



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 07 118 T2 2005.11.24

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 350 326 B1

(51) Int Cl.⁷: H03M 13/15

(21) Deutsches Aktenzeichen: 601 07 118.2

(86) PCT-Aktenzeichen: PCT/GB01/05371

(96) Europäisches Aktenzeichen: 01 271 696.5

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: WO 02/051014

(86) PCT-Anmeldetag: 04.12.2001

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: 27.06.2002

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: 08.10.2003

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: 10.11.2004

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: 24.11.2005

(30) Unionspriorität:

0031358 21.12.2000 GB

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR

(73) Patentinhaber:

Ubinetics Ltd., Melbourn, Hertfordshire, GB

(72) Erfinder:

COOK, Paul, Melbourn, Hertfordshire SG8 6AX,
GB

(74) Vertreter:

TER MEER STEINMEISTER & Partner GbR
Patentanwälte, 33617 Bielefeld

(54) Bezeichnung: DEKODIERUNG VON REED-MULLER CODES

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

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Kodierungsvorgänge, das heißt, auf Kodieren und Dekodieren. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf die Dekodierung unter Verwendung einer Hadamard-Transformation.

[0002] Ein binäres Wort kann unter Verwendung des Reed-Muller Codes erster Ordnung kodiert werden. Wenn das zu kodierende Wort 5 Bits, a1 bis a5 umfaßt, umfaßt der Code die folgende Code-Folge für jedes Bit:

a1:	1111	1111	1111	1111
a2:	0101	0101	0101	0101
a3:	0011	0011	0011	0011
a4:	0000	1111	0000	1111
a5:	0000	0000	1111	1111

[0003] Der Code für ein bestimmtes Wort wird durch Kombinieren der Code-Folgen geschaffen, die den von Null verschiedenen Bits des zu kodierenden Worts entsprechen. Die Code-Folgen sind bitweise kombiniert und Modulo-2 summiert, um das kodierte Wort zu erzeugen. Man betrachte beispielsweise das Wort 10110 (a1=1, a2=0, a3=1, a4=1, a5=0). Dieses Wort wird durch Kombination der a1-, a3- und a4-Code-Folgen als 1100 0011 1100 0011 kodiert. Auf diese Weise kodierte Wörter werden von einem Empfänger unter Verwendung einer schnellen Hadamard-Transformation FHT dekodiert.

[0004] Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, die Kodierung von Wörtern unter Verwendung einer Hadamard-Transformation zu verbessern.

[0005] Gemäß einem ersten Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung eines zweiten binären Codeworts aus einem ersten binären Codewort, das zum Dekodieren unter Verwendung einer Hadamard-Transformation vorgesehen ist, welches Verfahren die Auswahl weicher Entscheidungen aus dem ersten Codewort in eine oder mehrere Gruppen umfaßt, sowie die Kombination der weichen Entscheidungen innerhalb einer Gruppe zur Erzeugung einer Anzahl resultierender weicher Entscheidungen, die das zweite Codewort bilden.

[0006] Gemäß einem weiteren Aspekt schafft die Erfindung ferner eine Vorrichtung zur Erzeugung eines zweiten binären Codeworts aus einem ersten binären Codewort, das dazu bestimmt ist, unter Verwendung einer Hadamard-Transformation dekodiert zu werden, welche Vorrichtung Auswahlmittel zur Auswahl weicher Entscheidungen aus dem ersten Codewort in eine oder mehrere Gruppen umfaßt, sowie Kombinationsmittel zur Kombination der weichen Entscheidungen jeder Gruppe zur Erzeugung einer Anzahl resultierender weicher Entscheidungen, die das zweite Codewort bilden.

[0007] Durch Manipulation des ersten Codeworts auf diese Weise wird ein zweites Codewort erzeugt, das hinsichtlich der Fehlerlokalisierung optimal dekodiert werden kann, selbst wenn das kodierte Datenwort als das erste Datenwort an einem Ende eine Anzahl nicht verwendeter Bits aufweist.

