

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-527149

(P2004-527149A)

(43) 公表日 平成16年9月2日(2004.9.2)

(51) Int.C1.⁷

F 1

テーマコード(参考)

H03M 13/45

H03M 13/45

5 J 0 6 5

H03M 7/04

H03M 7/04

5 K 0 1 4

H03M 13/15

H03M 13/15

H04L 1/00

H04L 1/00

B

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2002-552197 (P2002-552197)
 (86) (22) 出願日 平成13年12月4日 (2001.12.4)
 (85) 翻訳文提出日 平成15年6月20日 (2003.6.20)
 (86) 國際出願番号 PCT/GB2001/005371
 (87) 國際公開番号 WO2002/051014
 (87) 國際公開日 平成14年6月27日 (2002.6.27)
 (31) 優先権主張番号 0031358.5
 (32) 優先日 平成12年12月21日 (2000.12.21)
 (33) 優先権主張国 英国(GB)

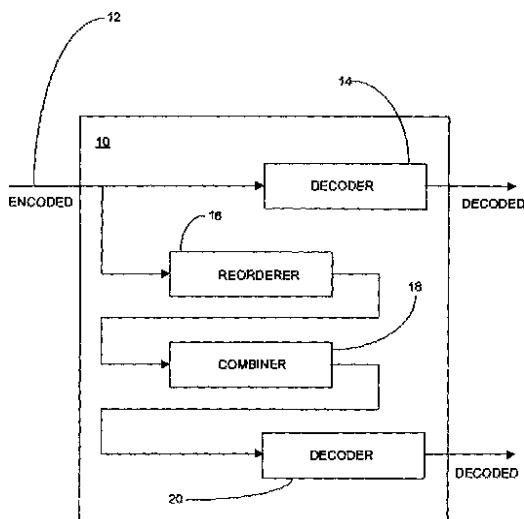
(71) 出願人 502388091
 ユービネティクス リミテッド
 イギリス国、ハートフォードシャー エス
 ジー8 6ディーピー、メルボーン、ケン
 ブリッジ テクノロジー センター
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100102819
 弁理士 島田 哲郎
 (74) 代理人 100122965
 弁理士 水谷 好男
 (74) 代理人 100082898
 弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】コード語を生成する方法とコード語を生成するための装置

(57) 【要約】

第1次リードマラーコードを使って符号化されるデータ語が、高速アダマール変換(FHT)を使って復号化される。データ語が一つの端部において不使用ビットの数を有することが知られている場合は、コード語の軟判定が順序変換される。複数群の軟判定について多数決投票を行い、一連の軟判定を生成し、新たなコード語を形成する。新コード語は、最初に受信されたコード語に提供されるFHTより低次のFHTを使って、復号化される。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

アダマール変換を使って復号化するために、第1の2進数コード語から第2の2進数コード語を生成する方法であって、

第1のコード語から1又はそれ以上の群への軟判定を選択するステップと、

各群において、軟判定を結合し、多数の軟判定を生成し、第2コード語を形成するステップと、を有する方法。

【請求項 2】

第1コード語における各軟判定に対して、10進数としての第1コード語における前記軟判定の位置に対し、この10進数を2進数へ変換し、2進数をビット反転し、この反転された2進数を10進数に変換することにより、それを順序変更する場合は、
10

各群に対し選択される軟判定が、第1のコード語において連続する群として現われる軟判定であることを特徴とする請求項1記載の方法。

【請求項 3】

第1コード語における各軟判定に対して、以下のプロセス又はこれに同等のプロセスにより、前記軟判定を移動を移動することにより、第1コード語を順序変更するステップを更に有する方法であって、

10進数としての第1コード語における前記軟判定の位置に対し、前記10進数を2進数へ変換し、2進数をビット反転し、前記反転された2進数を10進数に変換し、前記順序変換されたコード語において前記軟判定の位置を与え、選択選択ステップは、順序変更されたコード語からの連続するビットの群を選択するステップを含むことを特徴とする、請求項1又は2記載の方法。
20

