

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04L 27/26 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200580033030.1

[43] 公开日 2007 年 9 月 5 日

[11] 公开号 CN 101032141A

[22] 申请日 2005.9.29

[21] 申请号 200580033030.1

[30] 优先权

[32] 2004.9.29 [33] US [31] 10/954,650

[86] 国际申请 PCT/US2005/035287 2005.9.29

[87] 国际公布 WO2006/039546 英 2006.4.13

[85] 进入国家阶段日期 2007.3.29

[71] 申请人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 邱思刚 明-安·翁

阿图尔·萨尔韦卡 钱潇淑

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 王 英

权利要求书 10 页 说明书 11 页 附图 4 页

[54] 发明名称

检测具有未知长度的循环前缀的多载波接收器和方法

[57] 摘要

一种多载波接收器确定循环前缀的长度。多载波接收器含有循环前缀检测器。所述循环前缀检测器包括匹配滤波器，以向采样的所接收的多载波通信信号应用对应于第一训练符号的一部分的第一参考数据，以生成第一检测输出。然后向采样的所接收的多载波通信信号应用对应于第二训练符号的一部分的第二参考数据以生成第二检测输出。所述循环前缀检测器通过对从第一检测输出到第二检测输出的时域采样的数量进行取模运算(例如，用 64 取模)来确定循环前缀的长度。如果可能的最长前缀为 64 个采样长并且利用 64 的取模运算的结果(即，两个峰值之间的采样数除以 64 之后的余数)为零，那么前缀为 64 个采样长。如果结果为 32，那么前缀为 32 个采样长，等等。循环前缀检测电路在执

行取模运算以确定循环前缀长度之前验证第二检测输出的时刻在预定有效范围之内。循环前缀检测器还可以生成帧分界和定时信息。

1、一种多载波接收器，包括：

匹配滤波器，其将第一参考数据应用到采样的多载波通信信号并生成第一检测输出，所述匹配滤波器在所述第一检测输出之后进一步将第二参考数据应用到所述采样的多载波通信信号以生成第二检测输出；以及

循环前缀检测电路，其基于与所述第二检测输出有关的时刻检测循环前缀。

2、根据权利要求1所述的多载波接收器，还包括切换电路，其初始向所述匹配滤波器提供所述第一参考数据，随后响应于所述第一检测输出向所述匹配滤波器提供所述第二参考数据。

3、根据权利要求1所述的多载波接收器，其中所述循环前缀检测电路通过对一个值执行取模运算来确定所述循环前缀的长度，所述值与直到与所述第二检测输出有关的时刻所处理的时域采样的数量有关。

4、根据权利要求3所述的多载波接收器，其中所述循环前缀检测电路基于所述取模运算的结果从一组预定的长度中选择所述循环前缀的长度的值。

5、根据权利要求3所述的多载波接收器，其中所述循环前缀检测电路在执行所述取模运算以确定所述循环前缀的长度之前，验证与所述第二检测输出有关的时刻在预定的有效范围之内。

6、根据权利要求1所述的多载波接收器，其中与所述第二检测输出有关的所述时刻为第二时刻，

其中当所述第一检测输出的峰均功率比超过阈值水平时所述匹

配滤波器在第一时刻生成所述第一检测输出，并且

其中所述匹配滤波器大约在所述第一时刻开始应用所述第二参考数据，并且当所述第二检测输出的峰均功率比超过阈值水平时所述匹配滤波器在所述第二时刻进一步生成所述第二检测输出。

7、根据权利要求1所述的多载波接收器，其中所述匹配滤波器包括相关器，用以初始将所述第一参考数据与所述采样的多载波通信信号的第一部分进行相关以生成第一相关输出，并且随后将所述第二参考数据与所述采样的多载波通信信号的下一部分进行相关以生成第二相关输出。

8、根据权利要求1所述的多载波接收器，还包括模数转换电路，以根据接收到的多载波通信信号生成包括时域采样的所述采样的多载波信号，

其中所述匹配滤波器将所述第一参考数据应用到所述时域采样的初始部分以生成所述第一检测输出，并且在所述第一检测输出之后将所述第二参考数据应用到所述时域采样的后续部分以生成所述第二检测输出。

9、根据权利要求8所述的多载波接收器，其中所述时域采样的所述初始部分包括第一训练符号且所述第一参考数据包括第一训练序列的一部分，并且

其中所述时域采样的所述后续部分包括第二训练符号且所述第二参考数据包括第二训练序列的一部分，

其中所述第一训练序列与所述第一训练符号进行相关，并且

其中所述第二训练序列与所述第二训练符号进行相关。

10、根据权利要求1所述的多载波接收器，其中所述循环前缀检测电路基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度，并且

其中所述匹配滤波器通过在随后接收到的符号的第一数量的采样和最末数量的采样之间进行相关来验证所述循环前缀的长度。

11、根据权利要求 1 所述的多载波接收器，其中所述循环前缀检测电路基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度，

