

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 12/56 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410091399.5

[43] 公开日 2006 年 5 月 31 日

[11] 公开号 CN 1780197A

[22] 申请日 2004.11.25

[21] 申请号 200410091399.5

[71] 申请人 中国传媒大学信息工程学院

地址 100024 北京市朝阳区中国传媒大学信息工程学院

[72] 发明人 张 勤 陈媛媛

[74] 专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司

代理人 颜 涛 王 漪

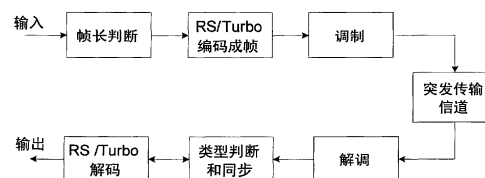
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 5 页

[54] 发明名称

一种自适应混合信道编解码器及其方法

[57] 摘要

一种自适应混合信道编解码器及其方法，编码端包括帧长判断模块、长帧编码模块、短帧编码模块、长帧成帧模块、短帧成帧模块；解码端包括帧同步模块、长帧解码模块、短帧解码模块；编码时首先判断输入数据帧的帧长，然后对判断为长帧的数据帧进行长帧码型信道编码，对判断为短帧的数据帧进行短帧码型信道编码，最后在长帧编码中加入长帧帧头，在短帧编码中加入短帧帧头；解码时，首先根据接收到的数据帧的帧头信息判断帧类型，并同步数据，然后对判断为长帧的同步数据进行长帧码型信道解码，对判断为短帧的同步数据进行短帧码型信道解码，本发明根据突发传输帧长，混合采用了不同的纠错码，自适应地变换码型，提高了系统可靠性与传输效率。



- 1、一种自适应混合信道编码器，其特征在于，包括：
帧长判断模块，用于判断输入数据帧的帧长；
5 长帧编码模块，用于对判断为长帧的数据帧进行长帧码型信道编码；
短帧编码模块，用于对判断为短帧的数据帧进行短帧码型信道编码；
长帧成帧模块，用于在长帧编码中加入长帧帧头；及
短帧成帧模块，用于在短帧编码中加入短帧帧头。
- 2、如权利要求1所述的信道编码器，其特征在于所述长帧码型为Turbo
10 码。
- 3、如权利要求1所述的信道编码器，其特征在于所述短帧码型为RS
码。
- 4、一种自适应混合信道解码器，其特征在于，包括：
帧同步模块，用于根据帧头信息判断接收到的数据帧类型，并同步数
15 据；
长帧解码模块，用于将判断为长帧的同步数据进行长帧码型信道解
码；及
短帧解码模块，用于将判断为短帧的同步数据进行短帧码型信道解
码。
- 20 5、如权利要求4所述的信道解码器，其特征在于所述长帧码型为Turbo
码。
- 6、如权利要求4所述的信道解码器，其特征在于所述短帧码型为RS
码。
- 7、一种自适应混合信道编码方法，其特征在于，包括如下步骤：
25 （1）判断输入数据帧的帧长；

(2) 对判断为长帧的数据帧进行长帧码型信道编码, 对判断为短帧的数据帧进行短帧码型信道编码; 及

(3) 在长帧编码中加入长帧帧头, 在短帧编码中加入短帧帧头。

8、如权利要求7所述的信道编码方法, 其特征在于所述长帧码型为
5 Turbo码。

9、如权利要求7所述的信道编码方法, 其特征在于所述短帧码型为RS码。

10、如权利要求7所述的信道编码方法, 其特征在于所述步骤(2), 进行长帧码型信道编码时, 首先将输入数据帧按照长帧码型所选用的码长
10 截成等长的数据段, 如最后一个数据段比特数小于选用码长, 则添加填充比特凑成一个完整的长帧码, 然后再对每个数据段分别进行长帧码型信道编码。

11、如权利要求7所述的信道编码方法, 其特征在于所述步骤(3), 在长帧编码中加入长帧帧头, 是在每个编码后的长帧码中, 按一定间隔加
15 入多个长帧帧头, 且多个帧头取值相同或者按照一定规律变化。

12、一种自适应混合信道解码方法, 其特征在于, 包括如下步骤:

(1) 根据接收到的数据帧的帧头信息判断帧类型, 并同步数据; 及

(2) 对判断为长帧的同步数据进行长帧码型信道解码, 对判断为短帧的同步数据进行短帧码型信道解码。

20 13、如权利要求12所述的信道解码方法, 其特征在于所述长帧码型为Turbo码。

14、如权利要求12所述的信道解码方法, 其特征在于所述短帧码型为RS码。

25 15、如权利要求12所述的信道解码方法, 其特征在于步骤(1)所述的同步数据, 当检测到一个或几个正确的帧头后, 即可判断同步成功。

一种自适应混合信道编解码器及其方法

5 技术领域

本发明涉及一种信道编解码器及其编解码方法，尤其涉及一种自适应混合信道编解码器及其方法。

背景技术

10 一般来说，在数字通信系统中，数据的传输模式可以分为两种：连续传输与突发传输。它们的特性分别如下：

连续传输：数据连续不间断地在信道中进行传输，所传输的数据包通常具有相同的帧结构和相同的码长。广播电视系统中，下行信道的节目传输即属于此种类型的传输方式。

15 突发传输：数据通常以帧的形式在很短的时间间隔内高速地传输，每次传输之间有不確定长度的停顿时间，突发数据帧的长度也不固定，可能在很大的范围内变化，从几十个字节到几十K字节。数字有线电视上行回传系统、ATM网络、IP网络、帧中继系统等属于此种类型的传输方式。

随着通信系统的不断发展，具有固定传输速率的连续传输系统越来越少，以数据帧（数据包）的形式进行传输的突发传输系统越来越多，比如
20 数字有线电视反向系统、Wireless IP、Cable Modem以及大部分需要双向传输和具有不同速率业务类型的网络系统等。

突发传输系统的主要特征有两点，一是系统数据是以帧格式进行传输的，这就意味着一个比特的错误会造成整帧数据的丢弃重传，而当信道质量有所下降时，会造成突发传输系统性能成倍地降低；二是不同的业务，
25 数据帧的长短也不同，特别是对于长帧（如上千比特的数据帧），出错重传会造成灾难性的后果。因此，对突发传输系统需要更加小心的保护。

作为提高系统性能的重要方法，信道编码已广泛应用于数字通信系统，致力于实现信号无差错的传输。信道编码是通过增加信息冗余纠正出现的差错的，但只要采取适当的编码方式，少量的冗余是可以接受的。因此，信道编码已成为通信中广泛采用的提高系统性能的方法。

5 现代数字通信技术已经研发出各种误码控制编码方案，各自建立在不同的数学模型基础上，并具有不同的检错与纠错特性。我们可以从不同的角度对误码控制编码进行分类，例如按照误码控制的不同功能，可分为检错重发（ARQ, Automatic Repeat reQuest）、前向纠错（FEC, Forward Error Control）和混合纠错（HEC, Hybrid Error Control）；按照信息码元与监
10 督附加码元之间的约束方式的不同，大致可以分为分组码（Block Code）、卷积码（Convolutional Code）与级联码（Concatenated Code）；按照信息码元与附加的监督码元之间的检验关系，可分为线性码与非线性码；按照信息码元在编码之后是否保持原来的形式不变，又可分为系统码与非系统码，等等。

15 不同类型的编码具有不同的特性，下面重点举例介绍两种编码：Turbo码与RS码。

1993年C.Berrou,A.Glavieux和P.Thitimajshiwa在论文“Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-codes”中提出Turbo码，其性能前所未有的逼近香农限0.7dB。Turbo码如此优越的性能主要得益于并
20 行级联编码与迭代译码这两个独特的思路。其编解码机制示意图，如图1所示。

Turbo码的编码大致由构成编码器（constituent encoder）、交织（interleaving）、删余/复用（puncture/mux）几部分组成，在Turbo码中，运用了并行级联，码序列同时进入两个不同的编码器，同时输出。在两个编
25 码器的输入之间加入了交织处理，让输入第二个编码器的码序列顺序改变。两路输出再通过删余复用器合成一路。

在Turbo码中，我们很自然地可以将两个卷积编码器的校验输出各取

奇数位和偶数位，然后把它们复用成一路校验输出，将码率从1/3提高到1/2。译码时，再根据删除规则，在适当的位置补零，恢复成两路校验比特。当然，对两路校验比特的删除不用对称且等数目的选取，需由实际情况决定。另外，删余还可以根据信道自适应地调整。当信道特性很好时，我们可以将码率提高到1/2；而当信道特性较差时，则不进行删余，保证更强的纠错能力。

Turbo码的译码中有两个串行级联译码器，每个译码器都有两路输入。其中一路输入来自相对应的构成编码器的输出（包括信息序列和校验序列）；另一路输入来自另一个译码器的输出。每个译码器输出的是信息序列的后验概率，但作为先验概率信息输入给另一个译码器。由于在两个并行的构成编码器之间存在交织，因此，在译码时，两个串行级联的译码器之间的信息传递需要交织和解交织处理。这种概率信息的传递在两个译码器之间迭代数次，每一次迭代，译码性能都有相应的提高。

