsoperation beinhaltet das selektive Eliminieren von Kanalcodebits, die unter Verwendung des originalen 1/3-Codes erzeugt wurden, um so einen Code mit höherer Rate zu erzeugen, welcher im aktuellen Beispiel ein Code mit

Rate 1/2 ist. Solche Punktierungsverfahren sind im Fachgebiet gut bekannt und werden daher hierin nicht im Detail beschrieben. Wie vorher bemerkt, kann jedoch der Beginn der Punktierungsoperation in der herkömmlichen Weise zur Ausbreitung von Fehlern im Kanaldecoder führen, wodurch die Zuverlässigkeit der Ausgabe des Kanaldecoders verringert wird.

[0025] Die vorliegende Erfindung überwindet dieses wesentliche Problem des Standes der Technik durch bewusstes Verzögern des Beginns der Punktierungsoperation um einen bezeichneten Betrag L, der in Form einer bestimmten Zahl von codierten Bits angegeben werden kann, wobei L eine Funktion des Speichers des Codes ist und vorzugsweise kleiner oder gleich der Decodertiefe des Kanaldecoders ist. Der Betrag der Verzögerung L kann zum Beispiel größer oder gleich dem Speicher des Codes gewählt werden, aber kleiner oder gleich der Decodertiefe des Decoders gewählt werden. Es sollte jedoch beachtet werden, dass in alternativen Ausführungsformen die Größe von Verzögerung L so gewählt werden kann, dass sie kleiner als der Speicher des Codes ist, z.B. in einer Anwendung, bei der die sich ergebende Verschlechterung der Leistungsfähigkeit akzeptabel ist.

[0026] Der Speicher eines Faltungscodes kann folgendermaßen beschrieben werden. Bei der Faltungscodierung wird ein gegebenes n-Bit-Ausgabecodewort als Funktion von k Eingabebits und v Bits, die in einem Schieberegister gespeichert sind, erzeugt. Der Wert von v wird im Allgemeinen als der Speicher des Codes bezeichnet und kann auch als die Restriktionslänge des Codes bezeichnet werden. Die Rate des Codes ist durch k/n gegeben, wobei $n > k$ ist. Der Faltungscodierer arbeitet als endlicher Automat mit maximal 2^v möglichen Zuständen. Eine gegebene Menge von k Eingangsbits bewirkt einen Übergang von einem gegenwärtigen Zustand, der durch v Bits definiert ist, in einen nächsten Zustand, der ebenfalls durch v Bits definiert ist, wobei die Zahl n der Ausgangscodebits, die erzeugt werden, durch die Rate des Codes festgelegt ist. Wie vorher bemerkt, wird die Verzögerung L vorzugsweise größer oder gleich dem Speicher des Codes gewählt.

[0027] Die Notwendigkeit für die Verzögerung bei der Punktierung kann ferner folgendermaßen erklärt werden. Man nehme an, dass die progressiven quellcodierten Bits a_0 , a_1 und a_2 von Abschnitt 202 im Strom 200 durch den originalen Faltungscode mit 1/3-Rate geschützt werden sollen und dass zumindest die Bits a_3 , a_4 , a_5 und a_6 von Abschnitt 204 durch den oben angeführten Code mit 1/2-Rate, der durch Punktieren des Codes mit 1/3-Rate erzeugt wird, geschützt werden sollen. Die kanalcodierten Bits, die a_m entsprechen, werden als c_{3m} , c_{3m+1} und c_{3m+2} für Werte von $m = 0, 1, 2$ und c_{2+2m+1} , c_{2+2m+2} für Werte von $m = 3, 4, 5$ und 6 bezeichnet. Wenn beim herkömmlichen

Ansatz ein Faltungscode mit 1/3-Rate zum Codieren aller Bits a_0 bis a_6 verwendet wird, sollte die Punktierung an c_{2+2m+1} und c_{2+2m+2} für $m = 3, 4, 5$ und 6 ausgeführt werden, um einen Code mit 1/2-Rate zu erhalten. Da jedoch die Bits kontinuierlich ohne Beendigung codiert werden, kann das Punktieren von c_{2+2m+1} , c_{2+2m+2} für Werte von $m = 3, 4, 5$ und 6 die Zuverlässigkeit der decodierten Bits a_0 bis a_2 auf Grund des Speichers im Kanaldecoder zunichte machen.

