



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1976331 B

(45) 授权公告日 2011.06.08

(21) 申请号 200510126943.X

审查员 鲁艳萍

(22) 申请日 2005.11.28

(73) 专利权人 凌阳科技股份有限公司  
地址 中国台湾新竹市科学工业园区

(72) 发明人 王志耀 冯治军

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所  
11105

代理人 黄小临 王志森

(51) Int. Cl.

H04L 27/26 (2006.01)

(56) 对比文件

US 6421401 B1, 2002.07.16, 全文.

JP 特开平 11-163824 A, 1999.06.18, 全文.

CN 1578291 A, 2005.02.09, 全文.

US 6088406 A, 2000.07.11, 说明书第 9 栏第 25 行至第 10 栏第 26 行、图 11 - 12.

JP 特开 2000-165338 A, 2000.06.16, 说明书第 0011-0024 段、图 1-5.

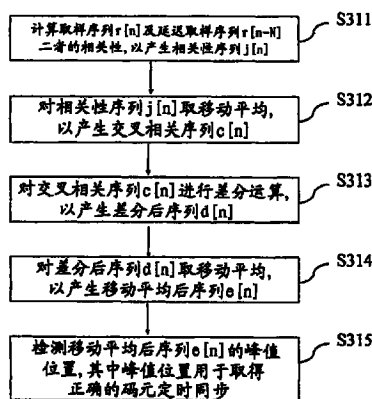
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54) 发明名称

码元定时同步方法及使用该方法的装置

(57) 摘要

一种码元定时同步方法, 首先计算取样序列和其延迟长度 N 的延迟取样序列二者的相关性以产生相关性序列, 其中 N 为取样序列中码元的有效数据长度。接着, 对相关性序列取移动平均以产生交叉相关序列, 再对交叉相关序列进行差分运算以产生差分后序列。然后, 对差分后序列取移动平均以产生移动平均后序列, 并检测移动平均后序列的峰值位置以取得正确的码元定时。



1. 一种码元定时同步方法,适用于通讯系统的接收机,该码元定时同步方法包括:  
计算取样序列和延迟取样序列二者的相关性以产生相关性序列;  
对该相关性序列取移动平均以产生交叉相关序列;  
对该交叉相关序列进行差分运算以产生差分后序列;  
对该差分后序列取移动平均以产生移动平均后序列;以及  
检测该移动平均后序列的峰值位置,其中该峰值位置用于取得正确的码元定时同步;  
其中,该延迟取样序列为该取样序列延迟  $N$  个取样点, $N$  为该取样序列中码元的有用数据的取样点个数。

2. 根据权利要求 1 所述的码元定时同步方法,还包括在对该交叉相关序列进行差分运算以产生该差分后序列之前,先对该交叉相关序列进行  $M$  个码元平均或累加计算,其中  $M$  为正整数。

3. 根据权利要求 1 所述的码元定时同步方法,还包括提供指标,该指标与预设临界值比较以判定该取样序列中是否存在码元,其中该指标是该移动平均后序列的峰值和其最小值的差值。

4. 根据权利要求 1 所述的码元定时同步方法,其中该通讯系统包括正交频分复用系统。

5. 根据权利要求 1 所述的码元定时同步方法,其中该相关性序列是取共轭复数后的该取样序列与该延迟取样序列相乘。

6. 根据权利要求 1 所述的码元定时同步方法,其中该相关性序列是该取样序列与取共轭复数后的该延迟取样序列相乘。

7. 根据权利要求 1 所述的码元定时同步方法,其中该相关性序列是该取样序列与该延迟取样序列相减或次方相减。

8. 根据权利要求 1 所述的码元定时同步方法,其中该差分后序列是该交叉相关序列减去延迟一个取样点后的该交叉相关序列。

9. 一种码元定时同步装置,适用于通讯系统的接收机,该码元定时同步装置包括:  
取相关器,用于接收取样序列,计算该取样序列以及延迟该取样序列的相关性以产生相关性序列,并对该相关性序列取移动平均以产生交叉相关序列;

差分器,耦接至该取相关器,该差分器用于对该交叉相关序列进行差分运算以产生差分后序列;

取移动平均器,耦接至该差分器,该取移动平均器用于对该差分后序列取移动平均以产生移动平均后序列;以及

峰值检测器,耦接至该取移动平均器,该峰值检测器用于检测该移动平均后序列的峰值位置,其中该峰值位置用于取得正确的码元定时同步;

其中,该延迟取样序列为该取样序列延迟  $N$  个取样点, $N$  为该取样序列中码元的有用数据的取样点个数。

10. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,还包括相位获取器,耦接至该取相关器与该峰值检测器的输出,该相位获取器用于获取该交叉相关序列的相位。

11. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,还包括取码元平均器,耦接于该取相关器以及该差分器之间,该取码元平均器用于对该交叉相关序列进行  $M$  个码元平均以产生取

码元平均后的该交叉相关序列,其中 M 为正整数。

12. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,还包括取码元累加器,耦接于该取相关器以及该差分器之间,该取码元累加器用于对该交叉相关序列进行 M 个码元累加以产生取码元累加后的该交叉相关序列,其中 M 为正整数。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的码元定时同步装置,还包括相位获取器,耦接于该差分器的输入与该峰值检测器的输出之间,该相位获取器用于获取取码元平均或累加后的该交叉相关序列的相位。

14. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,其中该峰值检测器还提供指标,该指标与预设临界值比较以判定该取样序列中是否存在码元,其中该指标是该移动平均后序列的峰值和其最小值的差值。

15. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,其中该通讯系统包括正交频分复用系统。

16. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,其中该取相关器包括:

延迟器,用于接收该取样序列,并产生对该取样序列延迟 N 个取样点的延迟取样序列;

取共轭复数器,用于接收该取样序列,并产生对该取样序列取共轭复数的共轭复数取样序列;

乘法器,耦接至该延迟器以及该取共轭复数器,该乘法器用于将该延迟取样序列和该共轭复数取样序列相乘,以产生该相关性序列;以及

取移动平均单元,耦接至该乘法器,该取移动平均单元用于对该相关性序列取移动平均以产生该交叉相关序列。

17. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,其中该取相关器包括:

延迟器,用于接收该取样序列,并产生对该取样序列延迟 N 个取样点的延迟取样序列;

取共轭复数器,耦接至该延迟器,该取共轭复数器用于对该延迟取样序列取共轭复数,以产生共轭复数延迟取样序列;