比较常用的Turbo码译码算法大致有以下两种：最大后验概率译码(MAP, Maximum A Posteriori); 软输出维特比算法(SOVA, Soft Output Viterbi Algorithm)。

1958年12月I.S.Reed 和G.Solomon在麻省理工学院林肯实验室完成了题为“基于有限域的多项式编码”的论文，1960年发表于SIAM期刊应用数学版。在文中详细论述了后来被称之为RS码的一种全新信道编码技术。

RS码属于分组码，一个码组总共 n 个码元，其中包含 k 个信息码元和 $n-k$ 个监督码元，以 $RS(n,k)$ 表示。它不但能纠正随机错误，也能纠正突发性错误，因此被认为是一种极其强大的纠错编码。但RS码的译码非常困难，阻碍了它很快的应用到实际当中。六十至七十年代，Peterson、Forney、Berlekamp、Massey等相继对RS码提出了有效的译码算法，并进行了改进，使得RS编码技术广泛应用于各个领域之中。

RS码编码逻辑结构示意图如图2所示，其编码步骤可以概括为：

第一步，通过 $x^{d-1}m(x)$ 操作，实现消息序列的位移 $d-1$ 个符号；

第二步,通过多项式相除运算 $p(x)=x^{d-1}m(x) \bmod g(x)$, 式中的 $g(x)$ 为生成多项式, $p(x)$ 为得到奇偶校验多项式;

第三步,组合奇偶校验多项式 $p(x)$ 和位移消息序列 $x^{d-1}m(x)$, 得到码字多项式 $c(x)$ 。

5 RS译码流程可参阅图3:

第一步, 计算伴随多项式 S_i ,
$$S_i = r(\alpha^i) = \sum_{j=0}^{n-1} r_j \alpha^{ij}, \quad i=1,2,\dots,d-1.$$
 式中 $\alpha, \alpha^2, \alpha^3, \dots, \alpha^{d-1}$ 为生成多项式 $g(x)$ 的根。

第二步,采用Berlekamp-Massey算法由伴随多项式 S_i 计算误码位置 X_i ;

第三步,采用改进的Forney算法由伴随多项式 S_i 和误码位置 X_i 计算对
10 应误码位置上的误码值 Y_i ;

第四步,通过 X_i 和 Y_i 求出错误多项式 $e(x)$, 纠正错误位置上的错误符号, 得到码多项式 $c(x)=r(x)-e(x)$ 。

正如上述,由于每种码型的特性不同,随着研究的深入,对于各种码型都有着较为固定与成熟的应用方式,例如RS码在突发错误校正上有优势,而Turbo码对于抗击严重的信道噪声是非常有效的,但是Turbo码的性能和码长有着紧密的关系,短帧情况下Turbo码的优势将消失且纠错能力很有限,因此Turbo码一直被应用于连续传输系统中。

然而,对于现在得到普遍应用的突发传输系统,目前还没有专门针对其特征提出的灵活有效的信道编码方案。具体来讲,现有的突发传输系统的信道编码方案的主要问题在于纠错能力不够强大,对于信道情况恶劣的系统保护不足。这样一来,当突发帧的长度非常大时,长帧即使仅出现一个错误,整帧也必须丢弃,因此会造成系统传输效率的低下。

因此,如何针对突发传输系统的特点,提出一种具有强大纠错能力,传输效率较高的信道编码方案,已经成为业内亟待解决的问题。

25

发明内容

本发明所要解决的技术问题在于提供一种自适应混合信道编解码器

及其方法，以提高突发传输系统的数据传输效率与纠错能力。

为解决上述技术问题，本发明提供一种自适应混合信道编码器，包括：
帧长判断模块，用于判断输入数据帧的帧长；长帧编码模块，用于对判断
为长帧的数据帧进行长帧码型信道编码；短帧编码模块，用于对判断为短
5 帧的数据帧进行短帧码型信道编码；长帧成帧模块，用于在长帧编码中加
入长帧帧头；以及短帧成帧模块，用于在短帧编码中加入短帧帧头。

本发明进而提供一种自适应混合信道解码器，包括：帧同步模块，用
于根据帧头信息判断接收到的数据帧类型，并同步数据；长帧解码模块，
用于将判断为长帧的同步数据进行长帧码型信道解码；以及短帧解码模
10 块，用于将判断为短帧的同步数据进行短帧码型信道解码。

