



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101461203 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 27

(21) 申请号 200680054957. 8

(22) 申请日 2006. 11. 29

(30) 优先权数据

60/813, 667 2006. 06. 14 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2008. 12. 12

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2006/045578 2006. 11. 29

(87) PCT申请的公布数据

W02007/145660 EN 2007. 12. 21

(73) 专利权人 艾格瑞系统有限公司

地址 美国宾夕法尼亚

(72) 发明人 黄小晶 D·洛维

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 李镇江

(51) Int. Cl.

H04L 27/26(2006. 01)

(56) 对比文件

WO 2005041515 A1, 2005. 05. 06,

CN 1522511 A, 2004. 08. 18,

WO 2005041515 A1, 2005. 05. 06,

CN 1480944 A, 2004. 04. 21,

审查员 邓璐

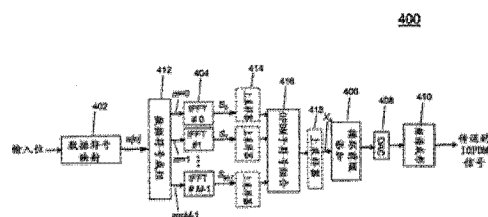
权利要求书 3 页 说明书 11 页 附图 8 页

(54) 发明名称

调制数据符号集的方法和设备及相应的解调方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及使用子符号处理的正交频分复用。在一个实施例中,发射器将数字输入数据变换为组合 OFDM 信号,以及接收器从被传送的组合 OFDM 信号中恢复数据。为了传输,使用已知的诸如 QAM 或 DQPSK 的调制技术将数字数据映射为数据符号。根据特定的分组模式,数据符号被顺序地分成两个或更多个组。然后使用 IFFT 处理将每个数据符号组变换为单独的 OFDM 子符号。然后通过添加循环前缀、将符号变换为模拟格式以及执行模拟信号的频谱成形来准备用于传输的组合 OFDM 信号。可以采用上采样来增加信号带宽。在备选实施例中,可以使用交织来组合 OFDM 子符号以创建交织的 OFDM 符号。



1. 一种用于将数据符号集合调制为组合调制符号的方法,该方法包括:

(a) 将所述数据符号集合分成 M 个数据符号组, $M > 1$;

(b) 将 M 个数据符号组中的每个数据符号组变换为一个时域子符号以产生 M 个时域子符号,其中:

每个数据符号组的变换是基于 N 个子载波的集合, $N > 1$,其中只有所述 N 个子载波的子集合被该数据符号组调制;

每个数据符号组中的每个数据符号调制所述子载波的相应子集合中的不同子载波;

子载波的任两个子集合不具有共同的子载波;以及

对于调制过的子载波的每个子集合,变换调制过的子载波子集合和一个或多个未调制过的子载波以形成相应的时域子符号;以及

(c) 组合所述 M 个时域子符号以形成所述组合调制符号,使得所述组合调制符号具有比每个时域子符号长的持续时间。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中在子载波的 M 个子集合中的子载波的总数量等于在所述子载波集合中的子载波的数量。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,对于每个数据符号组,所述调制过的子载波的数量和所述一个或多个未调制过的子载波的数量之和等于在该集合中的子载波的总数量。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中:

每个时域子符号由多个时域采样表示;以及

步骤 (c) 包括交织 M 个子符号的时域采样以形成用于组合调制符号的交织时域采样序列。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中步骤 (c) 包括:通过 (i) 在组合之前上采样所述 M 个时域子符号,或 (ii) 在组合之后上采样组合调制符号来产生上采样组合调制符号。

6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中:

所述变换是快速傅立叶逆变换 IFFT;

每个时域子符号是 OFDM 子符号;以及

所述组合调制符号是组合 OFDM 符号。

7. 一种调制设备,包括用于将数据符号集合调制为组合调制符号的发射器,所述发射器包括:

数据符号成组器,适于将所述数据符号集合分成 M 个数据符号组, $M > 1$;

一个或多个变换器,适于将 M 个数据符号组中的每个数据符号组变换为一个时域子符号,其中:

每个数据符号组的变换是基于 N 个子载波的集合, $N > 1$,其中只有所述 N 个子载波子集合被该数据符号组调制;

每个数据符号组中的每个数据符号调制所述子载波的相应子集合中的不同子载波;

子载波的任两个子集合不具有共同的子载波;以及

对于调制过的子载波的每个子集合,变换调制过的子载波子集合和一个或多个未调制过的子载波以形成相应的时域子符号;以及

子符号组合器,适于组合 M 个时域子符号以形成所述组合调制符号,使得所述组合调制符号具有比每个时域子符号长的持续时间。

8. 根据权利要求 7 所述的设备,所述一个或多个变换器包括两个或更多个变换器,每个变换器适于将一组或多组数据符号变换为一个或多个时域子符号。

9. 根据权利要求 7 所述的设备,所述一个或多个变换器包括共享的变换器,该共享的变换器适于以时分复用方式将两组或更多组数据符号变换为两个或更多个时域子符号。

10. 根据权利要求 7 所述的设备,其中:

每个时域子符号由多个时域采样表示;以及

所述子符号组合器适于交织 M 个子符号的时域采样以形成用于所述组合调制符号的交织时域采样序列。

11. 根据权利要求 7 所述的设备,其中:

所述一个或多个变换器适于执行一个或多个 IFFT;

每个时域子符号是 OFDM 子符号;以及

所述组合调制符号是组合 OFDM 符号。

12. 根据权利要求 7 所述的设备,进一步包括一个或多个上采样器,该一个或多个上采样器适于通过 (i) 在组合之前上采样所述 M 个时域子符号,或 (ii) 在组合之后上采样组合调制符号来产生上采样组合调制符号。

13. 一种用于将组合调制符号解调制为解调制数据符号集合的方法,所述方法包括:

(a) 将所述组合调制符号分割成 M 个时域子符号, $M > 1$,使得每个时域子符号具有比所述组合调制符号短的持续时间;

(b) 将 M 个时域子符号中的每个时域子符号变换为一个解调制数据符号组,其中:

每个时域子符号的变换是基于 N 个子载波的集合, $N > 1$,其中只有 N 个子载波子集合被该组解调制数据符号调制;

每个解调制数据符号组中的每个解调制数据符号调制所述子载波的相应子集合中的不同子载波;

子载波的任两个子集合不具有共同的子载波;以及

对于调制过的子载波的每个子集合,变换调制过的子载波子集合和一个或多个未调制过的子载波以形成相应的解调制数据符号组;以及

(c) 将所述 M 组解调制数据符号解组以产生所述解调制数据符号集合。

14. 根据权利要求 13 所述的方法,其中:

所述组合调制符号包括交织时域采样序列;以及

步骤 (a) 包括解交织所述交织时域采样以获得所述 M 个时域子符号。

15. 根据权利要求 13 所述的方法,其中在子载波的 M 个子集合中的子载波的总数量等于在子载波集合中的子载波的数量。

16. 根据权利要求 13 所述的方法,其中对于每组解调制数据符号,所述调制过的子载波的数量和所述一个或多个未调制过的子载波的数量之和等于在该集合中的子载波的总数量。

17. 根据权利要求 13 所述的方法,其中步骤 (a) 包括通过 (i) 在所述分割之前下采样所述组合调制符号或 (ii) 在所述分割之后下采样所述 M 个时域子符号来产生下采样时域子符号。

18. 根据权利要求 13 所述的方法,其中:

所述变换是快速傅立叶变换 FFT ;
每个时域子符号是 OFDM 子符号 ;以及
所述组合调制符号是组合 OFDM 符号。

19. 一种解调制设备,包括用于将组合调制符号解调制为解调制数据符号集合的接收器,所述接收器包括:

子符号分割器,适于将所述组合调制符号分割成 M 个时域子符号, $M > 1$,使得 M 个时域子符号中的每个时域子符号具有比所述组合调制符号短的持续时间;

一个或多个变换器,适于将 M 个时域子符号中的每个时域子符号变换为一个解调制数据符号组,其中:

所述每个时域子符号的变换是基于 N 个子载波的集合, $N > 1$,其中只有 N 个子载波的子集合被所述解调制数据符号组调制;

在每个解调制数据符号组中的每个解调制数据符号调制在对应的子载波子集合中的不同子载波;

子载波的任两个子集合不具有共同的子载波;以及

对于调制过的子载波的每个子集合,变换调制过的子载波子集合和一个或多个未调制过的子载波以形成相应的解调制数据符号组;以及

数据符号解组器,适于将所述 M 组解调制数据符号解组以产生解调制数据符号集合。

20. 根据权利要求 19 所述的装置,其中:

所述组合调制符号包括交织时域采样序列;以及

所述子符号分割器适于解交织所述交织时域采样以获取所述 M 个时域子符号。

21. 根据权利要求 19 所述的装置,所述一个或多个变换器包括两个或更多个变换器,每个变换器适于将一个或多个时域子符号变换为一个或多个解调制数据符号组。

22. 根据权利要求 19 所述的装置,所述一个或多个变换器包括共享的变换器,该共享的变换器适于以时分复用方式将两个或更多个时域子符号变换为两个或更多个解调制数据符号组。

23. 根据权利要求 19 所述的装置,其中:

所述一个或多个变换器适于实施一个或多个 FFT;

每个时域子符号是 OFDM 子符号;以及

所述组合调制符号是组合 OFDM 符号。

24. 根据权利要求 19 所述的装置,进一步包括一个或多个下采样器,适于通过 (i) 在所述分割之前下采样所述组合调制符号或 (ii) 在所述分割之后下采样所述 M 个时域子符号来产生下采样时域子符号。

调制数据符号集的方法和设备及相应的解调方法和设备

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 本申请要求于 2006 年 6 月 14 日提交的美国临时申请 No. 60/813,667 (律师档案号为 Huang1-1) 的优先权,其全部教导通过引用结合于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及信号处理,更具体地涉及用于信号发射和接收的正交频分复用技术。

背景技术

[0004] 正交频分复用 (OFDM) 是通信领域中公知的信号处理技术。通常,通过将频谱分成小子带 (也称子载波) 并用数据符号调制这些子载波来执行 OFDM。

[0005] 图 1 示出了现有技术的 OFDM 发射器 100 的一个实施方式的简化框图。发射器 100 接收数字输入数据并将该数据转换为用于传输的模拟 OFDM 信号。通过以下连续的步骤来实现数据的转换:数据符号映射 102、快速傅里叶逆变换 (IFFT) 处理 104、循环前缀添加 106、数字 - 模拟转换 (DAC) 108 以及频谱成形 110。

[0006] 数据符号映射块 102 接收被分成有限长度的多个组的二进制位数据。使用本领域中公知的任一种调制技术 (例如,微分正交相移键控 (DQPSK) 或正交调幅 (QAM)) 来为每组的位创建的一个或多个数据符号 $a[n]$ 。每个组的长度和由此每个数据符号的输入数据位的数量是由所采用的调制技术决定的。

[0007] IFFT104 随后将每个 N 个数据符号 $a[n]$ 集合应用于被编号为 0 至 $N-1$ 的 N 个子载波集合,其中,一个数据符号 $a[n]$ 与每个子载波成对。OFDM 所采用的子载波彼此正交布置,使得每个子载波可以被区分开而符号间没有干扰。然后由 IFFT104 将每个 N 个数据符号 $a[n]$ 的集合 k 和子载波对从频域表示转换为时域 OFDM 符号 S_k ,其包括 N 个采样 $S_k[i]$,其中 i 等于 0 至 $N-1$ 。每个 OFDM 符号 S_k 的离散模型可以由下面的等式 (1) 表示:

[0008]

$$S_k[i] = S_k \left(i \frac{T}{N} \right) = \sum_{n=0}^{N-1} a[n] e^{j \frac{2\pi}{N} n i} w[i] = \sum_{n=0}^{N-1} a[n] c[i, n] \quad (1)$$

[0009] 其中 $\frac{T}{N}$ 是采样周期, $w[i]$ 是离散窗口函数,以及 $c[i, n] = e^{j \frac{2\pi}{N} n i} w[i]$ 表示子载波的有限长度的复指数序列。

[0010] 然后准备用于传输的 OFDM 符号 S_k 。首先,由循环前缀添加 106 在每个 OFDM 符号 S_k 的起始处插入循环前缀。该前缀使接收器能够处理由多次反射而导致的信号回声。接下来,使用数字 - 模拟转换器 (DAC) 108 将 OFDM 符号和前缀从数字格式转换为模拟格式。最后, DAC108 的模拟输出经过频谱成形块 110 的频谱成形处理,以产生用于传输的 OFDM 信号。

[0011] 作为现有技术 OFDM 信号的产生的实例,假设 IFFT104 接收 384 个数据符号 $a[n]$,其中 $n = 0, \dots, 383$,并采用 $N = 128$ 个子载波。由于每个 N 个数据符号 $a[n]$ 的集合中的一个数据符号 $a[n]$ 被分配给每个子载波,所以所产生的 OFDM 符号 S_k 的数量等于 3 (384 个数据符号 $a[n]$ 除以 128 个子载波)。数据符号 $a[n]$ 在频域中的分组如表 I 所示。如表 I

所示,在现有技术的 OFDM 系统中,数据符号 $a[0]$ 至 $a[127]$ 被分配给 OFDM 符号 S_0 ,数据符号 $a[128]$ 至 $a[255]$ 被分配给 OFDM 符号 S_1 ,以及数据符号 $a[256]$ 至 $a[383]$ 被分配给 OFDM 符号 S_2 。

[0012]

表 I.在现有技术 OFDM 信号的频域中对数据符号 $a[n]$ 分组						
子载波索引	0	1	2	3	...	127
OFDM 符号 0 (S_0)	$a[0]$	$a[1]$	$a[2]$	$a[3]$	...	$a[127]$
OFDM 符号 1 (S_1)	$a[128]$	$a[129]$	$a[130]$	$a[131]$	...	$a[255]$
OFDM 符号 2 (S_2)	$a[256]$	$a[257]$	$A[258]$	$a[259]$	...	$a[383]$

[0013] 表 II 示出了 IFFT104 转换后在时域中的采样 $S_k[i]$ 的分组,其中 $k = 0, 1, 2$ 以及 $i = 0, \dots, 127$ 。在现有技术的 OFDM 系统中,每个 OFDM 符号 S_k 的采样 $S_k[i]$ 保持为成组在一起,以及 OFDM 符号 S_k 被连续传输。换句话说,OFDM 符号 S_0 的采样 $S_0[0]$ 至 $S_0[127]$ 在 OFDM 符号 $S_1[0]$ 至 $S_1[127]$ 之前被传输,而 OFDM 符号 S_1 的采样 $S_1[0]$ 至 $S_1[127]$ 在 OFDM 符号 S_2 的采样 $S_2[0]$ 至 $S_2[127]$ 之前被传输。

[0014]