[0028] Um dieses Potenzial zur Ausbreitung von Fehlern im Kanaldecoder zu umgehen, sollte das Punktieren von einem Bit von drei codierten Bits im Kanalcodierer, um den Code mit 1/2-Rate zu erhalten, am codierten Bit $c_{3(2)+3+L}$ ($= c_{9+L}$) beginnen, wobei, wie vorher bemerkt, L eine Funktion des Speichers des Codes ist, und sollte kleiner oder gleich der Decodertiefe des Decoders sein. Wenn das Punktieren der codierten Bits erforderlich ist, um für eine bestimmte Rate zu sorgen, um Bit a_m des progressiven quellcodierten Bitstroms 200 zu schützen, dann sollte also die tatsächliche Punktierung mit einer Verzögerung von L codierten Bits beginnen. Mit Verweis auf [Fig. 2](#) wird die Verzögerung L als vier Bits angenommen. Die Punktierungsoperation beginnt daher nach Bit a_6 , wie gezeigt, statt nach Bit a_2 . Es ist vorteilhaft, dass diese Verzögerung im Beginn der Punktierung die Ausbreitung von Kanalfehlern in einem kontinuierlich punktierten kanalcodierten Bitstrom verhindert.

[0029] Als spezielleres Beispiel nehme man an, dass der Kanaldecoder im System von [Fig. 1](#) ein Viterbi-Decoder für eine IS-95-CDMA-Übertragungsverbindung ist, wie in H. Lou, „Viterbi Decoder Design for the IS-95 CDMA Forward Link [Viterbi-Decoderentwurf für die IS-95-CDMA-Übertragungsverbindung]“, Proceedings of the IEEE Vehicular Technology Conference, Atlanta, GA, April 1996. Der Kanalcode, der für die Übertragungsverbindung in diesem Beispiel verwendet wird, ist ein Faltungscode mit 256 Zuständen und 1/2-Rate.

[0030] Dieser Code besitzt einen Speicher von 8. Der Viterbi-Decoder, der im Literaturverweis beschrieben wird, verwendet vorzugsweise eine Decodertiefe von mindestens etwa 96, je nach dem Leistungsniveau, das gewünscht wird. In einer Ausführungsform der Erfindung, die diesen als Beispiel dienenden Kanalcodierer und Kanaldecoder nutzt, kann man daher den Wert von L als kleiner oder gleich 96, aber größer als den Speicher 8 des Codes wählen. Es kann zum Beispiel ein Anfangswert von L von 48 oder 96 gewählt werden. Der Wert von L kann sich von seinem Anfangswert über die Länge des progressiven quellcodierten Bitstroms verringern und kann auf einen Wert von null am Ende des progressiven Bitstroms mit der geringsten Wichtigkeit reduziert werden, wie detaillierter unten in Verbindung mit [Fig. 4B](#) beschrieben wird. Diese Verringerung in

L ist für einen progressiven Bitstrom geeignet, bei dem sich das gewünschte Niveau des Fehlerschutzes mit der Länge des Bitstroms zusammen mit der Wichtigkeit der Bits verringert.

[0031] Die vorliegende Erfindung stellt daher ein progressives Durchlassfehlerkorrekturverfahren bereit, um einen quellcodierten Bitstrom Bit für Bit zu schützen. Durch angemessene Berücksichtigung des Speichers des Kanalcodes kann der progressive Kanalcode durch aufeinander folgendes Punktieren eines Faltungscodes implementiert werden, ohne den Kanalcode terminieren zu müssen, bis alle Quellbits im aktuellen Datenübertragungsblock kanalcodiert sind. Die Erfindung verhütet damit die Ausbreitung von Fehlern im Kanaldecoder, während sie gleichzeitig auch den allgemeinen Aufwand vermeidet, der mit der Verwendung von Endbits zum Terminieren mehrerer Teilblöcke eines gegebenen Datenübertragungsblocks verbunden ist.

