



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114050889 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 26

(21) 申请号 202111315589.0

(22) 申请日 2021.11.08

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114050889 A

(43) 申请公布日 2022.02.15

(66) 本国优先权数据
202111309292.3 2021.11.06 CN

(73) 专利权人 东南大学
地址 210000 江苏省南京市麒麟科创园智
识路26号启迪城立业园04幢

(72) 发明人 王帅 梅洛瑜

(74) 专利代理机构 南京众联专利代理有限公司
32206

专利代理师 张天哲

(51) Int. Cl.

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 1/1607 (2023.01)

H04W 12/033 (2021.01)

H04W 12/106 (2021.01)

(56) 对比文件

CN 106612272 A, 2017.05.03

审查员 张博

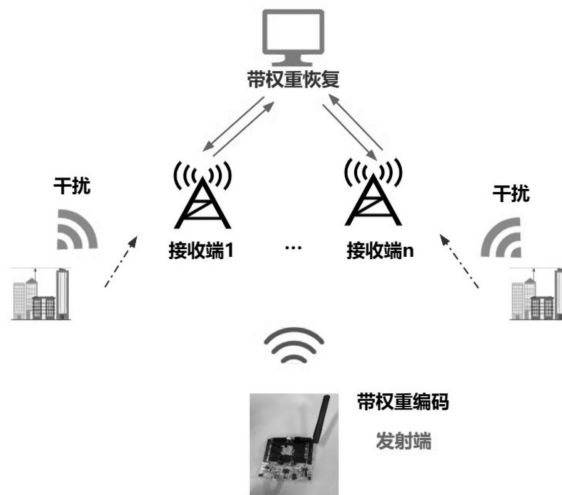
权利要求书1页 说明书4页 附图6页

(54) 发明名称

一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法

(57) 摘要

本发明实现了一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法,设计带权重恢复的错误检测码,在接收端检测出错误后,利用投票权重算法进行数据包恢复。本发明无需修改任何硬件;与原始LoRa相比,当数据包具有81%的损坏时,本发明仍可以实现对数据包的准确解码,而计算时间仅增加了20%。



1. 一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1:基于带权重信号恢复编码的错误检测;

S2:基于权重投票算法的信号恢复;

所述步骤S1具体如下:在LoRa物理层加入带权重信号恢复编码,以便在LoRa解码过程之前在接收端检测到由干扰引起的损坏,其中,带权重信号恢复编码采用七位数据对应四位冗余的方式,编码后每十一个比特位包含四个交织组;在对信号进行解调之后,接收端在解码数据包之前利用检测来检测数据包是否已损坏,如果位置k处出现错误,则对它进行索引的交织组将无法通过重恢复的错误检测;其中,“1”表示错误,“0”表示正确;此外,交织组的正确错误情况的二进制序列在转换为十进制之后恰好为错误的具体位置,通过进制转化之间的映射关系实现错误位置的检测;在检测到损坏之后,接收端将每个数据包中的损坏位置报告给接收端;接收端通过带权重信号恢复来恢复数据包;

需要添加的数据包冗余位的数量用以下公式计算: $2^r \geq m+r+1$,其中,r是校验位的数量,m是数据位;由于 $2^4 \geq 7+4+1$,校验码仅将4位加到7位有效载荷中;具体地说,校验位位于 2^k 位,4个校验位分别是编码后的数据中的第1、2、4、8位;每个校验位代表一个交织组,组Gk包含着位于该位置的数的二进制表示的第k位为1的位置;

所述步骤S2具体如下:当多个接收端中面临相互独立的干扰时,接收到的LoRa数据包的有效载荷在不同的位置被破坏,进一步利用检错码来检测数据包中的损坏,然后通过以太网将错误报告给接收端,接收端利用来自多个接收端的数据包,根据损坏的情况比例为其分配权重,并利用带权重的投票公式恢复正确的数据包。

2. 根据权利要求1所述的一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法,其特征在于,通过以太网将错误报告给接收端的过程中,LoRaWAN利用128位AES进行完整性保护和数据加密。

3. 根据权利要求1所述的一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法,其特征在于,如果存在一些符号位置,每个数据包在其位置的符号权重均为0,即索引此符号位置的每个交织组都出现错误,则在该符号位置均等地对待每个数据包,即每个数据包在该位置权重相同。

一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法,属于通信技术领域。

背景技术

[0002] LoRa技术是一种由Semtech公司推出的,具备低功耗长距离特点的通信协议。但真实环境中,LoRa协议的工作场景是长距离。LoRa接收端的覆盖范围可达数平方公里,LoRa信号通过数公里的路径损耗后,信噪比会急剧下降,进一步导致自身的抗干扰能力不足,极易被附近的同频设备影响,使网络整体通信流量大幅降低。最新的研究OPR通过将损坏的数据包和接收信号强度指示序列传输到接收端中来还原损坏的数据包,并通过枚举寻找与错误检测字段匹配的替代片段。但是,这些基于接收端的抗干扰方法导致了额外的传输开销和计算开销,因而极大地限制了它们在实际系统中的可行性。