[0008] Ein Ausführungsbeispiel eines Kodierungssystems, in dem die Erfindung verwendet werden kann, ist die TFCI-Dekodierung in der mobilen Telekommunikation der dritten Generation (UMTS). Das TFCI ist ein 10-Bit-Datenwort, das in ein 32-Bit-Codewort kodiert wird. Die ersten 6 Bits des TFCI-Worts werden unter Verwendung des Reed-Muller Codes erster Ordnung kodiert. Viele Kanäle benutzen weniger als 6 Bits für das TFCI, und die Erfindung kann verwendet werden, um in solchen Fällen die Fehlerlokalisierung zu verbessern.

[0009] In einer Ausführungsform sind die weichen Entscheidungen, die für jede Gruppe ausgewählt werden, eine Gruppe weicher Entscheidungen, die aufeinanderfolgend in dem ersten Codewort erscheinen würden, falls sie bei jeder weichen Entscheidung in dem ersten Codewort durch Einnahme der Position der weichen Entscheidung in dem ersten Codewort als eine Dezimalzahl vertauscht werden und diese Dezimalzahl in eine Binärzahl umgewandelt wird, die Binärzahl binär umgekehrt wird, und die umgekehrte Binärzahl in eine Dezimalzahl umgewandelt wird, die die Position der weichen Entscheidung in dem vertauschten Codewort angibt.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform wird das erste Codewort vertauscht durch Bewegen jeder weichen Entscheidung in dem ersten Codewort mittels eines Prozesses oder mittels eines Äquivalents zu einem Prozeß der Einnahme der Position der weichen Entscheidung in dem ersten Codewort als Dezimalzahl und

Umwandlung dieser Dezimalzahl in eine Binärzahl, binäre Umkehrung der Binärzahl, und Umwandlung der umgekehrten Binärzahl in eine Dezimalzahl, die die Position der weichen Entscheidung in dem vertauschten Codewort angibt, und nachfolgendes Gruppieren der weichen Entscheidungen des permutierten Codeworts durch Auswahl von Gruppen aufeinanderfolgender weicher Entscheidungen aus dem permutierten Codewort.

[0011] In einer Ausführungsform umfaßt die Kombinationsoperation die Erzeugung jeder weichen Entscheidung des zweiten Codeworts aus einer Gruppe weicher Entscheidungen durch Summieren der weichen Entscheidungen der Gruppe. Die Größe der Gruppen kann von der Anzahl nicht verwendeter Bits an einem Ende eines Datenworts abhängen, das als das erste Codewort kodiert ist.

[0012] Das erste Codewort kann erzeugt werden durch Kodieren eines Datenworts unter Verwendung des Reed-Muller Codes erster Ordnung.

[0013] Die Erfindung bezieht sich ferner auf die Verwendung einer Hardamard-Transformation zur Dekodierung des manipulierten Codeworts.

[0014] Im folgenden wird eine Ausführungsform der Erfindung lediglich beispielhaft anhand der beigefügten Zeichnung beschrieben, die einen Empfänger mit einem Dekodierer zeigt, der eine schnelle Hardamard-Transformation (FHT) verwendet.

[0015] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt ist, empfängt der Empfänger **10** einen Strom weicher Entscheidungen **12**. Die weichen Entscheidungen **12** stammen von der Übertragung durch einen Transmitter (z. B. einer Basisstation in einem drahtlosen Telefonsystem) einer Abfolge von 5-Bit-Datenworten, von denen jedes durch den Reed-Muller Code erster Ordnung dazu kodiert ist, ein entsprechendes 16-Bit-Codewort zu erzeugen. Der Strom weicher Entscheidungen umfaßt daher eine Abfolge von Codewörtern, von denen jedes **16** weiche Entscheidungen lang ist. Der Empfänger **10** dekodiert die Codewörter in dem Strom weicher Entscheidungen **12** unter Verwendung einer Hardamard-Transformation, so dass die Datenwörter entschlüsselt werden.

[0016] Wenn jedes der **32** möglichen Datenwörter gleich wahrscheinlich ist, dann dekodiert eine Standard-16-Punkt-FHT das Codewort optimal unter dem Gesichtspunkt der Entdeckung von Fehlern. Die 16-Punkt-FHT wird jedoch in Fällen nicht optimal sein, in denen bekannt ist, dass das kodierte Datenwort nur einen Bereich an dem am wenigsten signifikanten Ende des Datenwortes verwendet (z. B. ist das signifikanteste Bit nicht verwendet).