所述多载波接收器还包括循环前缀删除电路，以基于所述循环前缀的长度从多载波符号中删除所述循环前缀，其中所述循环前缀检测电路向所述循环前缀删除电路提供长度信息。

12、根据权利要求 11 所述的多载波接收器，还包括数字前端电路，其中所述循环前缀检测电路产生帧分界和定时信息供所述数字前端电路使用，所述数字前端电路向所述循环前缀删除电路提供帧内的所述多载波符号。

13、根据权利要求 11 所述的多载波接收器，还包括解码器，以在从每个多载波符号删除所述循环前缀之后对通过处理多载波符号所生成的比特流执行差错校验操作，

其中所述解码器在比特流的比特未通过所述差错校验操作时向所述循环前缀检测电路提供差错通知信号。

14、根据权利要求 13 所述的多载波接收器，其中响应于所述差错通知信号，所述循环前缀检测电路通过使所述匹配滤波器向另一帧再次应用所述第一参考数据和再次应用所述第二参考数据来再次确定所述循环前缀的长度。

15、根据权利要求 1 所述的多载波接收器，其中所述循环前缀检测电路基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度，

其中所述采样的多载波通信信号包括一系列多载波训练符号，

其中每个所述多载波训练符号具有周期性结构，

其中每个多载波训练符号包括对于帧的每个符号而言具有预定长度的循环前缀，并且

其中所述循环前缀重复其有关的符号的尾部。

16、根据权利要求 15 所述的多载波接收器，其中所述帧包括所述训练符号，其后为一个或多个多载波数据符号，并且

其中每个数据符号包括具有所述预定长度的循环前缀。

17、根据权利要求 15 所述的多载波接收器，其中所述第一参考数据包括与所述训练符号的第一个进行相关的至少一部分第一训练序列，并且

其中所述第二参考数据包括与所述训练符号的第二个进行相关的至少一部分第二训练序列。

18、一种循环前缀检测器，包括：

匹配滤波器，其将第一参考数据应用到采样的多载波通信信号并生成第一检测输出，所述匹配滤波器在所述第一检测输出之后进一步将第二参考数据应用到所述采样的多载波通信信号以生成第二检测输出；以及

循环前缀检测电路，其基于与所述第二检测输出有关的时刻来检测循环前缀。

19、根据权利要求 18 所述的循环前缀检测器，其中所述循环前缀检测电路基于与所述第二检测输出有关的时刻来确定所述循环前缀的长度，并且

其中所述循环前缀检测器还包括切换电路，其初始向所述匹配滤波器提供所述第一参考数据，随后响应于所述第一检测输出向所述匹配滤波器提供所述第二参考数据。

20、根据权利要求 19 所述的循环前缀检测器，其中所述循环前缀检测电路通过对一个值执行取模运算来确定所述循环前缀的长度，所述值与直到与所述第二检测输出有关的时刻所处理的时域采样的数量有关。

21、根据权利要求 18 所述的循环前缀检测器，其中所述循环前缀检测电路基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度，

其中与所述第二检测输出相关的所述时刻为第二时刻，

其中当所述第一检测输出的峰均功率比超过阈值水平时所述匹配滤波器在第一时刻生成所述第一检测输出，并且

其中所述匹配滤波器大约在所述第一时刻开始应用所述第二参考数据，并且当所述第二检测输出的峰均功率比超过阈值水平时所述匹配滤波器在所述第二时刻进一步生成所述第二检测输出。

22、根据权利要求 18 所述的循环前缀检测器，其中所述循环前缀检测电路基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度，并且

其中所述匹配滤波器通过在随后接收到的符号的第一数量的采样和最末数量的采样之间进行相关来验证所述循环前缀的长度。

23、一种检测循环前缀的方法，包括：

将第一参考数据应用到采样的多载波通信信号并生成第一检测输出；

响应于所述第一检测输出将第二参考数据应用到所述采样的多载波通信信号以生成第二检测输出；以及

基于与所述第二检测输出有关的时刻来检测循环前缀。

24、根据权利要求 23 所述的方法，还包括在应用所述第一参考数据和响应于所述第一检测输出应用所述第二参考数据之间进行切

换。

25、根据权利要求 23 所述的方法，其中确定包括对一个值执行取模运算，以检测所述循环前缀的长度，所述值与直到与所述第二检测输出有关的所述时刻所处理的时域采样的数量有关。