【請求項 4】

一群の軟判定を結合するステップが、該群において軟判定の総和を取るステップを有することを特徴とする請求項1から3のいずれか1項記載の方法。

【請求項 5】

前記群のサイズは、第1のコード語に符号化されるデータ語の一つの端部における不使用ビットの数に依存することを特徴とする請求項4記載の方法。

【請求項 6】

第1のコード語が、リードマラーアルゴリズムを使ってデータ語を符号化することにより、生成されることを特徴とする請求項5記載の方法。
30

【請求項 7】

第2の2進数を生成するために、請求項1から6のいずれか1項の方法を使って、第1のコード語を操作するステップ及びアダマール変換を使って第2の2進数コード語を復号化するステップを有する第1の2進数コード語を復号化する方法。

【請求項 8】

前記アダマール変換が、第1コード語に適用されるアダマール変換に比べ、低次のものであることを特徴とする請求項7記載の方法。

【請求項 9】

アダマール変換を使って復号化するための、第1の2進数コード語から第2の2進数コード語を生成するための装置であって、
40

第1のコード語から1つ又はそれ以上の群に軟判定を選択するための選択手段と、各群の軟判定を結合し第2のコード語を形成する多数の軟判定を生成するための結合手段と、を有する装置。

【請求項 10】

前記選択手段が、

第1コード語における各軟判定に対して、10進数としての第1コード語における前記軟判定の位置に対し、この10進数を2進数へ変換し、2進数をビット反転し、この反転された2進数を10進数に変換することにより、それを順序変更する場合に、

各群に対し選択された軟判定が、第1コード語において連続する群として出現する軟判定
50

であるように、

構成されることを特徴とする請求項 9 記載の装置。

【請求項 1 1】

前記選択手段は、

第 1 コード語における各軟判定に対して、第 1 コード語を順序変更する順序変更手段であつて、

10 進数としての第 1 コード語における前記軟判定の位置に対し、この 10 進数を 2 進数へ変換し、2 進数をビット反転し、この反転された 2 進数を 10 進数に変換し、前記順序変換されたコード語において前記軟判定の位置を与えるプロセス又はこれに同等のプロセスにより、前記軟判定を移動して順序変更する順序変更手段と、

前記順序変更されたコード語の連続ビットの群として群を選択するためのグループ化手段と、

を有することを特徴とする請求項 9 又は請求項 10 記載の装置。

【請求項 1 2】

前記結合手段は、前記群内の軟判定の総和を取ることにより、一群の軟判定を結合するように構成することを特徴とする請求項 9 記載の装置。

【請求項 1 3】

前記群のサイズは、前記第 1 のコード語に符号化されるデータ語の一つの端部における不使用ビットの数に依存することを特徴とする請求項 12 記載の装置。

【請求項 1 4】

前記第 1 コード語は、リードマラーアルゴリズムを使ってデータ語を符号化することにより、生成されることを特徴とする請求項 13 記載の装置。

【請求項 1 5】

第 1 のコード語を操作し、第 2 の 2 進数コード語を生成するための請求項 9 から 14 のいずれか 1 項記載の装置を有し、

更に、アダマール変換を使って、第 2 の 2 進数コード語を復号化するための手段を有する、

第 1 の 2 進数コード語を復号化する装置。

【請求項 1 6】

第 2 の 2 進数コード語に適用されるアダマール変換が、第 1 の 2 進数コード語に適用されるアダマール変換より、低次のものであることを特徴とする請求項 15 記載の装置。

【請求項 1 7】

実質的に添付図面を参照して説明された、コード語を操作する方法。

【請求項 1 8】

実質的に添付図面を参照して説明された、コード語を復号する方法。

【請求項 1 9】

実質的に添付図面を参照して説明された、コード語を操作する装置。

【請求項 2 0】

実質的に添付図面を参照して説明された、コード語を復号する装置。

【請求項 2 1】

請求項 1 から 8 のいずれか 1 項記載の方法を実行するためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、符号化と復号化に関する。具体的には、本発明は、アダマール変換を使った復号化に関するものである。

【0 0 0 2】

2 進数語 (a b i n a r y w o r d) は、第 1 次リードマラーコード (R e e d - M u l l e r c o d e) を使って、符号化することができる。符号化される前記語 (ワード) が 5 ビット (a 1 ~ a 5 まで) を有する場合、コードは、次のように、ビット毎にコー

