



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101917377 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 19

(21) 申请号 201010245388. 3

(56) 对比文件

(22) 申请日 2002. 10. 15

W0 01/76110 A2, 2001. 10. 11, 全文.

(30) 优先权数据

审查员 杨威明

60/329, 514 2001. 10. 17 US

60/329, 507 2001. 10. 17 US

60/329, 510 2001. 10. 17 US

10/038, 915 2002. 01. 08 US

(62) 分案原申请数据

02824991. 7 2002. 10. 15

(73) 专利权人 北方电讯网络有限公司

地址 加拿大魁北克省

(72) 发明人 J·马 M·贾 P·朱 童文

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 徐予红

(51) Int. Cl.

H04L 27/26(2006. 01)

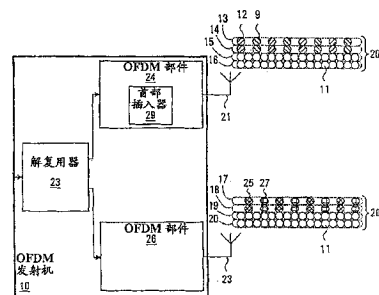
权利要求书 3 页 说明书 15 页 附图 10 页

(54) 发明名称

多载波码分多址系统中的同步

(57) 摘要

本发明涉及多载波码分多址系统中的同步。提供一种在 OFDM 通信系统内执行捕获同步和小区选择的方法和装置。执行粗同步以确定搜索窗口。然后通过测量信号样点子集与已知值之间的相关来执行细同步,其中第一信号样点位于搜索窗口内。在接收信号的频域上执行相关处理。在多输出 OFDM 系统中,OFDM 发射机的每个天线具有唯一的已知值。所述已知值以连续的导频符号对的形式发送,每对导频符号在 OFDM 帧内的子载波频率的同一子集上发送。



①-天线 1 的专用导频信道
②-天线 2 的专用导频信道
③-天线 1 的公共同步信道
④-天线 2 的公共同步信道

1. 一种位于包括有多个MIMO-OFDM发射机(10)的通信网络中的MIMO-OFDM接收机,所述MIMO-OFDM发射机(10)具有多个发射天线(21,23),所述MIMO-OFDM接收机包括:

a) 至少一个接收天线(734,735);

b) 在所述至少一个接收天线(734,735)中的每一个接收天线处与所述至少一个接收天线(734,735)中的每一个接收天线相关联的RF接收机(736,739),用于对接收的信号采样以便产生相应的时域样本组;

c) 粗同步器(737,741),用于确定至少一个粗同步位置;以及

在所述至少一个接收天线(734,735)中的每一个接收天线处:

i) 在频域中,在从接收的信号中的由所有OFDM接收机共同使用的公共同步信道子载波(9,27)提取的至少一个接收的公共同步序列和OFDM发射机(10)的多个发射天线(21,23)中相应的一个发射天线的对应公共同步序列之间执行相关以便识别多个候选的相关峰值;

ii) 从所述多个候选的相关峰值中选择M个最强的相关峰值用于进一步处理,其中M是等于或大于1的整数;

iii) 在M个最强的相关峰值中的每一个处,将时域样本转换成频域分量并且处理专用导频子载波(12,25),这些专用导频子载波(12,25)包含发射机专用信息,以便识别与每个相关峰值相关联的OFDM发射机(10);以及

iv) 为因此识别的每个OFDM发射机(10)确定载波-干扰C/I值;以及

d) 细同步器,用于通过选择具有为所述至少一个接收天线(734,735)中的任何一个所确定的最大C/I值的OFDM发射机(10)而执行小区选择。

2. 如权利要求1所述的接收机,所述接收机适于从多个MIMO-OFDM发射机的N个天线(21,23)接收,每个天线具有不同的子载波组(9,12,25,27),每个子载波组具有通过N-1个子载波而彼此隔开的连续的子载波。

3. 如权利要求1所述的接收机,适于接收具有信头符号格式的MIMO-OFDM帧格式,其中信头OFDM符号(508)还包含所述多个天线(21,23)中的每个天线的复用广播载波。

4. 如权利要求1所述的接收机,所述接收机适于接收前置码(300),所述前置码具有前缀,该前缀后紧接着是两个具有信头OFDM符号格式的完全相同的OFDM符号(508)。

5. 如权利要求1所述的接收机,适于接收具有信头符号格式的MIMO-OFDM帧格式,其中信头OFDM符号(508)包含所述多个天线(21,23)中的每个天线的复用的导频子载波(12,25)和公共同步信道子载波(9,27),所述接收机还适于通过搜索完全相同的连续OFDM符号(508,510)之间的相关峰值来对所述同步符号执行粗同步。

6. 如权利要求4所述的接收机,所述接收机还适于基于公共同步信道子载波(9,27)和/或导频子载波(12,25)执行细同步。

7. 一种在包括至少一个接收天线的正交频分复用OFDM接收机处执行小区选择的方法,所述方法包括:

在至少一个接收天线(734,735)中的每一个接收天线处,对接收的信号采样以便产生相应的时域样本组;

确定至少一个粗同步位置;

在至少一个接收天线(734,735)中的每一个接收天线处:

a) 在频域中,在从接收的信号中的由所有 OFDM 接收机共同使用的公共同步信道子载波 (9,27) 提取的至少一个接收的公共同步序列和 OFDM 发射机 (10) 的多个发射天线 (21,23) 中相应的一个发射天线的对应公共同步序列之间执行相关以便识别多个候选的相关峰值;

b) 从所述多个候选的相关峰值中选择 M 个最强的相关峰值用于进一步处理,其中 M 是等于或大于 1 的整数;

c) 在 M 个最强的相关峰值中的每一个处,将时域样本转换成频域分量并且处理专用导频子载波 (12,25),所述专用导频子载波 (12,25) 包含发射机专用信息,以便识别与每个相关峰值相关联的 OFDM 发射机 (10);

d) 为因此识别的每个 OFDM 发射机 (10) 确定载波 - 干扰 C/I 值;以及

选择具有为至少一个接收天线 (734,735) 中的任何一个所确定的最大 C/I 值的 OFDM 发射机 (10)。

8. 如权利要求 7 所述的方法,其中在从接收的信号中的同步子载波 (9,27) 提取的至少一个接收的公共同步序列和多个发射天线 (21,23) 中的相应的一个发射天线的对应公共同步序列之间执行频域相关以便识别多个候选的相关峰值包括:

a) 对关于所述至少一个粗同步位置之一的多个候选的细同步位置中的每一个位置:

i) 对于每个接收天线 (734,735),针对所述候选的细同步位置定位快速傅里叶变换窗口,并通过快速傅里叶变换将时域样本转换成相应的频域分量组;

ii) 对于至少一个公共同步序列中的每一个,每个公共同步序列已经通过至少一个发射机 (10) 中的每一个发射机的发射天线 (21,23) 被发射,从所述频域分量组中提取对应于发射天线 (21,23) 的相应的所接收的训练序列;

iii) 对于所述至少一个公共同步序列中的每一个,计算每个相应的所接收的公共同步序列和相应的已知公共同步序列之间的相关;

iv) 合并所述相关以便产生每个候选的同步位置的总相关结果;

b) 确定所述相关中的至少一个峰值,所述至少一个峰值中的每一个是所述相关中的局部最大值。

9. 如权利要求 8 所述的方法,还包括:

基于所选择的发射机 (10) 的细同步位置将时域样本转换成频域分量并且基于用于该发射机 (10) 的导频信道来执行进一步的细同步。

10. 如权利要求 9 所述的方法,所述方法被应用于 MIMO-OFDM 帧格式,所述 MIMO-OFDM 帧格式具有信头符号格式,其中信头 OFDM 符号 (508) 的子载波 (9,12,25,27) 被全部分成多个天线 (21,23) 中的每一个天线的相应的不相邻的子载波组 (9,12,25,27),其中每个天线 (21,23) 只在相应的子载波组 (9,12,25,27) 上发射信头 OFDM 符号 (508),其中信头 OFDM 符号 (508) 包含多个天线 (21,23) 中的每一个天线的复用的专用导频子载波 (12,25) 和公共同步信道子载波 (9,27),所述帧开始于两个完全相同的信头 OFDM 符号 (508),在此期间重复专用导频子载波 (12,25) 的内容并且重复公共同步信道子载波 (9,27) 的内容,所述公共同步信道子载波 (9,27) 承载对一个基站的相应天线 (21,23) 来说是不同的而对多个基站来说是共同的复序列,利用对每个基站的每个天线来说不同的唯一的复序列来调制所述专用导频子载波 (12,25) 的内容。

11. 如权利要求 7 所述的方法,还包括:

为了进行发射机切换,对每个因此识别的发射机(10),在一定时间间隔上求载波-干扰 C/I 值的平均值,如果不同于当前选择的发射机,就在所述时间间隔末促使发射机切换到具有最大 C/I 平均值的发射机(10)。

多载波码分多址系统中的同步

[0001] 本申请是申请日为 2002 年 10 月 15 日、申请号为 02824991.7、发明名称为“多载波码分多址系统中的同步”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及蜂窝无线通信系统,更具体地来说涉及在采用 OFDM(正交频分复用)或类 OFDM 技术的蜂窝无线通信系统中的系统接入及物理层分组和前置码设计。

背景技术

[0003] 在具有至少一个发射机和至少一个接收机的无线通信系统中,接收机必需获得发射机发送的信号的定时并与之同步,之后才能从接收信号中提取信息。无线通信系统中基站发送的信号的定时,通称为系统定时。

[0004] 在采用正交频分复用(OFDM)的蜂窝无线通信系统中,同步于信号定时允许精确定位信号接收机采用的快速傅立叶变换(FFT)窗口,以从信号中提取信息。

[0005] 在任何具有多个基站(BTS)和多个移动通信设备的蜂窝无线通信系统中,同步过程一定会在 BTS 与系统通信设备之间频繁进行,以使系统运作起来。下文将移动通信设备简称为 UE(用户设备)。

[0006] 再者,每个 BTS 定义一个地理发送区域,通常称为小区,相当靠近某个特定 BTS 的 UE 可接入无线通信系统。特定 UE 选择 BTS 以通过其接入蜂窝无线通信系统的过程称为小区选择。为了优化 BTS 信号的接收,UE 需要识别从不同 BTS 收到的最佳质量信号,并切换其接收机以调谐到最佳 BTS 给定时间。因此,由于 UE 的移动性,必须频繁使用同步过程,以允许在 UE 变更位置时从一个 BTS 无缝切换到另一个 BTS。

[0007] 在大多数目前的蜂窝无线通信系统中,快速系统接入和小区选择是移动 UE 正常工作所需的基本功能。快速捕获旨在使 UE 可与期望的 BTS 同步。小区选择和重新选择由 UE 来执行,以进行同步并测量相邻 BTS 之间的信号(包括干扰)功率以及选择并切换到信号质量最佳、即 C/I(载波干扰)比最大的 BTS。

[0008] 接入采用 OFDM(正交频分复用)的无线通信系统的现有解决方案是为无线 LAN(局域网)系统而设计的,用于在 SISO(信号输入-信号输出)配置下进行快速分组接入。但无线 LAN 不具有处理 UE 移动性的能力,UE 移动需要无缝 BTS 切换。另一方面,某些蜂窝系统,如 3G UMTS(第三代通用移动通信系统)可以执行小区选择、BTS 识别及 BTS C/I 比测量。