本发明还提供一种自适应混合信道编码方法，包括如下步骤：

(1) 判断输入数据帧的帧长；

(2) 对判断为长帧的数据帧进行长帧码型信道编码，对判断为短帧
的数据帧进行短帧码型信道编码；及

15 (3) 在长帧编码中加入长帧帧头，在短帧编码中加入短帧帧头。

本发明进而还提供一种自适应混合信道解码方法，包括如下步骤：

(1) 根据接收到的数据帧的帧头信息判断帧类型，并同步数据；及

(2) 对判断为长帧的同步数据进行长帧码型信道解码，对判断为短
帧的同步数据进行短帧码型信道解码。

20 本发明根据突发传输帧的帧长，有针对性的采用了不同的纠错码，并
可以灵活的自适应变换码型，保证了整个传输系统的纠错能力，提高了可
靠性与信息传输效率。

附图说明

25 图1为Turbo码编解码机制示意图；

图2为RS码编码逻辑结构示意图；

图3为RS码译码流程示意图；

图4为本发明的自适应混合信道编码器结构示意图；
图5为本发明实施例所提之Turbo码帧结构示意图；
图6为本发明实施例所提之RS码帧结构示意图；及
图7为本发明实施例应用于通信系统之流程示意图。

5

具体实施方式

分析现有的突发传输系统的信道编码方案，之所以出现纠错能力不强，以及传输效率不高的问题，主要有两个原因，一个是没有选择具有较强纠错能力的纠错码，二是编码方式固定。现有信道编码方案没有充分考
10 虑到各个突发传输帧长度的不同，对整个系统都采用固定的码型进行保护。如果对所有的突发帧采用码长较短的码型，在突发帧较长时将会超出短码的纠错能力；如果对所有的突发帧采用码长较长的码型，在突发帧很短时需要增加远远多于信息比特的填充比特，给系统带来不必要的负担，降低了系统的有效信息传输速率，例如目前具有很强纠错能力的Turbo码
15 的性能就和码长的关系紧密。

本发明的思路主要就从上述两个原因着手，打破了只使用固定编码方式的思维定势，创造性的将多种编码方式混合应用，针对长帧与短帧，分别采用不同的编码方式，根据不同的帧长，具有针对性的采用强纠错能力的编码，从而整体上提高了传输效率。

20 如图4所示，为本发明的自适应混合信道编码器结构示意图，其由帧长判断模块401、长帧编码模块402、短帧编码模块403、长帧成帧模块404、短帧成帧模块405组成。

其中，帧长判断模块401，用于判断输入数据帧的帧长；长帧编码模块402，用于对判断为长帧的数据帧进行长帧码型信道编码；短帧编码模
25 块403，用于对判断为短帧的数据帧进行短帧码型信道编码；长帧成帧模块404，用于在长帧编码中加入长帧帧头；短帧成帧模块405，用于在短帧编码中加入短帧帧头。

相应的，在译码端，本发明的自适应混合信道解码器，则包括：

帧同步模块，用于根据帧头信息判断接收到的数据帧类型，并同步数据；

长帧解码模块，用于将判断为长帧的同步数据进行长帧码型信道解码；及

短帧解码模块，用于将判断为短帧的同步数据进行短帧码型信道解码。

在本发明的优选实施例中，对所述长帧码型与短帧码型分别采用了Turbo码与RS码。这样，既可以保留RS码在突发错误纠正上的优势，并创造性的将高效抗击严重信道噪声的Turbo码应用于突发模式中，改变了过去的固定信道编码方式。

当然，还可以选择其他的码型进行信道编码，只要其分别符合长帧编码模式与短帧编码模式的特性即可，在此不一一列举，下面仅以Turbo码与RS码为例对本发明进行说明。

本发明针对突发传输信道的自适应信道编码的实施例方案的主要思路为：

1、选择Turbo码作为长帧的信道编码码型，对Turbo码成帧

为了不破坏突发传输原有的帧结构，将原有的数据帧按照Turbo码所选用的码长截成等长的数据段。一般情况下，最后一个数据段比特数会小于码长，这时需要添加填充比特凑成一个完整的Turbo码。由于长突发帧的帧长会远远大于Turbo码的码长，因此一帧中最后一数据段所需添加的填充比特只会占到有用信息比特很小的比例，不会给系统增加太多的冗余。对Turbo码成帧采用加入多个帧头的做法，比如每200比特加入一个8比特的帧头。在接收端，如果以固定的间隔（208比特）连续检测到一个或几个，相同的或者是按固定规律变化的帧头，则可判断同步成功。