10

20

30

40

50

ドラインを有している。

【 0 0 0 3 】

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

【 0 0 0 4 】

特定のワードに対する前記コードを生成するには、前記コードライン（符号化するワードを構成する非零ビットに対応する）を組合わせて行う。コードラインは、ビット毎の（bit-wise）モジュロ2加算（summation）により、組合わせて、符号ワードを生成する。例えば、ワード10110（a1=1, a2=0, a3=1, a4=1, a5=0）について考えるとする。このワードは、a1, a3及びa4のコードラインを組合わせることにより、1100001111000011と符号化される。このようなやり方で符号化されるワードは、受信装置で、高速アダマール変換FHTを使って復号化される。

【 0 0 0 5 】

本発明の目的は、アダマール変換を使って、ワード復号化を改善することである。

【 0 0 0 6 】

第1の態様によると、本発明は、アダマール変換を使って復号するために第1の2進数コード語（code word）から第2の2進数コード語を生成する方法を提供する。この方法は、第1コード語から1つ又はそれ以上群への軟判定を選択するステップと、各群における軟判定を組合わせ、多数の軟判定を生成し、第2コード語を形成するステップとを含む。

【 0 0 0 7 】

第2の態様によると、本発明は、アダマール変換を使って復号するために第1の2進数コード語から第2の2進数コード語を生成するための装置を提供する。この装置は、第1コード語から1つ又はそれ以上の群への軟判定を選択する手段と、各群における軟判定を組合わせ、多数の軟判定を生成し、第2コード語を形成する手段とを有する。

【 0 0 0 8 】

このように第1コード語を操作して、第2コード語が生成され、これにより、エラー回復に関して、最適に復号化される。何故ならば、第1コード語として符号化されたデータ語には、多数の不使用ビット（unused bits）が含まれているからである。

【 0 0 0 9 】

本発明が使われる符号化システムの例は、第3世代移動通信（UMTS）におけるTFCI復号である。このTFCIは、10ビットデータ語で、32ビットコード語に符号化される。TFCI語の最初の6ビットは、第1次（first order）リードマーラードを使って、符号化される。TFCIに対し、多数のチャネルは、6ビットより小さいビットを使われるが、本発明は、このような場合に、使用されて、エラー回復を改善することができる。

【 0 0 1 0 】

一つの実施例において、各群に対し選択される複数の軟判定は、一群の軟判定である。前記一群の軟判定が、第1コード語において連続して出現する場合は、第1コード語における各軟判定に対して、10進数としての第1コード語における前記軟判定の位置（position）に対し、この10進数を2進数へ変換し、2進数をビット反転し、この反転された2進数を10進数に変換することにより、それを順序変更する（permute）場合である。

【 0 0 1 1 】

好みしい実施例において、第1コード語は、第1コード語における各軟判定に対して、以下のプロセス又はこれに同等のプロセスにより、前記軟判定を移動して（move）順序

10

20

30

40

50

変更する。

即ち、10進数としての第1コード語における前記軟判定の位置に対し、この10進数を2進数へ変換し、2進数をビット反転し、この反転された2進数を10進数に変換する。この変換は、前記順序変換された(permuted)コード語における前記軟判定の位置を決める。その後、順序を変換されたコード語の軟判定が、順序変更されたコード語からの連続する軟判定の群を選択することにより、グループ化される。

【0012】

一つの実施例において、結合操作(combining operation)は、一群の軟判定を加算して、前記群の軟判定から第2コード語の軟判定を生成するステップを含む。群のサイズは、第1コード語として符号化されるデータ語の1端(one end)における不使用ビット数に依存する。 10

【0013】

第1コード語は、第1次リードマラーコードを使ってデータ語を符号化することにより、生成する。

【0014】

本発明は、アダマール変換を使って、操作されたコード語を復号するものである。

【0015】

一例として、本発明の実施例を、高速アダマール変換(FHT)を使った復号装置を示す図面を参照しながら説明する。 20

【0016】

図1に示すように、受信装置10は、軟判定12のストリームを受信する。軟判定12は、一連の5ビットデータ語の送信装置(例えば、無線電話システムにおける基地局)による送信を基にしている。前記各データ語は、第1次リードマラーコードにより符号化され、対応する16ビットコード語を生成する。従って、軟判定のストリームは、一連のコード語(各々は16軟判定長さである)を有する。前記受信装置10は、アダマール変換を使って、軟判定ストリーム12におけるコード語を復号化し、それによりデータ語を回復する。