[0009] 多输入多输出-正交频分复用(MIMO-OFDM)是一种创新的高频谱效率的技术,用以通过频率和时间上均快速衰落的无线电信道传输高速数据。对于高速下行分组数据传输系统,物理层分组结构的设计是一个基本方面。

[0010] OFDM 技术已经为 DAB(数字音频广播)、DVB-T(数字视频广播-地面)和 IEEE 802.11 标准所采用。DAB 和 DVB-T 用于音频和视频地面广播。在这些系统中,信号在连续的数据流中传送。因为快速分组访问并非关键,所以无需前置码。DAB 和 DVB-T 还适用于单

频率网络。在此情况中,每个发射机以联播形式发送信号。来自相邻发射机的干扰可以视为活动回波,可以通过适当的前缀设计来处理。IEEE 802.11 是无线 LAN 标准。它是一种基于分组的 OFDM 传输系统。在该标准中引入了前置码信头。

[0011] 在 MIMO-OFDM(多输入多输出-OFDM)系统中的同步相当困难,在 MIMO-OFDM 系统中每个发射机和每个接收机都具有多个天线。所增加的任务复杂性在于,快速同步过程在很低 C/I 比条件下必须非常可靠,才能在整个小区实现高成功率。此外,高移动性会导致很高的多普勒扩展,这使可靠同步更加困难。

[0012] 在 MIMO-OFDM 系统中,可以两个步骤来执行同步。首先,执行帧同步(也称为粗同步)以确定帧中第一个 OFDM 符号的起始位置的大概范围。其次,执行定时同步(也称为细同步),以确定精确的 FFT 窗口位置,以便可以精确地执行频域解调。

[0013] 常规技术中,细同步在时域执行。其方法是在时域插入周知的导频训练序列,以便接收机在选择时隙执行互相关计算。

[0014] 例如,如图 1A 和 1B 所示,IEEE 802.11 标准的 OFDM 帧结构利用多个重复的短 OFDM 信头来实现细同步,这些信头一般如标记 5 所示,为选定子载波的帧开始位置处设置的几个时域信头,其后紧接着是训练 OFDM 符号 207。信头 5 用于帧同步(即粗同步)。训练 OFDM 符号 207 用于精确定位 FFT 窗口,以便可以正确执行频域解调。训练 OFDM 符号 207 后面是 TPS(传输参数信令)OFDM 符号 205 和数据 OFDM 符号 30。

[0015] TPS OFDM 符号 205(在频域有更清楚的图示,参见图 1B)以对应于自适应编码和调制周期的频率发送。训练 OFDM 符号、TPS OFDM 符号和数据 OFDM 符号利用所有的子载波。在 802.11 系统中,用于粗同步的重复信头只在每第四个子载波上发送。此设计只适合于只有一个发射天线的简单 SISO OFDM 系统。对于 MIMO-OFDM 系统来说,前置码设计更为复杂,因为存在多个发射天线。再者,对于移动通信,高效的前置码设计困难得多,因为是多个小区的环境,需要在没有 BTS 信息可用进行初始接入、BTS 切换、甚至软切换。

[0016] 小区捕获和同步过程的现有方法是,采用 UMTS WCDMA 所用的 3 步同步法,它需要较长接入时间。当可以在时域执行细同步时,MIMO 信道的自相关扰会在非常低的 C/I 条件下限制此方法的性能。增加相关长度可以增强时域上细同步的性能,但代价是开销和处理复杂性增加。现有设计基于针对单个发射天线和单个接收天线系统的时域训练序列相关。但是,简单地扩展应用此时域同步方法将导致性能损失,对低 C/I 比的应用尤其如此。导致性能损失的原因在于 MIMO 信道之间的自相关扰,此干扰不易在时域降低。

发明内容

[0017] 本发明的一个宽的方面在于,提供一种适于发送这样一种信头符号格式的 MIMO-OFDM 发射机,在这种信头符号格式中,针对多个天线中的各天线将信头 OFDM 符号的子载波划分成不相邻的子载波组,且每个天线只在各自的所述子载波组上发送信头 OFDM 符号。

[0018] 在一些实施例中,有 N 个天线,并且将按 N 个子载波隔开的不同子载波组分配给所述多个天线中的各天线。

[0019] 在一些实施例中,所述信头符号包含所述多个天线中每一个天线的专用导频信道子载波上的复用专用导频信道和公共同步信道子载波上的公共同步信道。

[0020] 在一些实施例中,信头 OFDM 符号还包含所述多个天线中的每一个天线的复用广播信道子载波。

[0021] 在一些实施例中,发射机还适于发送如下前置码:所述前置码具有前缀,该前缀后紧接着是两个具有所述信头 OFDM 符号格式的完全相同的 OFDM 符号。在一些实施例中,前缀是两个完全相同的 OFDM 符号的周期性扩展。

[0022] 在一些实施例中,导频信道具有可实现高效 BTS 识别的特定于 BTS 的映射复序列。

[0023] 在一些实施例中,公共同步信道是为实现快速准确的初始捕获而设计的。

[0024] 在一些实施例中,将公共同步信道用于粗同步和细同步,并将导频信道用于细同步。

[0025] 在一些实施例中,将公共同步信道用于传送对一个发射机的每个发射天线不同但对通信网内不同发射机的各发射天线共同的复序列。

[0026] 在一些实施例中,发射机还适于发送如下 OFDM 帧:以所述前置码开头,并且具有散布在每个 OFDM 帧的剩余部分中的导频信息。

[0027] 在一些实施例中,在前置码期间,N 个发射天线中的每一个天线发送专用导频信道子载波、发送公共同步信道子载波以及发送广播信道子载波。

[0028] 在一些实施例中,将前置码 OFDM 符号的子载波组织成以预定次序,即按 N 个发射天线中每个天线的专用导频信道、N 个发射天线中每个天线的公共同步信道子载波的顺序排列的重复序列。

[0029] 在一些实施例中,将前置码 OFDM 符号的子载波组织成按预定次序,即按 N 个发射天线中每个天线的至少一个专用导频信道子载波、N 个发射天线中每个天线的至少一个公共同步信道子载波、至少一个广播信道子载波的顺序排列的重复序列。

[0030] 本发明的另一个宽的方面在于,提供一种适于接收这样一种信头符号格式的 MIMO-OFDM 接收机,在这种信头符号格式中,针对多个天线中的各天线将信头 OFDM 符号的子载波划分成不相邻的子载波组,且每个天线只在各自的所述子载波组上发送信头 OFDM 符号。

[0031] 在一些实施例中,所述接收机适于从 N 个发射天线接收,所述 N 个发射天线使用分配给所述多个天线中各天线的按 N 个子载波隔开的不同子载波组。

[0032] 在一些实施例中,所述接收机还适于基于公共同步信道子载波和 / 或专用导频信道子载波来执行细同步。

[0033] 本发明的另一个宽的方面在于,提供一种发送分组数据帧结构的发射机。所述分组数据帧结构具有长度对应于网络同步周期的超帧;超帧包含多个无线电帧;每个无线电帧包含多个对应于自适应编码和调制周期的 TPS(传输参数信令)帧;每个 TPS 帧包含多个对应于空中接口时隙大小的时隙;每个时隙包含多个 OFDM 符号,其中每个 OFDM 帧的第一个 TPS 帧的第一个时隙的前两个符号用作信头 OFDM 符号。

[0034] 在一些实施例中,所述信头 OFDM 符号具有这样一种信头 OFDM 符号格式,在这种信头符号格式中,针对多个天线中的各天线,将信头 OFDM 符号的子载波划分成不相邻的子载波组,且每个天线只在各自的所述子载波组上发送信头 OFDM 符号。

[0035] 在一些实施例中,所述信头 OFDM 符号包含所述多个天线中各天线的复用导频信道子载波和公共同步信道子载波。

[0036] 在一些实施例中,所述信头 OFDM 符号还包含所述多个天线中各天线的复用广播信道子载波。

[0037] 在一些实施例中,所述发射机还适于通过如下方式以多种不同的模式进行发送:每个时隙发送不同数量的 OFDM 符号,其中时隙长度不变且不改变所述时隙上的帧结构。

[0038] 在一些实施例中,通过缩短 OFDM 符号持续时间并缩短 FFT 大小但不改变采样频率来实现每时隙 OFDM 符号数量增加的模式。

[0039] 在一些实施例中,发射机还适于针对每个 TPS 帧向相应的用户组发送,并针对每个 TPS 帧发信号指示哪些用户应该解调整个 TPS 帧。

[0040] 本发明的另一个宽的方面在于,提供一种在 OFDM 接收机上执行同步的方法。所述方法包括:在至少一个接收天线中的每个天线上,对接收信号采样以生成相应的时域样点集;确定至少一个粗同步位置;在至少一个接收天线中的每个天线上:

[0041] a) 对关于所述至少一个粗同步位置之一的多个候选细同步位置中的每一个位置:

[0042] i) 对于每个接收天线,针对所述候选细同步位置定位 FFT 窗口,并通过 FFT 将时域样点转换成相应的频域分量集;

[0043] ii) 对于每个所述至少一个发射天线,从所述频域分量集中提取对应于该发射天线的相应的接收训练序列;

[0044] iii) 对于每个发射天线,计算每个相应接收训练序列与相应的已知发送训练序列之间的相关;

[0045] iv) 合并所述至少一个发射天线的相关以得到每个候选同步位置的总相关结果;

[0046] b) 根据所述多个相关值确定细同步位置;

[0047] 综合从至少一个接收天线得到的细同步位置以得到总细同步位置。

[0048] 在一些实施例中,针对每个接收天线确定粗同步位置,并将其用于确定相应的细同步位置。

[0049] 在一些实施例中,对每个接收天线确定粗同步位置,并将所述位置中最早的位置用于确定所有接收天线的细同步位置。

[0050] 在一些实施例中,通过搜索两个 OFDM 符号持续时间内时域样点之间的相关峰值,在时域上确定所述至少一个接收天线的粗同步位置。

[0051] 在一些实施例中,所述方法适用于具有至少两个天线的 OFDM 接收机上,其综合从至少一个接收天线得到的细同步位置以得到总细同步位置的步骤包括选择所述细同步位置中最早的细同步位置。

[0052] 在一些实施例中,对接收信号采样以生成时域样点集是在至少三个 OFDM 符号持续时间内完成的;确定至少一个粗同步位置的步骤包括通过搜索两个 OFDM 符号持续时间内收到的时域样点之间的相关峰值来执行时域上的粗同步,以便按照如下步骤识别出粗同步位置:

[0053] a) 对具有一个 OFDM 符号持续时间的第一周期的多个起始时间的每一个起始时间,计算多个相关值,每个相关值是所述第一周期内接收到的第一时域样点集与紧随所述第一周期且具有 OFDM 符号持续时间的第二周期接收到的第二时域样点集之间计算出的相关值;

[0054] b) 识别出对应于所述许多相关值中最大相关值的粗同步位置。

[0055] 在一些实施例中,合并所述至少一个发射天线的相关以生成各候选同步位置的总相关结果的步骤包括将对应各候选同步位置的所述至少一个发射天线的相关值一起相乘。