26、根据权利要求 25 所述的方法，还包括基于所述取模运算的结果从一组预定长度中选择所述循环前缀的长度的值。

27、根据权利要求 25 所述的方法，还包括在执行所述取模运算以确定所述循环前缀的长度之前验证与所述第二检测输出有关的时刻在预定有效范围之内。

28、根据权利要求 23 所述的方法，其中与所述第二检测输出有关的所述时刻为第二时刻，

其中当所述第一检测输出的峰均功率比超过阈值水平时在第一时间应用所述第一参考数据以生成所述第一检测输出，并且

其中大约在所述第一时刻开始应用所述第二参考数据，并且当所述第二检测输出的峰均功率比超过阈值水平时在所述第二时刻生成所述第二检测输出。

29、根据权利要求 23 所述的方法，其中应用所述第一参考数据包括初始将所述第一参考数据与所述采样的多载波通信信号的第一部分进行相关以生成第一相关输出，并且

其中应用所述第二参考数据包括随后将所述第二参考数据与所述采样的多载波通信信号的下一部分进行相关以生成第二相关输出。

30、根据权利要求 23 所述的方法，还包括：

基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度；以及

根据所接收到的多载波通信信号生成所述采样的多载波信号,所述采样的多载波信号包括时域采样,

其中将所述第一参考数据应用到所述时域采样的初始部分以生成所述第一检测输出,并且

其中在所述第一检测输出之后将所述第二参考数据应用到所述时域采样的后续部分以生成所述第二检测输出。

31、根据权利要求 30 所述的方法,其中所述时域采样的所述初始部分包括第一训练符号且所述第一参考数据包括第一训练序列的一部分,并且

其中所述时域采样的所述后续部分包括第二训练符号且所述第二参考数据包括第二训练序列的一部分,

其中所述第一训练序列与所述第一训练符号进行相关,并且

其中所述第二训练序列与所述第二训练符号进行相关。

32、根据权利要求 23 所述的方法,还包括:

基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度;以及

通过在随后接收到的符号的第一数量的采样和最末数量的采样之间进行相关来验证所述循环前缀的长度。

33、根据权利要求 23 所述的方法,还包括:

基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度;以及

基于所述循环前缀的长度从多载波符号中删除所述循环前缀。

34、根据权利要求 33 所述的方法,还包括生成帧分界和定时信息以用于为随后删除循环前缀提供帧内的所述多载波符号。

35、根据权利要求 33 所述的方法,还包括:

在从每个多载波符号中删除所述循环前缀之后对通过处理多载波符号所生成的比特流执行差错校验操作；以及
在比特流的比特未通过所述差错校验操作时提供差错通知信号。

36、根据权利要求 35 所述的方法，其中响应于所述差错通知信号，所述方法包括通过指示所述匹配滤波器向另一帧再次应用所述第一参考数据和再次应用所述第二参考数据来再次确定所述循环前缀的长度。

37、根据权利要求 23 所述的方法，还包括基于与所述第二检测输出有关的所述时刻确定所述循环前缀的长度，
其中所述采样的多载波通信信号包括一系列多载波训练符号，
其中每个所述多载波训练符号具有周期性结构，
其中每个多载波训练符号包括对于帧的每个符号而言具有预定长度的循环前缀，并且
其中所述循环前缀重复其有关的符号的尾部。

38、根据权利要求 37 所述的方法，其中所述帧包括所述训练符号，其后为一个或多个多载波数据符号，并且
其中每个数据符号包括具有预定长度的循环前缀。

39、根据权利要求 37 所述的方法，其中所述第一参考数据包括与所述训练符号的第一个进行相关的至少一部分第一训练序列，并且
其中所述第二参考数据包括与所述训练符号的第二个进行相关的至少一部分第二训练序列。

40、一种方法，包括对两个多载波训练符号依次进行相关以检测与每个所述训练符号有关的循环前缀。

41、根据权利要求 40 所述的方法，还包括基于与所述第二检测

输出有关的时刻确定所述循环前缀的长度，其中依次进行相关包括在与第一参考数据进行相关产生的第一相关输出超过阈值时从与所述第一参考数据进行相关切换到与第二参考数据进行相关。

42、根据权利要求 41 所述的方法，还包括当与所述第二参考数据进行相关产生的第二相关输出超过阈值时对一个值进行取模运算，所述值与所述第二参考数据进行相关期间所处理的时间采样的数量有关。

43、根据权利要求 42 所述的方法，其中所述第一参考数据包括与所述训练符号的第一个进行相关的至少一部分第一训练序列，并且其中所述第二参考数据包括与所述训练符号的第二个进行相关的至少一部分第二训练序列。

44、一种系统，包括：

基本全向的天线；

多载波接收器，其包括匹配滤波器，用于向由所述天线接收的采样的多载波通信信号应用第一参考数据并生成第一检测输出，所述匹配滤波器在所述第一检测输出之后进一步向所述采样的多载波通信信号应用第二参考数据以生成第二检测输出，

所述多载波接收器还包括循环前缀检测电路，以基于与所述第二检测输出有关的时刻检测循环前缀。

45、根据权利要求 44 所述的系统，其中所述多载波接收器还包括切换电路，其初始向所述匹配滤波器提供所述第一参考数据，并且随后响应于所述第一检测输出向所述匹配滤波器提供所述第二参考数据。