【0017】

32の可能なデータ語の各々が、同様なものである場合、16ポイントFHT(16-point FHT)は、エラー回復に関し、最適に、コード語を復号化する。しかし、符号化したデータ語が少なくともデータ語の最下位位置で使用される場合には、16ポイントFHTは、最適にはならない(例えば、最上位ビットは使用されない)。 30

【0018】

受信装置10が、全5ビットを使用するデータ語に関連するコード語を復号化する場合は、復号化プロセスが、16ポイントFHTアルゴリズムで動作する復号器14を使って実行される。受信装置10が、少なくとも最上位ビット(the most significant bit)を使わないデータ語に関するコード語を復号化する場合、コード語が、コード語を順序変換ユニット16を最初に通すやり方で復号化される。

【0019】

順序変換ユニット16は、コード語の軟判定(SD)を以下の方法で順序変換する。コード語は、10進法表現で0から15の番号がついた位置における16SDを有する。SDは、次の表に示されるやり方で、コード語内の順序変更が行われる。該表の上段は、順序変換ユニット16が受取った、コード語におけるSDの位置を表す。下段は、順序変換されたコード語におけるSDの順序を表す。 40

【0020】

【表1】

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

【0021】

実際には、各位置の10進数は、2進数に変換され、次に反転され、10進数（順序変換されたコード語におけるSDの位置である）に戻される。一例として、受信されたコード語における位置05におけるSDを考える。コード語が順序変換される場合、SDは、05 0101 1010 10、に移される。即ち、変換後コード語における位置10に移される。受信コード語の全SDは、上記の表で示したように、順序変換される。

【0022】

順序変換の効果は、コード語（データ語の最上位ビットのものではなく）を生成するために使用するコードラインに対し、それらの順序を反転することと同じと考えることができる。例えば、最初に使ったスキーム（5ビットデータ語が、対応するコードラインa1からa5を使って、符号化される）を参照すると、コード語の順序変換する効果は、コードラインの別のセット（c1=a1, c2=a5, c3=a4, c4=a3, c5=a2）により、コード語を生成することと同値である。

【0023】

結合装置18は、順序変換されたコード語を、SDの群に分割する。群の数は、コード語で表されるデータ語の最上位部の非使用ビットの数に依存する。4つだけの最下位ビットがデータ語で使用される場合は、コード語は、2SDの8群に分割される。データ語で3つの最下位ビットが使用される場合は、コード語は4SDの4群に分割される。データ語で2つの最下位ビットが使用される場合は、コード語は8SDの2群に分割される。最下位ビットだけが使用される場合には、コード語は、16SDの単一の群として扱われる。

【0024】

各群は、順序変換されたコード語からの連続するSDを有する。結合装置18は、各群毎におけるSDについての多数決投票（majority polling）を行う。各SDは、サイン（正負 それぞれ0又は1のビットで表現される）と大きさ（ビットは正確に1又は0で指定される判定において信頼性を表す）を有する語で表される。多数決投票は、一つの群の軟判定を加算し、群を表す全体にわたる軟判定を生成するステップを含む。これら結果として得られるSDは、コード語を構成し、復号器20において、FHTを使って復号される。

【0025】

結果として得られる、復号器20に供給されるコード語は、最初のコード語よりもSDが少ないのであるから、最初のコード語に適用されるFHTよりも低い次数のFHTを使って処理することができる。エラー訂正の能力は、非使用のビットを持つデータ語に対応するコード語について順序変更／多数決投票を実行することにより改善される。

【0026】

上記実施例は、5ビットのデータ語を使っているが、本発明は、5ビット前後のビット数を有するデータ語を使うシステムに拡張され、使用されることは明らかである。

【0027】

更に、上記実施例は第1コード語を順序変換し、各群毎に連続する軟判定を選択するけれども、軟判定は直接群に選択され、順序変換の影響を与え、連続する軟判定の選定が行われる。しかし第1コード語を明示的に順序変換しなければならない中間ステップを使わなくてよい。