[0056] 在一些实施例中,将所述方法适用于单发射天线单接收天线的系统。

[0057] 在一些实施例中,在公共同步信道子载波上接收训练序列。

[0058] 在一些实施例中,在 OFDM 帧前置码期间接收训练序列。

[0059] 在一些实施例中,在专用导频信道子载波上接收训练序列。

[0060] 在一些实施例中,在 OFDM 帧前置码期间接收训练序列。

[0061] 本发明的另一个宽的方面在于,提供一种具有至少一个接收天线的 OFDM 接收机;与每个所述至少一个接收天线对应的、适于对接收信号采样以生成相应时域样点集接收电路;适于确定至少一个粗同步位置的粗同步器;包括至少一个 FFT、至少一个相关器和至少一个合并器的细同步器,所述细同步器适于在所述至少一个接收天线的每个天线上执行如下步骤:

[0062] a) 对关于所述至少一个粗同步位置之一的多个候选细同步位置中的每一个位置:

[0063] i) 对于每个接收天线,针对所述候选细同步位置定位 FFT 窗口,并通过 FFT 将时域样点转换成相应的频域分量集;

[0064] ii) 对于每个所述至少一个发射天线,从所述频域分量集中提取对应于该发射天线的相应的接收训练序列;

[0065] iii) 对于每个发射天线,计算每个相应接收训练序列与相应的已知发送训练序列之间的相关;

[0066] iv) 合并所述至少一个发射天线的相关以得到每个候选同步位置的总相关结果;

[0067] b) 根据所述多个相关值确定细同步位置;

[0068] 所述接收机还适于综合从至少一个接收天线得到的细同步位置以得到总细同步位置。

[0069] 在一些实施例中,所述接收机具有至少两个天线,并适于通过选择所述细同步位置中最早的位置而将从所述至少一个接收天线获得的细同步位置加以综合以得到总细同步位置。

[0070] 在一些实施例中,所述接收机适于通过将对应用于每个候选同步位置的所述至少一个发射天线的相关一起相乘而合并所述至少一个发射天线的相关,以生成对应于每个候选同步位置的总相关结果。

[0071] 在一些实施例中,所述接收机适于在公共同步信道子载波上接收训练序列。

[0072] 在一些实施例中,所述接收机适于在专用导频信道子载波上接收训练序列。

[0073] 本发明的另一个宽的方面在于,提供一种执行细同步的方法。所述方法包括:在每个所述至少一个接收天线上,接收包含对应于每个至少一个发射天线的相应接收频域训练序列的 OFDM 符号;通过搜索已知频域训练序列和接收频域训练序列之间的最大相关来执行频域上的细同步。

[0074] 本发明的又一个宽的方面在于,提供一种发送实现细同步的信号的方法。所述方法包括从每个至少一个发射天线上发送包含相应频域训练序列的 OFDM 符号。

[0075] 在一些实施例中,不同的频域训练序列由各发射天线发送,但是相同的频域训练序列由其他发射机的对应天线发送。

[0076] 本发明的又一个宽的方面在于,提供一种在 OFDM 接收机上执行小区选择的方法。所述方法包括:在每个至少一个接收天线上对接收信号采样以生成相应的时域样点集;确定至少一个粗同步位置;在至少一个接收天线的每一个天线上:

[0077] a) 在从接收信号中公共同步信道子载波提取的至少一个接收公共同步序列与相应的多个发射天线的对应公共同步序列之间执行相关,以识别多个候选相关峰值;

[0078] b) 选择 M 个最强相关峰以作进一步处理;

[0079] c) 在每个相关峰处,再次将时域样点转换为频域分量,并处理包含特定于发射机的信息的导频信道子载波,以识别出与各相关峰相关联的发射机;

[0080] d) 确定如此识别的每个发射机的 C/I 或类似值;

[0081] 选择具有针对至少一个接收天线中任一天线确定的最大 C/I 的发射机。

[0082] 在一些实施例中,在从接收信号中公共同步信道子载波提取的至少一个接收公共同步序列与相应的多个发射天线的对应公共同步序列之间执行相关以识别多个候选相关峰的步骤包括;

[0083] a) 对有关所述至少一个粗同步位置之一的多个候选细同步位置中的每一个位置:

[0084] i) 对于每个接收天线,定位所述候选细同步位置的 FFT 窗口,并通过 FFT 将时域样点转换成相应的频域分量集;

[0085] ii) 对于至少一个公共同步序列中的每个公共同步序列(每个公共同步序列由至少一个发射机中的每个发射机的发射天线发送),从所述频域分量集提取对应于发射天线的相应的接收训练序列;

[0086] iii) 对于所述至少一个公共同步序列中的每个公共同步序列,计算每个相应的接收公共同步序列与已知的相应同步序列之间的相关;

[0087] iv) 合并所述相关,以生成对应于每个候选同步位置的总相关结果;

[0088] b) 确定该相关中的至少一个峰值,每个所述至少一个峰值是所述相关中的局部最大值。

[0089] 在一些实施例中,所述方法还包括根据所选发射机的细同步位置将时域样点再次转换成频域分量,并根据该发射机的专用导频信道执行进一步的细同步。

[0090] 在一些实施例中,所述方法适用于具有这样一种信头符号格式的 MIMO-OFDM 帧格式,在这种信头符号格式中,针对多个天线中的每一个天线将信头符号的子载波划分成不相邻的子载波组,且每个天线只在各自的子载波组上发送信头符号;并且其中,所述信头符号包含所述多个天线中各天线的复用导频信道子载波和公共同步信道子载波;所述帧以两个完全相同的信头 OFDM 符号开始,在这两个符号期间重复导频信道子载波的内容以及同步信道子载波的内容;所述公共同步信道子载波承载对一个基站的不同而对多个基站共同的复序列;所述专用导频信道子载波的内容至少在本地对特定基站唯一。

[0091] 在一些实施例中,所述方法还包括:为了进行发射机切换,对每个如上所述识别的发射机,在一定时间间隔上求 C/I 或类似值的平均值,如果该平均值不同于当前选择发送的,就在所述时间间隔末促使从一个发射机切换到具有最大 C/I 平均值或类似值的发射

机。

附图说明

- [0092] 现在将要参考附图,对本发明的最佳实施例予以详细说明,附图中:
- [0093] 图 1A 是时域上 IEEE 802.11 标准的帧结构;
- [0094] 图 1B 是频域上图 1A 所示的帧结构;
- [0095] 图 2A 是本发明实施例提供的分组数据帧结构;
- [0096] 图 2B 是本发明实施例提供的分组数据帧层次结构;
- [0097] 图 3 是本发明实施例提供的建议信头结构;
- [0098] 图 4 是本发明实施例提供的时域上的前置码信头结构;
- [0099] 图 5 是本发明实施例提供的频域上的前置码信头结构;
- [0100] 图 6 是本发明实施例提供的 MIMO-OFDM 发射机的概念示意图;
- [0101] 图 7A 是说明 MIMO-OFDM 粗同步功能的方框图;
- [0102] 图 7B 是说明 MIMO-OFDM 细同步功能的方框图;
- [0103] 图 8 是显示多个候选同步位置的导频信道的标记序列相关输出的示意图;
- [0104] 图 9 是 BTSS 识别仿真的示意图;以及
- [0105] 图 10 是本发明实施例提供的用于 MIMO-OFDM 的小区选择和重新选择的方法流程图。

具体实施方式

[0106] 现在参考图 2A,其中显示的是本发明实施例提供的 OFDM 分组帧结构。发送 OFDM 符号流被组织成这种帧。每个帧由三个主要部分组成:前置码 300、散布的导频信号 302 以及业务数据符号 304。插入前置码可使 UE(用户设备)执行如下基本操作:快速 BTS(基站)接入、BTS 识别和 C/I 比测定、组帧和定时同步、频率和采样时钟偏移估计和初始信道估计。具有最小开销的帧前置码设计对最大频谱效率和无线容量而言是至关重要的。

[0107] 现在参考图 2B,其中显示的是根据本发明实施例组织的 MIMO-OFDM 的如下帧层次结构:最高层是 OFDM 超帧 500(显示了两个)。超帧的时长按网络同步周期来确定(例如 1 秒)。超帧由多个也称为 OFDM 帧的 10 毫秒无线电帧 502 组成。1 秒的超帧 500 中将有 100 个 10 毫秒 OFDM 帧 502。

[0108] 为了支持自适应编码调制(ACM),引入快速信令信道(TPS 信道-传输参数信令)。每个 OFDM 帧 502 再划分成 TPS 帧 504,在所示实例中每个 10 毫秒无线电帧 502 有 5 个 2 毫秒 TPS 帧。在一些实施例中用于 TPS 的帧长度与 ACM 单元的持续时间相等。每个 TPS 帧还包含允许每个用户判断当前 TPS 帧是否包含供它们的数据的信令信息。TPS 帧可以包含多个用户的数据。

[0109] TPS 帧 504 可以进一步划分成多个时隙 506,其中每个时隙包含多个 OFDM 符号,在所示实例中,每个 TPS 帧 504 进一步划分为 3 个时隙 506。时隙 506 的时长由空中接口的时隙长度决定。最小的传输单元是一个 OFDM 符号 508,510。一个 OFDM 符号的时长由传输环境特征决定,例如,最大信道时延、系统采样时钟和最大多普勒率。在所示实例中,每个时隙 506 有四个 OFDM 符号 508 和 510。

[0110] 为降低在 OFDM 符号之间插入保护间隔引起的开销,可以设计各具有不同符号持续时间和不同前缀的不同 OFDM 符号模式,例如,0.5k 模式和 1k 模式。为了简化系统,在执行模式切换时保持采样频率不变。下文将详细描述这些不同的模式。

[0111] 图 2B 的帧结构给出了与 UMTS(通用移动通信系统)空中接口兼容的帧结构层次的一个例子。在 OFDM 符号级上,有两种不同类型的 OFDM 符号。它们包括前置码 OFDM 符号 508 和常规数据符号 510。

[0112] 现在参考时域表示图 4,每个 OFDM 帧以前置码开头,前置码由几个之前设有前缀 607 的完全相同的信头 OFDM 符号 603 和 605 构成,前缀 607 是信头 OFDM 符号的循环扩展。重复结构用于协助同步。通过在相邻 OFDM 符号之间执行相关直到识别出两个完全相同的符号为止,可以找出一个 OFDM 帧的起始位置。例如,每个 OFDM 符号可以采用 1056 个样点。对于前置码,在前缀 607 期间,发送信头 OFDM 符号的最后 64 个样点。第二个信头 OFDM 符号没有前缀。信头周期性地插入,以图 2B 为例,每 10 毫秒进行一次,即在每个 OFDM 帧开始位置插入。

[0113] 再次参考图 2B,注意到,对于非信头 OFDM 符号,即对于常规 OFDM 符号 510,每个 OFDM 符号最好也具有一个前缀。在“1k”模式下,有 32 个前缀样点和表示 FFT 大小的 1024 个实际样点,每个符号总共有 1056 个样点。在 1/2K 模式下,有 16 个样点的前缀,每个符号 512 样点(表示 FFT 大小),总共 528 个样点/符号。有利的是,可以利用图 2B 的帧结构支持不同的模式,而无需改变采样频率。当在 1/2K 模式下,每个时隙 506 有两倍数量的 OFDM 符号 510。在给定时刻选择的特定模式应该使前缀时长大于最大信道时延,在 1/K 模式下,利用较少的子载波发送更多的 OFDM 符号。这在多普勒效应显著时更稳健,因为符号持续时间更短。还有,子载波之间的间距更大,进一步增强对多普勒效应的容忍度。由此,就有了一种适应不同 FFT 大小但在接收机上采样率相同的统一帧结构。最好,甚至对不同的模式也采用相同的前置码。