[0032] Wie oben bemerkt, wird der Wert von L als Funktion des Speichers des Kanalcodes bestimmt und ist vorzugsweise kleiner oder gleich der Decodertiefe des Kanaldecoders. Wie oben bemerkt, kann sich der Wert von L verringern, wenn eine zusätzliche Punktierung entlang einem gegebenen progressiven Bitstrom ausgeführt wird. Ein solches System wird detaillierter unten in Verbindung mit [Fig. 5](#) beschrieben. Es können Simulationen verwendet werden, um einen optimalen Wert von L oder einen Satz von L -Werten für eine gegebene Anwendung zu bestimmen.

[0033] Obwohl nur zwei Niveaus des Fehlerschutzes in Verbindung mit dem Beispiel von [Fig. 2](#) beschrieben werden, ist für den Fachmann auf diesem Gebiet erkennbar, dass die Erfindung dazu verwendet werden kann, einen progressiven unterschiedlichen Kanalfehlerschutz für den quellcodierten Bitstrom, oder eine beliebige gewünschte Zahl von bestimmten Niveaus des unterschiedlichen Kanalfehlerschutzes, bereitzustellen. Für jede Variation bei der Punktierung kann der Beginn der Punktierung in der Weise, wie vorher beschrieben wurde, verzögert werden.

[0034] Ausführungsformen der Erfindung mit zusätzlichen Fehlerschutzniveaus werden nun detaillierter mit Verweis auf die [Fig. 3](#), [Fig. 4A](#), [Fig. 4B](#) und [Fig. 5](#) beschrieben.

[0035] Mit Verweis auf [Fig. 3](#) wird ein progressiver quellcodierter Bitstrom gezeigt, der N Klassen von Bits b_i , $i = 1, 2, \dots, N$, umfasst. Es sollte bemerkt werden, dass die Variable N in [Fig. 3](#) einer Weise definiert ist, die sich von der unterscheidet, die in Verbindung mit [Fig. 2](#) verwendet wird. Genauer gesagt, wird N in [Fig. 3](#) dazu verwendet, die Zahl unterschiedlicher Klassen von Bits zu bezeichnen, statt die

Zahl der Bits wie in [Fig. 2](#) zu bezeichnen.

[0036] [Fig. 4A](#) zeigt die Art, in der das Punktieren auf die verschiedenen Klassen von Bits im Bitstrom von [Fig. 3](#) angewendet werden könnte, ohne die oben beschriebene Verzögerung L einzuführen. Diese Punktierung verwendet für jede der N Klassen von Bits ein anderes P_i . Wie in [Fig. 4A](#) gezeigt, wird das Punktieren für eine gegebene Klasse nicht verzögert, und daher entsteht das oben beschriebene Problem der Ausbreitung von Fehlern im Kanaldecoder. [Fig. 4B](#) illustriert die Art und Weise, in der dieses Problem durch die Einführung der Punktierungsverzögerung L eliminiert wird. Genauer gesagt, wird der Start des Punktierens P_2 für die zweite Klasse von Bits um L Bits verzögert, wie gezeigt. Die nachfolgenden Klassen, die nicht die letzte Klasse N sind, werden dann unter Verwendung einer Zahl von Bits für jede Klasse punktiert, die der in [Fig. 4A](#) gezeigten entspricht. Als Folge der Verzögerung L wird die Zahl der Bits, die in der letzten Klasse N bleiben, um L verringert.