[0017] Wenn der Empfänger **10** ein Codewort dekodiert, das sich auf ein Datenwort bezieht, das alle 5 Bit verwendet, dann wird der Dekodierungsvorgang unter Verwendung eines Dekoders **14** durchgeführt, der mit einem 16-Punkt-FHT-Algorithmus arbeitet. Wenn der Empfänger **10** ein Codewort dekodiert, das sich auf ein Datenwort bezieht, das nicht das am wenigsten signifikante Bit verwendet, dann wird das Codewort auf andere Weise dekodiert, indem das Codewort zunächst die Permutationseinheit **16** passiert.

[0018] Die Permutationseinheit **16** permutiert die weichen Entscheidungen (soft decisions, SDs) eines Codeworts auf die folgende Weise. Ein Codewort enthält 16 SDs an von 0 bis 15 numerierten Stellen in dezimaler Notation. Die SDs werden innerhalb des Codeworts auf die Weise permuiert, die in der folgenden Tabelle dargestellt ist. Die obere Zeile der Tabelle bezeichnet die Positionen der SDs im Codewort, wie es von der Permutationseinheit **16** empfangen wird, und die untere Zeile bezeichnet die Reihenfolge dieser SDs im permuierten Codewort.

Empfangen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Permutieren	0	8	4	12	2	10	6	14	1	9	5	13	3	11	7	15

[0019] Somit wird die Dezimalzahl jeder Stelle in eine Binärzahl konvertiert, die nachfolgend umgekehrt und zurück in eine Dezimalzahl konvertiert wird, welche die Position der SD in dem permuierten Codewort angibt. Man betrachte die SD an Position 05 in einem empfangenen Codewort. Wenn das Codewort permuiert wird, wird die SD übertragen durch $05 \rightarrow 0101 \rightarrow 1010 \rightarrow 10$, das heißt, an Position **10** in dem permuierten Codewort. Alle SDs des empfangenen Codeworts werden auf diese Weise permuiert, wie es in der Tabelle oben angegeben ist.

[0020] Die Wirkung dieser Permutation ist die gleiche, als verwende man die Kodierfolgen, die zur Erzeugung des Codeworts verwendet werden, mit Ausnahme derjenigen für das signifikanteste Bit des Datenwortes, und kehre ihre Reihenfolge um. Beispielsweise entspricht in dem in der Einleitung verwendeten Schema, in dem

5-Bit-Datenwörter unter Verwendung entsprechender Kodierfolgen a1 bis a5 kodiert werden, die Wirkung der Permutation der Codewörter der Erzeugung der Codewörter durch einen alternativen Satz von Kodierfolgen c1 bis c5, in dem c1=a1, c2=a5, c3=a4, c4=a3 und c5=a2 ist.

[0021] Der Kombinierer **18** teilt die permutierten Codewörter in Gruppen von SDs auf. Die Anzahl von Gruppen hängt von der Anzahl nicht verwendeter Bits am signifikantesten Ende des Datenworts ab, das durch das Codewort repräsentiert wird. Wenn in dem Datenwort nur die vier am wenigsten signifikanten Bits verwendet werden, wird das Codewort in acht Gruppen von 2 SDs unterteilt. Wenn nur die drei am wenigsten signifikanten Bits in dem Datenwort verwendet werden, wird das Codewort in 4 Gruppen zu 4 SDs unterteilt. Wenn nur die zwei am wenigsten signifikanten Bits in dem Datenwort verwendet werden, wird das Codewort in zwei Gruppen zu 8 SDs unterteilt. Wenn nur das am wenigsten signifikante Bit in dem Datenwort verwendet wird, wird das Codewort als einzige Gruppe von 16 SDs behandelt.