2、选择RS码作为短帧的信道编码码型，对RS码成帧

RS码能够以短码长获得较强的纠错能力，并且其编码效率较高。RS

码的纠错能力与Turbo码相比有一定的差距，对突发帧的保护也没有Turbo码那么可靠。当信道情况超过了RS码的纠错能力时，系统的检错机制则丢弃短帧并进行重发。由于帧长很短（例如140比特），信道的情况一般不可能糟糕到每个短帧中都有误码，因此这时的检测重发不会给系统造成如长帧那样的灾难性后果。对RS码采用每一码组加一帧头的做法。接收端只要连续检测到一个或几个正确的帧头，就能实现同步。

3、码型转换的突发帧长选择。

选择Turbo码还是RS码的依据在于突发帧长，必须确定一个合适的值告诉系统什么是长帧，选择Turbo码；什么是短帧，选择RS码。然后对长帧采用Turbo码进行信道编码；对短帧选用RS码进行信道编码。

针对上述思路，本发明提供如下具体实施方案：

1、Turbo码具体方案

Turbo码用于对长帧的信道编码。Turbo码的性能与它的码率有关。一般情况下，一个比特输入编码器，会产生三个比特的输出，其中一个为信息比特，另两个为监督校验比特，码率为1/3。这时，Turbo码的纠错能力很强，但系统的频带利用率较低。在信道条件较好的情况下，信道编码方案自适应的调整为采用删余的Turbo码，一个比特输入编码器，产生两个比特的输出，其中一个为信息比特，另一个为监督校验比特，码率提高为1/2，从而提高了频带的利用率。

20 Turbo码各参数的选择：

码长：选择400。Turbo码的纠错能力随码长的增加逐步增强，但当码长超过400时，性能的提高不是特别明显。并且，随着码长的增加，译码器的实时性也大打折扣，给系统带来了不必要的负担。

构成编码器：为了得到较好的距离特性，选用带反馈的系统编码器。其中后向反馈部分的生成多项式矢量为7(111)，前向反馈部分的生成多项式矢量为5(101)。

交织器：伪随机交织器。

译码算法：选用译码性能好的LOG-MAX算法。

译码迭代次数：译码迭代次数与Turbo码的性能有很大关系，本实施例中选择了8次。

对Turbo码成帧：

5 系统对突发长帧进行Turbo码编码时，将帧分成了400长的数据段。而在接收端必须对接收数据进行同步，必须要找到这些数据段的起始位置，才能够正确译码。因此，信道编码需要有一个帧结构，由帧头来判断每一Turbo码的起始位置。接收端连续检测到一个或几个正确无误的帧头后，则能判断出码的起始位置。

10 如图5所示，对Turbo码采用加入多个帧头的做法。由于Turbo码的码长为400比特，当码率为1/3时，通过编码后，加上校验比特的码长将达到1200比特。如果我们仅仅给一个码加一个帧头，则接收端等到几个正确无误的帧头的同步时间会过长。并且，当信道情况很差时，帧头的错误率也增大，同步时延就更不可接受了。因此，我们每200比特加入一个8比特的
15 帧头。这样一个1200比特长的Turbo码则被分为了6个子帧，共有6个帧头。并且，这六个帧头的取值可以相同，也可以按照一定的规律变化，例如本实施例即取了不同的值，分别取值为FFh，EEh，DDh，CCh，BBh，AAh。帧头在进行完Turbo编码之后添加，因此，每一Turbo码的长度由1200比特增加为1248比特。在接收端，如果以固定的间隔（208比特）连续检测到
20 几个按固定规律变化的帧头，则可判断同步成功。并且，可以根据帧头的值判断一帧的起始位置在哪里。

2、RS码具体方案：

RS码用于对短帧的信道编码。根据信道情况的好坏，可以自适应地改变纠错能力。

25 RS码参数选择：

本方案选择基于伽罗华域 $GF(2^4)$ 的RS码。该RS码的码长较短，利于系统的实时性和译码器的实现。在系统中，采用三种不同纠错能力的RS码：

$RS(15,13)$, $RS(15,11)$ 和 $RS(15,9)$, 它们分别能在一个码中纠正一个、两个和三个错误。系统根据信道情况, 自适应地选择三种码型, 以达到最大的系统效率。

对RS码成帧:

- 5 系统对突发短帧进行RS码编码时, 根据码型是 $RS(15,13)$, $RS(15,11)$ 还是 $RS(15,9)$, 将帧分成了13个符号、11个符号或9个符号长的数据段。而在接收端必须对接收数据进行同步, 首先找到这些数据段的起始位置, 才能够正确译码。因此, 信道编码需要有一个帧结构, 由帧头来判断每一RS码的起始位置。接收端检测到一个正确的帧头, 或者连续检测到几个正确
- 10 无误的帧头后, 则能判断出码的起始位置。