【図面の簡単な説明】

【図1】

受信装置のブロックダイアグラムである。

10

20

30

40

50

【図1】

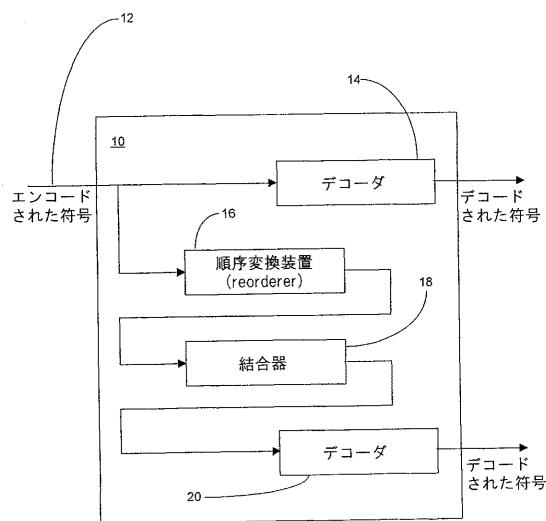


Figure 1

【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization
International Bureau(43) International Publication Date
27 June 2002 (27.06.2002)

PCT

(10) International Publication Number
WO 02/51014 A1

(51) International Patent Classification: H03M 13/15 (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU,

(21) International Application Number: PCT/GB01/05371 AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,

(22) International Filing Date: 4 December 2001 (04.12.2001) CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH,

(25) Filing Language: English GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC,

(26) Publication Language: English LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW,

(30) Priority Data: 0031358.5 21 December 2000 (21.12.2000) GB MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG,

(71) Applicant (for all designated States except US): UBINET- SL, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN,

ICS LIMITED [GB/GB]; Cambridge Technology Centre, YU, ZA, ZM, ZW.

Melbourne, Hertfordshire SG8 6DP (GB).

(72) Inventor; and

(75) Inventor/Applicant (for US only): COOK, Paul [GB/GB]; The Annexe, 1 Water Lane, Melbourn, Royston, Hertfordshire SG8 6AX (GB).

(74) Agents: HOGG, Jeffery, Keith et al., Withers & Rogers, Goldings House, 2 Hays Lane, London SE1 2HW (GB).

(81) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

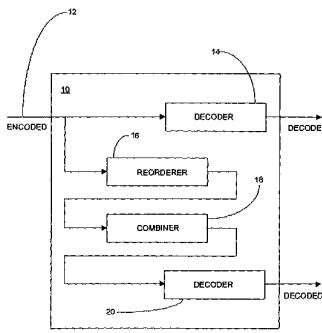
(84) Published:
— with international search report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

(54) Title: DECODING OF REED-MULLER CODES



WO 02/51014 A1



(57) Abstract: Datawords encoded using a first-order Reed-Muller code are decoded using a Fast Hadamard Transform (FHT). Where the dataword is known to comprise a number of unused bits at one end, the soft decisions of the codeword are reordered. Majority polling is then performed on groups of the soft decisions to produce a series of soft decisions which make up a new codeword. The new codeword is then decoded using an FHT of lower order than the FHT applicable to the originally received codeword.

DECODING OF REED-MULLER CODES

This invention relates to coding, i.e. encoding and decoding. In particular, the invention relates to decoding using a Hadamard transform.

A binary word can be encoded using the first-order Reed-Muller code. Where the word to be encoded comprises 5 bits, a1 to a5, then the code comprises a code line for each bit, as follows:

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

The code for a particular word is created by combining the code lines corresponding to the non zero bits of the word to be encoded. The code lines are combined by bit-wise, modulo-2 summation to produce the encoded word. For example, consider the word 10110 (a1=1, a2=0, a3=1, a4=1, a5=0). This word becomes encoded as 1100 0011 1100 0011 by combining the a1, a3 and a4 code lines. Words encoded in this manner are decoded at a receiver using a Fast Hadamard Transform, FHT.

An aim of the invention is to enhance the decoding of words using a Hadamard transform.

According to a first aspect, the invention provides a method of producing a second binary codeword from a first binary codeword destined for decoding using a Hadamard transform, the method comprising selecting soft decisions from the first codeword into one or more groups, and combining the soft decisions within each group to produce a number of resultant soft decisions forming the second codeword.

According to a second aspect, the invention also provides apparatus for producing a second binary codeword from a first binary codeword destined for decoding using a Hadamard transform, the apparatus comprising selecting means for selecting soft decisions from the

WO 02/51014

PCT/GB01/05371

2

first codeword into one or more groups, and combining means for combining the soft decisions of each group to produce a number of resultant soft decisions forming the second codeword.