46、根据权利要求 44 所述的系统，其中所述循环前缀检测电路通过对一个值执行取模运算来确定所述循环前缀的长度，所述值与直

到与所述第二检测输出有关的时刻所处理的时域采样的数量有关。

47、一种提供指令的机器可读介质，在由一个或多个处理器执行时，所述指令使所述处理器执行如下操作，包括：

将第一参考数据应用到采样的多载波通信信号并生成第一检测输出；

响应于所述第一检测输出将第二参考数据应用到所述采样的多载波通信信号以生成第二检测输出；以及

基于与所述第二检测输出有关的时刻来检测循环前缀。

48、根据权利要求 47 所述的机器可读介质，其中在进一步被一个或多个所述处理器执行时，所述指令使所述处理器执行还包括在应用所述第一参考数据和响应于所述第一检测输出应用所述第二参考数据之间进行切换的操作。

49、根据权利要求 47 所述的机器可读介质，其中在进一步由一个或多个所述处理器执行时，所述指令使所述处理器执行操作，其中确定包括对一个值执行取模运算以检测所述循环前缀的长度，所述值与直到与所述第二检测输出有关的所述时刻所处理的时域采样的数量有关。

检测具有未知长度的循环前缀的多载波接收器和方法

技术领域

本发明的实施例关于无线通信。一些实施例涉及多载波通信，一些实施例涉及宽带无线城域网(WMAN)和 WiMax 系统。

背景技术

包括正交频分复用(OFDM)通信系统的许多多载波通信系统在所发送的符号中包括循环前缀，以帮助减小符号间干扰的影响。循环前缀可以作为符号另一部分(一般为尾部)的冗余，且在随后的数字信号处理之前被删除。

一些多载波通信系统允许使用不同长度的循环前缀。这使得检测循环前缀变得困难，但这又是必需的。于是有了对检测未知长度的循环前缀的多载波接收器和方法的一般需求。

附图说明

图 1 为根据本发明一些实施例的多载波接收器的方框图；

图 2 示出了根据本发明一些实施例的帧结构；

图 3A 和 3B 示出了根据本发明一些实施例的检测输出；以及

图 4 为根据本发明一些实施例的循环前缀检测过程的流程图。

具体实施方式

以下的描述和附图充分介绍了本发明的特定实施例，足以使本领域的技术人员能够实施它们。其他实施例可以结合结构、逻辑、电气、过程和其他变化。实例仅代表可能的变化。除非明确指出是必需的，各个部件和功能是可选的，且操作顺序可以有所变化。一些实施例中的部分和特征可以包括在或替代其他实施例中的部分和特征。权利要求中所述的本发明的实施例涵盖那些权利要求的所有可能的等价变

化。仅仅为了方便起见,这里可以用术语“发明”个别地或总体地表示本发明的实施例,而并不意在如果实际公开了超过一个发明或发明构思而刻意把本申请的范围限制到任何单个发明或发明构思。

图1为根据本发明一些实施例的多载波接收器的方框图。多载波接收器100可以检测未知长度的循环前缀。多载波接收器100还可以确定循环前缀的长度。多载波接收器100还可以验证循环前缀并删除循环前缀。在一些实施例中,多载波接收器100在前导阶段从帧前导码的模式和结构中导出循环前缀信息,并在后前导阶段限定循环前缀以帮助减少假警报检测。

多载波接收器100可以利用一个或多个天线102通过通信信道接收多载波通信信号101并可以生成解码的比特流117。在一些实施例中,多载波信号101可以包括正交频分复用(OFDM)信号,虽然本发明的范围不限于此。

多载波接收器100包括射频(RF)电路104和模数转换(ADC)电路106以生成数字信号107。数字信号107可以表示多载波信号101的采样版本并可以包括时域采样。多载波接收器100还包括数字前端(DFE)电路108,其基于帧分界和定时信息133提供采样的多载波信号109。采样的多载波信号109可以是时域采样且可以包括多载波或OFDM符号。多载波接收器100还包括数字信号处理电路118以根据采样的多载波信号109生成解码的比特流117。在一些实施例中,当帧分界和定时信息133已知时,DFE电路108可以向循环前缀删除电路110提供帧内的多载波符号。

数字信号处理电路118可以包括从采样的多载波信号109的符号中删除循环前缀的循环前缀(cyclic-prefix, CP)删除电路110、对多载波符号111执行例如离散傅里叶变换(DFT)的傅里叶变换以生成频域采样113的快速傅里叶变换(FFT)电路112。

频域采样113可以在电路114中被解调并被均衡以生成比特115。在一些实施例中,电路114可以包括正交幅度调制(QAM)解调器以基于预定调制电平从符号中生成比特。随后可以对比特115进行解交织并由解码器116解码以生成解码的比特流117。在一些实施例中,解