[0114] OFDM 是一种并行传输技术。在这种技术中,整个有效带宽划分成多个子载波,且每个子载波独立进行调制。根据本发明的实施例,为了区分进行多天线传输的不同的天线,信头期间并不在所有发射天线上使用所有子载波。而是在天线之间分配子载波。现在参考图 1A 来说明此情况的一个实例。包含在一个 OFDM 符号内的子载波频率分别以圆圈表示。在该实例中,假定 MIMO 系统中有两个发射天线。图 3 显示 OFDM 符号,其中不同子载波沿着频率轴 400 按间隔设置,而给定时刻所有子载波的内容在时间上(沿如图时间轴 402 所示)表示一个符号。在此情况中,前两个 OFDM 符号 408 和 410 用于专用导频信道信息,而其余符号(只显示两个符号 412 和 414)用于常规 OFDM 符号。在前两个 OFDM 符号 408 和 410 中传输的专用导频信道信息交替通过由第一天线和第二天线发射的子载波发送。这种情况就发送第一发射机的专用导频信道信息的第一子载波 404 和发送第二子载波的专用导频信道信息的子载波 406 作了示意,此模式对其余子载波重复。其余 OFDM 符号 412、414 同时包含两个天线发送的信息。要理解,也可以采用其他间隔模式。再者,如果有两个以上的天线,则导频信道信息将在所有发射天线之间以某种预定模式按子载波交替。

[0115] 在另一个实施例中,将公共同步信道和专用导频信道频率复用到信头符号上。为各天线分配相应的不重叠的子载波组,以发送各自的专用导频信道和公共同步信道。

[0116] 在另一个实施例中,将公共同步信道、专用导频信道和广播信道频率复用到信头

符号上。在此配置方案下,信头符号的全部有效子载波被分成三组。这三组分别映射到公共同步信道、专用导频信道和广播信道。

[0117] 使用两个发射机分集的 MIMO-OFDM 系统中不同信道的映射的实例如图 5 所示。在该实例中,显示了四个 OFDM 符号 712、714、716、718,其中两个 712 和 714 是信头符号。在信头符号 712 和 714 期间,每相隔一个的子载波用于第一天线,而其余子载波用于第二天线。这很容易推广到更多数量的天线。就本实例而言,假定在 MIMO 系统中有两个发射天线。自第一子载波 700 开始的每第六个子载波用作第一发射机专用导频信道子载波。自第二子载波 702 开始的每第六个子载波用作第二发射机专用导频信道子载波。自第三子载波 704 开始的每第六个子载波用作第一发射机公共同步信道子载波。自第四子载波 706 开始的每第六个子载波用作第二发射机公共同步信道子载波。自第五子载波开始的每第六个子载波用作第一天线的广播信道子载波,以及自第六子载波 710 开始的每第六个子载波用作第二天线的广播信道子载波。

[0118] 公共同步信道是用于初始接入的通用信道。它还可以用于同步和初步信道估计。当应用发射机分集时,不同的发射机共享公共同步子载波。在上述情况中,在不同的发射机之间划分公共同步信道。利用所有终端都知道的公共复序列来调制为公共同步信道预留的子载波。系统内所有基站都发送相同的公共同步序列。如果有多个发射天线以致每个发射天线可以发送唯一的同步序列,这样就可以有一个或多个所述同步序列。利用这种同步序列,移动台可以发现初始同步位置,以进一步通过搜索接收的同步序列和已知的发送同步序列之间的相关峰值来识别 BTS。

[0119] 专用导频信道用于 BTS/ 小区识别,并支持用于小区选择、小区切换和切换的 C/I 测量。将唯一的复序列、如 PN 码分配给每个 BTS,以便调制专用导频子载波。在多个发射天线的情况中,每个天线发送不同的唯一序列。不同于公共同步信道的情况,不同的基站使用不同的导频序列发送。分配给不同 BTS 的 PN 码的准正交性使执行接入点识别和初始干扰测量成为可能。专用导频信道还可以用于协助同步处理。

[0120] 为了充分利用信头 OFDM 符号中的子载波,如上所述,最好将某些子载波用作广播信道。在图 5 的实例中,每六个子载波的其中两个子载波用于此目的。广播信道可以承载重要的系统信息。STTD(空间时间发射分集)方案无法用于广播信道(或信头 OFDM 符号中的任何一个子载波),因为它会破坏同步算法所需的信头 OFDM 符号的重复结构。但是,所有发射机在同一子载波上发送广播信息可能导致发射机之间的破坏性干扰。为了解决此问题,在不同的发射机之间划分广播信道,这样在两个发射天线的情况中,(映射到广播信道的)子载波可以交替分配给发射天线,以实现分集。可以应用功率提升来进一步增强广播信道。

[0121] 来自不同 BTS 的广播信息可以是不同的。在一些实施例中,对广播信息进行保护,这样,靠近小区边界的用户可以在存在强烈干扰的情况下正确地接收它。可以利用一个短 PN 码来散布广播信息。分配相邻 BTS 以使用不同的代码。插入广播信道降低了前置码开销,并增加频谱效率。

[0122] 采用广播信道发送对特定基站唯一的信息。单个广播消息可以在两个天线的组合广播信道载波上发送。通过将前置码信头符号设计为由导频信道、同步信道和广播信道组成,降低了前置码信头开销。该公共同步信道是为实现快速准确的初始捕获而设计的。具

有特定于 BTS 的映射标记的专用导频信道允许进行高效的 BTS 识别。可以将组合的公共同步信道和导频信道一起用于 MIMO 信道估计。使用组合的公共同步信道和专用导频信道还允许进行高精度同步。频域训练符号可抗定时差错和多径环境。前置码设计允许用户设备灵活地执行更高效的算法。

[0123] 注意,一个实施例中专用导频信道之间、另一个实施例中专用导频信道和公共同步信道之间、以及再一个实施例中专用导频信道、公共同步信道和广播信道之间的子载波的具体细分只是特殊示例。这些子载波可以任何适合的方式进行分配。

[0124] 现在参考图 6,其中显示的是 MIMO-OFDM 发射机 10 的概念示意图。其中显示从第一发射天线 21 发送四个 OFDM 符号 201 的第一样点集,而从第二发射天线 23 发送四个 OFDM 符号 201 的第二样点集显示。一般而言,OFDM 发射机会有 N_{ant} 个发射天线,其中 N_{ant} 是设计参数。在 MIMO-OFDM 发射机 10 内,来自解复用器 23 的数据发送到与发射天线 21 相连的第一 OFDM 部件或与发射天线 23 相连的第二 OFDM 部件 26。这些部件将数据组织到 OFDM 符号和 OFDM 帧的子载波上,每个子载波在不同的正交频率上。每个 OFDM 部件 24 和 26 具有各自的信头插入器 29,用于插入信头 OFDM 符号。OFDM 符号 201 和 203 的样点集分别表示从发射天线 21 和 23 发送的 OFDM 帧的前四个 OFDM 符号,其中每行数据符号或导频符号是 OFDM 符号。第一 OFDM 符号 13 和第二(与第一符号完全相同)OFDM 符号 14 表示对第一发射天线 21 发送的 OFDM 帧唯一的两个信头 OFDM 符号。同样地,第三 OFDM 符号 17 和第四(与第一符号完全相同)OFDM 符号表示对第二发射天线 23 发送的 OFDM 帧唯一的两个信头 OFDM 符号。四个 OFDM 符号 15、16、19 和 20 通常是不相同的 OFDM 符号,它们由多个数据符号构成,且每个 OFDM 子载波上有至少一个一般地如标记 11 所示的数据符号。整个 OFDM 帧通常会具有多得多的数据符号。而且,OFDM 符号 201 与 OFDM 符号 203 同时发送,具有相同的定时。

[0125] 在本实例中,两个完全相同的信头 OFDM 符号由专用导频信道子载波 12 和公共同步信道子载波 9 构成。还可能有广播信道子载波,图中未显示。专用导频信道子载波用于如下详述的 C/I 比计算和 BTS 识别以及细同步,还可以用于初始信道估计。公共同步信道子载波 9 用于粗同步和细同步、初始接入和初始信道估计。

[0126] 在所实例中,两个信头 OFDM 符号期间,每四个连续子载波的第一个用于承载发射天线 21 发送的专用导频信道符号。同样地,每四个连续子载波的第二个被用于承载发射天线 23 发送的专用导频信道符号。

[0127] 在导频信道子载波 12 和 25 上传输的专用导频信道信息由特定于基站/扇区的 PN 序列来定义。源自该复伪随机 PN 序列的对基站唯一的符号集映射到信头 OFDM 符号中的专用导频信道子载波位置上。

[0128] 这两个信头符号中每四个连续子载波的第三个用于承载发射天线 21 发送的公共同步信道符号。同样地,每四个连续子载波的第四个被用于承载发射天线 23 发送的公共同步信道符号。

[0129] 在公共同步子载波 9 和 27 上传输的公共同步信道符号由各发射天线 21 和 23 的唯一复伪随机 PN 序列来定义。源自该复伪随机 PN 序列的符号集映射到信头 OFDM 符号中的公共同步信道子载波上。即,通过各发射天线发送的公共同步信道符号使用对该发射天线唯一但对其他基站的对应发射天线相同的 PN 码。在本实例中, $PN_{\text{SYNC}}^{(1)}$ 与发射天线 21 相

关联,而 $PN_{\text{SYNC}}^{(2)}$ 与发射天线 23 相关联。但是,整个通信网络中不同发射机中的类似天线将使用相同的 PN 码。例如,网络内所有发射机上的第一发射天线 21 的公共同步信道符号都将使用一个 PN 码 ($PN_{\text{SYNC}}^{(1)}$),而网络内所有发射机上的第二天线 22 的公共同步信道符号都将使用另一个 PN 码 ($PN_{\text{SYNC}}^{(2)}$)。

[0130] 参考图 7A,其中显示了 MIMO-OFDM 接收机的功能方框图,该 MIMO-OFDM 接收机功能适于基于如上详述的每个发射天线发送的两个重复 OFDM 信头符号来执行粗同步。OFDM 接收机包括第一接收天线 734 和第二接收天线 735(虽然更常见的情况是,有 N 多个接收天线)。第一接收天线 734 在射频接收机 736 上接收第一接收信号。第一接收信号是图 6 的两个发射天线 21 和 23 发送的两个信号的组合信号,尽管这两个信号中的每一个信号将按相应发射天线与第一接收天线 734 之间的相应信道改变。第二接收天线 735 在射频接收机 739 上接收第二接收信号。第二接收信号是两个发射天线 21 和 23 发送的两个信号的组合信号,尽管这两个信号中的每一个信号将按相应发射天线与第二接收天线 735 之间的相应信道改变。(两个发射天线中各天线与两个接收天线中各天线之间的)四个信道可以随时间和频率改变,通常彼此不同。

[0131] 对于第一接收天线 734,由粗同步器 737 对接收信号的离散时间样点执行粗同步,以确定第一信头符号的起始位置的大概范围。对于第二天线 735,由粗同步器 741 执行类似的处理。可以在 OFDM 发射机上使用重复信头符号来协助粗同步。粗同步器 737 对连续 OFDM 符号中的时域信号样点执行相关测量。得到最高相关测量值的时域信号样点是粗同步位置 n_{coarse} 。然后将该粗同步位置 n_{coarse} 用作可定位细同步中所用 FFT 操作中 FFT 窗口的位置。