By manipulating a first codeword in this way, a second codeword is produced which can be decoded optimally in terms of error recovery even where the dataword encoded as the first codeword has a number of unused bits at one end.

An example of a coding system in which the invention can be used is TFCI decoding in third generation mobile telecommunications (UMTS). The TFCI is a 10 bit dataword encoded into a 32 bit codeword. The first 6 bits of the TFCI word are encoded using the first order Reed-Muller code. Many channels use less than 6 bits for the TFCI and the invention can be used to gain improved error recovery in such cases.

In one embodiment, the soft decisions selected for each group are a group of soft decisions that would appear consecutively in the first codeword if it were permuted by, for each soft decision in the first codeword, taking the position of said soft decision in the first codeword as a decimal number and converting said decimal number into binary number, bit reversing the binary number, and converting the reversed binary number into a decimal number giving the position of said soft decision in the permuted codeword.

In a preferred embodiment, the first codeword is permuted by, for each soft decision in the first codeword, moving said soft decision by a process of, or equivalent to, taking the position of the soft decision in the first codeword as a decimal number and converting said decimal number into binary number, bit reversing the binary number, and converting the reversed binary number into a decimal number giving the position of said soft decision in the permuted codeword, and thereafter the soft decisions of the permuted codeword are grouped by selecting groups of consecutive soft decisions from the permuted codeword.

In one embodiment, the combining operation comprises generating each soft decision of the second codeword from a group of soft decisions by summing the soft decisions of the

WO 02/51014

PCT/GB01/05371

3

group. The size of the groups may depend upon the number of unused bits at one end of a dataword encoded as the first codeword.

The first codeword may be produced by encoding a dataword using the first order Reed-Muller code.

The invention also extends to using a Hadamard transform to decode the manipulated codeword.

By way of example only, an embodiment of the invention will now be described with reference to the accompanying figure which shows a receiver having a decoder employing a Fast Hadamard Transform (FHT).

As shown in Figure 1, receiver 10 receives a stream of soft decisions 12. The soft decisions 12 originate from the transmission by a transmitter (e.g. a base station in a wireless telephony system) of a series of 5 bit datawords, each of which has been encoded by the first-order Reed-Muller code to produce a corresponding 16 bit codeword. The stream of soft decisions therefore comprises a series of codewords, each 16 soft decisions long. The receiver 10 decodes the codewords in the soft decision stream 12 using a Hadamard transform, thereby recovering the datawords.

Where each of the 32 possible datawords is equally likely, then a standard, 16-point FHT decodes the codewords optimally, in terms of error recoverability. However, the 16-point FHT will not be optimal in cases where the encoded dataword is known to use only a portion at the least significant end of the dataword (e.g., the most significant bit is not used).

When the receiver 10 decodes a codeword relating to a dataword which uses all 5 bits, then the decoding process is performed using a decoder 14 operating a 16-point FHT algorithm. When the receiver 10 decodes a codeword relating to a dataword which does not use at least the most significant bit, then the codeword is decoded in a different way, by first passing the codeword to permuting unit 16.

The permuting unit 16 permutes the soft decisions (SDs) of a codeword in the following way. A codeword contains 16 SDs in positions numbered from 0 to 15 in decimal notation. The SDs are permuted within the codeword in the manner indicated by the following table. The top row of the table indicates the positions of the SDs in the codeword as received by the permuting unit 16, and the bottom row indicates the order of those SDs in the permuted codeword.

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

Effectively then, the decimal number of each position is converted to a binary number, which is subsequently reversed and converted back to a decimal number which is the position of the SD in the permuted codeword. Consider the SD at position 05 in a received codeword. When the codeword is permuted, the SD is transferred thus: 05 \rightarrow 0101 \rightarrow 1010 \rightarrow 10, i.e. to position 10 in the permuted codeword. All of the SDs of the received codeword are permuted in this way, as indicated by the above table.

The effect of the permutation can be considered the same as taking the codelines used to produce the codewords, other than that for the most significant bit of the dataword, and reversing their order. For example, referring to the scheme used in the introduction where 5 bit datawords are encoded using corresponding codelines a1 to a5, the effect of permuting the codewords is equivalent to producing the codewords by an alternative set of codelines c1 to c5, where c1 = a1, c2 = a5, c3 = a4, c4 = a3, and c5 = a2.