载波的峰值对应于每隔一个的子载波的零电平。这代表了子载波集合的正交特性。

[0016] 图 3 示出了现有技术的 OFDM 接收器 300 的一个实施方式的简化框图,该接收器反向 OFDM 发射器 100 所执行的操作。接收器 300 接收模拟 OFDM 信号并提取原始数字数据。提取是通过匹配滤波 302、模拟-数字转换 (ADC) 304、循环前缀去除 306、快速傅立叶变换 (FFT) 处理 308 以及数据符号解映射 310 的顺序步骤实现的。

[0017] 首先,接收到的 OFDM 信号在接收器的 RF 前端被向下变换为基带模拟信号。基带模拟信号由匹配滤波模块 302 滤波并由 ADC 304 转换为数字格式。接下来,可以执行同步和信道估计 (未示出)。然后,循环前缀去除块 306 从时域 OFDM 符号 S_k 去除循环前缀。

[0018] FFT 308 接收数字 OFDM 符号 S_k 并根据下面的等式 (2) 从每个符号中提取 N 个子载波以获得数据符号 $a[n]$:

[0019]

$$a[n] = \sum_{i=0}^{N-1} s_k[i] e^{-j \frac{2\pi}{N} ni} w[n] \quad (2)$$

[0020] 最后,使用数据符号解映射块 310 将数据符号 $a[n]$ 解映射为原始的二进制位,该数据符号解映射块根据图 1 的数据符号映射 102 所采用的调制技术来解调制数据符号。

发明内容

[0021] 在一个实施例中,本发明是一种用于将数据符号集合调制为组合调制符号的方法。该方法包括:(1) 将该数据符号集合分成 M 个数据符号组,其中, M 大于 1;(2) 将每个数据符号组变换为时域子符号;以及 (3) 组合 M 个时域子符号以形成组合的调制符号。每个数据符号组的变换是基于子载波的集合,其中只有子载波子集合被数据符号组调制。此外,每组中的每个数据符号调制在对应的子载波子集合中的不同子载波,并且子载波的任两个子集合不具有共同的子载波。

[0022] 在另一实施例中,本发明是一种包括适于将数据符号集合调制为组合调制符号的发射器的装置。该发射器包括:(1) 数据符号成组器,适于将数据符号集合分成 M 个数据符号组,其中 M 大于 1;(2) 一个或多个变换器,适于将每个数据符号组变换为时域子符号;以及 (3) 子符号组合器,适于组合 M 个时域子符号以形成组合调制符号。每个数据符号组的变换是基于子载波集合,其中只有子载波子集合被该数据符号组调制。此外,每组中的每个数据符号调制在对应的子载波子集合中的不同的子载波,并且子载波的任两个子集合不具有共同的子载波。

[0023] 在又一实施例中,本发明是一种用于将组合调制符号解调制为解调制数据符号集合的方法。该方法包括:(1) 将组合调制符号分成 M 个时域子符号,其中 M 大于 1;(2) 将每个时域子符号变换为一组解调制数据符号;以及 (3) 将 M 组解调制数据符号解组以产生解调制数据符号集合。每个时域子符号的转换是基于子载波集合,其中只有子载波子集合被该解调制数据符号组调制。此外,每组中的每个解调制数据符号调制对应的子载波子集合中的不同子载波,并且子载波的任两个子集合不具有共同的子载波。

[0024] 在再一实施例中,本发明是一种装置,其包括用于将组合调制符号解调制为解调制数据符号集合的接收器。该接收器包括:(1) 子符号分离器,适于将组合调制符号分成 M 个时域子符号,其中 M 大于 1;(2) 一个或多个变换器,适于将每个时域子符号变换为解调

制数据符号组；以及(3)数据符号解组器,适于将M组解调制数据符号解组以产生解调制数据符号集合。每个时域子符号的转换是基于子载波集合,其中只有子载波子集合被该解调制数据符号调制。此外,每组中的每个解调制数据符号调制对应的子载波子集合中的不同子载波,并且子载波的任两个子集合不具有共同的子载波。

附图说明

[0025] 通过下面的具体描述、附加的权利要求以及附图,本申请的其他方面、特征和优点将更加明显,附图中相同的附图标号表示相似或相同的元件。

[0026] 图1示出了现有技术的OFDM发射器的一个可行实施方式的简化框图；

[0027] 图2图示了示例性现有技术OFDM信号的频域表示；

[0028] 图3示出了现有技术的OFDM接收器的一个可行实施方式的简化框图；

[0029] 图4示出了根据本发明的一个实施例的组合OFDM发射器的简化框图；

[0030] 图5图示了根据本发明的一个实施例的频域数据符号的分组模式的一种实施方式；

[0031] 图6图示了根据本发明的一个实施例的时域采样的交织模式的一种实施方式；

[0032] 图7示出了根据本发明的一个实施例的组合OFDM接收器的简化框图；以及

[0033] 图8图示了在根据本发明的一个实施例的上采样组合OFDM信号的频域中发生的映像。

具体实施方式

[0034] 本发明的特定实施例涉及组合OFDM方法和用于实施这些方法的装置。在一个这样的实施例中,数据符号 $a[n]$ 被分成多个组,其中使用快速傅里叶逆变换将每个组转换成一个OFDM子符号。然后,多个OFDM子符号被组合以产生组合OFDM符号。

[0035] 图4示出了根据本发明的一个实施例的组合OFDM发射器400的简化框图。发射器400接收数字输入数据并将该数据转换为模拟组合OFDM信号用于传输。通过数据符号映射402、数据符号分组412、快速傅里叶逆变换(IFFT)处理401、OFDM子符号组合416、循环前缀添加406、数字-模拟转换(DAC)408以及频谱成形410的顺序步骤来实现数据的转换。

[0036] 在图1的现有技术发射器100中,IFFT 104从数据符号映射块102接收N个数据符号 $a[n]$ 的集合并将该N个数据符号 $a[n]$ 分配给N个子载波。该N个数据符号 $a[n]$ 和子载波对然后从频域表示转换为时域OFDM符号 S_k 。根据图4的实施例,发射器400具有数据符号映射块402,其执行与现有技术的发射器100的数据符号映射块102的操作类似的操作。此外,发射器400具有M个IFFT 404实例, $M>1$,每个实例使用N个子载波。N个数据符号 $a[n]$ 的集合被数据符号分组412分成M个组。然后从0至M-1顺序编号的每个组m被传送到各个IFFT 404实例。根据分组模式执行在M个组中的数据符号 $a[n]$ 分割。该模式将在下面的示例中描述。

[0037] 每个IFFT 404实例接收具有 $\frac{N}{M}$ 个数据符号 $a[n]$ 的一个组m,并将 $\frac{N}{M}$ 个数据符号分配给N个子载波。由于每个组m中的数据符号 $a[n]$ 的数量 $\frac{N}{M}$ 小于每个IFFT 404的子载

波数量 N , 所以不是每个子载波都被分配给数据符号 $a[n]$ 用于调制。这样, 每个 IFFT 404 的调制载波的数量 N_m 等于 $\frac{N}{M}$ 。然后, 每个 IFFT 404 将 N 个子载波 (即, N_m 个调制子载波和 $(N-N_m)$ 个未调制子载波) 从频域表示转换为时域 OFDM 子符号 S_m 。同样, M 个 IFFT 404 实例产生 M 个时域 OFDM 子符号 S_m , 每个子符号 S_m 包括 N 个采样。每个 OFDM 子符号 S_m 的离散模型可以如下面的等式 (3) 表示:

[0038]

$$S_m[i] = \sum_{n=0}^{N_m-1} a_m[n] c_m[i, n] \quad (3)$$

[0039] 其中 $i = 0, \dots, N-1$, $a_m[n]$ 是 OFDM 子符号 m 中的数据符号, 以及用于每组调制子载波 N_m 的有限长度的复指数序列是 $c_m[i, n] = e^{j \frac{2\pi}{N} (m + Mn)i} w[i]$ 。应当注意该分组序列根据所使用的分组模式而改变。

[0040] 接下来, OFDM 子符号组合 416 从 M 个 IFFT 404 实例接收 M 个 OFDM 子符号, 每个 OFDM 子符号包含 N 个采样。根据该实施例, 使用交织模式组合 $(N \times M)$ 个总采样, 以创建一种类型的组合 OFDM 符号, 以下称作交织 OFDM (IOFDM) 符号。在下面的实例中将进一步讨论该交织模式。结果产生的 IOFDM 符号由以下的等式 (4) 表示:

[0041]

$$X_k(q) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{N-1} S_m[i] \delta[q - m - iM] \quad (4)$$

[0042] 其中, $\delta[\cdot]$ 表示单位脉冲序列。该单位脉冲序列根据所使用的 OFDM 子符号组合模式 (例如交织) 而改变。

[0043] 然后 IOFDM 符号 X_k 将被准备用于传输。类似于图 1 的现有技术的发射器 100, 发射器 400 执行循环前缀添加 406、数字-模式转换 (DAC) 408 以及频谱成形 410。

[0044] 作为根据该实施例的 IOFDM 信号的示例, 假设数据符号分组块 412 接收 128 个数据符号 $a[n]$, $n = 0, \dots, 127$, 以及每个 IFFT 404 实例采用 $N = 128$ 个子载波。同样, 假设分组的数量 M 被选择为 4。如表 III 所示, 该 128 个数据符号 $a[n]$ 可以被数据符号分组块 412 分成 M 个组。

[0045]

表 III. 根据一个实施例在 IOFDM 信号的频域中对数据符号 $a[n]$ 分组							
子载波索引	0	1	2	3	4	...	127
OFDM 子符号 0 (S_0)	$a[0]$				$a[4]$	...	
OFDM 子符号 1 (S_1)		$a[1]$				...	
OFDM 子符号 2 (S_2)			$a[2]$			...	
OFDM 子符号 3 (S_3)				$a[3]$		...	$a[127]$

[0046] 根据该分组模式, 第一数据符号 $a[0]$ 分配给 OFDM 子符号 S_0 中的子载波 0, 第二数据符号 $a[1]$ 分配给第二 OFDM 子符号 S_1 中的子载波 1, 第三数据符号 $a[2]$ 分配给第三 OFDM 子符号 S_2 中的子载波 2, 以及第四数据符号 $a[3]$ 分配给第四 OFDM 子符号 S_3 中的子载波 3。

持续该分组模式,即以分配给第一 OFDM 子符号 S_0 中的子载波 4 的第五数据符号 $a[4]$ 开始并以分配给第四 OFDM 子符号 S_3 中的子载波 127 的最后的的数据符号 $a[127]$ 结束。

[0047] 图 5 进一步表明在上述示例中描述的数据符号分组模式。该频域表示示出了由单个波形表示的每个调制子载波 N_m 。图 5(a)、(b)、(c) 和 (d) 分别示出了 OFDM 子符号 S_0 、 S_1 、 S_2 和 S_3 的第一调制子载波。图 5(e) 示出了对应的 IOFDM 符号的频域表示。注意, $P(f)$ 是频谱成形块 410 的频率响应。

[0048] 在由 4 个 IFFT 404 实例从频域表示转换为时域 OFDM 子符号 S_m 之后,采样 $S_m[i]$ 可以被如表 IV 中所示地交织以产生 IOFDM 符号 X_k 。

[0049]

持续以 $S_0[1]$ 开始并跟随 $S_1[1]$ 、 $S_2[1]$ 和 $S_3[1]$ 。对于所有的采样 $S_m[i]$ 重复该交织模式。

[0051] 图 6 进一步表明在上述实例中所述的交织模式。图 6(a)、(b)、(c) 和 (d) 分别表示 OFDM 子符号 S_0 、 S_1 、 S_2 和 S_3 。图 6(e) 表示交织的 OFDM 符号 X_k 。

[0052] 根据上面给出的示例性 IOFDM 符号,对于 128 个数据符号 $a[n]$ 的每个集合传送 512 个采样 $X_k[q]$,其中 $q = 0, \dots, 511$ 。这与在背景技术部分提供的现有技术的 OFDM 发射器 100 的示例相反,在该示例中 128 个数据符号的每个集合使用 128 个 OFDM 采样进行传输。因此,在该示例的 IOFDM 符号的持续时间比对应的现有技术示例的 OFDM 符号持续时间长 4 倍。另一方面,IOFDM 符号 X_k 在对抗传输中的噪声效应方面比对应的现有技术的 OFDM 符号 S_k 更强健。此外,IOFDM 符号 X_k 的采样周期 (T/N) 与现有技术的 OFDM 符号 S_k 的采样周期相同。因此,IOFDM 符号 X_k 的带宽与 OFDM 符号 S_k 的带宽相同。

[0053] 图 7 示出了组合 OFDM 接收器 700 的一个实施方式的简化框图,该接收器反向由组合 OFDM 发射器 400 所执行的操作。接收器 700 接收模拟组合 OFDM 信号并提取原始数字数据。通过匹配滤波 702、模拟 - 数字转换 (ADC) 704、循环前缀去除 706、OFDM 子符号分割 714、快速傅里叶变换 (FFT) 处理 708、数据符号解组和均衡 718 以及数据符号解映射 710 的顺序步骤来实现提取。

[0054] 首先,接收器 700 在接收器 RF 前端将接收的信号下变换为基带模拟信号。然后,类似于图 3 的现有技术的接收器 300,接收器 700 执行匹配滤波 702、模拟 - 数字转换 ADC 704 以及循环前缀去除 706。此外,可以执行同步和信道估计 (未示出)。

[0055] OFDM 子符号分割块 714 分割 (例如,解交织) 数字 IOFDM 符号 X_k 以恢复 M 个 OFDM 子符号 S_m 。 M 个 OFDM 子符号 S_m 随后被传送至 M 个 FFT 708 实例。每个 FFT 708 实例从对应的 OFDM 子符号 S_m 提取 N 个子载波以获得对应的数据符号 $a[n]$ 的组 m 。然后 M 个数据符号 $a[n]$ 组被数据符号解组和均衡块 718 均衡并解组。最后,使用传统的数据符号解映射块 710 将数据符号 $a[n]$ 解映射为原始的二进制位。

[0056] 可以预见采用可选的分组模式的本发明的各种实施例。在上述 IOFDM 的示例中,使用交织模式将数据符号 $a[n]$ 分组。对于上述 IOFDM 示例,可以采用使用交织的另一分组模式,其中开头两个数据符号 ($a[0]$ 和 $a[1]$) 被分配给 OFDM 子符号 S_0 中的子载波 0 和 1,第三和第四数据符号 ($a[2]$ 和 $a[3]$) 被分配给 OFDM 子符号 S_1 中的子载波 2 和 3,第五和第六数据符号 ($a[4]$ 和 $a[5]$) 被分配给 OFDM 子符号 S_2 中的子载波 4 和 5,以及第七和第八数据符号 ($a[6]$ 和 $a[7]$) 被分配给 OFDM 子符号 S_3 中的子载波 6 和 7。然后持续该过程,即以第九和第十数据符号 $a[8]$ 和 $a[9]$ 被分配给 OFDM 子符号 S_0 中的子载波 8 和 9 开始并以数据符号 $a[126]$ 和 $a[127]$ 被分配给 OFDM 子符号 S_3 中的子载波 126 和 127 结束。在本发明的范围内,可以预见大量的备选分组模式。