[0132] 开始,粗同步器 737 启动时域粗同步处理。采用运行缓冲器(未显示)来缓存三个连续 OFDM 符号期间收到的信号的离散时间样点,然后按如下公式计算两个连续 OFDM 符号持续时间之间收集的样点之间的自相关 $\gamma_t(n)$:

[0133]

$$\gamma_t(n) = \sum_{i=0}^{N_{\text{信头}}-1} x(n+i)x^*(n+i+N_{\text{信头}})$$

[0134] 其中 $x(n)$ 是接收信号的时域样点, $N_{\text{信头}}$ 是一个 OFDM 符号持续时间内的采样点数量。

[0135] 在一些实施例中,在实时实现中采用移动相关来节省计算能力。

[0136] 在一个实施例中,对 $n = 1$ (直到 $n = N_{\text{header}}$ 为止) 顺序计算 $\gamma_t(n)$ 的值,直到相关值高于某个阈值为止,之后就可以进行最大值搜索。继续进行相关值的计算,且最大搜索过程也将继续,直到相关结果再次低于阈值为止。对应于最大相关值的样点位置是粗同步位置:

$$n_{\text{coarse}} = \operatorname{argmax}(|\gamma_t(n)|) \quad n \in \{\gamma_t(n) > \gamma_{\text{threshold}}\}$$

[0138] 阈值通常是根据一帧内的平均自相关值来计算的。或者,另一种发现最大值的方法是确定一个 OFDM 帧上每个 OFDM 符号的局部最大值,例如该 OFDM 帧的长度可以是 60 个符号。然后,将总的最大值取为局部最大值中的最大值。此过程由两个粗同步器来完成。值取为局部最大值中的最大值。此过程在两个粗同步器中进行。如果要联合继续执行细同步,则

总的粗同步位置可以取两个同步值的某个组合值,最好取如此确定的两个粗同步位置中较早的一个。或者,每个细同步器(如下详述)可以从相应的粗同步位置开始处理。参考图 7B,其中显示了 MIMO-OFDM 细同步功能的方框图。在一个实施例,细同步功能适于根据如上详述的、由各发射天线使用公共同步信道和/或专用导频信道发送的两个重复 OFDM 信头符号来执行细同步。更具体地说,细同步功能可以对其中嵌入了某种已知训练序列的 OFDM 帧执行细同步。而且,细同步处理步骤的输入是粗同步位置。此粗同步位置可以利用上述方法或利用任何其他适合的方法来确定。与图 7A 所示那些完全相同的部件具有类似编号,而且如果在一个实际实施方案中要采用图 7A 的公共同步器的话,将会共享这些部件。对一个或多个接收天线中的每一个接收天线重复图 7B 所示的功能。

[0139] 对一个或多个接收天线中的每一个接收天线执行细同步处理,然后综合这些细同步位置而得到总同步位置。概括地说,一旦粗同步器已确定粗同步位置 n_{coarse} ,则每个细同步器对粗同步位置任何一侧的信号样点执行 FFT,以生成 OFDM 子载波的频带上的频域分量。每个细同步器搜索频域分量,以定位 FFT 窗口的精确位置。要在频域上执行 OFDM 解调,需要 FFT 窗口的精确位置。细同步器通过执行已知 PN 码 ($\text{PN}_{\text{SYNC}}^{(1)}$ 和 $\text{PN}_{\text{SYNC}}^{(2)}$) 与参照粗同步位置 n_{coarse} 定义的搜索窗口内的频率分量之间的相关测量来定位 FFT 窗口的精确位置,每个细同步器执行的相关测量在频域上进行,并对各已知 PN 码 ($\text{PN}_{\text{SYNC}}^{(1)}$ 和 $\text{PN}_{\text{SYNC}}^{(2)}$),即对各发射天线 21 和 23(或对所述一个或多个发射天线中的若干发射天线),执行一组相关测量。

[0140] 每个细同步器选择从搜索窗口内的起始信号样点开始的 N_{symbol} 信号样点,其中 N_{symbol} 是 OFDM 符号内信号样点的数量。对于每个发射天线,每个细同步器确定频域信号样点与对应于该发射天线的 PN 码之间的相关测量值。

[0141] 更具体地说,细同步搜索在 n_{coarse} 附近进行。假定搜索窗口是 $2N+1$,则搜索范围是从 $n_{\text{coarse}}-N$ 到 $n_{\text{coarse}}+N$ 。令 $n_{\text{coarse}}(i) = n_{\text{coarse}}+N-i$ 表示精细搜索窗口内的样点索引,其中 $i = 0, \dots, 2N$ 。细同步从 $i = 0$ 开始。然后从 $n_{\text{start}}(0)$ 开始取 N_{symbol} 个样点,删除前缀并执行 FFT。接收的频域上的 OFDM 符号可以写为:

[0142] $R(l, i) = \text{FFT}(x(n(i), l)), n(i) = [n_{\text{start}}(i) + N_{\text{prefix}}n_{\text{start}}(i) + N_{\text{symbol}} - 1]; l = 1, \dots, N_{\text{FFT}}$; 其中 N_{prefix} 是前缀样点数,而 N_{FFT} 是 FFT 大小。

[0143] 因为 MIMO-OFDM 系统中在不同发射机之间划分公共同步信道,所以可从 R 中提取不同发射机的公共同步信道承载的复数据 $R^{(j,k)}_{\text{SYNC}}$ 。更具体地说,提取对应于发送训练序列的复数据。 $R^{(j,k)}_{\text{SYNC}}$ 和 $\text{PN}^{*(j)}_{\text{SYNC}}$ 之间的相关为:

$$[0144] \quad Y_f^{(j,k)}(i) = \sum_{m=0}^{N_{\text{SYNC}}-1} R^{(j,k)}_{\text{SYNC}}(m, i) - \text{PN}^{*(j)}_{\text{SYNC}}(m), i = 0, \dots, 2N$$

[0145] 其中 $j = 1, 2, \dots, N_{\text{TX}}$ 表示发射机, $k = 1, 2, \dots, N_{\text{RX}}$ 表示接收机, $\text{PN}^{(j)}_{\text{SYNC}}$ 表示第 j 个发射机所用的公共同步 PN 码以及 N_{SYNC} 是通用 PN 码的大小。

[0146] 然后将起始点索引 n_{start} 按 $n_{\text{start}}(1) = n_{\text{start}}(0) - 1$ 移位,然后按上述方法处理另一 N_{symbol} 个样点。为了得到新的频域数据 $R^{(j,k)}_{\text{SYNC}}(m, i)$,我们需要再次执行 FFT。为此可采用迭代方法来降低计算复杂性:

$$[0147] \quad R(l, i) = R(l, i-1) \cdot e^{i2\pi n(k-1)/N_{\text{FFT}}} + x(n_{\text{start}}(i) + N_{\text{prefix}}) - x(n_{\text{start}}(i-1) + N_{\text{symbol}} - 1);$$

[0148] 其中 N_{FFT} 是 FFT 的大小。通过提取 $R^{(j,k)}_{\text{SYNC}}(m, i)$ 计算新的相关。继续执行上述

过程,直到 n_{start} 移出精细搜索窗口为止。

[0149] 对于每个接收天线,可以通过找到从 $i = 0, \dots, 2N$ 个不同天线得到的相关结果的乘积的最大值所对应的 $n_{\text{start}}(i)$ 来发现相应的细同步位置:

$$[0150] \quad n_{\text{fine}} = \arg \max \left(\prod_{j=1}^{N_{\text{Tx}}} \prod_{i=1}^{N_{\text{Rx}}} |\gamma^{j,k}(i)| \right)$$

[0151] 从数学角度而言,对于第 k 个接收天线,可以根据如下公式选择相应的细同步位置:

$$[0152] \quad n_{\text{fine}}(k) = \arg \max \left(\prod_{j=1}^{N_{\text{Tx}}} |\gamma^{j,k}(i)| \right)$$

[0153] 为了降低虚警概率,可以设定一种判据。例如,如果满足下列判据,则可视为达到细同步:

$$[0154] \quad \max \left(\prod_{j=1}^{N_{\text{Tx}}} |\gamma^{(j,i)}(i)| \right) > N_{\text{threshold}} \cdot \frac{1}{2N+1} \cdot \sum_{i=0}^{2N} \prod_{j=1}^{N_{\text{Tx}}} |\gamma^{(j,i)}(i)|$$

[0155] 其中 $N_{\text{threshold}}$ 是由预设精细搜索窗口大小确定的系数。最好将总细同步位置取为针对不同接收天线确定的细同步位置中最早的细同步位置。

[0156] 图 7B 示意性地说明了针对一个接收天线的细同步处理步骤。在第一接收机 736 的输出上,方框 D0 738 到 D2 742 表示 FFT 方框 744, ..., 748 针对不同候选细同步位置 (总共 $2N+1$ 个) 的对齐处理。FFT 方框 744, ..., 748 对各自的样点集计算 FFT。每个 FFT 输出馈送到每个天线对应的相关器方框。如果有两个发射天线,则每个 FFT 输出将会有两个这样的相关器方框。例如,FFT 744 将输出馈送到第一发射天线对应的第一相关器方框 745 以及第二发射天线对应的第二相关器方框 755。注意,如果用于发送训练序列 (以上实例中的公共同步序列或导频信道序列) 的子载波有间隔,则无需完成整个 FFT 即可恢复训练序列分量。第一天线对应的相关器方框 745 通过乘法器 747 将 FFT 输出的恢复的训练序列符号位置与第一发射天线对应的已知训练序列相乘,并在加法器 751 将这些乘积相加。同样的计算在相关器 755 中对第二发射天线对应的已知训练序列和第二发射天线对应的训练序列位置执行。这一切是在第一接收机上对每个发射天线的所有不同的可能移位来执行的。在乘法器 753 中将每个可能移位的对应于不同发射天线的相关结果乘起来。选择得到最大乘积的移位作为该特定接收机的细同步位置。对任何其他接收天线执行同样的过程,并且最好将总细同步位置取为如此计算出的细同步位置中最早的细同步位置。

[0157] 如果同步位置漂移或丢失,则可以每帧跟踪定时同步。例如,在采用前述前置码的系统中,每次前置码到达接收机时,利用同样的粗同步和细同步方法重复执行同步的 2 步骤处理。在此情况中,根据同步位置漂移应该在当前位置附近的假设,可以采用较小的搜索窗口 N 。捕获之后,可以在相关器中利用分配用于调制不同 BTS 的专用导频信道的专用导频信道码,或者可以采用公共同步序列或某种其他训练序列。

[0158] 已经针对具有一个以上发射天线的 MIMO-OFDM 发射机描述了本发明的一个实施例。在 OFDM 接收机上执行同步的方法还可以适用于从只有一个发射天线的 OFDM 发射机接收的信号,其条件是由该 OFDM 发射机将已知的训练序列插入帧中。

[0159] 最后,在本发明的上述实施例中,只有一个具有多个天线的发射机和一个具有多个天线的接收机。在下文中,本发明的概念将扩大到涵盖具有多个 MIMO-OFDM 发射机和多

个 MIMO-OFDM 接收机的多蜂窝小区环境。

[0160] 多蜂窝环境中的接入

[0161] 在多蜂窝环境中的系统接入引入了小区选择的新问题,这是因为将会有许多发射机发送相同的公共导频符号。在本发明的另一个实施例中,接收机利用先前介绍的发送信头来执行系统接入和小区选择。