RS帧结构如图6所示。本方案采用给每一码组加一帧头的做法。该帧头为一个符号的长度 ($GF(2^4)$ 中一个符号包括4个比特), 值选择Fh。帧头在进行完RS编码之后添加, 因此, 一个RS码会增加一个符号的长度, 变为16个符号。接收端只要连续检测到一个或者几个正确的帧头, 就能实

15 现同步。

3、码型转换的突发帧长选择:

根据具体应用环境可以选择某种码长作为转换的邻界值, 例如在有线电视上行信道中可以采用五倍Turbo码码长作为转换的邻界值。如果帧长大于或等于邻界值, 则认为该帧为长帧, 系统选用Turbo码进行信道编码;

20 反之, 则认为该帧为短帧, 系统选用RS码进行信道编码。

将本发明的实施例应用于通信系统中, 则如图7的通信框图所示。

由上述可知, 本发明提供的自适应混合信道编码方法的实施方案, 可以概括为以下步骤:

- (1) 判断输入数据帧的帧长;
- 25 (2) 对判断为长帧的数据帧进行长帧码型信道编码, 对判断为短帧的数据帧进行短帧码型信道编码; 及
- (3) 在长帧编码中加入长帧帧头, 在短帧编码中加入短帧帧头。

而本发明对应的自适应混合信道解码方法，可概括为以下步骤：

- (1) 根据接收到的数据帧的帧头信息判断帧类型，并同步数据；
- (2) 对判断为长帧的同步数据进行长帧码型信道解码，对判断为短帧的同步数据进行短帧码型信道解码。