[0057] 同样可以预见采用使用交织的备选组合模式的本发明的各种实施例。在上述 IOFDM 示例的备选例中,OFDM 子符号组合块 416 可以一次将两个连续的采样 $S_m[i]$ 分配给 IOFDM 符号 $X(k)$ 。换句话说,OFDM 子符号组合块 416 可以将 $S_0[0]$ 和 $S_0[1]$ 、随后是 $S_1[0]$ 和 $S_1[1]$ 、随后是 $S_2[0]$ 和 $S_2[1]$ 、随后是 $S_3[0]$ 和 $S_3[1]$ 分配给 IOFDM 符号 $X(k)$ 。然后重复该过程,以 $S_0[2]$ 开始并以 $S_3[127]$ 结束。在本发明的范围内,可以预见大量的使用交织的备选组合模式。

[0058] 此外,上述示例表明了一种类型的组合 OFDM 符号,被称作 IOFDM 符号。在另一种

类型的组合 OFDM 符号中,子符号 S_k 可以彼此添加而不交织,这样,子符号 S_0 的采样 $S_0[0]$ 至 $S_0[127]$ 后面跟随子符号 S_1 的采样 $S_1[0]$ 至 $S_1[127]$ 、其后面跟随子符号 S_2 的采样 $S_2[0]$ 至 $S_2[127]$ 、其后面跟随子符号 S_3 的采样 $S_3[0]$ 至 $S_3[127]$ 。添加子符号 S_k 的顺序也可以改变。

[0059] 可以预见本发明的另一实施例,其中组合 OFDM 符号持续时间与对应的现有技术的 OFDM 符号的持续时间相同。在这样的实施例中,OFDM 子符号 S_m 或组合 OFDM 符号 X_k 分别被上采样器 414 或 418 上采样,以增加数据率。例如,在上述的 IOFDM 示例中,128 个采样 $S_m[i]$ 可以被 4 上采样(即被 M 上采样),使得每个 IOFDM 符号传送的调制采样的总数量从 128 增加到 512。作为上采样的结果,在 DAC 408 中的映像产生较大的信号带宽。结果产生的上采样 IOFDM 信号可以由下面的等式 (5) 来表示:

[0060]

$$x(t) = \sum_q x[q] \delta(t - qT_c) * p(t) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{i=0}^{N-1} S_m[i] p(t - mT_c - iMT_c) \quad (5)$$

[0061] 其中, $p(t)$ 是频谱成形滤波器的脉冲响应,以及 $T_c = \frac{T}{MN}$ 是新采样周期。图 8 图显示了在频域中的该映像。注意,调制子载波以较高的频率被重复。该现象增加了总的信号带宽。此外,为了适于上采样,接收器 700 具有下采样器 712 或 716,其分别下采样接收信号的组合 OFDM 符号 X_k 或 OFDM 子符号 S_m 。

[0062] 已经使用数量等于子载波的数量 N 的数据符号 $a[n]$ 描述了本发明;然而,本发明不限于此。数据符号 $a[n]$ 的数量可以小于子载波的数量 N 。因此,每个 IFFT 404 的被数据符号 $a[n]$ 调制的子载波的数量 N_m 可以小于 $\frac{N}{M}$ 。然后剩下的未调制的子载波可以用于其他目的,诸如实施为保护信道或导频信道。

[0063] 可以预见本发明的其他实施例,其中组的数量 M 改变。在上述 IOFDM 示例中,组的数量 M (即,4) 是基于子载波的数量 N (即,128) 选择的,使得每组的调制的子载波的数量 N_m (即, $\frac{N}{M}$) 是整数(即,32)。尽管优选地每组 N_m 的数据符号的数量是整数,但是这不是必须的。例如,组的数量 M 可以是 3,在这种情况下,每组不必具有相同数量的数据符号 $a[n]$ 。此外,通过增加组的数量 M ,并且采用上采样,总的频谱的宽度被增加。选择组的数量 M 等于子载波的数量 N 使得最大可能地进行频谱扩展。备选地,当组的数量 M 减少时,频谱宽度减少。选择组的数量 M 使 $M = 1$,导致产生现有技术的 OFDM 信号。从而组合 OFDM 提供了一种根据不同应用和/或信道状况构建可变扩展率系统的装置。该频谱扩展能力使得组合 OFDM 适于在超宽频(UWB)应用中使用。此外,由于组合 OFDM 信号的较宽的频谱,可以实现较低功率操作,从而减轻干扰兼容(interference compliance)的问题。

[0064] 在其他实施例中,发射器 400 中的 IFFT 块的数量和接收器 700 中的 FFT 块的数量可以改变。例如,在上述 IOFDM 示例中,发射器 400 可以只有一个共享的 IFFT 块,其连续接收 M 组的数据符号 $a[n]$,并以时间复用方式将该 M 组连续转换为 M 个字符符号 S_m 。

[0065] 本发明支持 OFDM 的其他要素。例如,该发明可以使用编码 OFDM(COFDM)实现。此外,诸如码分多址(CDMA)和频分多址(FDMA)的微微网(piconet)信道化方法可以与组合 OFDM 结合使用,使得多微微网性能被提高。

[0066] 本发明被描述为发射器和接收器,然而,本发明也可以被实施为收发器。此外,接

收器、发射器和收发器可以被实施为各种类型的应用,包括任何适合的消费产品或其他合适的装置。这样的装置包括诸如蜂窝电话和蜂窝电话基站的设备。

[0067] 本发明可以被实施为模拟、数字或模拟和数字的两者混合的基于电路的处理,包括可能实施为单独集成电路(诸如ASIC或FPGA)、多芯片模块、单独卡、或多卡电路包。如本领域的技术人员明显所知的,各种功能的电路元件也可以被实施为软件程序的处理块。这样的软件可以在例如数字信号处理器、微控制器或通用计算机中使用。

[0068] 本发明可以以方法和用于实施这些方法的装置的形式来体现。本发明也可以以有形介质(诸如磁记录介质、光记录介质、固态存储器、软盘、CD-ROM、硬盘驱动器、或其他机器可读存储介质)中的程序代码来体现,其中,当程序代码被加载到机器并由机器(例如,计算机)执行时,该机器成为用于实施本发明的装置。本发明也可以以程序代码的形式来体现,例如无论其存储在存储介质中、加载到机器中和/或被机器执行、还是通过一些传输介质(例如通过电缆或电线、通过光纤、或通过电磁辐射)或载波传输,其中,当程序优选被加载到机器中并被机器(例如计算机)执行时,该机器成为实施该发明的装置。当在通用处理器上实施时,该程序代码段与处理器结合以提供与特定电路的操作类似的独特的装置。

[0069] 本发明也可以以通过使用本发明的方法和/或装置产生的位流或通过介质电传送或光传送的信号值序列、磁记录介质中的存储的磁场变化等来体现。

[0070] 除了明确陈述的,否则每个数值范围应该被解释为大约,如同在数值的值或范围前有“大约”或“近似”的字样一样。

[0071] 应该进一步理解,在不背离下面权利要求所表述的本申请的范围的情况下,本领域的技术人员可以对已经被描述并示出的用于解释本发明的特性的部件的细节、材料和布置进行各种改变。例如,可以在接收器700中使用各种公知的均衡技术。又例如,可以采用循环前缀添加之外的方法,包括使用零延拓。