发明内容

[0003] 技术问题:本发明通过一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法在不修改硬件的情况下实现抗干扰。设计并实现了利用重恢复的错误检测码,在解码数据包之前检测损坏的位置,并利用投票权重算法利用多个接收端进行数据包恢复。利用带权重信号恢复的独特优势,进一步减小数据传输和计算开销。

[0004] 技术方案:

[0005] 一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0006] S1:基于带权重信号恢复编码的错误检测;

[0007] S2:基于权重投票算法的信号恢复。

[0008] 作为本发明的进一步改进,所述步骤S1具体如下:在LoRa物理层有效载荷进行编码后添加本发明检错码,以便在LoRa解码过程之前在接收端检测到由干扰引起的损坏,其中,本发明检错码采用七位数据对应四位冗余的方式,编码后每十一个比特位包含四个交织组;在对信号进行解调之后,接收端在解码数据包之前利用本发明检测来检测数据包是否已损坏,如果位置k处出现错误,则对它进行索引的交织组将无法通过带权重恢复的错误检测;其中,“1”表示错误,“0”表示正确;此外,交织组的正确错误情况的二进制序列在转换为十进制之后恰好为错误的具体位置,通过本发明进制转化之间的映射关系实现错误位置的检测;在检测到损坏之后,接收端将每个数据包中的损坏位置报告给接收端;接收端利用来自多个接收端的数据包并通过带权重投票的公式来恢复数据包。

[0009] 作为本发明的进一步改进,需要添加的数据包冗余位的数量用以下公式计算: $2^{\hat{r}} \geq m+r+1$,其中,r是校验位的数量,m是数据位;由于 $2^4 \geq 7+4+1$,本发明校验码仅将4位加到7位有效载荷中;具体地说,校验位位于 2^k 位,4个校验位分别是本发明编码后的数据中的第1、2、4、8位;每个校验位代表一个交织组,组G_k包含着位于该位置的数的二进制表示的第k位为1的位置。

[0010] 作为本发明的进一步改进,所述步骤S2具体如下:当多个接收端中面临相互独立

的干扰时,接收到的LoRa数据包的有效载荷在不同的位置被破坏,本发明进一步利用检错码来检测数据包中的损坏,然后通过以太网将错误报告给接收端,接收端利用来自多个接收端的数据包,根据损坏的情况比例为其分配权重,并利用带权重的投票公式恢复正确的数据包。

[0011] 作为本发明的进一步改进,通过以太网将错误报告给接收端的过程中,LoRaWAN利用128位AES进行完整性保护和数据加密。

[0012] 作为本发明的进一步改进,如果存在一些符号位置,每个数据包在其位置的符号权重均为0,即索引此符号位置的每个交织组都出现错误,则本发明在该符号位置均等地对待每个数据包,即每个数据包在该位置权重相同。

[0013] 有益效果:本发明与原始LoRa相比,当数据包具有51.76%的损坏时,本发明仍可以实现对数据包的准确解码,而计算时间仅增加了20%。

附图说明

[0014] 图1:本发明的体系结构。

[0015] 图2:第一个交织组及其索引。

[0016] 图3:第二个交织组及其索引。

[0017] 图4:第三个交织组及其索引。

[0018] 图5:第四个交织组及其索引。

[0019] 图6:本发明扩频因子为7时检错结果。

[0020] 图7:本发明扩频因子为8时检错结果。

[0021] 图8:本发明扩频因子为9时检错结果。

[0022] 图9:本发明扩频因子为10时检错结果。

[0023] 图10:本发明扩频因子为11时检错结果。

[0024] 图11:本发明扩频因子为12时检错结果。

[0025] 图12:本发明利用的权重公式,其中, $C_n[j]$ 代表与第n个包中的第j个段相同的段的数量, P_n 代表第n个包。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图和具体实施方式,进一步阐明本发明,应理解下述具体实施方式仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。

[0027] 附图1说明了本发明的工作原理:一种带权错误检测的低功耗广域网抗干扰方法,该方法通过利用接收端的全局管理能力和每个接收端的信号感知优势来进行错误恢复。更具体地说,本发明在对LoRa物理有效载荷进行编码之后再添加了检错码以进行带权重恢复的错误检测,从而能够在接收端中检测接收到的数据包中的错误位置并将其报告给接收端。当多个接收端接收到此类在传输过程中受到不同干扰的数据包时,接收端将利用多个损坏的数据包,并利用他们正确的部分通过带权重的投票公式恢复正确的数据包,将多个接收端中具有不同错误的数据包一起利用以进行错误恢复。从概念上讲,本发明是一种带权重信号恢复的设计。实验证实,因为越来越多的有用的数据包片段会被不同接收端收集,本发明的纠错能力随着接收端数量的增加而增加。当接收端数为3时,与原始LoRa相比,当

数据包具有81%的损坏时,本发明仍可以实现对数据包的准确解码,而计算时间仅增加了27%。

[0028] 本发明的具体步骤如下:

[0029] S1:基于带权重信号恢复编码的错误检测

[0030] 带权重信号恢复编码的错误检测是本发明设计的核心。本发明在LoRa物理有效负载中添加了用于带权重信号恢复编码的错误检测码,以便在LoRa解码过程之前在接收端检测到由于干扰引起的损坏。本发明借鉴了汉明码的思路,采用七位数据对应四位冗余的方式,编码后每十一个比特位包含四个交织组。第一个交织组及其索引如图2、第二个交织组及其索引如图3、第三个交织组及其索引如图4、第四个交织组及其索引如图5。

[0031] 本发明检错码从汉明码这种经典的前向纠错编码的错误校验中汲取了灵感。为保证相应数据包受损坏后还可以发现错误位置并正确解调,需要添加的数据包冗余位的数量用以下公式计算: $2^r \geq m+r+1$,其中, r 是校验位的数量, m 是数据位。由于 $2^4 \geq 7+4+1$,我们的本发明校验码仅将4位加到7位有效载荷中。具体地说,校验位位于 2^k 位,4个校验位它们分别是本发明编码后的数据中的第1、2、4、8位。每个校验位代表一个交织组(例如,G1),G4组Gk包含着位于该位置的数的二进制表示的第k位为1的位置(例如,G1组包含11、9、7、5、3、1位)。尽管本发明在从LoRa发送方到接收方的传输过程中增加了数据包的长度(添加了7位有效载荷中的4位),但它免去了接收信号强度指示序列的传输(而传输接收信号强度指示序列则会向25字节有效载荷数据包中增加200字节[2])。此外,由于检测数据包错误位置的步骤在接收端进行,本发明还可以减少在接收端的带权重信号恢复编码的错误检测的计算开销。

[0032] 本发明校验码用于在解码数据包之前检测错误位置。在对信号进行解调之后,接收端在解码数据包之前会利用本发明检测来检测数据包是否已损坏。如果位置k处出现错误,则对它进行索引的交织组将无法通过带权重信号恢复编码的错误检测。在我们的设计中,“1”表示错误,“0”表示正确,并且我们注意到,交织组的正确错误情况的二进制序列在转换为十进制之后恰好为错误的具体位置。本发明进制转化之间的映射关系实现错误位置的检测。

[0033] 在检测到损坏之后,接收端将每个数据包中的损坏位置报告给接收端。因此,接收端能够利用来自多个接收端的数据包并通过带权重投票的公式来恢复数据包。尽管本发明检错码能够恢复某些错误位,但是它的纠错能力在错误增加时有一定的限制(例如,当7、11两个位置同时损坏,即四个交织组全部失败时,无法仅通过本发明检错码进行数据恢复)。因此,本发明进一步利用接收端的优势以恢复正确的数据包。

[0034] 其中,图6-11显示了本方法在LoRa sx1276芯片上,在扩频因子从7-12变化时的错误检测能力。图6表现了本方法在扩频因子为7时逐个符号的错误检测情况。图7表现了本方法在扩频因子为8时逐个符号的错误检测情况。图8表现了本方法在扩频因子为9时逐个符号的错误检测情况。图9表现了本方法在扩频因子为10时逐个符号的错误检测情况。图10表现了本方法在扩频因子为11时逐个符号的错误检测情况。图11表现了本方法在扩频因子为12时逐个符号的错误检测情况。

[0035] S2:基于权重投票算法的接收端恢复

[0036] 当多个接收端中面临相互独立的干扰时,接收到的LoRa数据包的有效载荷在不同

的位置被破坏。本发明进一步利用检错码来检测数据包中的损坏,然后通过可靠的以太网连接将错误报告给接收端,在此期间,LoRaWAN利用128位AES进行完整性保护和数据加密。接收端利用来自多个接收端的数据包,根据损坏的情况比例为其分配权重,并利用带权重的投票公式恢复正确的数据包。具体来说,数据包中每个符号的权重根据公式(图12)进行计算。

[0037] 本发明利用权重公式(图12)为数据包中的每个符号设定权重,然后在带权重的投票过程中利用权重来判定数据包的可靠性,即数据包错误越少,则权重就越大。这样,多个数据包的正确信息就可以被提取并可以被利用以恢复正确的数据包。在其中要特别注意的是:如果存在一些符号位置,每个数据包在其位置的符号权重均为0。换句话说,索引此符号位置的每个交织组都出现错误,则本发明在该符号位置均等地对待每个数据包,即每个数据包在该位置权重相同。

[0038] 实施例1

[0039] 用于构建万物互联系统。

[0040] 根据专利技术设计开发万物互联系统抗干扰模块,提高系统内设备传递信息效率,减少电池功耗,提高LoRa终端设备寿命,增强万物互联系统的适用性,降低维护成本。智能接收端管理控制多组微蜂盒,并进行数据搜集和分析。