码器 116 可以包括前向纠错(FEC)解码器, 虽然本发明的范围不限于此。

数字信号处理电路 118 还可以包括循环前缀检测器 120 以从采样的多载波信号 109 中检测循环前缀并确定其长度。循环前缀检测器 120 可以向循环前缀删除电路 110 提供长度信息 131 以从多载波符号中删除循环前缀。循环前缀检测器 120 还可以生成帧分界和定时信息 133 供 DFE 108 使用。

循环前缀检测器 120 可以包括匹配滤波器 122 以将第一参考数据 126 应用到采样的多载波通信信号 109, 以生成第一检测输出 123。匹配滤波器 122 还可以在第二检测输出 123 之后将第二参考数据 128 应用到采样的多载波通信信号 109, 以生成第二检测输出 125。循环前缀检测器 120 还可以包括循环前缀检测电路 130, 以基于与第二检测输出 125 有关的时刻确定包括采样的多载波通信信号 109 的多载波符号的循环前缀的长度。

在一些实施例中, 循环前缀检测器 120 可以包括切换电路 124, 以初始向匹配滤波器 122 提供第一参考数据 126。切换电路 124 随后可以响应于第一检测输出 123 向匹配滤波器 122 提供第二参考数据 128。

虽然将多载波 100 图示为具有几个独立的功能元件, 但是可以将一个或多个功能元件组合, 并且可以通过将诸如包括数字信号处理器(DSP)的处理元件的软件配置的元件和/或其他硬件元件进行组合来实施。例如, 处理元件可以包括一个或多个微处理器、DSP、专用集成电路(ASIC)以及用于执行至少这里所述的功能的各种硬件和逻辑电路的组合。在一些实施例中, 图 1 中所示的多载波接收器 100 和/或数字信号处理电路 118 的功能元件可以指的是对一个或多个处理元件进行操作的一个或多个处理。

图 2 示出了根据本发明一些实施例的帧结构。帧结构 200 为具有第一训练符号 202 和第二训练符号 204 的帧的例子。训练符号 202 和 204 后面可以是一个或多个数据符号 214。帧 200 的每个符号都可以包括循环前缀。例如, 训练符号 202 包括循环前缀 206, 训练符号 204

包括循环前缀 208, 数据符号 214 包括循环前缀 216。训练符号 202 和 204 可以包括帧 200 的前导码, 一个或多个数据符号 214 可以包括帧 200 的后前导码。

图 3A 和 3B 示出了根据本发明一些实施例的检测输出的两个例子。检测输出 300(图 3A)可以对应于应用第二参考数据 128 所生成的匹配滤波器 122(图 1)的第二检测输出 125(图 1)。检测输出 301(图 3B)也可以对应于应用第二参考数据 128(图 1)所生成的匹配滤波器 122(图 1)的第二检测输出 125(图 1)。在图 3A 和 3B 中, x 轴示出了处理第二参考数据 128(图 1)时由匹配滤波器 122(图 1)处理的时域采样的数量作为时间的函数。y 轴示出了匹配滤波器 122(图 1)的检测输出的峰均功率比(PAR)312。

应用第一参考数据 126(图 1)所产生的第一检测输出可以出现在时刻 302 或在此之前, 在本例中, 应用第二参考数据 128(图 1)所产生的第二检测输出 304 和 308 可以分别出现在时刻 306 和 310。可以将时刻 302 称为与应用第一参考数据 126(图 1)所产生的第一检测输出有关的第一时刻, 将时刻 306 和 310 的任一个或两者称为与应用第二参考数据 128(图 1)所产生的第二检测输出 304 或 308 中的一个有关的第二时刻。

同时参考图 1、2 和 3, 在一些实施例中, 循环前缀检测电路 130 可以通过对一个值进行取模运算(例如, 用 64 取模)来确定循环前缀(例如循环前缀 206 或 208)的长度, 其中该值与直到与第二检测输出 304 有关的第二时刻 306 所处理的时域采样的数量(例如, 从第一检测输出 302 到第二检测输出 304 的时域采样的数量)有关。循环前缀检测电路 130 还可以通过对一个值进行取模运算来确定循环前缀(例如循环前缀 206 或 208)的长度, 其中该值与直到与第二检测输出 308 有关的第二时刻 310 所处理的时域采样的数量(例如, 从第一检测输出 302 到第二检测输出 308 的时域采样的数量)有关。

在一些实施例中, 循环前缀检测电路 130 可以基于取模运算的结果从一组预定的循环前缀长度中选择循环前缀的长度的值。在一些实施例中, 当取模运算未精确获得预定长度中的一个时(例如由于噪

声), 循环前缀检测电路 130 可以选择最接近的一个预定长度, 虽然本发明的范围不限于此。

检测输出 300(图 3A)示出了正交相移键控(QPSK)调制、码率为 1/2 的信号。如图所示, 图 3B 中的 PAR 检测输出 304 和 308 分别出现在 384 和 512 个采样的时刻, 这使得检测到的前缀长度(N_{cp})是 64(即, 用 64 对 384 或 512 取模)。检测输出 301(图 3B)示出了 64-正交幅度调制(QAM)、码率为 1/2 的信号。如图所示, 图 3B 中的 PAR 检测输出 304 和 308 出现在 208 和 337 个采样的时刻, 这使得检测到的循环前缀长度(N_{cp})是 16(即, 用 64 对 208 或 337 取模)。除用 64 取模之外的其他取模运算(例如用 128 或 256 取模)也适用于本发明的实施例。所执行的具体取模运算可以取决于各种系统参数。