乘法器,耦接至该取样序列和该取共轭复数器,该乘法器用于将该共轭复数延迟取样序列以及该取样序列二者相乘,以产生该相关性序列;以及

取移动平均单元,耦接至该乘法器,该取移动平均单元用于对该相关性序列取移动平均以产生该交叉相关序列。

18. 根据权利要求 9 所述的码元定时同步装置,其中该取移动平均器包括:

第一延迟器,具有输入端接收该差分后序列以及输出端,该第一延迟器用于将该差分后序列延迟  $N_g$  个取样点后由该第一延迟器的输出端送出,其中  $N_g$  为该取样序列中码元的保护区间的取样点个数;

加法器,具有第一输入端接收该差分后序列、第二输入端以及输出端,该加法器将该加法器的第一输入端信号与该加法器的第二输入端信号相加后由该加法器的输出端送出;

第二延迟器,具有输入端耦接至该加法器的输出端以及输出端耦接至该加法器的第二输入端,该第二延迟器用于将该第二延迟器的输入端信号延迟一个取样点后由该第二延迟器的输出端送出;以及

减法器,具有第一输入端耦接至该加法器的输出端、第二输入端耦接至该第一延迟器的输出端以及输出端,该减法器将该减法器的第一输入端信号与该减法器的第二输入端信

号相减以产生该移动平均后序列,并由该减法器的输出端送出该移动平均后序列。

19. 根据权利要求 11 所述的码元定时同步装置,其中该取码元平均器包括:

除法器,具有用于接收该交叉相关序列的输入端以及输出端,该除法器用于将该交叉相关序列除以  $M$  后由该除法器的输出端送出;

加法器,具有第一输入端耦接至该除法器的输出端、第二输入端以及输出端,该加法器将该加法器的第一输入端信号与该加法器的第二输入端信号相加以产生取码元平均后的该交叉相关序列,并由该加法器的输出端送出取码元平均后的该交叉相关序列;以及

延迟器,具有输入端耦接至该加法器的输出端以及输出端耦接至该加法器的第二输入端,该延迟器用于将该延迟器的输入端信号延迟  $(N+N_g)$  个取样点后由该延迟器的输出端送出,其中  $(N+N_g)$  为一个码元长度。

20. 根据权利要求 12 所述的码元定时同步装置,其中该取码元累加器包括:

加法器,具有第一输入端接收交叉相关序列、第二输入端以及输出端,该加法器将该加法器的第一输入端信号与该加法器的第二输入端信号相加以产生取码元累加后的该交叉相关序列,并由该加法器的输出端送出取码元累加后的该交叉相关序列;以及

延迟器,具有输入端耦接至该加法器的输出端以及输出端耦接至该加法器的第二输入端,该延迟器用于将该延迟器的输入端信号延迟  $(N+N_g)$  个取样点后由该延迟器的输出端送出,其中  $(N+N_g)$  为一个码元长度。

## 码元定时同步方法及使用该方法的装置

### 技术领域

[0001] 本发明是有关于一种码元定时同步 (symbol timing synchronization), 且特别是有关于一种正交频分复用 (orthogonal frequency division multiplexing, OFDM) 系统中接收机的码元定时同步的方法及装置。

### 背景技术

[0002] 在 OFDM 通讯系统中, 接收机必须检测每个码元 (symbol) 的起始位置, 以正确地回复从发射机传送的信息, 这样的操作称为码元定时同步。对于一些 OFDM 系统而言, 例如无线局域网 (WLAN) 或数字音频广播 (DAB) 系统, 其发射机将传送一些前置数据 (preamble) 或训练序列 (training sequence) 以便接收机用于做码元定时同步。但是, 对于一些其它的 OFDM 系统而言, 例如地面视频广播 (DVB-T) 系统, 其发射机并不传送这些前置数据或训练序列。这些系统一般常利用保护区间的特性来检测码元定时。

[0003] 图 1 绘示为一种已知的 OFDM 系统在加成性高斯白噪声 (AWGN) 信道下利用保护区间来检测码元定时的示意图。请参照图 1,  $r[n]$  表示收到的 OFDM 信号经过模拟-数字转换后的取样序列, 而  $r[n-N]$  表示将取样序列  $r[n]$  延迟  $N$  个取样点的序列。取样序列  $r[n]$  由多个码元所组成, 譬如包括码元 110 与 120。每个码元由一个长度为  $N_g$  (或具有  $N_g$  个取样点) 的保护区间和一个长度为  $N$  (或具有  $N$  个取样点) 的有用数据所组成, 其中保护区间放置在有用数据的前端, 而且是复制自有用数据的尾端部分。

[0004] 例如, 码元 110 的保护区间 111 复制自其有用数据的尾端部分 112, 而且将码元 110 延迟  $N$  个取样点即码元 110'。可以知道的是, 保护区间 111' 与 111 内的数据相同 (二者只差别在有一延迟), 而保护区间 111 复制自尾端部分 112, 因此保护区间 111' 与尾端部分 112 内的数据相同。

[0005] 因为在每个码元内有重复的结构 (譬如保护区间 111 复制自尾端部分 112), 所以在序列  $r[n]$  与  $r[n-N]$  之间存在一些相关性。例如, 通过将序列  $r[n]$  与  $r[n-N]$  二者其中之一取共轭复数并与另一个未取共轭复数的序列相乘 (以下称此过程为取相关函数), 即  $(r^*[n] \times r[n-N])$  或  $(r[n] \times r^*[n-N])$ , 则可产生相关性序列  $j[n]$ 。在相关性序列  $j[n]$  中, 区间 113 表示序列  $r[n]$  与  $r[n-N]$  在此区间具有高度的相关性。最后, 对相关性序列  $j[n]$  取移动平均而产生交叉相关序列  $c[n]$ , 再检测其峰值 114 的位置以得到下一个码元 (譬如码元 120) 正确的起始位置。

[0006] 另外, 在美国专利第 6, 088, 406 号中, 利用累加多个码元的相关性序列, 以使得交叉相关序列的峰值更加明显, 藉此改善检测峰值位置的可靠度。然而, 对于时间分散 (time-dispersive) 信道而言, 上述码元定时检测方法的可靠度并不足够。尤其是对于具有长回波延迟 (long echo delay) 的时间分散信道而言, 例如广播系统常使用到的单频网 (single frequency network, SFN) 信道, 其可靠度还是不够。这是由于在 SFN 信道中交叉相关序列的峰值不若在 AWGN 信道中的明显。