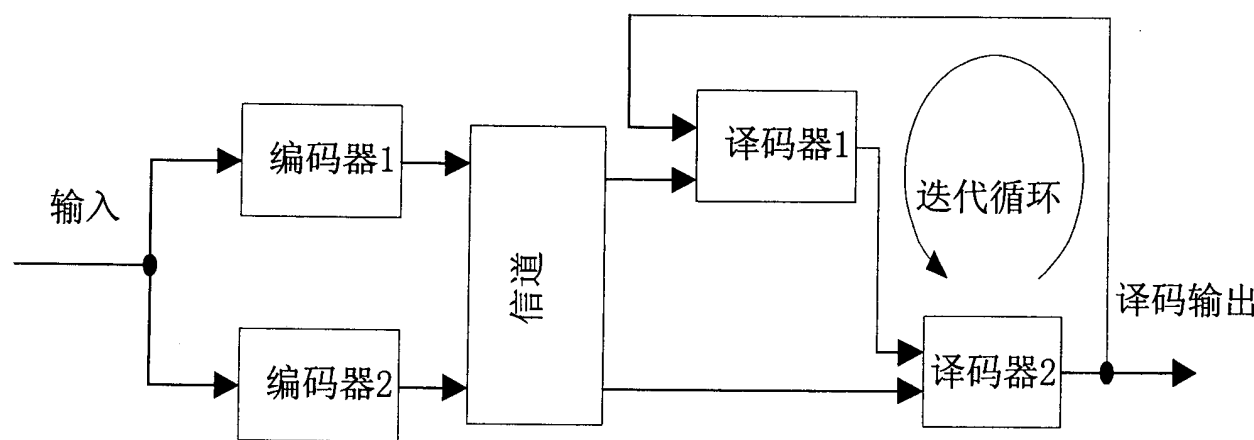


图1

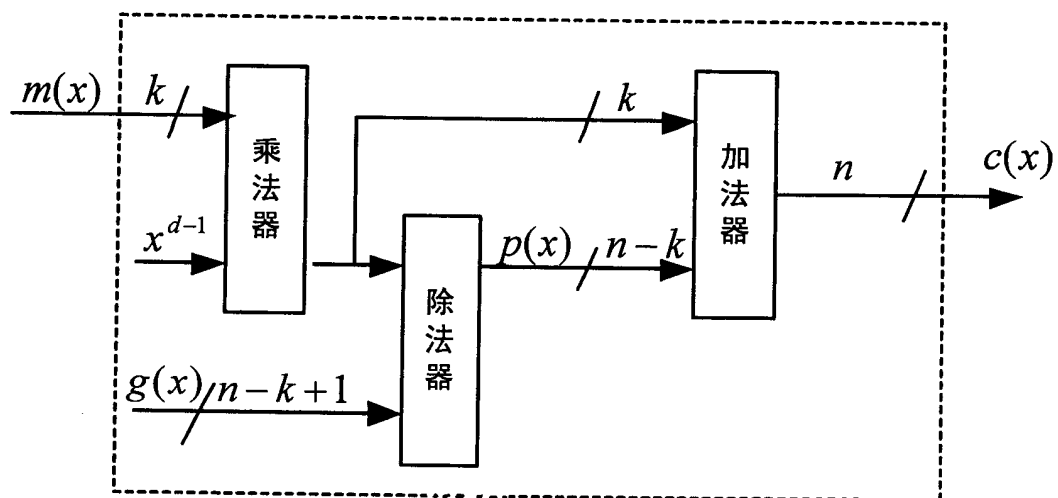


图 2

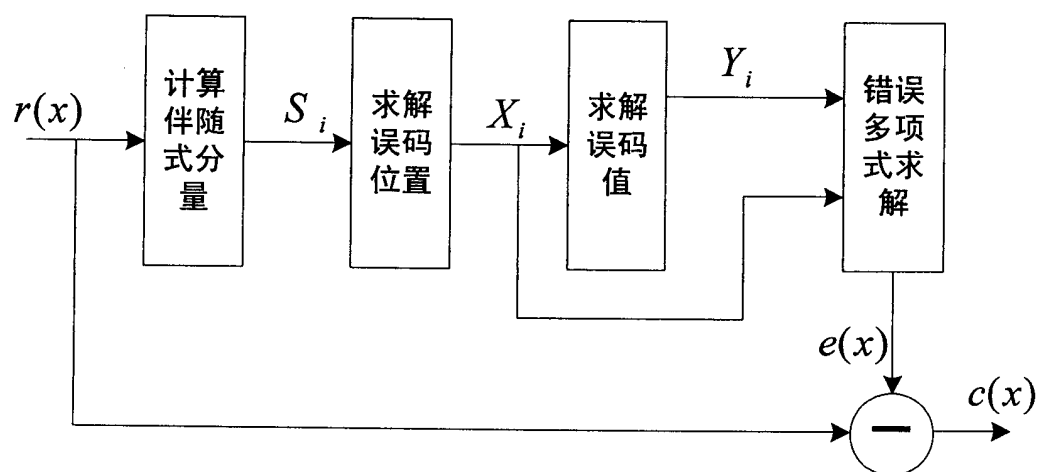


图 3