[0072] 权利要求中使用的附图标号和/或附图参考标记是用来标识所要求保护的主题的一个或多个可能的实施例,以有助于解释权利要求。这种使用不必解释为将这些权利要求的范围限制为相应附图中所示出的实施例。

[0073] 应该理解,在此描述的示例性方法不必按照其顺序执行,这些方法的步骤的顺序应该被理解为仅是示例性的。同样,在这些方法中可以包括额外的步骤,以及在与本发明的各种实施例一致的方法中可以省略或合并特定的步骤。

[0074] 尽管在下面方法权利要求中的元件(如果有)是以具有对应标记的特定顺序叙述的,除非该权利要求的叙述暗示执行一些或所有这些元素的特定顺序,否则,这些元件不必然地限制于以该特定顺序执行。

[0075] 在此,参考“一个实施例”或“实施例”意味着与该实施例相结合描述的特定特征、结构、或特性可以被包括在本发明的至少一个实施例中。在说明书中不同位置处的“在一个实施例中”的词组,不一定都表示相同的实施例,也不是必然排斥其他实施例的独立或可替换实施例。术语“实施”也是一样的。

100

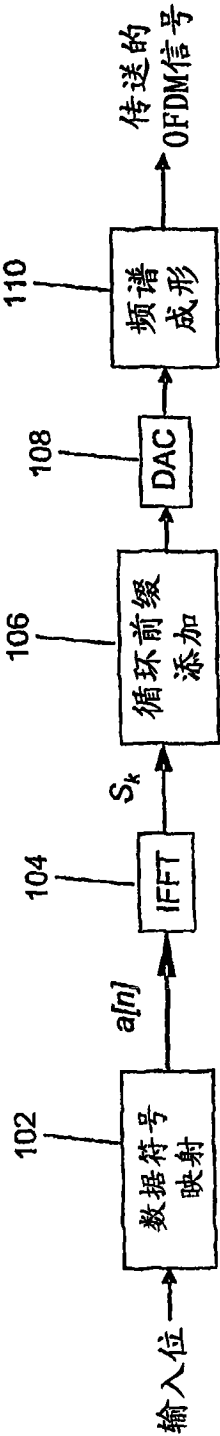


图1 (现有技术)

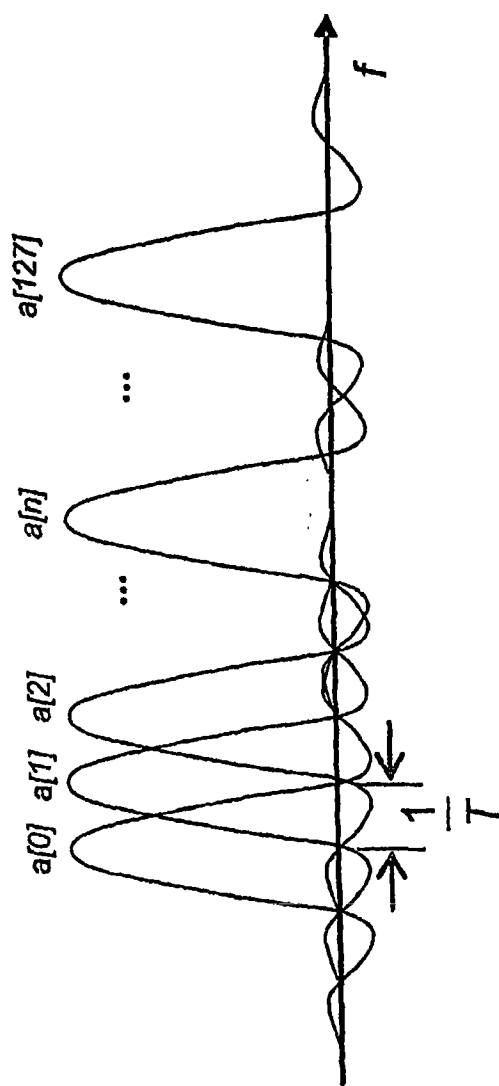


图2 (现有技术)

300

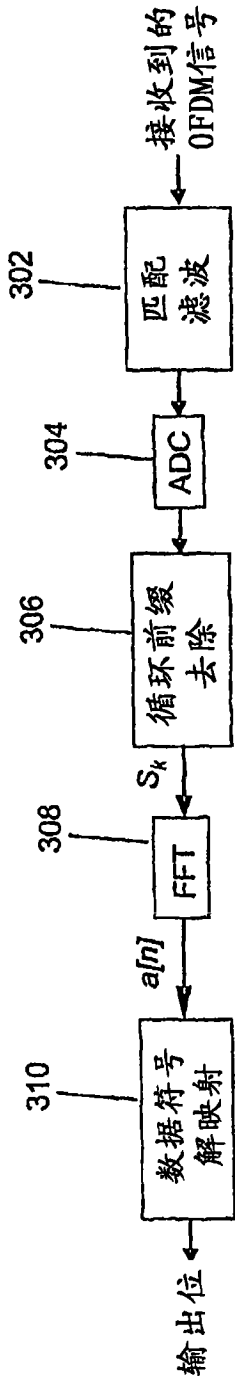


图3 (现有技术)