[0041] 接收端利用带权重的错误检测和信号恢复技术作为系统的抗干扰核心,提高了系统信息交互效率,减低了数据通道的占用时长。

[0042] 万物互联系统应用场景包括但不限于智慧物流、智能锁具、交通信号、精准灌溉、智能标签、阀门控制等。

[0043] 实施例2

[0044] 用于构建高同步,实时性强的自组网,满足移动、强干扰情况下稳定通信的需要。

[0045] 例如:移动的车辆与船舶实时传输数据,由于处于复杂的移动有干扰场景,需要设备具备极强的抗干扰能力。使用本方法可以带权重的检测出由干扰导致的错误,从而进行准确的错误恢复。因此,使用本方法可以保持移动情况下的联通稳定性以及增强设备的抗干扰能力

[0046] 实施例3

[0047] 用于多设备的利用合作。

[0048] 例如:可以无需外加设备地维护信号传输系统的稳定。比如物流仓库,通过采用接收端边利用抗干扰技术,可以免去数据包重发,信息误码率高的弊病,实现机器人、机械手、货架、货物高效相联,我们的技术可降低协作时延,提高智能仓储的精确度和及时度,进而解决操纵复杂的问题,实现从收货、存储,到订单拣选、包装等的设备自动化沟通和任务分配。