[0022] Jede Gruppe enthält aufeinanderfolgende SDs von dem permutierten Codewort. Der Kombinierer **18** führt eine Majoritätsabfrage der SDs in jeder Gruppe durch. Jede SD wird durch ein Wort repräsentiert, das ein Vorzeichen (positiv oder negativ – anzeigen, dass das Bit jeweils 0 oder 1 ist) und eine Größe (die die Sicherheit der Entscheidung anzeigt, dass das Bit richtig als 1 oder 0 gesetzt ist) umfaßt. Die Majoritätsabfrage umfaßt die Summierung der weichen Entscheidungen zu einer Gruppe zur Erzeugung einer weichen Gesamtentscheidung, die die Gruppe repräsentiert. Insgesamt bilden diese resultierenden SDs ein resultierendes Codewort, das dann unter Verwendung einer FHT im Dekodierer **20** dekodiert wird.

[0023] Da das resultierende Codewort, das an den Dekodierer **20** übergeben wird, weniger SDs aufweist als das ursprüngliche Codewort, kann es unter Verwendung einer FHT niedrigerer Ordnung gehandhabt werden als die FHT, die auf das ursprüngliche Codewort anwendbar ist. Die Fehlerkorrektur wird verbessert durch Anwendung der Permutation/der Majoritätsabfrage auf Codewörter, die Datenwörtern mit nicht verwendeten Bits entsprechen.

[0024] Obwohl die zuvor beschriebene Ausführungsform mit Datenwörtern mit 5 Bits arbeitet, ist offensichtlich, dass sich die Erfindung auch auf Systeme erstreckt, die Datenwörter mit mehr oder weniger als 5 Bits verwenden.

[0025] Obwohl ferner die beschriebene Ausführungsform das erste Codewort permutiert und anschließend aufeinanderfolgende weiche Entscheidungen jeder Gruppe auswählt, ist offensichtlich, dass weiche Entscheidungen unmittelbar in den Gruppen ausgewählt werden können, um den Effekt der Permutation und die daraufliegende Auswahl aufeinanderfolgender weicher Entscheidungen zu erzeugen, ohne dass der Zwischen- schritt der expliziten Permutation des ersten Codeworts verwendet werden muß.

Patentansprüche

1. Dekodierverfahren, umfassend einen ersten Schritt der Erzeugung eines zweiten binären Codeworts aus einem ersten binären Codewort und einen zweiten Schritt des Dekodierens unter Verwendung einer Hadamard-Transformation, welcher erste Schritt die Auswahl weicher Entscheidungen aus dem ersten Codewort und deren Gruppierung in eine oder mehrere Gruppen sowie die Kombination der weichen Entscheidungen innerhalb jeder Gruppe zur Erzeugung einer Anzahl resultierender weicher Entscheidungen, die das zweite Codewort bilden, umfaßt.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, bei welchem die weichen Entscheidungen, die für jede Gruppe ausgewählt werden, diejenigen weichen Entscheidungen sind, die in dem ersten Codewort als aufeinanderfolgende Gruppen erscheinen, falls diese bei jeder weichen Entscheidung in dem ersten Codewort durch Einnahme der Position der weichen Entscheidung in dem ersten Codewort als eine Dezimalzahl vertauscht wird und diese Dezimalzahl in eine Binärzahl umgewandelt wird, die Binärzahl binär umgekehrt wird, und die umgekehrte Binärzahl in eine Dezimalzahl umgewandelt wird, die die Position der weichen Entscheidung in dem vertauschten Codewort angibt.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, welches ferner die folgenden Schritte umfaßt: Vertauschen des ersten Codeworts durch Bewegen jeder weichen Entscheidung in dem ersten Codewort mittels eines Prozesses oder mittels eines Äquivalents zu einem Prozeß der Einnahme der Position der weichen Entscheidung in dem ersten Codewort als Dezimalzahl und Umwandlung dieser Dezimalzahl in eine Binärzahl, binäre Umkehrung der Binärzahl, und Umwandlung der umgekehrten Binärzahl in eine Dezimalzahl, die die Position der weichen Entscheidung in dem vertauschten Codewort angibt, wobei der Auswahl-Schritt die Auswahl von Grup-

pen aufeinanderfolgender Bits aus dem vertauschten Codewort umfaßt.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, bei welchem eine Kombination einer Gruppe weicher Entscheidungen die Summierung der weichen Entscheidungen in der Gruppe umfaßt.