[0007] 图 2 绘示为将图 1 所示码元定时同步方法应用到具有两个路径的 SFN 信道的示

意图,其中两路径增益相同,而路径差为  $N_g$ ,因此当 OFDM 信号经过此 SFN 信道后,接收机从一路径得到取样序列  $r_1[n]$  且从另一路径得到取样序列  $r_2[n]$ ,即取样序列  $r[n]$  是由序列  $r_1[n]$  与  $r_2[n]$  组成。

[0008] 以取样序列  $r_1[n]$  中的码元 210 为例,在取样序列  $r_2[n]$  中与码元 210 内数据相同的码元 220 是码元 210 延迟  $N_g$  个取样点。当序列  $r_1[n]$  与  $r_2[n]$  分别经过取相关函数与取移动平均后,其分别产生序列  $c_1[n]$  与  $c_2[n]$ 。因此,可以将交叉相关序列  $c[n]$  视为由序列  $c_1[n]$  与  $c_2[n]$  所组合而成。与图 1 所示在 AWGN 信道中的交叉相关序列  $c[n]$  相比,图 2 所示在 SFN 信道中的交叉相关序列  $c[n]$  不再具有明显的峰值,取而代之的是一峰值区域,而且在理想情况下此区域内的取样点的值皆相同且均为最大值。不幸地,当受到噪声和干扰信号的影响而使峰值区域的取样点值不再相同时,会使得正确的码元位置 214 的检测更加困难。

[0009] 为了克服上述码元定时同步方法在譬如 SFN 信道的时间分散信道中有码元位置不易检测的缺点,在美国专利第 6,421,401 号揭露另一种方法,其借着使用两个取相关器来取相关函数,因此可以提供明显的峰值。但是,这种方法显然需要额外的相关器,这意味需要更多的乘法器和存储装置而使得结构更趋复杂。除此之外,由 A. Palin 与 J. Rinne 在 1998 年的 IEEE Globecom 会议中所提出的论文“Enhanced symbol synchronization method for OFDM system in SFN channels”中,提出码元定时可以借着判断交叉相关序列中取样点的振幅渐增到是否超过预设临界值来评估。不过,不同类型的时间分散信道将导致交叉相关序列中取样点的振幅范围不同,因此难以选取适当的临界值符合所有类型的时间分散信道。

## 发明内容

[0010] 本发明的目的就是在提供一种可运用在正交频分复用 (OFDM) 的通讯系统的码元定时检测方法及使用该方法的装置,具有低复杂度和高可靠度,且适用于所有类型的信道,尤其是适用于具有长回波延迟的时间分散信道。

[0011] 本发明提出一种码元定时同步方法,其适用于譬如正交频分复用 (OFDM) 的通讯系统的接收机,且适用于所有类型的信道,尤其是适用于具有长回波延迟的时间分散信道。此码元定时同步方法首先计算取样序列以及延迟取样序列二者的相关性以产生相关性序列,其中延迟取样序列是取样序列延迟  $N$  个取样点,其中  $N$  为取样序列中码元的有用数据的取样点个数。接着,对相关性序列取移动平均以产生交叉相关序列,再对交叉相关序列进行差分运算以产生差分后序列。然后,对差分后序列取移动平均以产生移动平均后序列,并检测移动平均后序列的峰值位置,其中峰值位置是用于取得正确的码元定时同步。

[0012] 在一实施例中,上述的码元定时同步方法还包括在对交叉相关序列进行差分运算以产生差分后序列之前,先对交叉相关序列进行  $M$  个码元平均或累加,其中  $M$  为正整数。再者,上述的码元定时同步方法还包括提供指标,其是移动平均后序列的峰值 (即最大值) 减去移动平均后序列的最小值,其中指标用于与预设临界值比较以判定取样序列中是否存在码元。

[0013] 本发明提出一种码元定时同步装置,其在一实施例中包括取相关器、差分器、取移动平均器以及峰值检测器。在此实施例中,取相关器用于接收取样序列,计算取样序列以及

取样序列延迟  $N$  个取样点的延迟取样序列二者的相关性以产生相关性序列,并对相关性序列取移动平均以产生交叉相关序列,其中  $N$  为取样序列中码元的有用数据的取样点个数。差分器耦接至取相关器,用于对交叉相关序列进行差分运算以产生差分后序列。取移动平均器耦接至差分器,用于对差分后序列取移动平均以产生移动平均后序列。峰值检测器耦接至取移动平均器,用于检测移动平均后序列的峰值位置,其中峰值位置用于取得正确的码元定时同步。

[0014] 在一实施例中,上述的码元定时同步装置还包括取码元平均器(或取码元累加器)。此取码元平均器(或取码元累加器)耦接于取相关器以及差分器之间,用于对交叉相关序列进行  $M$  个码元平均(或累加)以产生取码元平均(或累加)后的交叉相关序列,其中  $M$  为正整数。再者,上述的码元定时同步装置中的峰值检测器还产生指标,其是移动平均后序列的峰值减去移动平均后序列的最小值,其中指标用于与预设临界值比较以判定取样序列中是否存在码元。

[0015] 本发明因对交叉相关序列先进行差分运算再取移动平均器,即使 OFDM 信号经过具有长回波延迟的时间分散信道也可以产生明显的峰值,因此具有高可靠度的码元定时检测。

[0016] 为了让本发明的上述和其它目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附图式,作详细说明如下。

#### 附图说明

[0017] 图 1 绘示为一种已知的 OFDM 系统在 AWGN 信道下利用保护区间来检测码元定时的示意图。

[0018] 图 2 绘示为将图 1 所示码元定时同步方法应用到具有两个路径的 SFN 信道的示意图,其中两路径增益相同,而路径差为  $N_g$ 。

[0019] 图 3A 与图 3B 为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步方法的流程图。

[0020] 图 4A 与图 4B 分别为依照本发明实施例所示码元定时同步方法相关的信号的示意图与仿真图。

[0021] 图 5A 与图 5B 为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置的方块图,其分别对应到图 3A 与 3B 所示的码元定时同步方法。

[0022] 图 6A 与 6B 为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置中取相关器的方块图。

[0023] 图 7 为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置中取移动平均器的方块图。

[0024] 图 8A 与图 8B 分别为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置中取码元平均器以及取码元累加器的方块图。