[0162] 在初始捕获期间,UE 以执行粗同步启动。这可以采用前述方法或某种其他方法来完成。一帧时长之后可确定粗同步位置。之后根据公共同步信道执行细同步搜索算法。因为公共同步信道承载的数据对所有 BTS 都是相同的,所以可以在多小区环境和多径衰落传播信道中发现多个指峰 (finger) (峰值)。这些指峰通常对应于不同的 BTS 和 / 或不同的路径。参考图 8,其中显示的是在多蜂窝环境中计算的 (公共同步信道的) 细同步原始输出的一个实例,该输出是样点索引的函数。在本实例中,有 5 个显著的指峰 400、402、404、406 和 408。选择 M 个最强的指峰,并定位对应的位置,其中 M 是系统设计参数。这些位置用作最终同步位置的候选位置,还作为供识别 BTS 之用的位置。

[0163] 图 8 的结果不足以进行 BTS 识别,因为 BTS 发送相同的公共同步序列。在每个候选同步位置上,计算收到的专用导频信道子载波与分配给不同 BTS 的所有可能复序列 (专用导频 PN 序列) 的相关,以扫描确定所有可能的相邻 BTS 的存在。在多发射天线情况中,最好根据所有专用导频子载波上多个天线的合并专用导频 PN 序列来执行此相关,以对每个索引生成一个相关结果。图 9 显示 BTS 扫描结果与检查点 (候选同步位置) 之间的关系的一个实例。通过检测每候选同步位置上最大相关值所对应的 PN 码来实现 BTS 识别。可以根据每个检查点上的所有相关结果来计算 C/I。在初始捕获阶段,小区选择是通过选择具有最大 C/I 比的 BTS 来确定的。在本实例中,识别出两个 BTS,第一 BTS BTS1 和第二 BTS BTS2。在使用多天线接收机分集的情况下,小区选择的最终决定应该基于对由接收机上不同接收机天线获得的最高 C/I 的比较来作出。

[0164] 为了获得最终同步位置,再次执行细同步,但采用专用导频信道和通过 BTS 识别找到的专用复序列来执行。使用细同步位置附近的较小搜索窗口。比较不同接收机的最终同步结果。将对应于最早时间样点的位置用作最终同步位置。此步骤用于降低因短期衰落而选择弱路径 (多径) 的概率。为了降低虚警概率,可以设定一个阈值。此阈值可以是相对于最终同步位置的指峰强度与搜索窗口内相关值的平均值之比。

[0165] 在正常数据处理阶段,细同步和 BTS 识别步骤在每帧收到新的前置码时重复,但在 BTS 扫描时采用小的候选 PN 码集合。在识别 BTS 之后,可以通过搜索强干扰来生成 BTS 候选对象列表。此列表周期性地更新,例如每 10 毫秒更新一次,为 BTS 切换以及甚至软切换提供信息。可以设置某种判据来触发 BTS 切换和软切换。为了平均衰落影响,BTS 切换和软切换的决策可以基于某个时期内的观测来作出。该判据可以是表示 C 和最强 I 的最大相关值的比较结果。应注意,在小区切换和软切换之后,还可以通过初始接入中的最后一步来调整同步。总的小区选择和重新选择方法如图 10 所示。

[0166] 在第一步骤 600 中,根据例如时域上的前置码信头来执行粗同步。这包括通过查找两个完全相同的符号来发现每个帧之间的大致边界。对相邻符号持续时间上的样点进行相关,直到找到峰值为止。步骤 600 依赖于以两个相邻的相同符号开头的帧的前置码。

[0167] 接着在步骤 602 中,在粗同步峰值处,计算 FFT 并转去在频域上处理公共同步信

道。将搜索窗口中心定位于同步位置 $\pm$ 一定数量样点之处。根据 604, 选择 M 个最强的相关峰值。此时, 尚不知道每个峰值与哪一个 BTS 相关联。也尚未确定 BTS 标识。

[0168] 然后, 在步骤 606, 对每个相关峰值, 再次利用包含特定于基站的复序列的专用导频信道计算 FFT 和与细同步过程相关联的相关值。随后执行步骤 608, 其中进行与 BTS 标识复序列的相关处理, 以识别相关基站。在步骤 610 中, 对每个如此识别的每个 BTS 计算 C/I。在步骤 612 中, 根据这些 C/I 比执行 BTS 选择和 BTS 切换。如上所述, BTS 切换根据这些 C/I 比在一定时间间隔上的平均值来执行。

[0169] 最后, 为了进行接入, 根据 614, 计算 FFT 并将细同步适用于具有最大 C/I 比的 BTS 的专用导频信道。

[0170] 对公共同步信道执行 BTS 初始同步。将特定于 BTS 的序列嵌入到频域中, 在频域执行 BTS 识别处理, 以消除 MIMO-OFDM 信道间干扰。根据每个 MIMO-OFDM BTS 的导频信道执行 BTS 功率估计。根据 C/I 比测量值执行 BTS 选择。

[0171] 通过将 BTS 同步和小区选择结合, 其结果是改善了严重多径信道和高干扰环境中在服务 BTS 的同步和识别。可以对组合的公共同步信道和专用导频信道执行信道估计。为按 C/I 估计值进行小区切换和软切换设置了判据。

[0172] 在上述实例中, 接入是根据嵌入先前讨论的前置码中的同步信道和导频信道来执行的。更具体地说, 接入可以利用以任何适当方式嵌入到 OFDM 符号流中的这样的信道来执行。