5. Verfahren gemäß Anspruch 4, bei welchem die Größe der Gruppen von der Anzahl nicht verwendeter Bits an einem Ende eines Datenworts abhängig ist, das in dem ersten Codewort kodiert ist.

6. Verfahren gemäß Anspruch 5, bei welchem das erste Codewort erzeugt wird durch Kodieren des Datenworts unter Verwendung eines Reed-Muller-Algorithmus.

7. Verfahren zur Dekodierung eines ersten binären Codeworts, bei welchem das erste Codewort unter Verwendung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 zur Erzeugung eines zweiten binären Codeworts verändert wird und das zweite binäre Codewort unter Verwendung einer Hadamard-Transformation dekodiert wird.

8. Verfahren gemäß Anspruch 7, bei welchem die Hadamard-Transformation von einer niedrigeren Ordnung ist als die Hadamard-Transformation, die auf das erste Codewort angewendet wird.

9. Dekodierzvorrichtung, mit einem ersten Mittel zur Erzeugung eines zweiten binären Codeworts aus einem ersten binären Codewort und einem zweiten Mittel zur Dekodierung unter Verwendung einer Hadamard-Transformation, welches erste Mittel Auswahlmittel zur Auswahl weicher Entscheidungen aus dem ersten Codewort und zur Gruppierung in eine oder mehrere Gruppen umfaßt, sowie Kombinationsmittel zur Kombination der weichen Entscheidungen jeder Gruppe zur Erzeugung einer Anzahl resultierender weicher Entscheidungen, die das zweite Codewort bilden.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, bei welcher das Auswahlmittel so angeordnet ist, daß die für jede Gruppe ausgewählten weichen Entscheidungen diejenigen weichen Entscheidungen sind, die als aufeinanderfolgende Gruppe in dem ersten Codewort erscheinen, falls jede weiche Entscheidung in dem ersten Codewort durch Einnahme der Position der weichen Entscheidung in dem ersten Codewort als Dezimalzahl vertauscht wird und die Dezimalzahl in eine Binärzahl umgewandelt wird, die Binärzahl binär umgekehrt wird und die umgekehrte Binärzahl in eine Dezimalzahl umgewandelt wird, die die Position der weichen Entscheidung in dem permutierten Codewort angibt.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 9 oder 10, bei welcher das Auswahlmittel Vertauschungsmittel zur Vertauschung des ersten Codeworts durch Bewegung jeder weichen Entscheidung in dem ersten Codewort mittels eines Vorgangs oder eines Äquivalents zum Vorgang der Einnahme der Position der weichen Entscheidung in dem ersten Codewort als Dezimalzahl sowie der Konvertierung der Dezimalzahl in eine Binärzahl, binärer Umkehrung der Binärzahl, und Umwandlung der umgekehrten Binärzahl in eine Dezimalzahl, die die Position der weichen Entscheidung in dem permutierten Codewort angibt, sowie Gruppierungsmittel zur Auswahl der Gruppen als Gruppen aufeinanderfolgender Bits des vertauschten Codeworts umfaßt.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei welcher das Kombinationsmittel dazu angeordnet ist, eine Gruppe weicher Entscheidungen durch Summierung der weichen Entscheidungen innerhalb der Gruppe zu kombinieren.

13. Vorrichtung gemäß Anspruch 12, bei welcher die Größe der Gruppen abhängig ist von der Anzahl nicht verwendeter Bits an einem Ende eines Datenworts, das in dem ersten Codewort kodiert ist.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, bei welcher das erste Codewort erzeugt wird durch Kodieren des Datenworts unter Verwendung eines Reed-Muller-Algorithmus.

15. Vorrichtung zum Dekodieren eines ersten binären Codeworts, umfassend eine Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 9 bis 14 zur Veränderung des ersten Codeworts zur Erzeugung eines zweiten Codeworts sowie ein Mittel zur Dekodierung des zweiten binären Codeworts unter Verwendung einer Hadamard-Transformation.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, bei welcher die Hadamard-Transformation, die auf das zweite Codewort anwendbar ist, von einer niedrigeren Ordnung ist als die Hadamard-Transformation, die auf das erste Codewort anwendbar ist.