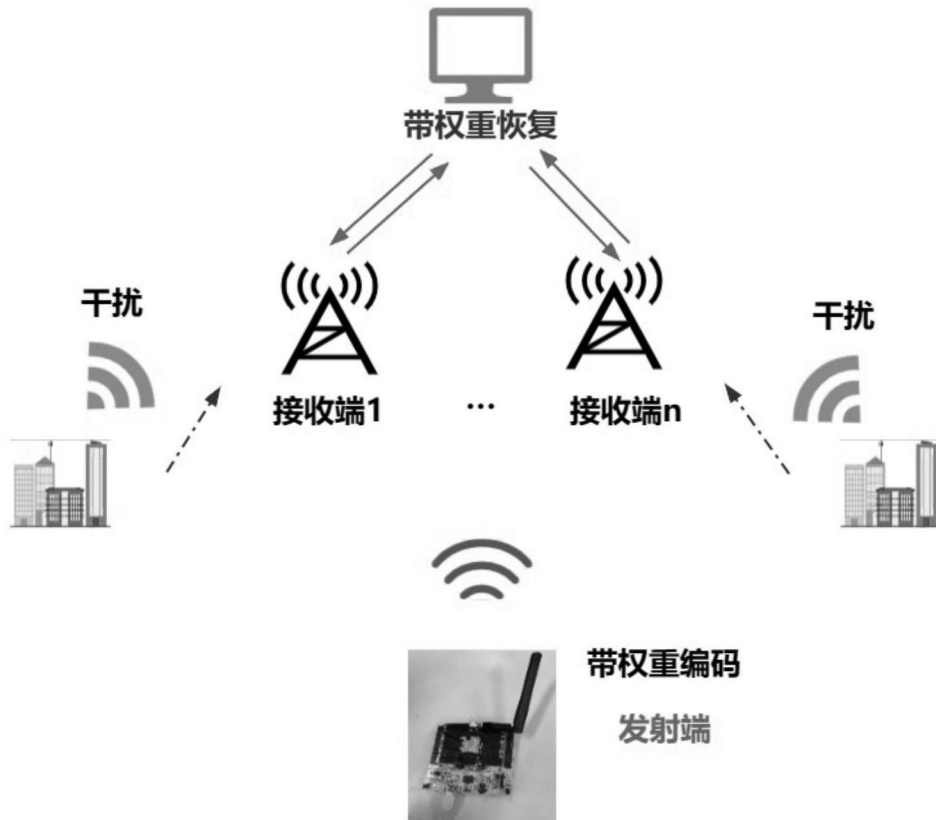


图1

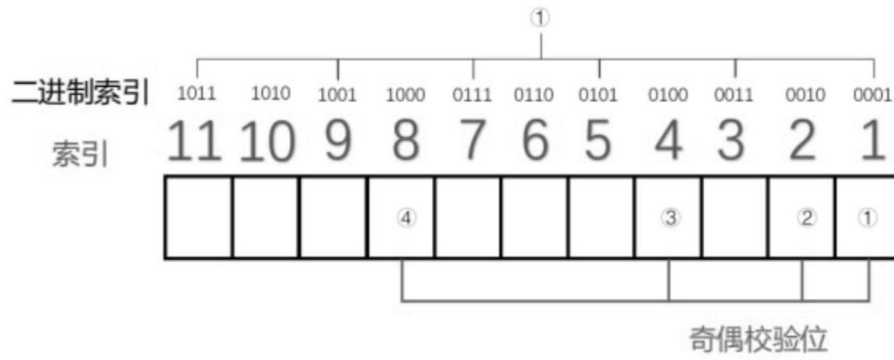


图2

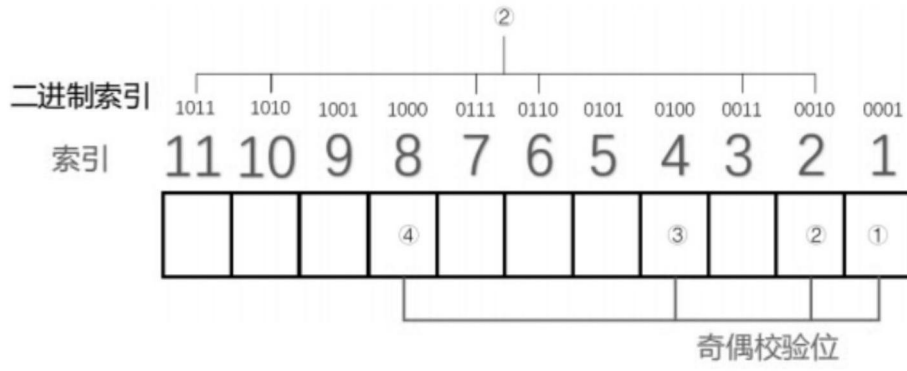


图3