400

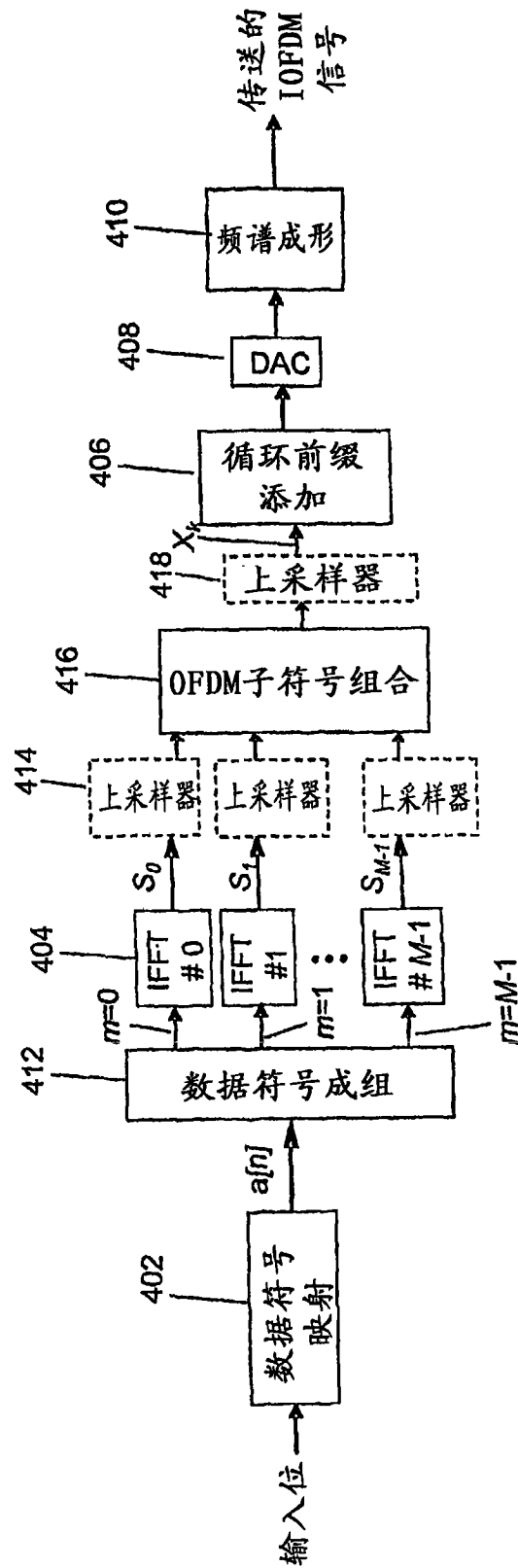


图 4

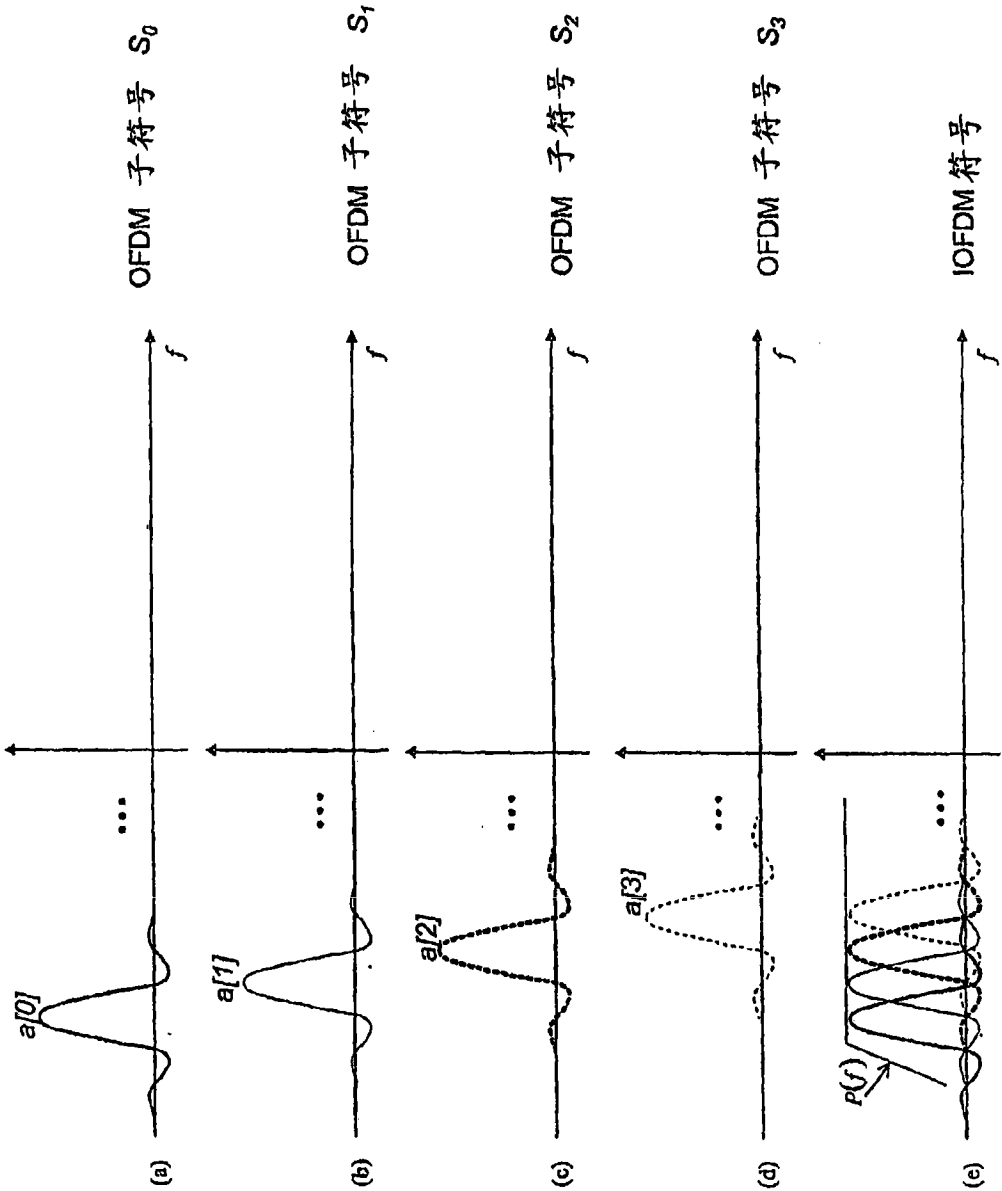


图5

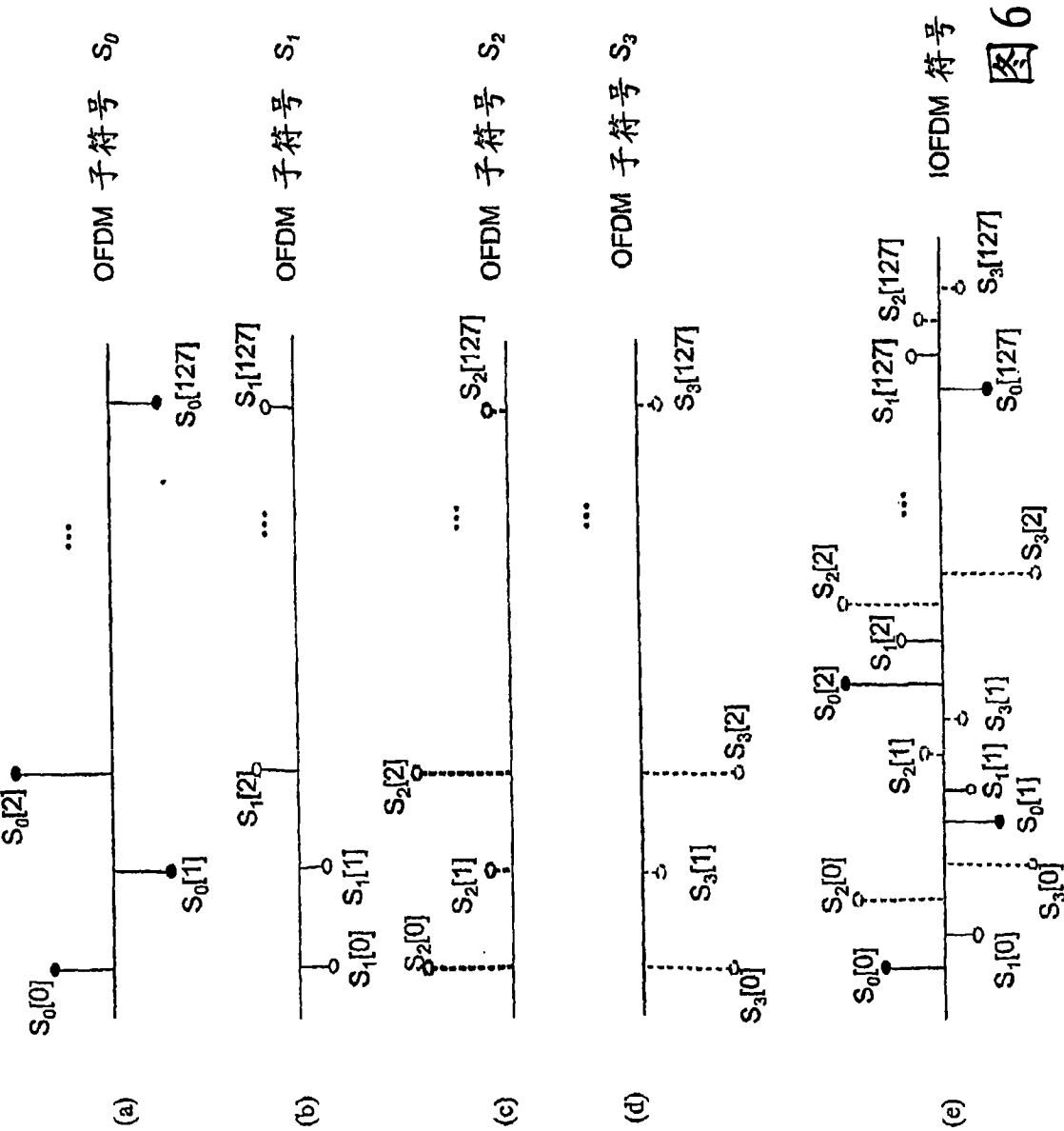