[0025] [主要元件标号说明]

[0026] S311 ~ S315 :依照本发明一实施例所绘示的码元定时同步方法的流程步骤

[0027] S351 ~ S356 :依照本发明另一实施例所绘示的码元定时同步方法的流程步骤

[0028]  $r[n]$ 、 $r_1[n]$ 、 $r_2[n]$ 、 $r[n-N]$  :取样序列

[0029]  $j[n]$  :相关性序列

[0030]  $c[n]$ 、 $c_1[n]$ 、 $c_2[n]$  :交叉相关序列

- [0031]  $c'[n]$  :取码元平均后的交叉相关序列
- [0032] 110、110'、120、120'、210、220 :码元
- [0033] 111、111' :保护区间
- [0034] 112、112' :尾端部分
- [0035] 113 :区间 (其代表具高度的相关性)
- [0036] 114、214、414、424 :峰值 (即最大值)
- [0037] 425 :最小值
- [0038] 500、505 :码元定时同步装置
- [0039] 510 :取相关器
- [0040] 520 :取码元平均器
- [0041] 530 :差分器
- [0042] 550 :取移动平均器
- [0043] 570 :峰值检测器
- [0044] 590 :相位获取器
- [0045] 610、615 :延迟器
- [0046] 630、635 :取共轭复数器
- [0047] 650、655 :乘法器
- [0048] 670、675 :取移动平均单元
- [0049] 710、740 :延迟器
- [0050] 720 :加法器
- [0051] 730 :减法器
- [0052] 810 :除法器
- [0053] 820 :加法器
- [0054] 830 :延迟器
- [0055]  $N_g$  :码元的保护区间长度 (或取样点个数)
- [0056]  $N$  :码元的有效数据长度 (或取样点个数)
- [0057]  $N+N_g$  :码元长度 (或取样点个数)

### 具体实施方式

[0058] 为了实施例方便说明起见,以下通讯系统以利用保护区间来检测码元定时的正交频分复用 (OFDM) 系统为例。在 OFDM 系统的接收机将收到的 OFDM 信号经过模拟 - 数字转换后产生取样序列  $r[n]$ ,此时必须检测取样序列  $r[n]$  中每个码元的起始位置,以正确地回复从发射机传送的信息,这样的操作称为码元定时同步。

[0059] 图 3A 为依照本发明一实施例所绘示的码元定时同步方法的流程图,而图 4A 为与图 3A 所示码元定时同步方法相关的信号的示意图。请同时参照图 3A 与图 4A,在步骤 S311,首先计算取样序列  $r[n]$  和其延迟  $N$  个取样点后的延迟取样序列  $r[n-N]$  二者的相关性以产生相关性序列  $j[n]$ ,其中  $N$  为取样序列  $r[n]$  中码元的有用数据的取样点个数。在这里,相关性序列  $j[n]$  譬如为  $(r^*[n] \times r[n-N])$  或  $(r[n] \times r^*[n-N])$ ,甚至可以将其中的乘法以减法方式替代,或者将其中的乘法以次方减法 (power subtraction) 方式替代。接着,在步骤

S312,对相关性序列  $j[n]$  取移动平均以产生交叉相关序列  $c[n]$ 。明显地,步骤 S311 至 S312 的过程与图 1 或图 2 所示相同,因此经过步骤 S311 至 S312 产生图 4A 所示的交叉相关序列  $c[n]$  的相关描述在此不再多做说明。

[0060] 再来,在步骤 S313,对交叉相关序列  $c[n]$  进行差分运算以产生差分后序列  $d[n]$ ,其中差分运算有许多种方式实现,譬如  $d[n] = c[n]-c[n-1]$  或  $d[n] = c[n]-c[n+1]$  即是以减法方式实现差分。然后,在步骤 S314,对差分后序列  $d[n]$  取移动平均以产生移动平均后序列  $e[n]$ ,并在步骤 S315 检测移动平均后序列  $e[n]$  的峰值 414 位置,其中峰值 414 位置是用于取得正确的码元定时同步。

[0061] 图 3B 为依照本发明另一实施例所绘示的码元定时同步方法的流程图,而图 4B 为图 3B 所示码元定时同步方法应用到具有两个路径的 SFN 信道时相关的信号的仿真图。请同时参照图 3B 与图 4B,事实上图 3B 的步骤 S351、S352、S354、S355 与 S356 分别与图 3A 的步骤 S311、S312、S313、S314 与 S315 相同。所以,图 3B 所示方法与图 3A 的差别在对相关性序列  $j[n]$  取移动平均以产生交叉相关序列  $c[n]$  (即步骤 S312 或 S352) 之后,以及在对交叉相关序列  $c[n]$  进行差分运算以产生差分后序列  $d[n]$  (即步骤 S313 或 S354) 之前,先对交叉相关序列  $c[n]$  进行 M 个码元平均或累加 (即步骤 S353),其中 M 为正整数。

[0062] 可以从图 4B 看出交叉相关序列  $c[n]$  经过码元平均后产生的交叉相关序列  $c'[n]$ ,其噪声水平下降而产生较明显的峰值区域,这时再进行差分及移动平均所产生的序列  $e[n]$  具有明显的峰值 424 位置而不再是一平缓区域。再者,可以利用序列  $e[n]$  的峰值 (即最大值) 424 与最小值 425 二者差值来提供一指标。当此指标的值大于预设临界值时,这表示接收到的信号极可能含有 OFDM 信号的码元,因此可以将这个指标应用到譬如加快扫描频道的速度。

[0063] 图 5A 与 5B 为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置的方块图,其分别对应到图 3A 与 3B 所示的码元定时同步方法。请参照图 5A,码元定时同步装置 500 包括取相关器 510、差分器 530、取移动平均器 550、峰值检测器 570 以及相位获取器 590。取相关器 510 用于接收取样序列  $r[n]$ ,计算取样序列  $r[n]$  和其延迟 N 个取样点的延迟取样序列  $r[n-N]$  二者的相关性以产生相关性序列,并对相关性序列取移动平均以产生交叉相关序列  $c[n]$ ,其中 N 为取样序列  $r[n]$  中码元的有用数据的取样点个数。差分器 530 耦接至取相关器 510,用于对交叉相关序列  $c[n]$  进行差分运算以产生差分后序列  $d[n]$ 。取移动平均器 550 耦接至差分器 530,用于对差分后序列  $d[n]$  取移动平均以产生移动平均后序列  $e[n]$ 。