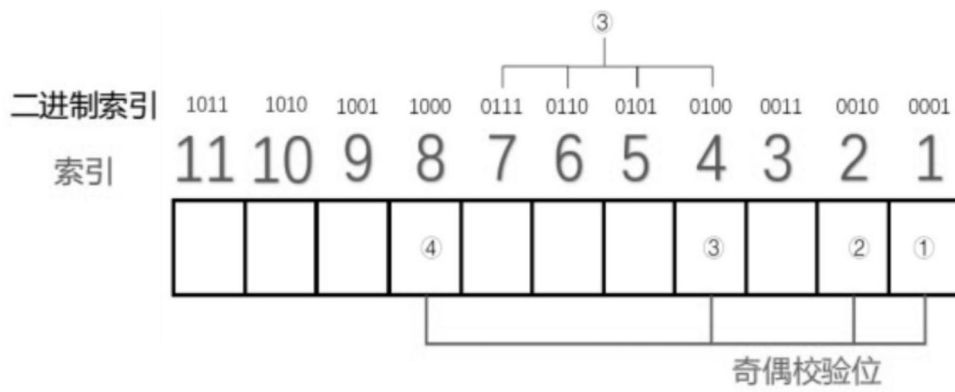


图4

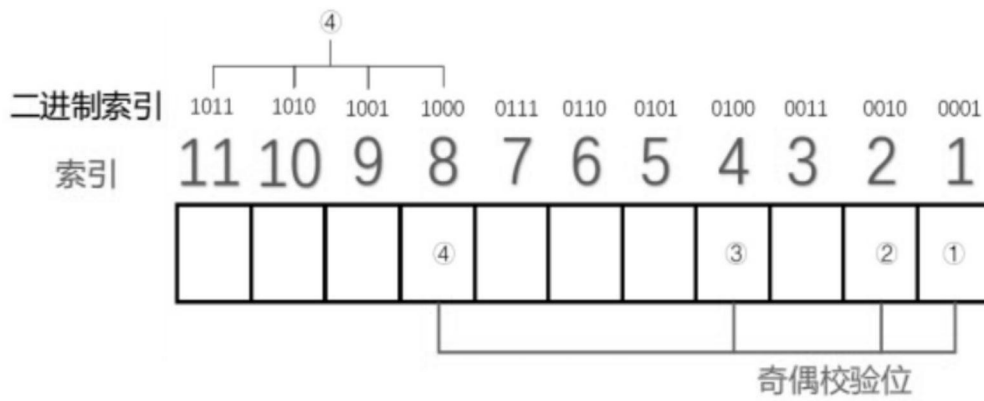


图5

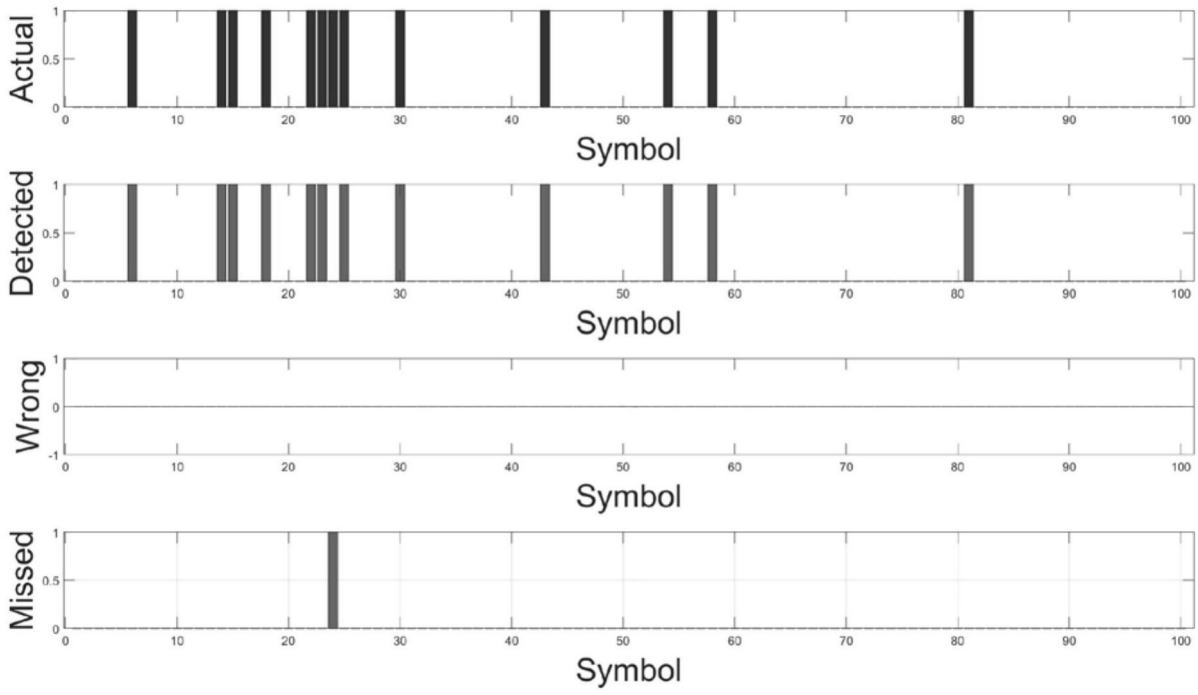


图6