[0037] [Fig. 5](#) zeigt eine erläuternde Ausführungsform des Kanalcodierers **112** von [Fig. 1](#). In dieser Ausführungsform werden N Klassen von Bits b_i des Bitstroms von [Fig. 3](#) als Eingangssignale in einen Faltungscodierer **250** mit einer Rate k/n angewendet. Die sich ergebenden N Klassen von Ausgangsbits unterliegen verschiedenen Verzögerungen L_i und der Punktierung P_i , wie in der Figur gezeigt. Die Gesamtzahl an Informationsbits, die codiert wird, ist durch

$$\sum_{i=1}^N b_i$$

gegeben. Die Gesamtzahl der übertragenen Bits in diesem Beispiel ist gegeben durch:

$$\frac{n}{k} \sum_{i=1}^N b_i - \sum_{i=1}^N P_i ,$$

wobei $P_i \leq P_j$ für $i < j$ und für alle i, j ist. Die Verzögerungswerte L_i sind größer oder gleich null und im typischen Fall $L_i \leq L_j$ für $i < j$, $i = 2, \dots, N - 1$, und

$$L_N = L_1 - \sum_{i=2}^{N-1} L_i .$$

[0038] Der Wert der Verzögerung L_i für eine bestimmte Klasse von Bits verringert sich also entlang der Länge des progressiven Bitstroms, wie sich die Wichtigkeit der Bits und das gewünschte Fehlerschutzniveau verringern.

[0039] Ein gegebener kanalcodierter Bitstrom gemäß der Erfindung kann kontinuierlich von einem wichtigsten Bit des Bitstroms bis zu einem Bit des Bitstroms mit der geringsten Wichtigkeit decodiert werden. Andere Arten der Decodierung können ebenfalls

verwendet werden.

[0040] [Fig. 6](#) zeigt ein spezielleres Beispiel für ein Kommunikationssystem **300**, in dem der oben beschriebene progressive Kanalfehlerschutz implementiert werden kann. Das System **300** umfasst einen progressiven Videocodierer **310** und einen Kanalcodierer **312**. Das Übertragungsmedium **106** in diesem System umfasst eine Verbindung durch verdrahtetes Internet **320** mit einer Basisstation **322** eines drahtlosen Netzes. Ein Codeumsetzer **324** verarbeitet die Ausgabe der Basisstation zur Weitergabe über einen drahtlosen Kanal **326** an einen Mobilempfänger **104'**. Es wird angenommen, dass der Mobilempfänger **104'** den Kanaldecoder **114** und den Quelldecoder **116** von [Fig. 1](#) sowie zusätzliche Signalverarbeitungselemente umfasst.

[0041] Beim Betrieb wird ein progressiver Videostrom durch den progressiven Videocodierer **310** erzeugt. Der Kanalcodierer **312** sorgt für progressiven Kanalfehlerschutz für den progressiven quellcodierten Bitstrom in der Weise, wie vorher in Verbindung mit [Fig. 2](#) beschrieben. Die sich ergebende kanalcodierte Ausgabe wird über das Übertragungsmedium **106** an den Mobilempfänger **104'** übertragen, wo sie verarbeitet wird, um den ursprünglichen Videostrom zu rekonstruieren.

[0042] Die oben beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung sollen nur erläuternden Charakter haben. Obwohl die Erfindung zum Beispiel unter Verwendung von Faltungscodes, die als Kanalcodes auf quellcodierte progressive Bitströme angewendet werden, erläutert wird, kann sie unter Verwendung anderer Arten von Kanalcodes und anderer Arten von Informationsbitströmen implementiert werden. Weiterhin kann die Erfindung mit aufgeteilten Bitströmen, d.h. Bitströmen, die in zwei oder mehr Klassen von Bits aufgeteilt sind, verwendet werden, um so für einen unterschiedlichen Fehlerschutz für die verschiedenen Klassen von Bits ohne die Notwendigkeit von terminierenden Endbits in jedem Teilblock eines gegebenen Datenübertragungsblocks zu sorgen. Ferner werden die speziellen Systemkonfigurationen, die in Verbindung mit den erläuternden Ausführungsformen beschrieben werden, nur als Beispiel angeführt, und es sind zahlreiche alternative Systemkonfigurationen möglich. Für Fachleute auf diesem Gebiet sind diese und zahlreiche andere Ausführungsformen innerhalb des Geltungsbereichs der nachfolgenden Ansprüche erkennbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bereitstellen von Kanalfehlerschutz für einen Bitstrom, wobei das Verfahren den folgenden Schritt umfaßt:
Kanalcodieren eines ersten Teils des Bitstroms, der einen Kanalcode nutzt, welcher eine festgelegte Rate