[0064] 峰值检测器 570 耦接至取移动平均器 550,用于检测移动平均后序列  $e[n]$  的峰值位置,其中峰值位置用于提供 OFDM 系统中 N 点离散傅里叶转换 (N-point DFT) 处理器或快速傅里叶转换 (FFT) 处理器取得正确的码元定时同步。再者,峰值检测器 570 还可以提供指标,譬如序列  $e[n]$  的峰值 (既最大值 (peak)) 与最小值二者的差值。当此指标的值大于预设临界值时,这表示接收到的信号极可能含有 OFDM 信号的码元,因此可以将这个指标应用到譬如加快扫描频道的速度。此外,相位获取器 590 耦接至取相关器 510 与峰值检测器 570 的输出,用于获取交叉相关序列  $c[n]$  的相位,其中此相位可以用于发射机与接收机之间的载波频率偏移 (offset) 的校正。

[0065] 请参照图 5B,码元定时同步装置 505 与码元定时同步装置 500 相似,二者差别在于码元定时同步装置 505 还包括装置 520,装置 520 可以是取码元平均器,亦可以是取码元累

加器。取码元平均器（或取码元累加器）520 耦接于取相关器 510 以及差分器 530 之间，用于对交叉相关序列  $c[n]$  进行  $M$  个码元平均（或累加）以产生取码元平均（或累加）后的交叉相关序列  $c'[n]$ ，其中  $M$  为正整数。此时，相位获取器 590 耦接至取码元平均器（或取码元累加器）520 的输出、差分器 530 的输入与峰值检测器 570 的输出。

[0066] 图 6A 与 6B 为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置中取相关器的方块图。请参照图 6A，取相关器 510 包括延迟器 610、取共轭复数器 630、乘法器 650 以及取移动平均单元 670。延迟器 610 接收取样序列  $r[n]$  并延迟  $N$  个取样点以产生序列  $r[n-N]$ 。取共轭复数器 630 接收取样序列  $r[n]$  并对其取共轭复数以产生序列  $r^*[n]$ 。乘法器 650 耦接至延迟器 610 与取共轭复数器 630 的输出，并将接收到的序列  $r[n-N]$  与  $r^*[n]$  相乘以产生相关性序列  $j[n]$ 。取移动平均单元 670 耦接至乘法器 650 的输出，并对相关性序列  $j[n]$  取移动平均以产生交叉相关序列  $c[n]$ 。

[0067] 另一种取相关器 510 的实现方法如图 6B 所示，取相关器 510 包括延迟器 615、取共轭复数器 635、乘法器 655 以及取移动平均单元 675。延迟器 615 接收取样序列  $r[n]$  并延迟  $N$  个取样点以产生序列  $r[n-N]$ 。取共轭复数器 635 耦接至延迟器 615 的输出，并对序列  $r[n-N]$  取共轭复数以产生序列  $r^*[n-N]$ 。乘法器 655 耦接至取共轭复数器 635 的输出，并将接收到的序列  $r[n]$  与  $r^*[n-N]$  相乘以产生相关性序列  $j[n]$ 。取移动平均单元 675 耦接至乘法器 655 的输出，并对相关性序列  $j[n]$  取移动平均以产生交叉相关序列  $c[n]$ 。

[0068] 图 7 为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置中取移动平均器的方块图。请参照图 7，取移动平均器 550 包括第一延迟器 710、第二延迟器 740、加法器 720 以及减法器 730。延迟器 710 的输入端接收差分后序列  $d[n]$ ，并将差分后序列  $d[n]$  延迟  $N_g$  个取样点后由延迟器 710 的输出端送出，其中  $N_g$  为取样序列  $r[n]$  中码元的保护区间的取样点个数。加法器 720 将其第一输入端信号与其第二输入端信号相加后由其输出端送出，其中加法器 720 的第一输入端接收差分后序列  $d[n]$ ，而加法器 720 的第二输入端耦接至延迟器 740 的输出端。延迟器 740 用于将其输入端信号延迟一个取样点后由其输出端送出，其中延迟器 740 的输入端耦接至加法器 720 的输出端，而延迟器 740 的输出端耦接至加法器 720 的第二输入端。减法器 730 将其第一输入端信号与其第二输入端信号相减后（即产生移动平均后序列  $e[n]$ ）由其输出端送出，其中减法器 730 的第一输入端耦接至加法器 720 的输出端，而减法器 730 的第二输入端耦接至延迟器 710 的输出端。

[0069] 图 8A 与图 8B 分别为依照本发明实施例所绘示的码元定时同步装置中取码元平均器以及取码元累加器的方块图。请参照图 8A，取码元平均器 520 包括除法器 810、加法器 820 以及延迟器 830。除法器 810 的输入端接收交叉相关序列  $c[n]$ ，并将交叉相关序列  $c[n]$  除以  $M$  后由除法器 810 的输出端送出，其中  $M$  为取平均的码元个数。加法器 820 将其第一输入端信号与其第二输入端信号相加以产生取码元平均后的交叉相关序列  $c'[n]$ ，并由加法器 820 的输出端送出，其中加法器 820 的第一输入端耦接至除法器 810 的输出端，加法器 820 的第二输入端耦接至延迟器 830 的输出端。延迟器 830 用于将其输入端信号延迟  $(N+N_g)$  个取样点后由其输出端送出，其中延迟器 830 的输入端耦接至加法器 820 的输出端，而延迟器 830 的输出端耦接至加法器 820 的第二输入端。

[0070] 而图 5B 所示的装置 520 除了可以是如图 8A 所示的取码元平均器 520，亦可以是如图 8B 所示的取码元累加器 520。请参照图 8B，取码元累加器 520 事实上即是图 8A 所示

取码元平均器 520 中的除法器 810 去除,即直接由加法器 820 的第一输入端接收交叉相关序列  $c[n]$ 。

[0071] 综上所述,本发明的码元定时同步方法及使用该方法的装置因对交叉相关序列  $c[n]$  先进行差分运算再取移动平均,即使 OFDM 信号经过具有长回波延迟的时间分散信道也可以产生明显的峰值,因此具有高可靠度的码元定时检测。当然地,本发明的方法及装置亦适用于其它类型的信道,譬如 AWGN、Rayleigh 或 SFN 信道。