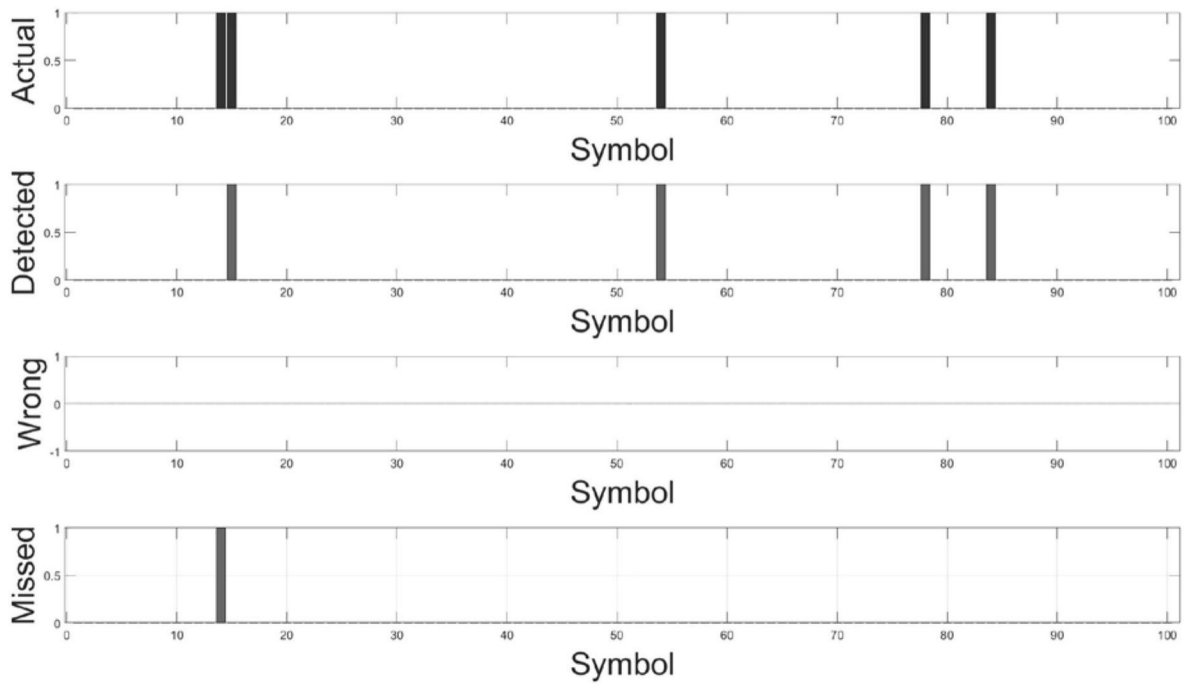


图7

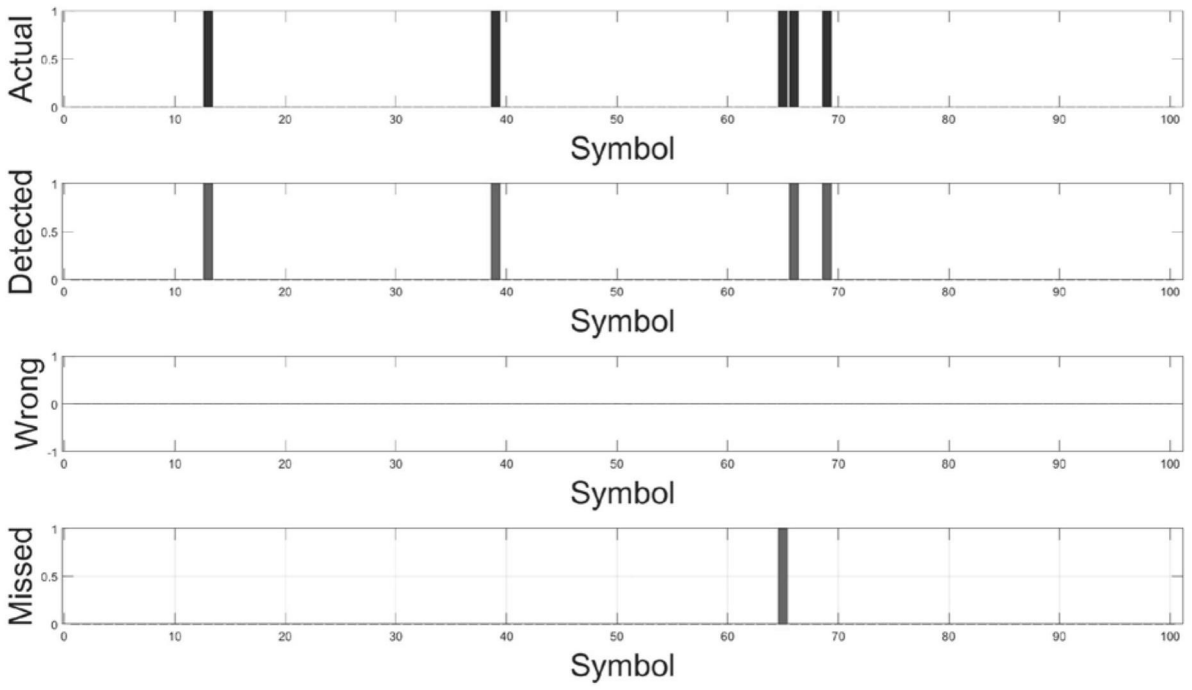


图8

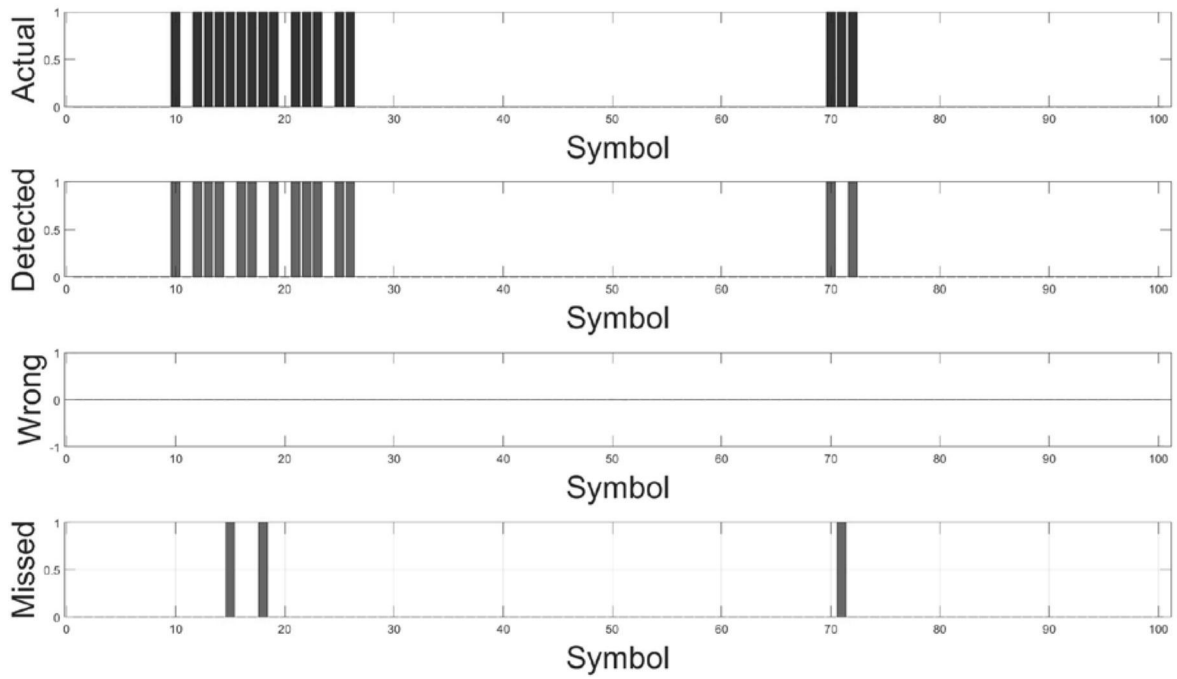


图9