17. Programm mit Codiermitteln zur Durchführung aller Schritte des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8 beim Ablauf des Programms auf einem Datenverarbeitungssystem.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

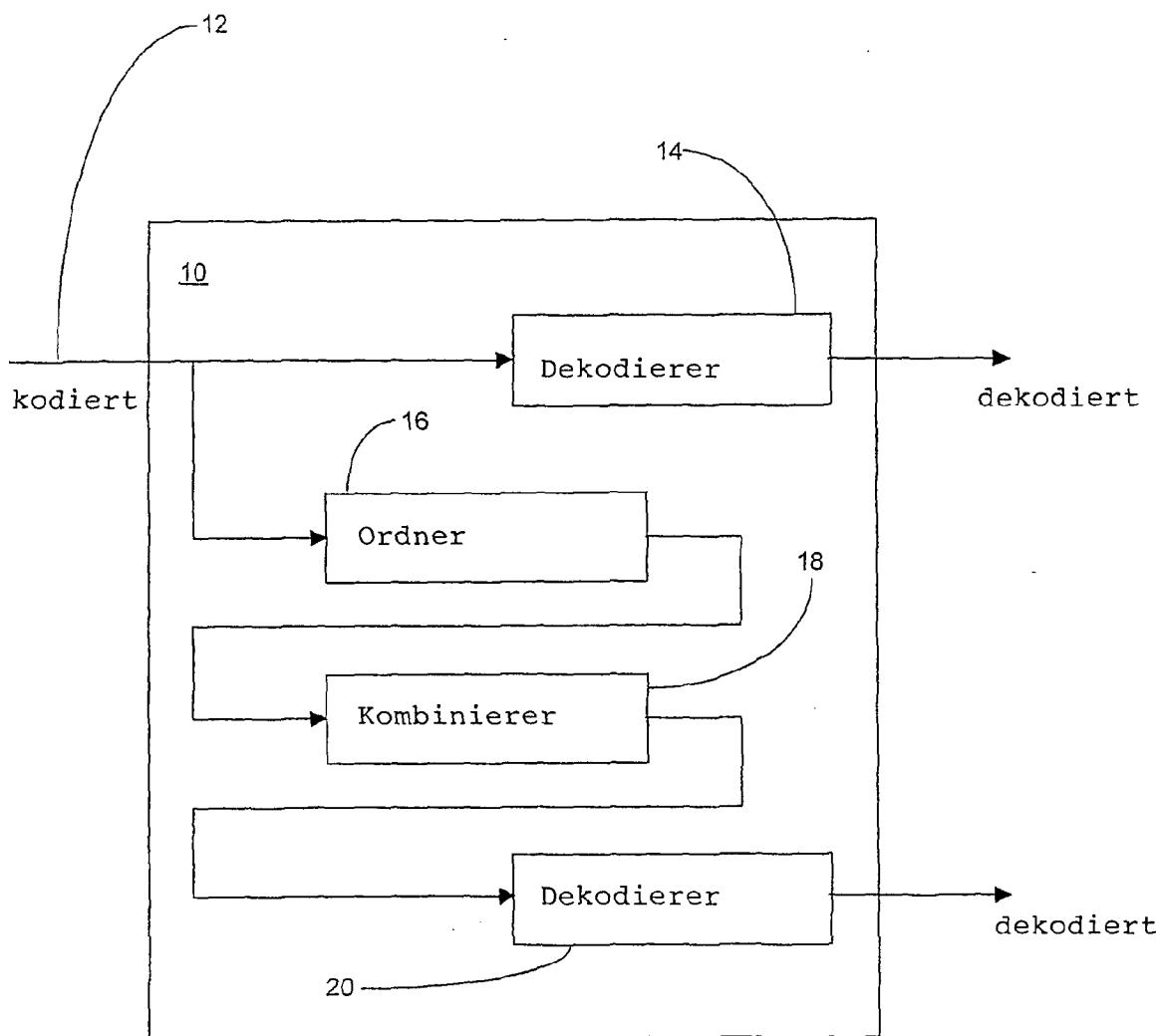


Fig. 1