hat, die mit einem entsprechenden Niveau des Fehlerschutzes verbunden ist;
gekennzeichnet durch:
Kanalcodieren zumindest eines zweiten Teils des Bitstroms, der eine punktierte Version des Kanalcodes nutzt, welcher die festgelegte Rate hat, wobei die punktierte Version eine höhere Rate als die festgelegte Rate hat, wobei der Beginn der Kanalcodierung, die die punktierte Version des Kanalcodes nutzt, um einen Betrag verzögert ist, der zumindest eins der folgenden ist: (i) größer oder gleich einem Speicher des Kanalcodes, und (ii) kleiner oder gleich einer Dekodertiefe eines Kanaldecoders (**114**), der zum Decodieren des kanalcodierten Bitstroms verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Kanalcode einen Faltungscode umfaßt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Bitstrom einen progressiven quellcodierten Bitstrom umfaßt.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Bitstrom einen in Blöcke unterteilten quellcodierten Bitstrom umfaßt.
5. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der progressive quellcodierte Bitstrom einen progressiven quellcodierten Videobitstrom umfaßt.
6. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der progressive quellcodierte Bitstrom einen progressiven quellcodierten Audiobitstrom umfaßt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Kanalcode erst nachdem alle Bits in einem aktuellen Übertragungsblock des Bitstroms kanalcodiert sind beendet ist.
8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Betrag der Verzögerung größer oder gleich einem Speicher des Kanalcodes ist.
9. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Betrag der Verzögerung kleiner oder gleich einer Dekodertiefe des Kanaldecoders ist.
10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Betrag der Verzögerung eine festgelegte Zahl von Bits des Bitstroms umfaßt.
11. Verfahren nach Anspruch 1, wobei verschiedene Beträge der Verzögerung zur Punktierung jeder der mindestens einen Teilmenge von N Klassen von Bits des Bitstroms bereitgestellt sind.

12. Verfahren nach Anspruch 1, das ferner den Schritt des kontinuierlichen Decodierens des kanalcodierten Bitstroms von einem wichtigsten Bit des Bitstroms bis zu einem Bit niedrigster Wichtigkeit des

Bitstroms umfaßt.

13. Vorrichtung zum Bereitstellen von Kanalfehlerschutz für einen Bitstrom, wobei die Vorrichtung umfaßt:

ein prozessorbasiertes Gerät (112, 312), das zum Kanalcodieren eines ersten Teils des Bitstroms fungiert, der einen Kanalcode nutzt, welcher eine festgelegte Rate besitzt, die mit einem entsprechenden Niveau des Fehlerschutzes verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, dass

das prozessorbasierte Gerät ferner zum Kanalcodieren von mindestens einem zweiten Teil des Bitstroms fungiert, der eine punktierte Version des Kanalcodes nutzt, welcher die festgelegte Rate besitzt, wobei die punktierte Version eine Rate besitzt, die größer als die festgelegte Rate ist, wobei der Beginn des Kanalcodierens, das die punktierte Version des Kanalcodes nutzt, um einen Betrag verzögert ist, der zumindest eins der folgenden ist: (i) größer oder gleich einem Speicher des Kanalcodes, und (ii) kleiner oder gleich einer Decodertiefe eines Kanaldecoders (114), der zum Decodieren des kanalcodierten Bitstroms verwendet wird.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Kanalcode einen Faltungscode umfaßt.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Bitstrom einen progressiven quellcodierten Bitstrom umfaßt.

16. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Bitstrom einen in Blöcke unterteilten quellcodierten Bitstrom umfaßt.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei der progressive quellcodierte Bitstrom einen progressiven quellcodierten Videobitstrom umfaßt.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15, wobei der progressive quellcodierte Bitstrom einen progressiven quellcodierten Audiobitstrom umfaßt.

19. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Kanalcode erst nachdem alle Bits in einem aktuellen Übertragungsblock des Bitstroms kanalcodiert sind terminiert ist.

20. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Beitrag der Verzögerung größer oder gleich einem Speicher des Kanalcodes ist.

21. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Beitrag der Verzögerung kleiner oder gleich einer Decodertiefe des Kanaldecoders ist.

22. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der Beitrag der Verzögerung eine festgelegte Zahl von Bits des Bitstroms umfaßt.

23. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei verschiedene Beträge der Verzögerung zum Punktieren jeder der mindestens einen Teilmenge von N Klassen von Bits des Bitstroms bereitgestellt sind.

24. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei der kanalcodierte Bitstrom kontinuierlich von einem wichtigsten Bit des Bitstroms bis zu einem Bit niedrigster Wichtigkeit des Bitstroms decodiert ist.

25. Produktionsgegenstand, der ein Speichermedium zum Speichern von einem oder mehreren Softwareprogrammen zur Verwendung beim Bereitstellen von Kanalfehlerschutz für einen Bitstrom umfaßt, wobei das eine oder die mehreren Programme beim Ausführen die Schritte eines Verfahrens, wie in einem der Ansprüche 1 bis 12 beansprucht, implementieren.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

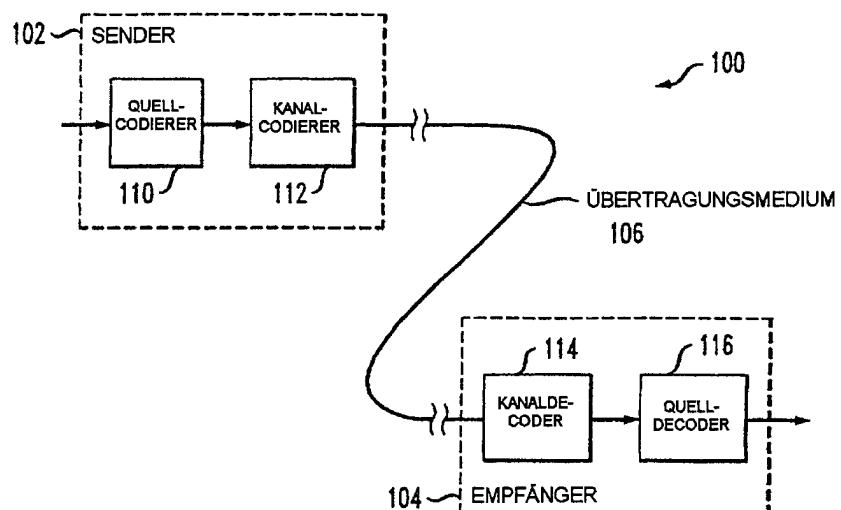
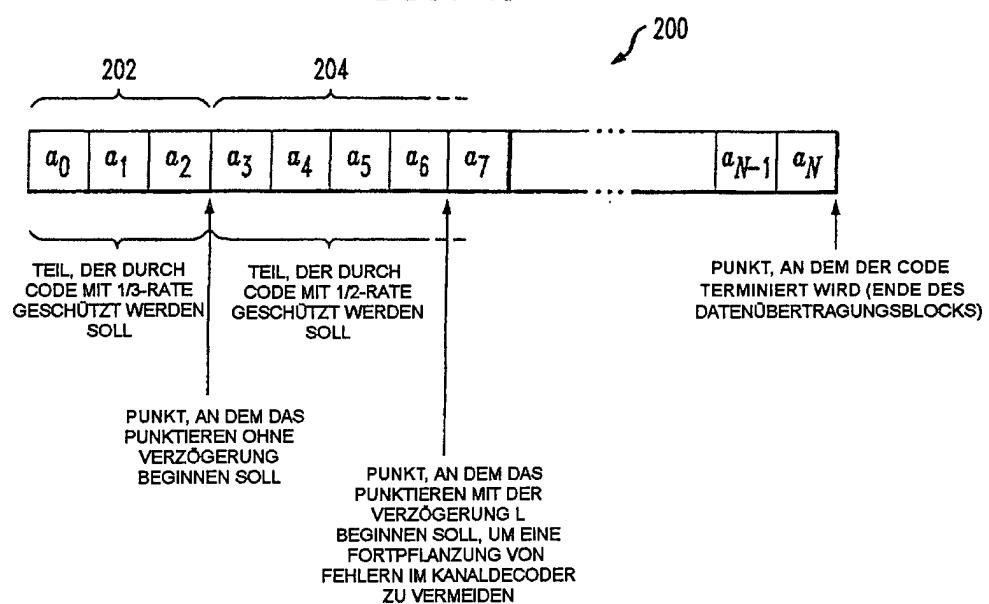