在 FFT 电路 112 使用 256 大小的离散傅里叶变换(DFT)的一些实施例中, 循环前缀的预定长度可以包括 8、16、32 和 64 个采样的长度。其他长度和 DFT 大小也是同样适用的。在一些实施例中, 当取模运算的结果为零时, 循环前缀检测电路 130 可以选择预定长度中最大的(例如, 64 个采样), 虽然本发明的范围不限于此。

在一些 WiMax 和 IEEE 802.16 实施例中, 循环前缀的可能长度可以基于保护时间(guard time, T_g)与有用数据时间(useful data time, T_b)之比。例如, 当 T_g/T_b 为 1/32、1/16、1/8 或 1/4 时, 对于 256 大小的 DFT, 对应的循环前缀长度可以是 8、16、32 和 64。

在一些实施例中, 循环前缀检测电路 130 可以在执行取模运算以确定循环前缀的长度之前验证与第二检测输出有关的时刻 306 或 310 在预定有效范围之内。根据一些实施例, 匹配滤波器 122 可以在第一检测输出 123 的峰均功率比超过阈值水平时的第一时刻生成第一检测输出 123, 并且可以在大致第一时刻 302 处开始应用第二参考数据 128 以随后生成第二检测输出 125。第二检测输出 125 可以在第二检测输出 304 和/或 308 的峰均功率比超过阈值水平时的第二时刻 306 和/或 310 处出现。

在一些实施例中, 匹配滤波器 122 可以包括互相关器, 以初始将第一参考数据 126 与采样的多载波通信信号 109 的第一部分进行相关

以生成第一相关输出,并且随后将第二参考数据 128 与采样的多载波通信信号 109 的下一部分进行相关以生成第二相关输出。在一些实施例中,互相关计算可以由 FFT 电路,例如 FFT 电路 112 执行,虽然本发明的范围不限于此。

在一些实施例中,模数转换电路 106 可以生成采样的多载波信号 107,DFE 电路 108 可以提供根据所接收到的多载波通信信号 101 生成的时域采样。在这些实施例中,匹配滤波器 122 可以将第一参考数据 126 应用到时域采样的初始部分以生成第一检测输出 123。然后匹配滤波器 122 可以在第一检测输出之后将第二参考数据 128 应用到时域采样的后继部分以生成第二检测输出 125。

在一些实施例中,时域采样的初始部分可以包括第一训练符号 202,第一参考数据 126 可以包括第一训练序列的一部分。在这些实施例中,时域采样的下一部分可以包括第二训练符号 204,而第二参考数据 128 可以包括第二训练序列的一部分。在这些实施例中,可以将第一训练序列的部分与第一训练符号 202 的部分进行相关,将第二训练序列的部分与第二训练符号 204 的部分进行相关。

在一些实施例中,循环前缀检测器 120 可以验证所确定的循环前缀的长度(即, N_{cp})。在这些实施例中,匹配滤波器 122 可以通过在随后接收到的符号,例如数据符号 214 的第一数量(N_{cp})的采样和最后数量(N_{cp})的采样之间进行相关来验证循环前缀的长度。在一些实施例中,可以在匹配滤波器 122 生成大于预定阈值的检测或相关输出时对循环前缀的长度进行验证。在一些实施例中,循环前缀检测电路 130 可以使用峰值阈值检测器来帮助消除假警报检测,虽然本发明的范围不限于此。

在一些实施例中,解码器 116 可以对比特流 115 执行差错校验操作(例如,循环冗余校验)。在这些实施例中,当比特流 115 的比特未通过差错校验操作时,解码器 116 可以向循环前缀检测电路 130 提供差错通知信号 119。失败可以表示未由电路 110 恰当地删除正确的循环前缀。响应于差错通知信号 119,循环前缀检测电路 130 可以通过使匹配滤波器 122 连续地向另一帧的训练符号再次应用第一参考数

据 126 和第二参考数据 128 来再次确定循环前缀的长度。

在一些实施例中，可以对数据进行缓存，从而不必查看另一帧。在这些实施例中，可以从数据之前的帧控制头消息检测出差错，可以利用不同的循环前缀长度再次使用缓存的数据。如果循环前缀长度是正确的，将可能恰当地对数据解码。然后将该不同的循环前缀长度用于下面的帧。