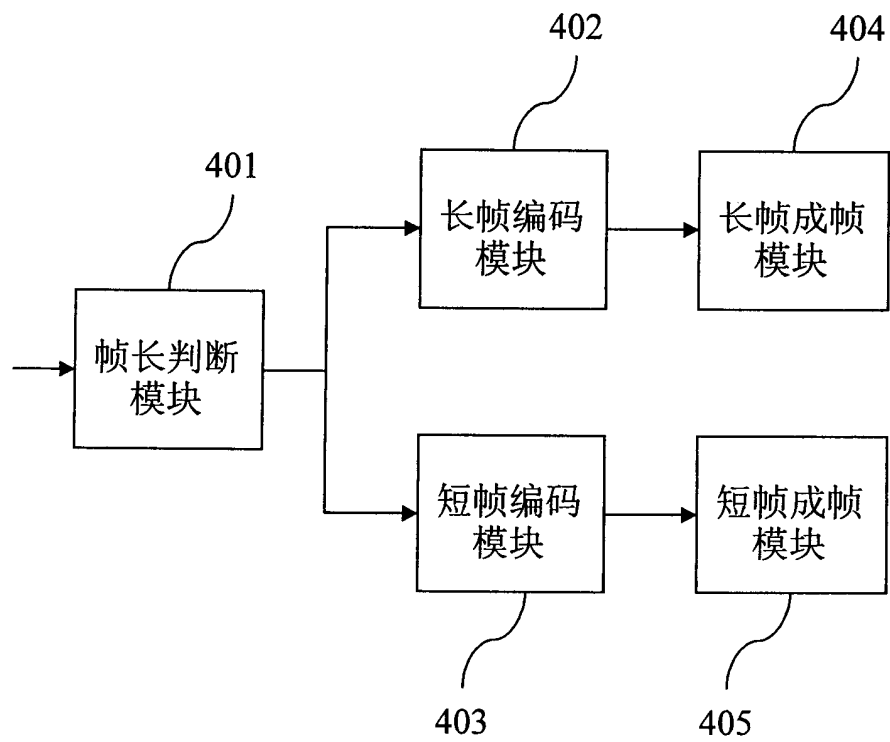


图4

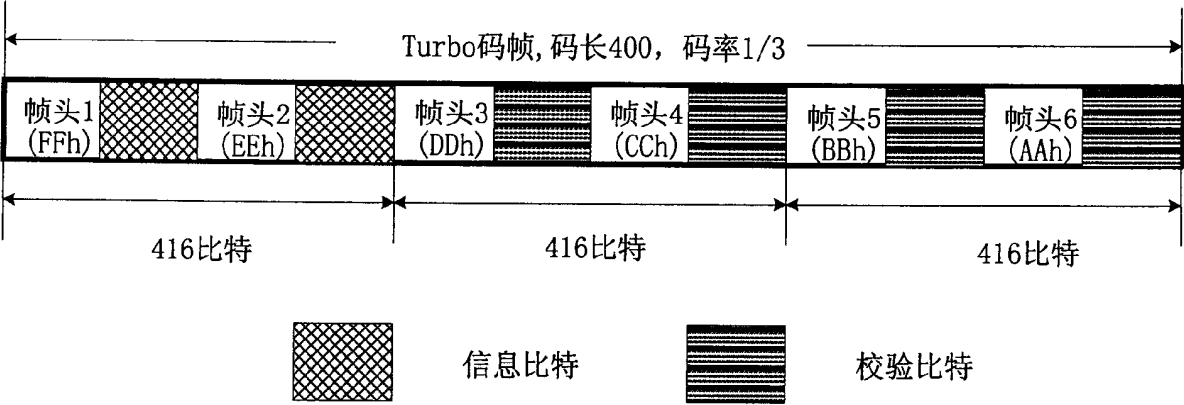


图5

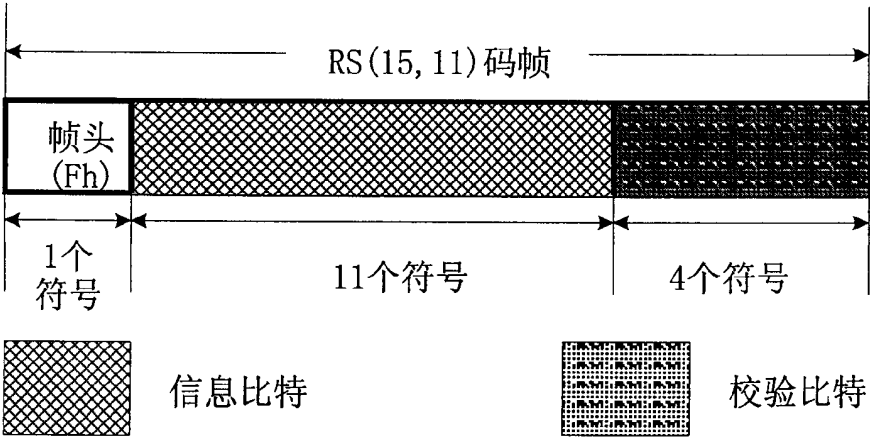


图6

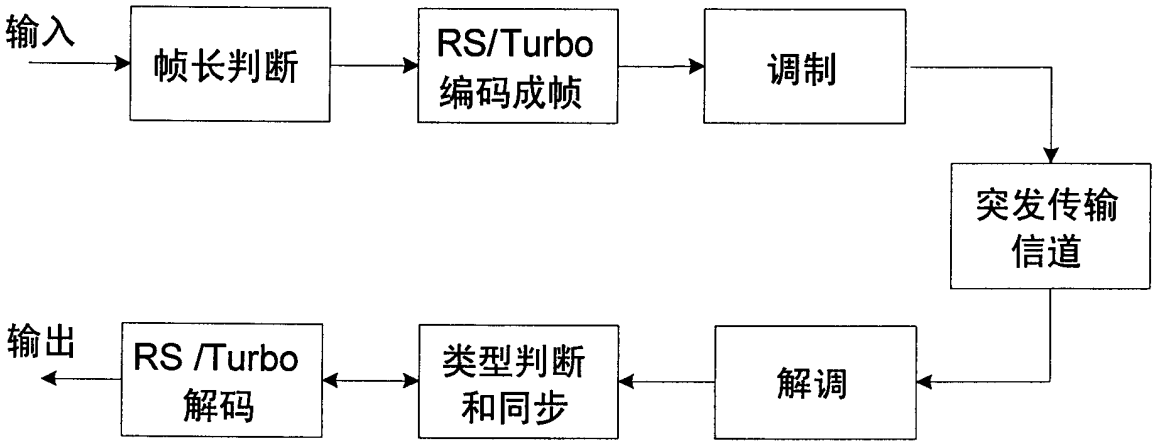


图7