[0173] 上述内容仅仅是对本发明原理应用的说明。本技术领域人员可以在不背离本发明范围和精神的前提下实施其它配置和方法。

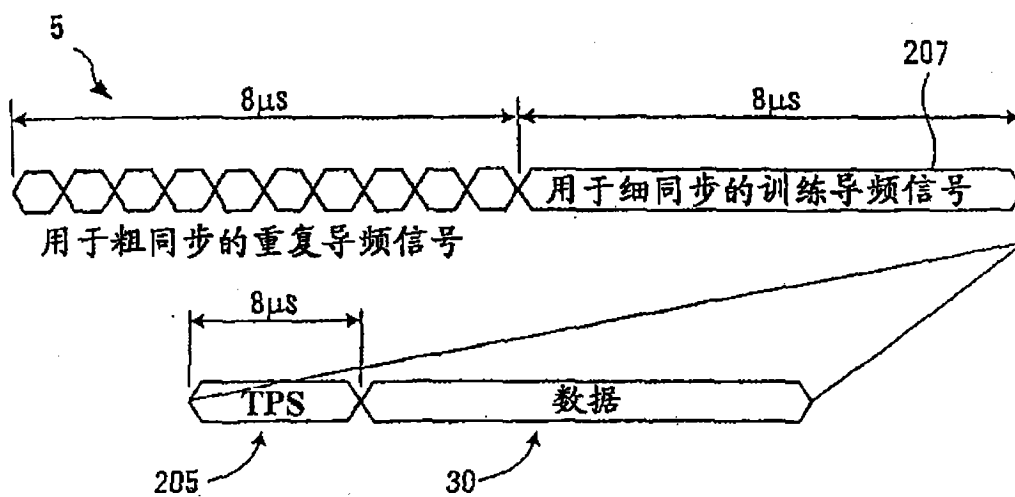


图 1A

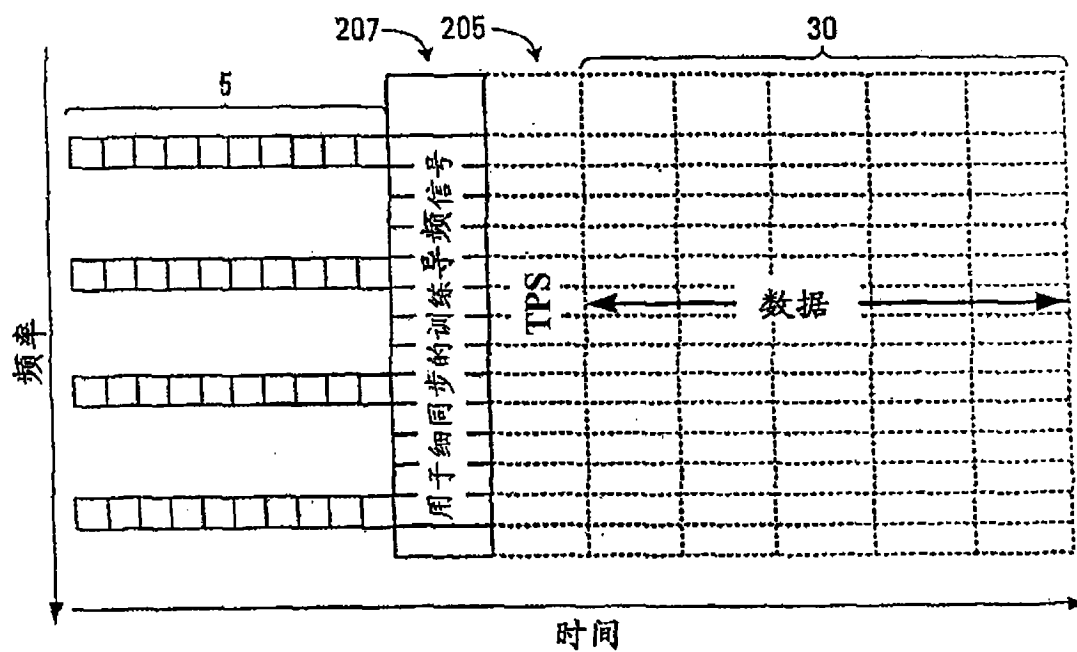


图 1B

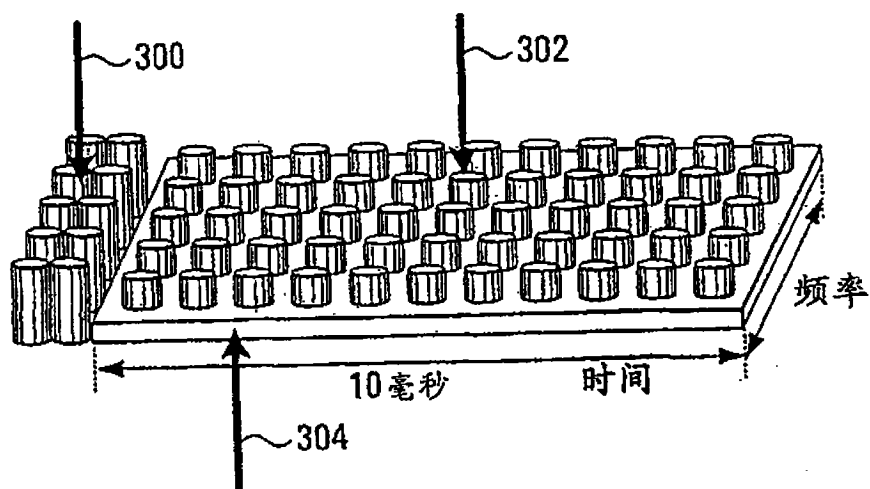


图 2A

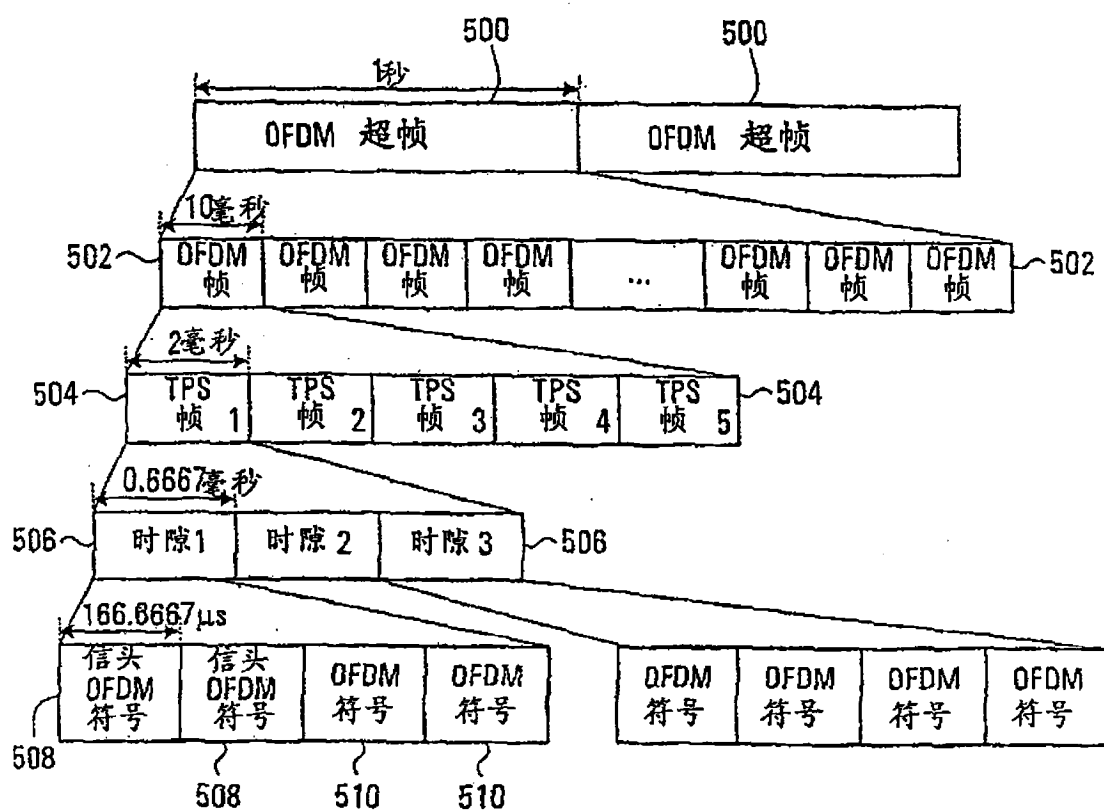


图 2B

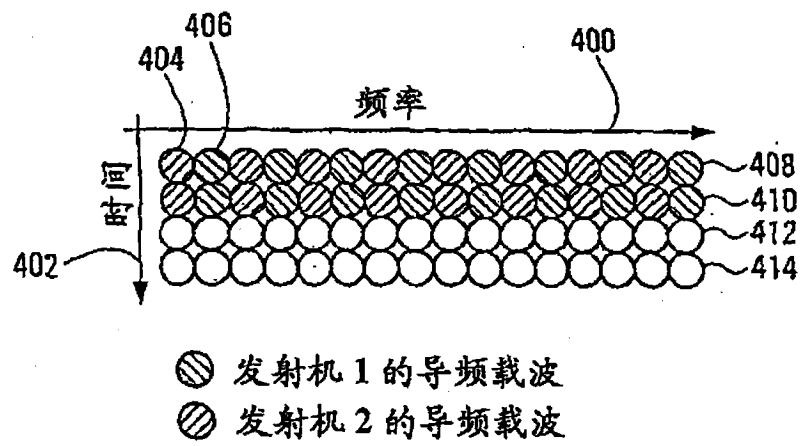


图 3

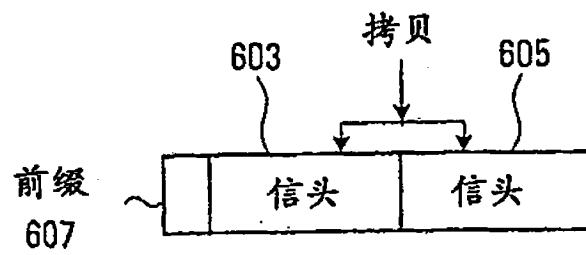