在一些实施例中，采样的多载波通信信号可以包括一系列多载波训练符号，其中每个多载波训练符号可以具有周期性的结构。如图 2 所示，第一训练符号 202 具有包括四个相同的 64 个采样的前导码的周期性结构用于 256 个采样的 DFT 大小 210，而第二训练符号 204 具有包括两个相同的 128 个采样的前导码的周期性结构用于 256 个采样的 DFT 大小 212。

通常，循环前缀重复其有关的符号的尾部。例如，循环前缀 206 可以是训练符号 202 的尾部 218 的拷贝，循环前缀 208 可以是训练符号 204 的尾部 220 的拷贝，而循环前缀 216 可以是数据符号 214 的尾部的拷贝。在一些实施例中，每个符号包括具有预定长度的循环前缀，并且一帧内的循环前缀可以具有相同的长度。

在一些实施例中，第一参考数据 126 包括与第一训练符号 202 进行相关的第一(例如，短)训练序列的至少一部分，第二参考数据 128 包括与第二训练符号 204 进行相关的第二(例如，长)训练序列的至少一部分。在一些实施例中，参考数据 126 和 128 可以表示匹配滤波器 122 的滤波器系数，虽然本发明的范围不限于此。在一些实施例中，可以预先将参考数据 126 和 128 编成表格并存储在与循环前缀检测器 120 有关的存储元件，例如非易失性存储器中。

在一些实施例中，多载波接收器 100 可以通过宽带通信信道从基站接收 OFDM 通信信号。宽带信道可以包括多个正交副载波。在一些实施例中，宽带信道的正交副载波可以包括密集 OFDM 副载波。为了实现密集副载波之间的正交，在一些实施例中，特定信道的副载波可以在该子信道的其他副载波的大致中心频率处具有零值。

在一些实施例中，用于宽带信道的频谱可以包括 3.5 GHz 频谱中

的信道。在这些实施例中,3.5 GHz 频谱可以包括从大约 2.9 到 3.9 GHz 范围内的频率,虽然本发明的范围不限于此,因为其他频谱也同样适用。

在一些实施例中,多载波接收器 100 可以是能够根据特定通信标准,例如包括用于无线城域网(WMAN)的 IEEE 802.16 标准的电气和电子工程师协会(IEEE)标准,来接收(和/或发送)射频(RF)通信的无线通信装置或通信站的一部分,虽然多载波接收器 100 也可以适用于根据其他技术来接收通信。

天线 102 可以包括定向或全向天线,例如包括偶极子天线、单极天线、贴片天线、环形天线、微带天线或其他类型的适用于由多载波接收器 100 接收信号的天线。

图 4 为根据本发明一些实施例的循环前缀检测过程的流程图。可以由循环前缀检测器 120(图 1)执行循环前缀检测过程以在前导阶段中检测循环前缀并确定其长度以及在后前导阶段验证循环前缀长度。在一些实施例中,可以使用除循环前缀检测器 120(图 1)之外的处理电路来执行过程 400 的至少一些部分。

在操作 402 中,将第一参考数据应用于采样的多载波信号以生成检测输出。在一些实施例中,第一参考数据可以包括第一参考数据 126(图 1)且可以被应用于诸如训练符号 202(图 2)的第一训练符号。第一参考数据(R_{64})可以包括可以在训练符号 202(图 2)中重复(例如四次)的第一训练序列的一部分。在一些实施例中,可以由匹配滤波器 122(图 1)来执行操作 402。

操作 404 包括当来自操作 402 的检测输出超过 PAR 阈值时切换到第二参考数据。在一些实施例中,可以由切换电路 124(图 1)来执行操作 404。

操作 406 将第二参考数据应用于采样的多载波信号的后继部分以生成一个或多个第二检测输出。在一些实施例中,第二参考数据可以包括第二参考数据 128(图 1)并且可以被应用于例如训练符号 204(图 2)的第二训练符号。第二参考数据(R_{128})可以包括可以在训练符号 204(图 2)中重复(例如两次)的第二训练序列的一部分。在一些实

施例中,可以由匹配滤波器 122(图 1)来执行操作 406。

操作 408 验证在操作 406 中生成的第二检测输出在有效范围之内。在一些实施例中,该范围包括大量采样,其可以包括第二训练符号 204(图 2)。当第二检测输出在有效范围之内时,执行操作 412。当第二检测输出不在有效范围内时,执行操作 410。

操作 410 可以包括为另一帧的前导码重复从操作 402 至少到操作 408。执行操作 410 可以表示检测到第二训练符号(例如,符号 204)不在其窗口内。

操作 412 可以根据来自操作 406 的第二检测输出的时刻计算循环前缀的长度(N_{cp})。在一些实施例中,可以执行取模运算以生成循环前缀长度。操作 412 的执行完成了前导阶段,该前导阶段指帧的前导码的处理。例如,训练符号 202(图 2)和训练符号 204(图 2)可以包括帧 200(图 2)的前导码。也可以使用具有不同前导码结构(例如,具有更多训练符号)的帧。