图 6

700

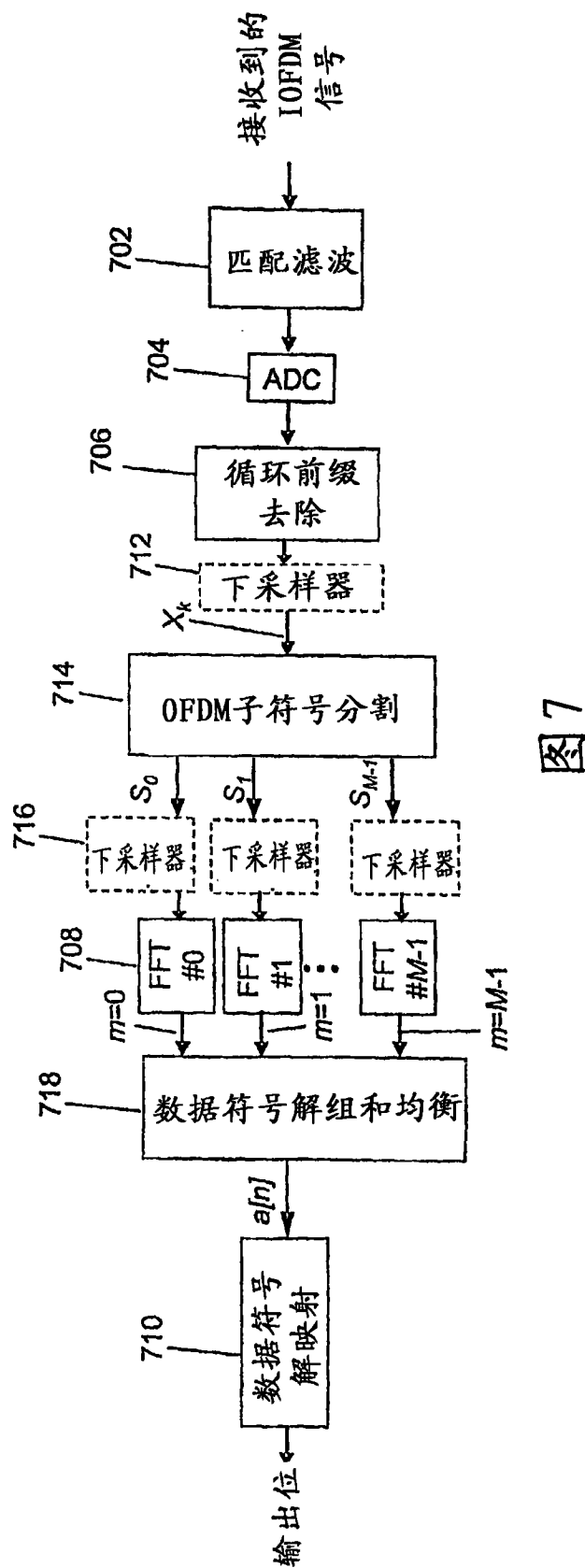


图7

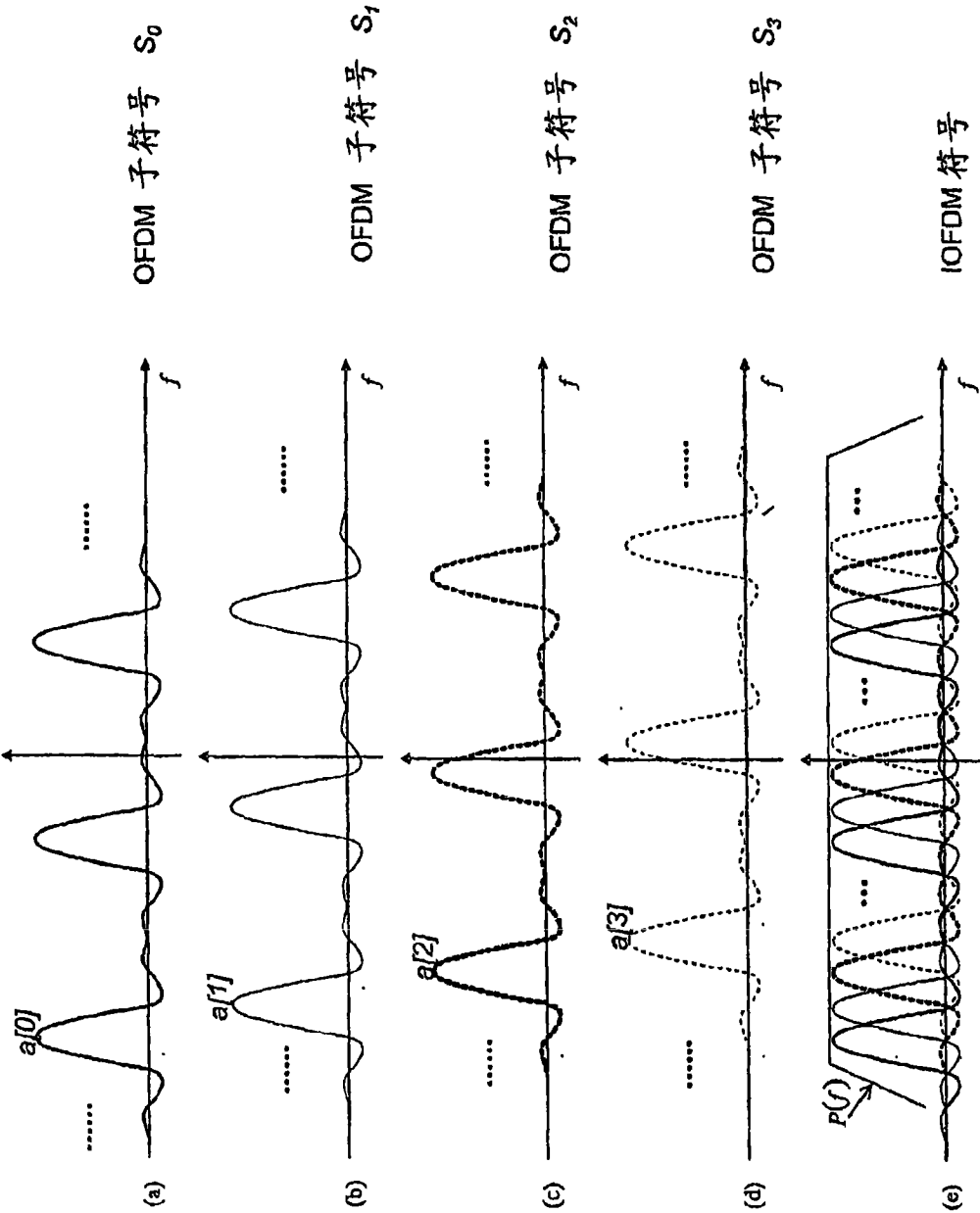


图 8