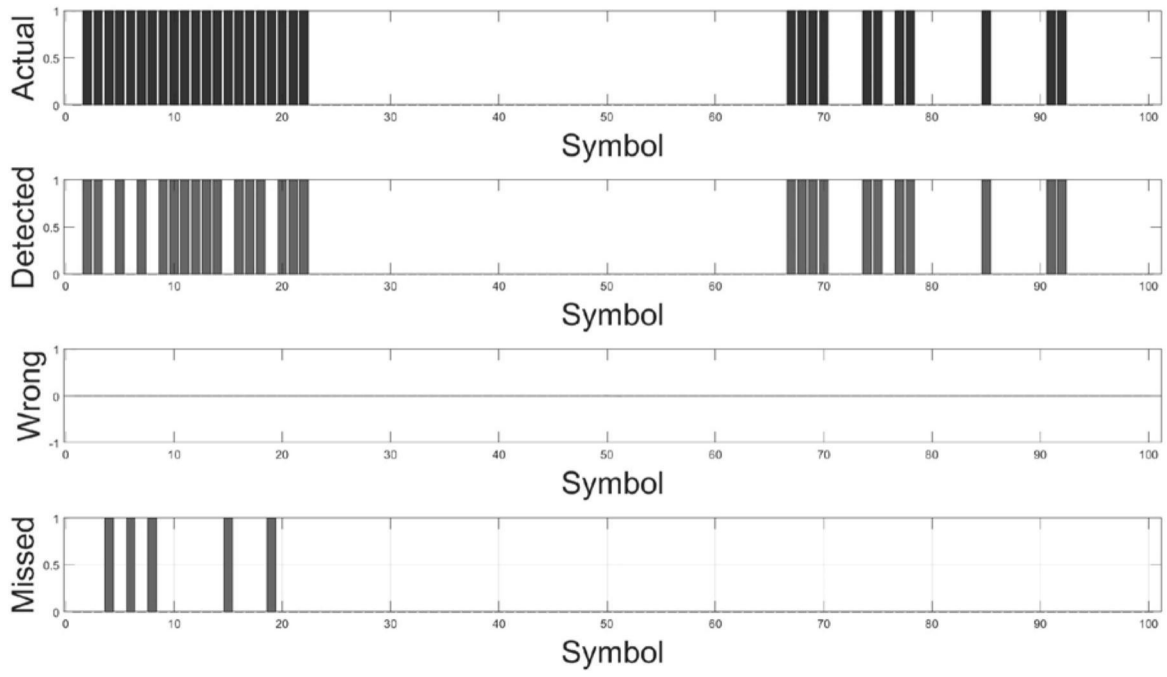


图10

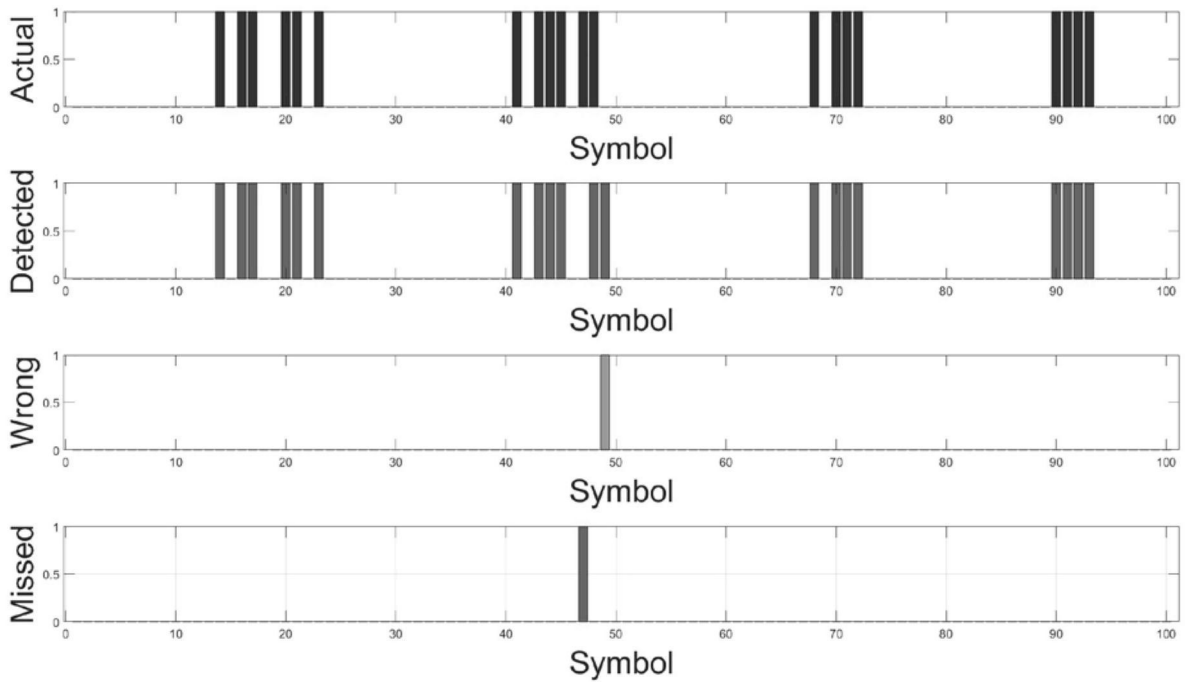


图11

$$C_n[j] = \sum_{k=0}^{m-1} (P_n[j] == P_n[k])$$

图12