[0072] 虽然本发明已以较佳实施例揭露如上,然其并非用于限定本发明,任何本领域技术人员,在不脱离本发明的精神和范围内,当可作些许的更动与润饰,因此本发明的保护范围当视所附的权利要求范围所界定者为准。

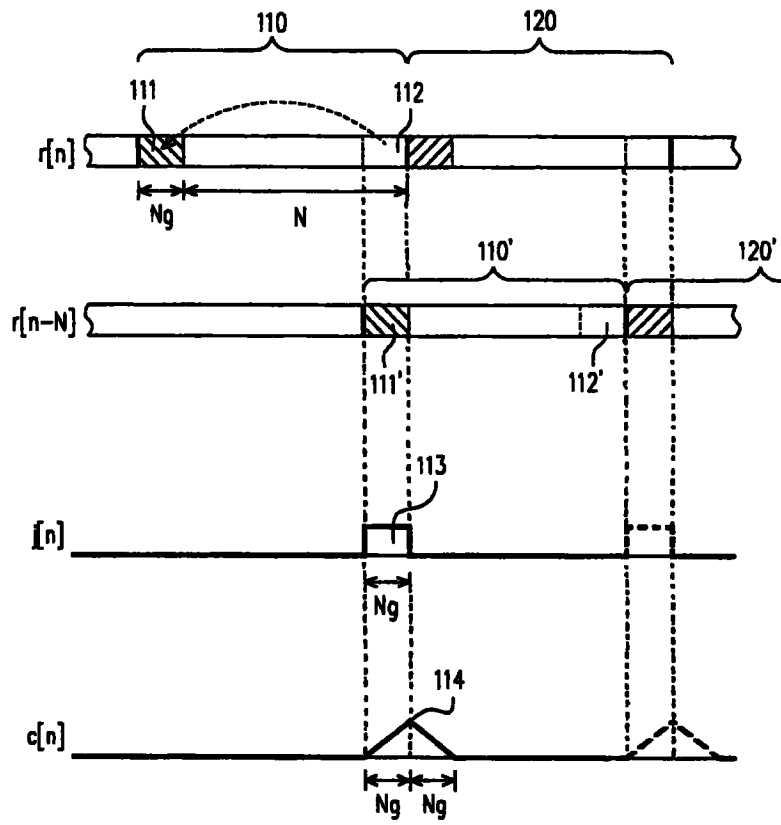


图 1

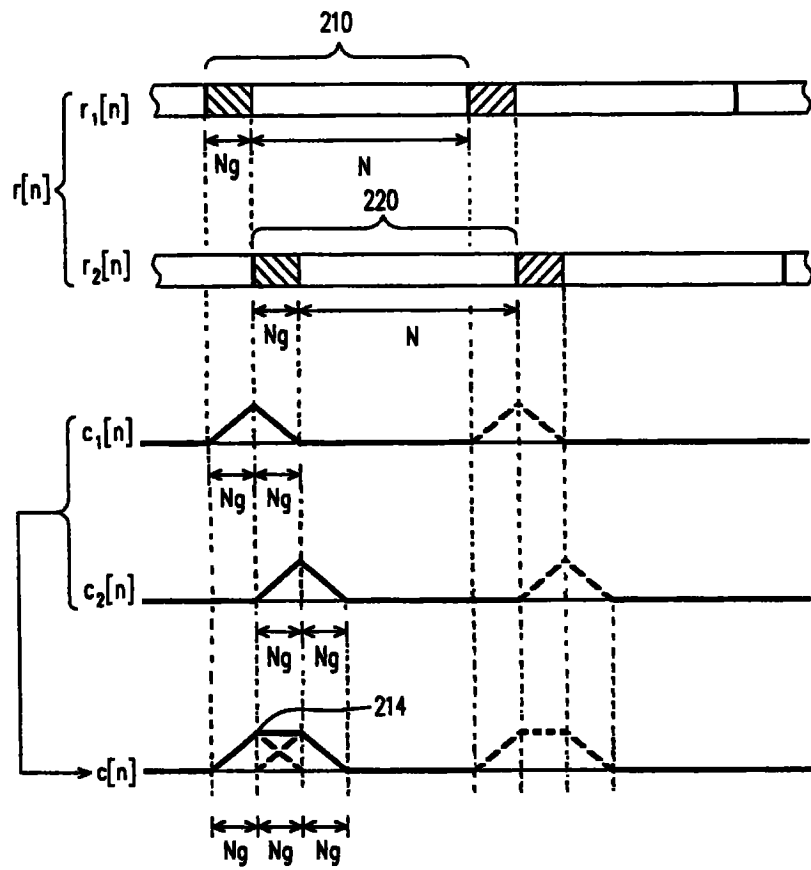


图 2

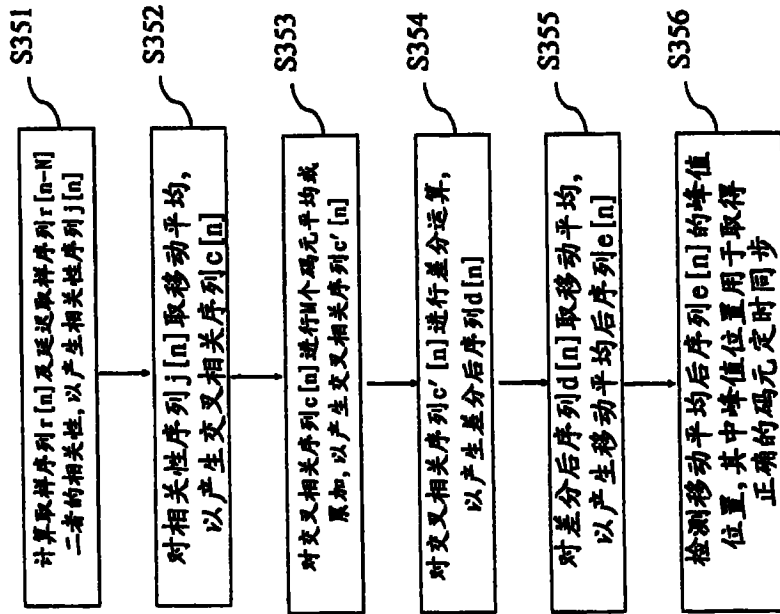