The combiner 18 divides up the permuted codeword into groups of SDs. The number of groups depends on the number of non-used bits at the most significant end of the dataword represented by the codeword. Where only the 4 least significant bits are used in the dataword, then the codeword is divided into 8 groups of 2 SDs. Where only the 3 least significant bits are used in the dataword, then the codeword is divided into 4 groups of 4 SDs. Where only the 2 least significant bits are used in the dataword, then the codeword is divided into 2 groups of 8 SDs. Where the least significant bit only is used in the dataword, then the codeword is treated as a single group of 16 SDs.

WO 02/51014

PCT/GB01/05371

5

Each group contains consecutive SDs from the permuted codeword. The combiner 18 performs majority polling on the SDs in each group. Each SD is represented by a word comprising a sign (positive or negative - indicating that the bit appears to be a zero or a one, respectively) and a magnitude (indicating the confidence in the decision that the bit is correctly designated a one or a zero). The majority polling comprises summing the soft decisions of a group to produce an overall soft decision representing the group. Taken together, these resultant SDs constitute a resultant codeword which is then decoded using a FHT in decoder 20.

Since the resultant codeword supplied to decoder 20 has fewer SDs than the initial codeword, it can be handled using a lower order FHT than the FHT applicable to the initial codeword. Error correction performance is improved by performing the permuting/majority polling on codewords corresponding to datawords having unused bits.

Although the embodiment described above operates with datawords of 5 bits, it will be apparent that the invention extends to systems using datawords having more or less than 5 bits.

Furthermore, although the described embodiment permutes the first codeword and then selects consecutive soft decisions for each group, it will be apparent that soft decisions may be selected directly into the groups to give the effect of the permutation followed by selection of consecutive soft decisions, but without having to use the intermediate step of having to explicitly permute the first codeword.

CLAIMS

1. A method of producing a second binary codeword from a first binary codeword destined for decoding using a Hadamard transform, the method comprising selecting soft decisions from the first codeword into one or more groups, and combining the soft decisions within each group to produce a number of resultant soft decisions forming the second codeword.
2. A method according to claim 1, wherein the soft decisions selected for each group are those soft decisions that would appear as a consecutive group in the first codeword if it were permuted by, for each soft decision in the first codeword, taking the position of said soft decision in the first codeword as a decimal number and converting said decimal number into a binary number, bit reversing the binary number, and converting the reversed binary number into a decimal number giving the position of said soft decision in the permuted codeword.
3. A method according to claim 1 or 2, further comprising the steps of permuting the first codeword by, for each soft decision in the first codeword, moving said soft decision by a process of, or equivalent to, taking the position of said soft decision in the first codeword as a decimal number and converting said decimal number into a binary number, bit reversing the binary number, and converting the reversed binary number into a decimal number giving the position of said soft decision in the permuted codeword, and wherein the selecting step comprises selecting groups of consecutive bits from the permuted codeword.
4. A method according to any one of claims 1 to 3, wherein combining a group of soft decisions comprises summing the soft decisions in the group.
5. A method according to claim 4, wherein the size of the groups is dependent upon the number of unused bits at one end of a dataword encoded into the first codeword.
6. A method according to claim 5, wherein the first codeword is produced by encoding the dataword using a Reed-Muller algorithm.

WO 02/51014

PCT/GB01/05371

7

7. A method of decoding a first binary codeword comprising manipulating the first codeword using the method of any one of claims 1 to 6 to produce a second binary codeword, and decoding the second binary codeword using a Hadamard transform.

8. A method according to claim 7, wherein said Hadamard transform is of a lower order than the Hadamard transform applicable to the first codeword.

9. Apparatus for producing a second binary codeword from a first binary codeword destined for decoding using a Hadamard transform, the apparatus comprising selecting means for selecting soft decisions from the first codeword into one or more groups, and combining means for combining the soft decisions of each group to produce a number of resultant soft decisions forming the second codeword.

10. Apparatus according to claim 9, wherein the selecting means is arranged such that the soft decisions selected for each group are those soft decisions that would appear as a consecutive group in the first codeword if it were permuted by, for each soft decision in the first codeword, taking the position of said soft decision in the first codeword as a decimal number and converting said decimal number into a binary number, bit reversing the binary number, and converting the reversed binary number into a decimal number giving the position of said soft decision in the permuted codeword.