图 4

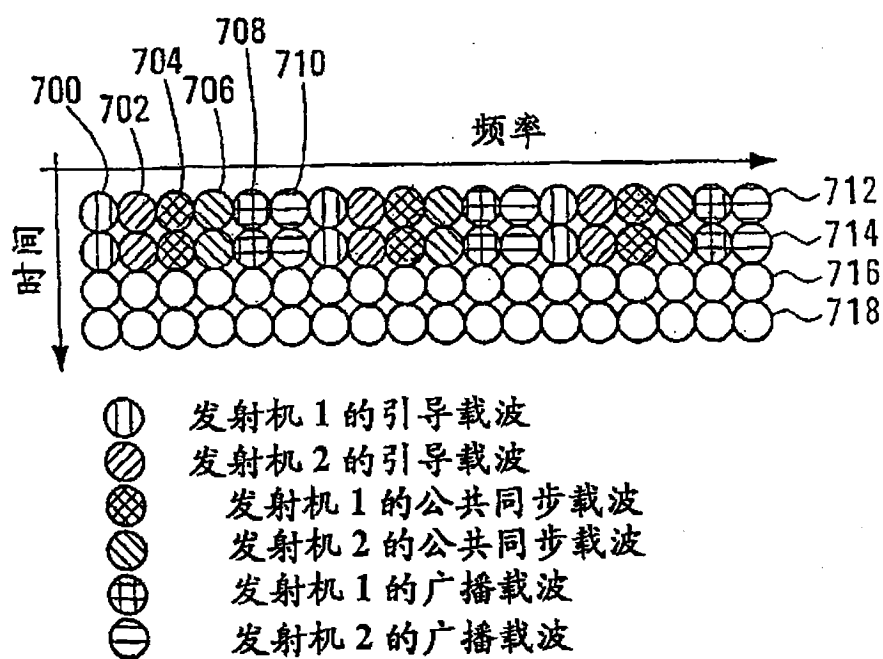


图 5

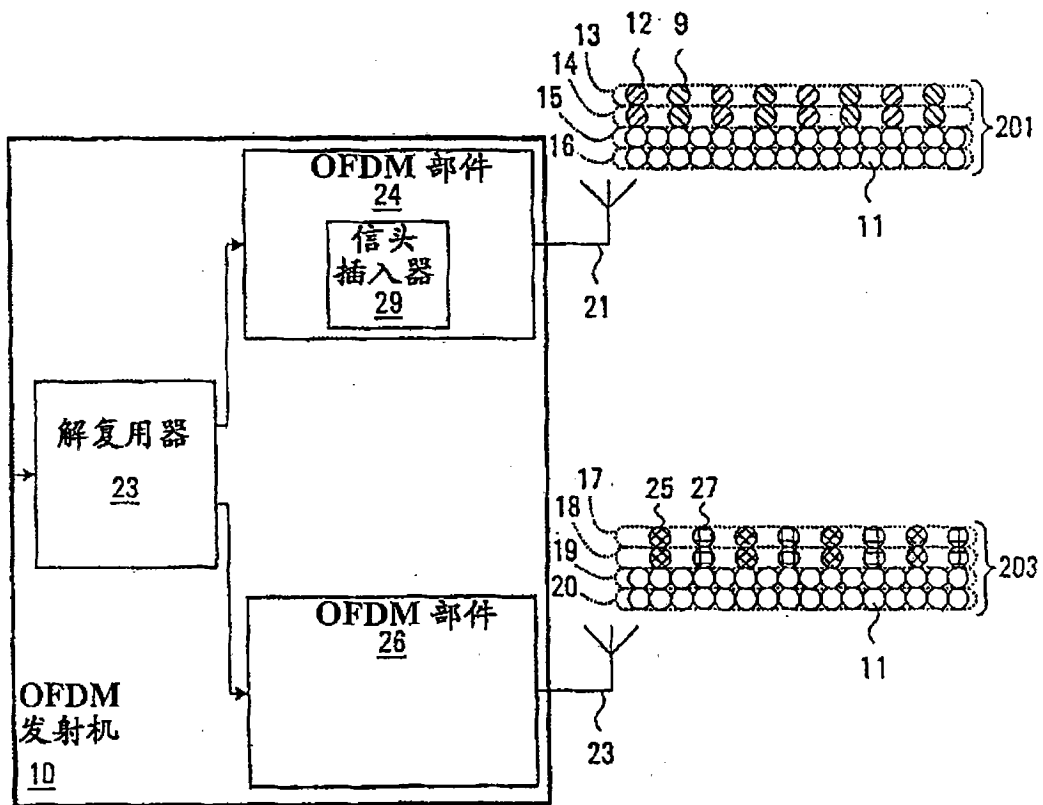


图 6

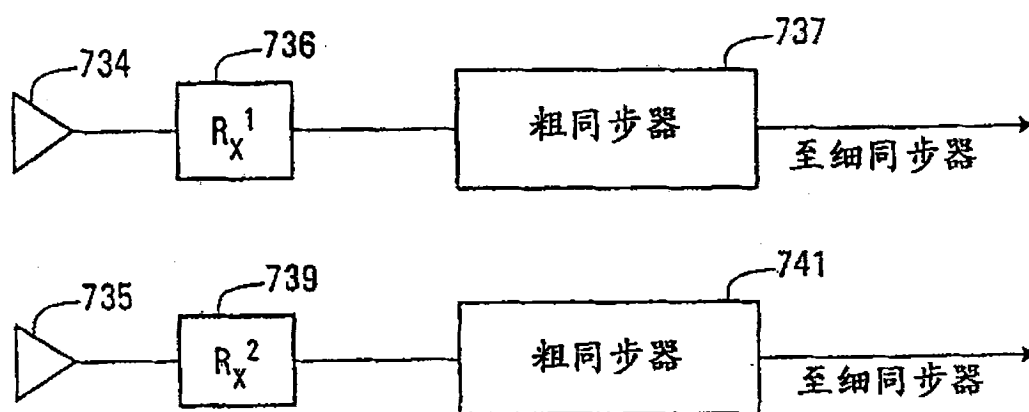


图 7A

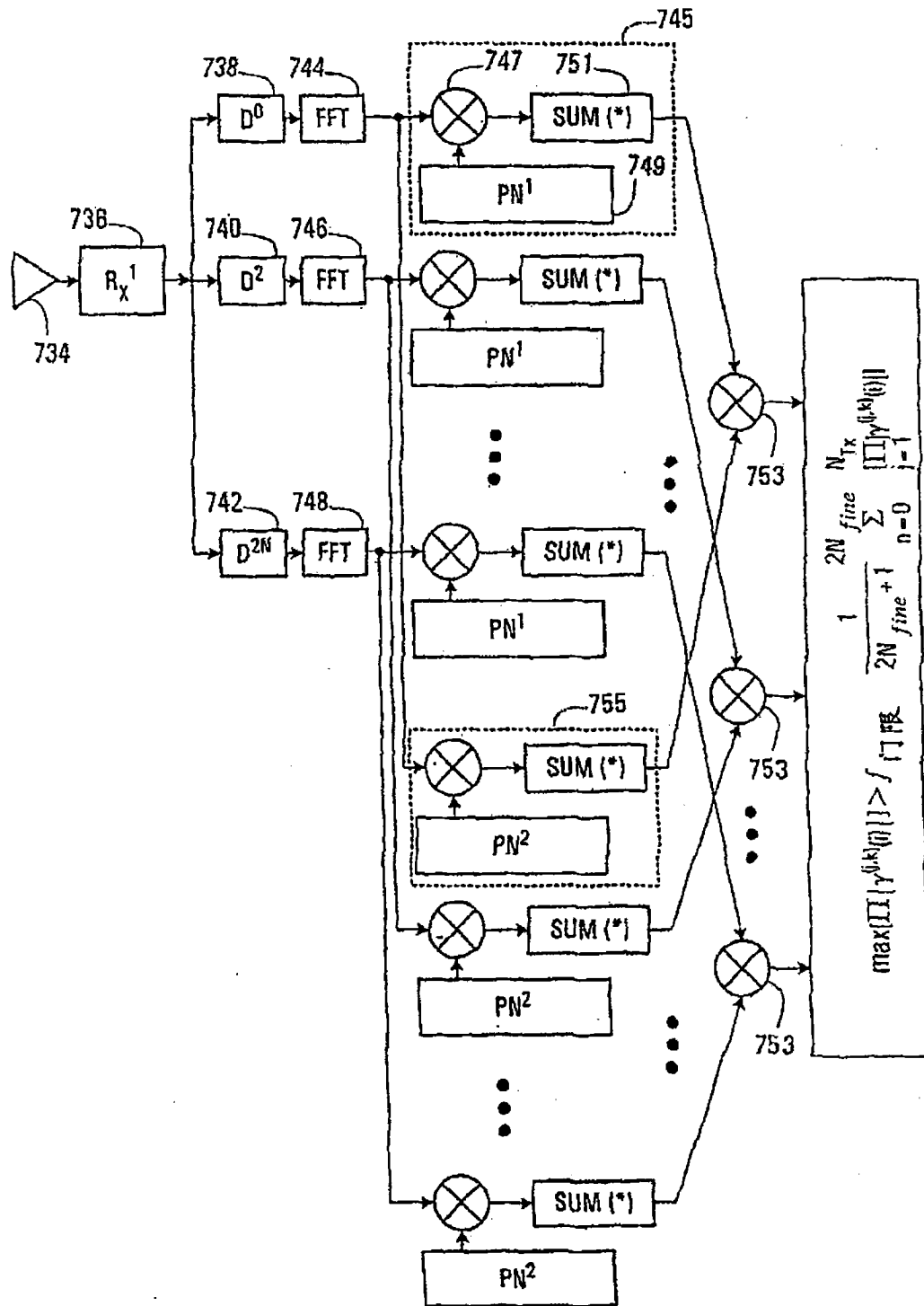


图 7B

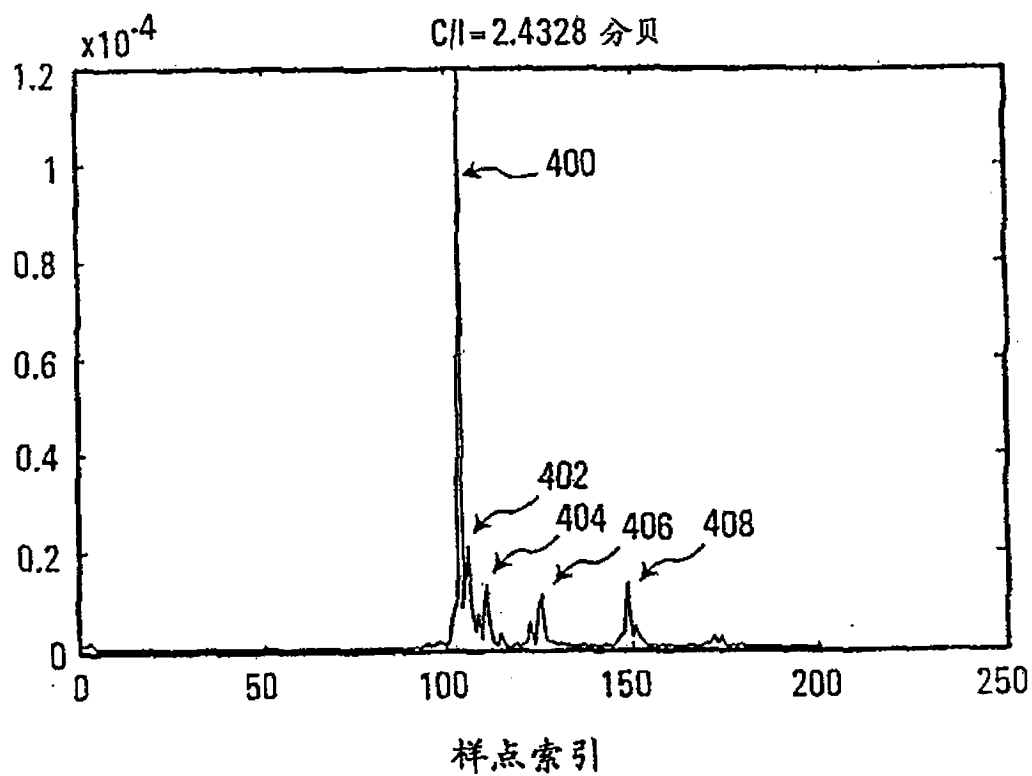


图 8

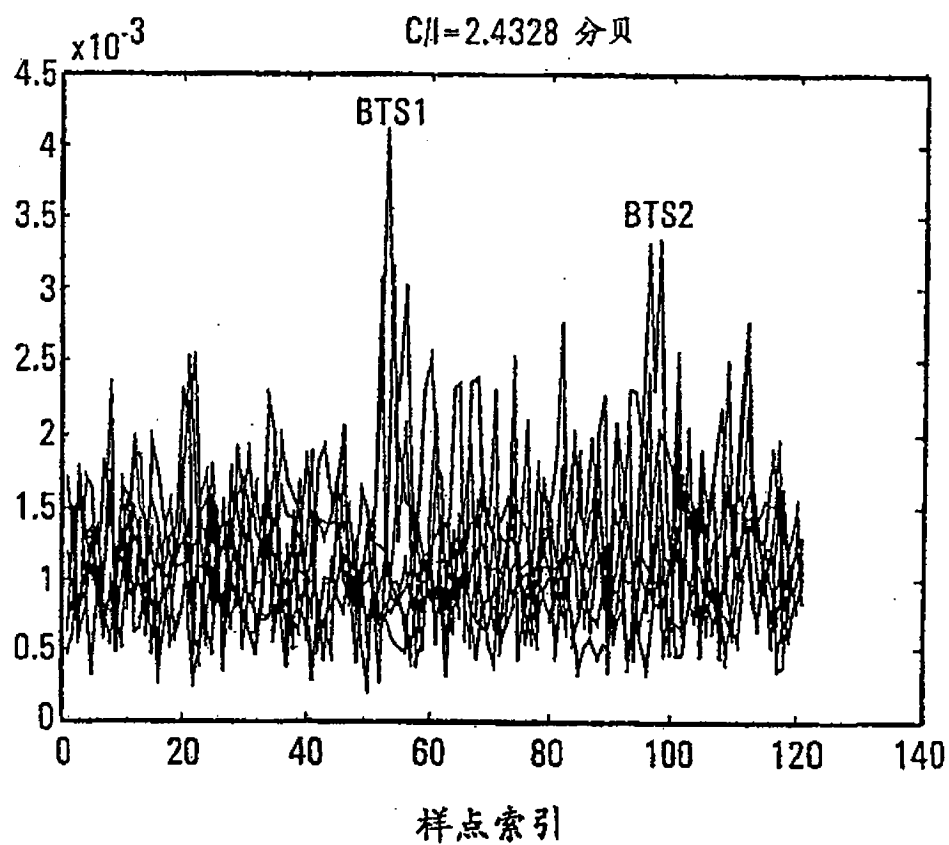


图 9

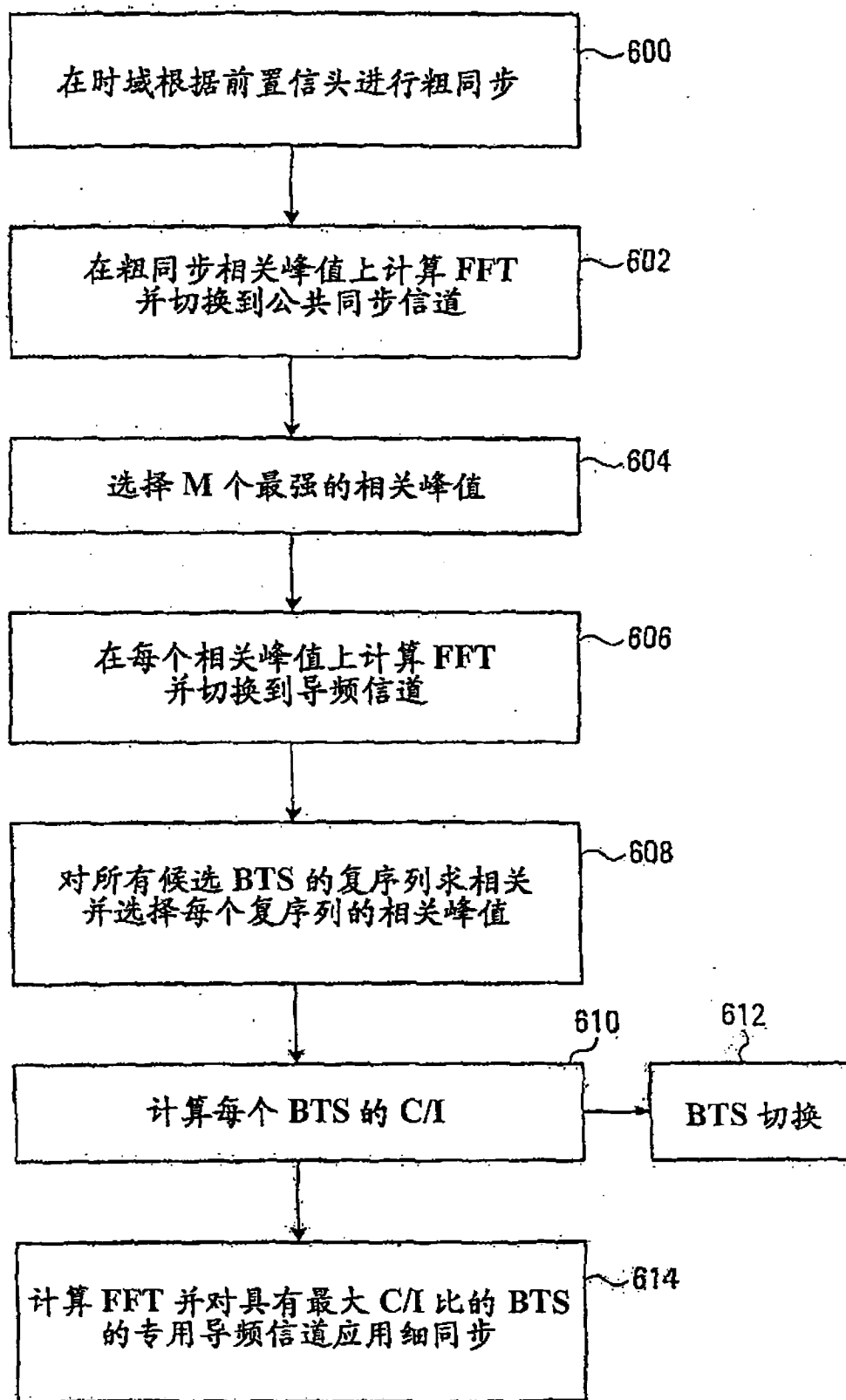


图 10