图 3B

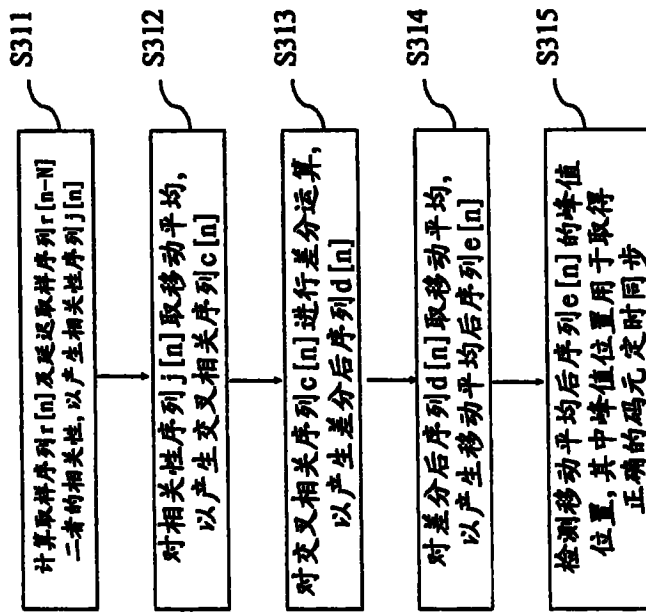


图 3A

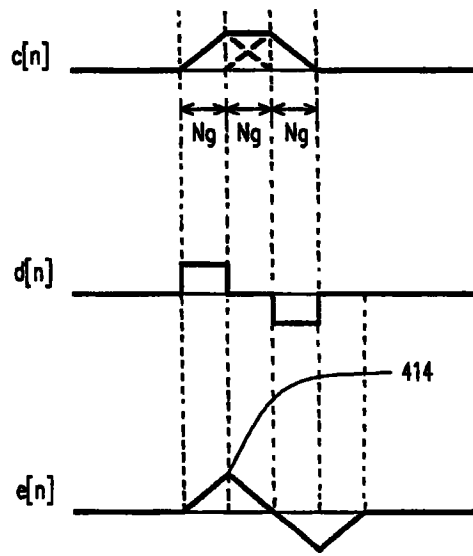


图 4A

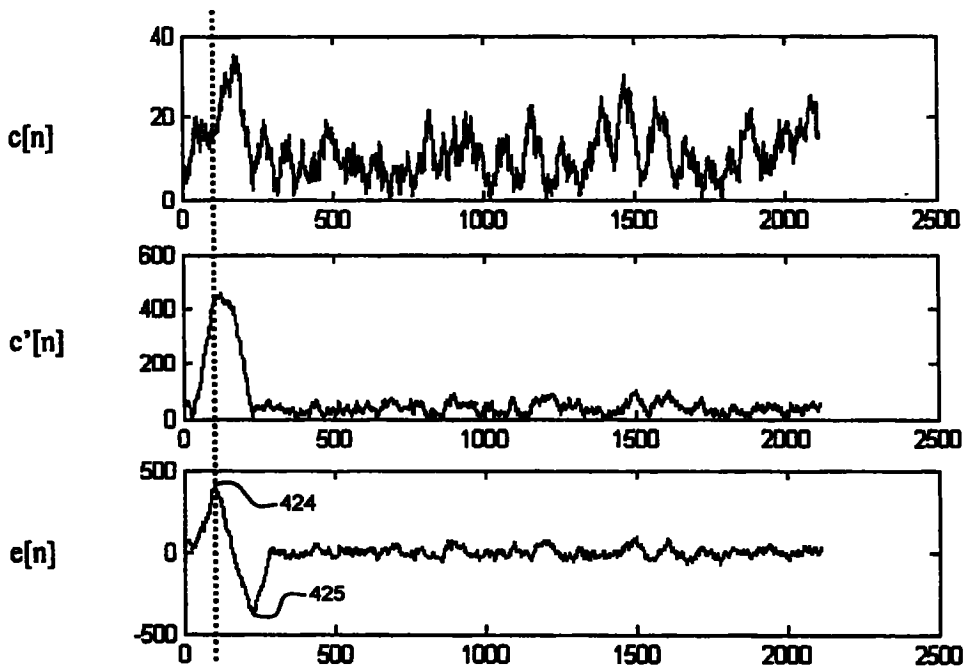


图 4B

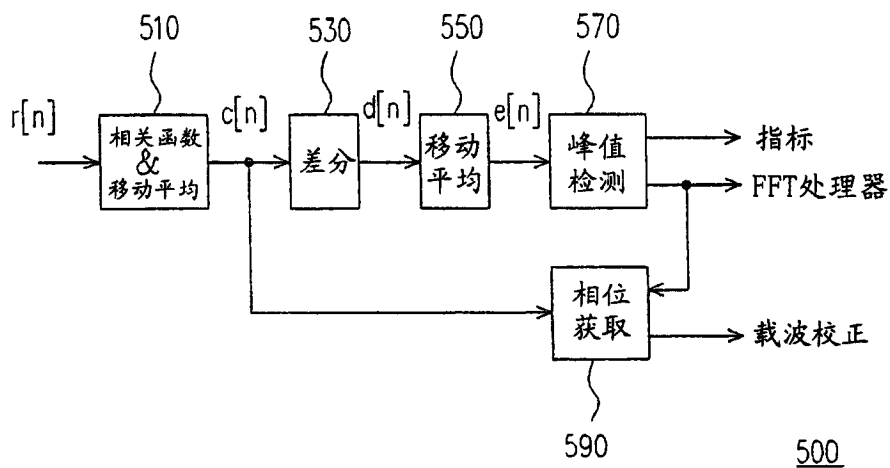


图 5A

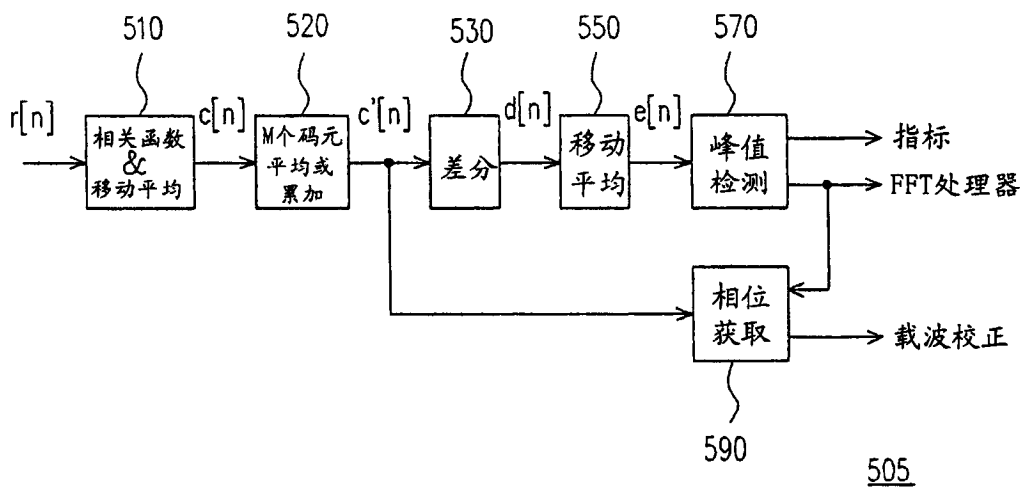