11. Apparatus according to claim 9 or 10, wherein the selecting means comprises permuting means for permuting the first codeword by, for each soft decision in the first codeword, moving said soft decision by a process of, or equivalent to, taking the position of said soft decision in the first codeword as a decimal number and converting said decimal number into a binary number, bit reversing the binary number, and converting the reversed binary number into a decimal number giving the position of said soft decision in the permuted codeword, and grouping means for selecting the groups as groups of consecutive bits of the permuted codeword.

12. Apparatus according to claim 7, wherein the combining means is arranged to combine a group of soft decisions by summing the soft decisions within the group.
13. Apparatus according to claim 12, wherein the size of the groups is dependent on the number of unused bits at one end of a dataword encoded into the first codeword.
14. Apparatus according to claim 13, wherein the first codeword is produced by encoding the dataword using a Reed-Muller algorithm.
15. Apparatus for decoding a first binary codeword comprising apparatus according to any one of claims 9 to 14 for manipulating the first codeword to produce a second binary codeword, and further comprising means for decoding the second binary codeword using a Hadamard transform.
16. Apparatus according to claim 15, wherein the Hadamard transform applicable to the second codeword is of lower order than the Hadamard transform applicable to the first codeword.
17. A method of manipulating a codeword, substantially as hereinbefore described with reference to the accompanying figure.
18. A method of decoding a codeword, substantially as hereinbefore described with reference to the accompanying figure.
19. Apparatus for manipulating a codeword, substantially as hereinbefore described with reference to the accompanying figure.
20. Apparatus for decoding a codeword, substantially as hereinbefore described with reference to the accompanying figure.
21. A program for carrying out the method of any one of claims 1 to 8.

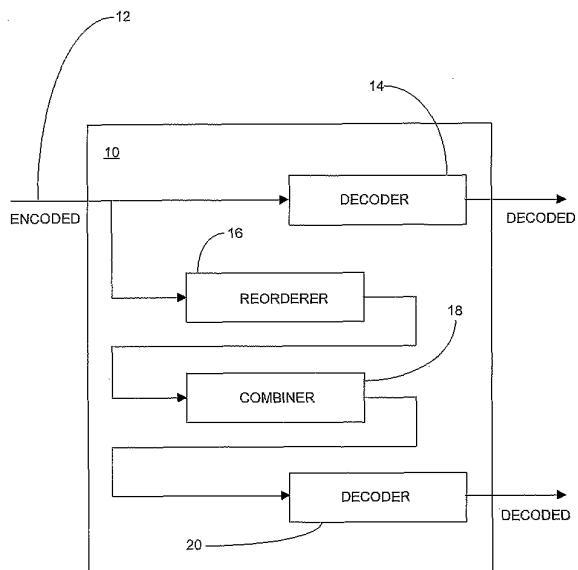


Figure 1

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/GB 01/05371
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H03M13/15		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H03M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	ASHIKHMIN A E ET AL: "FAST DECODING ALGORITHMS FOR FIRST ORDER REED-MULLER AND RELATED CODES" DESIGNS, CODES AND CRYPTOGRAPHY, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS, BOSTON, US, vol. 7, no. 3, 1 March 1996 (1996-03-01), pages 187-214, XP002066277 ISSN: 0925-1022 the whole document	1-21
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
<p>* Special categories of cited documents :</p> <p>*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>*E* earlier document but published on or after the International filing date</p> <p>*L* document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another cited document on special reason (as specified)</p> <p>*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>*X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>*Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken in combination with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.</p> <p>*S* document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 11 February 2002	Date of mailing of the international search report 20/02/2002	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5518 Patentsteen 2 Tel: (+31-70) 340-2040, Tx: 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-2016	Authorized officer Farman, T	

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (May 1992)

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,CH,CY,DE,DK,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN, TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE, GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NO,NZ,OM,PH,P L,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(72)発明者 クック,ポール

イギリス国,ハートフォードシャー エスジー8 6エーエックス,ロイストン,メルボーン,ウォーター レーン 1,ジ アネックス

F ターム(参考) 5J065 AA01 AB05 AC02 AD11 AE06 AF03 AH02 AH11 AH21
5K014 AA01 BA05