FIG. 2



KLASSE

FIG. 3

b_1	b_2	b_3	b_4	\dots	b_N
-------	-------	-------	-------	---------	-------

FIG. 4A

KLASSE 1	KLASSE 2	KLASSE 3	KLASSE 4	\dots	KLASSE N
$\frac{n}{k} b_1$	$\frac{n}{k} b_2$	$\frac{n}{k} b_3$	$\frac{n}{k} b_4$	\dots	$\frac{N}{k} b_N$
P_1	P_2	P_3	P_4	\dots	P_N

FIG. 4B

KLASSE 1	KLASSE 2	KLASSE 3	KLASSE 4	\dots	KLASSE N
$\frac{n}{k} b_1$	$\frac{n}{k} b_2$	$\frac{n}{k} b_3$	$\frac{n}{k} b_4$	\dots	$\frac{N}{k} b_N$
$\frac{n}{k} b_1 + L$					
P_1	$\frac{n}{k} b_2$				
	P_2	$\frac{n}{k} b_3$			
		P_3	$\frac{n}{k} b_4$		
			P_4	\dots	
					$\frac{N}{k} b_N - L$
					P_N

FIG. 5

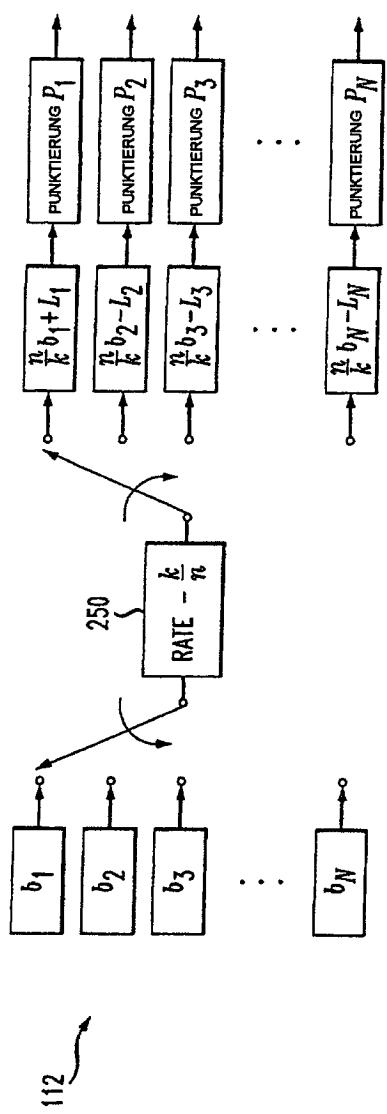


FIG. 6