图 5B

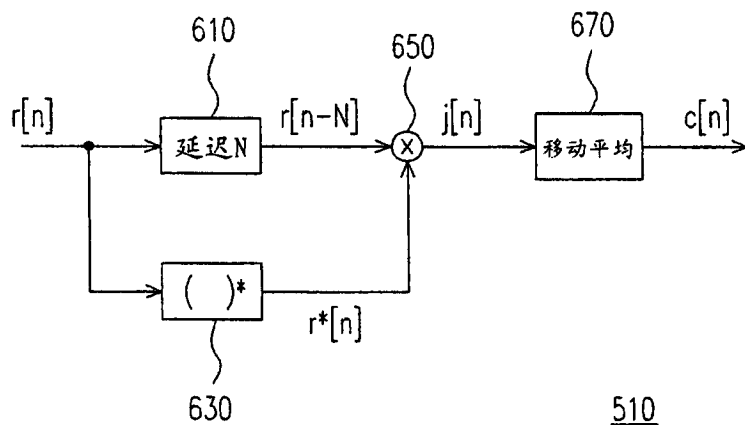


图 6A

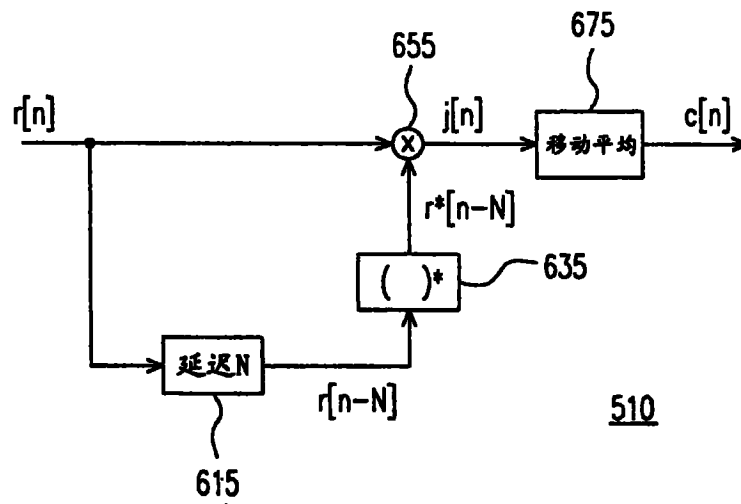


图 6B

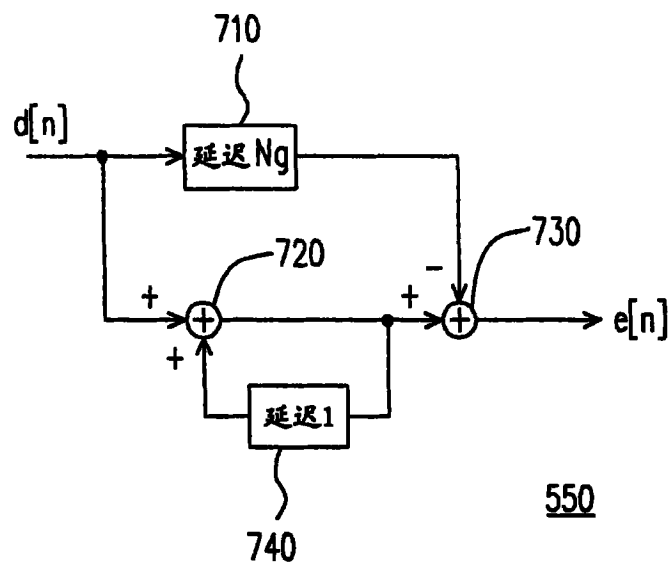


图 7

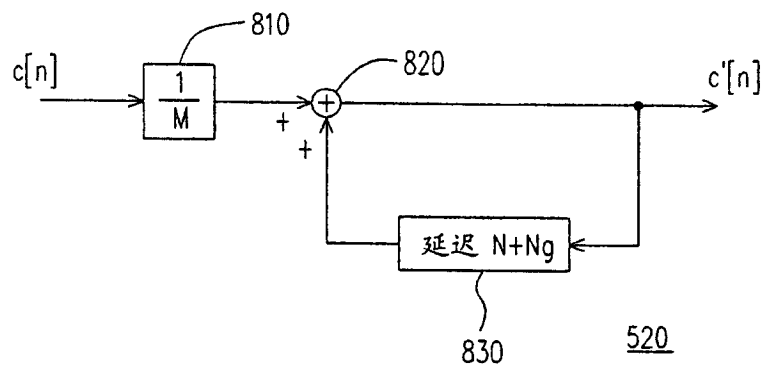


图 8A

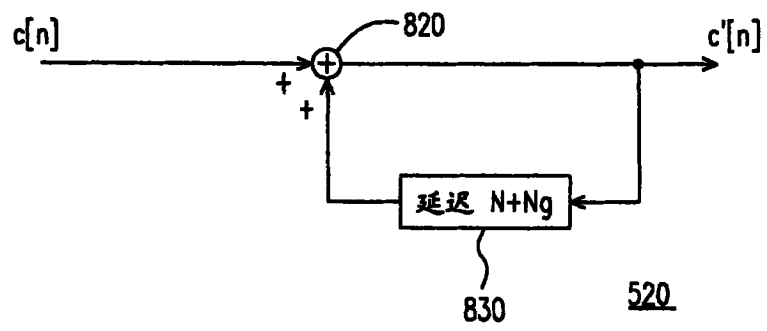


图 8B