操作 414 包括验证在操作 412 中计算的循环前缀长度。操作 414 可以从数据符号开始到数据符号末尾的最后比特匹配循环前缀。当比特匹配时,可以验证循环前缀长度。在一些实施例中,操作 414 可以包括在数据符号之一,例如数据符号 214(图 2)的第一 N_{cp} 数的采样和最末 N_{cp} 数的采样之间执行互相关。在一些实施例中,可以使用峰值-阈值检测器以帮助减少假警报。

虽然作为独立的操作图示和描述了过程 400 的各个操作,但是可以同时执行一个或多个操作,并且不要求一定按照图示顺序执行所述操作。

在一些实施例中,在前导阶段,第一参考数据 126(图 1)(例如前导码-64 参考数据 R_{64})可以包括训练符号 202(图 2)(例如前导码-64 符号 P_{64})的部分,并且第二参考数据 128(图 1)(例如前导码-128 参考数据 R_{128})可以是训练符号 204(图 2)(例如前导码-128 符号 P_{128})的部分。在这些实施例中,可以将 R_{64} 和 R_{128} 二者预先编成表格。作为例子, R_{64} 可以是 P_{64} 的头 32 采样数据矢量,而 R_{128} 可以是 P_{128} 的头 32 采样数据矢量。从数学上讲,可以通过以下方程描述由匹配滤波器 122(图

1)执行的互相关:

$$XCORR(k) = \sum_{i=0}^{N_{laps}-1} x(i+k)r^*(i), \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

在以上方程中, x 可以是取自所接收到的多载波通信信号的采样, r 可以以 R_{64} 开始然后切换到 R_{128} 。 N_{laps} 根据匹配滤波器 122(图 1)是以 R_{64} 还是 R_{128} 工作可以是 R_{64} 或 R_{128} 的维度, 并且可以是取自第一前导码符号 202(图 2)或第二前导码符号 204(图 2)的参考数据采样的数量。循环前缀检测器 120(图 1)所采用的切换策略可以帮助减少电路 118 所用的硅资源。

根据一些实施例, 当 R_{64} 作为 r 的 $XCORR(k)$ 达到 PAR 值(例如, 11dB 的阈值)时, 那么可以以 R_{128} 作为 r , 即用 R_{128} 代替 R_{64} , 来执行互相关 $XCORR(k)$ 计算。

在前导阶段(即, 操作 402 - 412), 通常可以生成精确的循环前缀长度信息。然而, 后前导阶段(操作 414)两次校验长度信息以帮助减少可能的误检测。在后前导阶段执行操作 414(图 4)可以帮助减少 OFDM 符号内循环前缀数据采样(N_{CP})和最后 N_{CP} 数的数据采样之间的互相关的数目。后前导码 CP-检测过程可以用数学方式如下表达。

$$N_{CP} = \arg \max_{N_{CP}} \left\{ \frac{1}{N_{CP}} \sum_{k=0}^{N_{CP}-1} \text{Re}(y_k y_{k+N_{FFT}}^*) \right\}$$

其中 $\{y_0, y_1, \dots, y_{N_{FFT}}, y_{N_{FFT}+N_{CP}-1}\}$ 表示一个接收到的 OFDM 符号数据。

除非另有明确指出, 诸如处理、计算、确定、显示等的术语可以指一个或多个可以处理在处理系统的寄存器和存储器中以物理(例如, 电子)量表示的数据并将其转换成处理系统的寄存器或存储器中以物理量类似表示的其他数据的处理或计算系统, 或者其他这种信息存储、传输或显示装置的动作和/或过程。此外, 如这里所用的, 计算装置包括一个或多个与计算机可读存储器相连的处理元件, 该计算机可读存储器可以是易失性或非易失性存储器或其组合。

可以在一种硬件、固件和软件或其组合中实施本发明的实施例。也可以将本发明的实施例实施为存储于机器可读介质上的指令, 所述

指令可以由至少一个处理器读取和运行以执行这里所述的操作。机器可读的介质可以包括任何以机器(例如计算机)可读形式存储或传输信息的机制。例如,机器可读的介质可以包括只读存储器(ROM)、随机存取存储器(RAM)、磁盘存储介质、光存储介质、闪存装置、电、光、声或其他形式的传播信号(例如,载波、红外信号、数字信号等等)。

提供摘要是为了符合 C.F.R.第 37 条 1.72(b),其要求提供摘要,以便读者获知技术公开的实质和要点。提交摘要是基于如下认识的:不会将其用于限制或解释权利要求的范围或含义。

在前面的详细描述中,出于描述简单之目的,在单个实施例中将各种特征临时组合到一起。不应将这种公开方法解释为反应了如下意图,即,要求保护的主题的实施例需要比每个权利要求中明确记载的特征更多的特征。相反,如以下的权利要求所反应的,本发明可以具有少于单个公开实施例的所有特征的特征。于是,在此将如下权利要求引入详细描述中,同时每个权利要求自身成为独立的实施例。

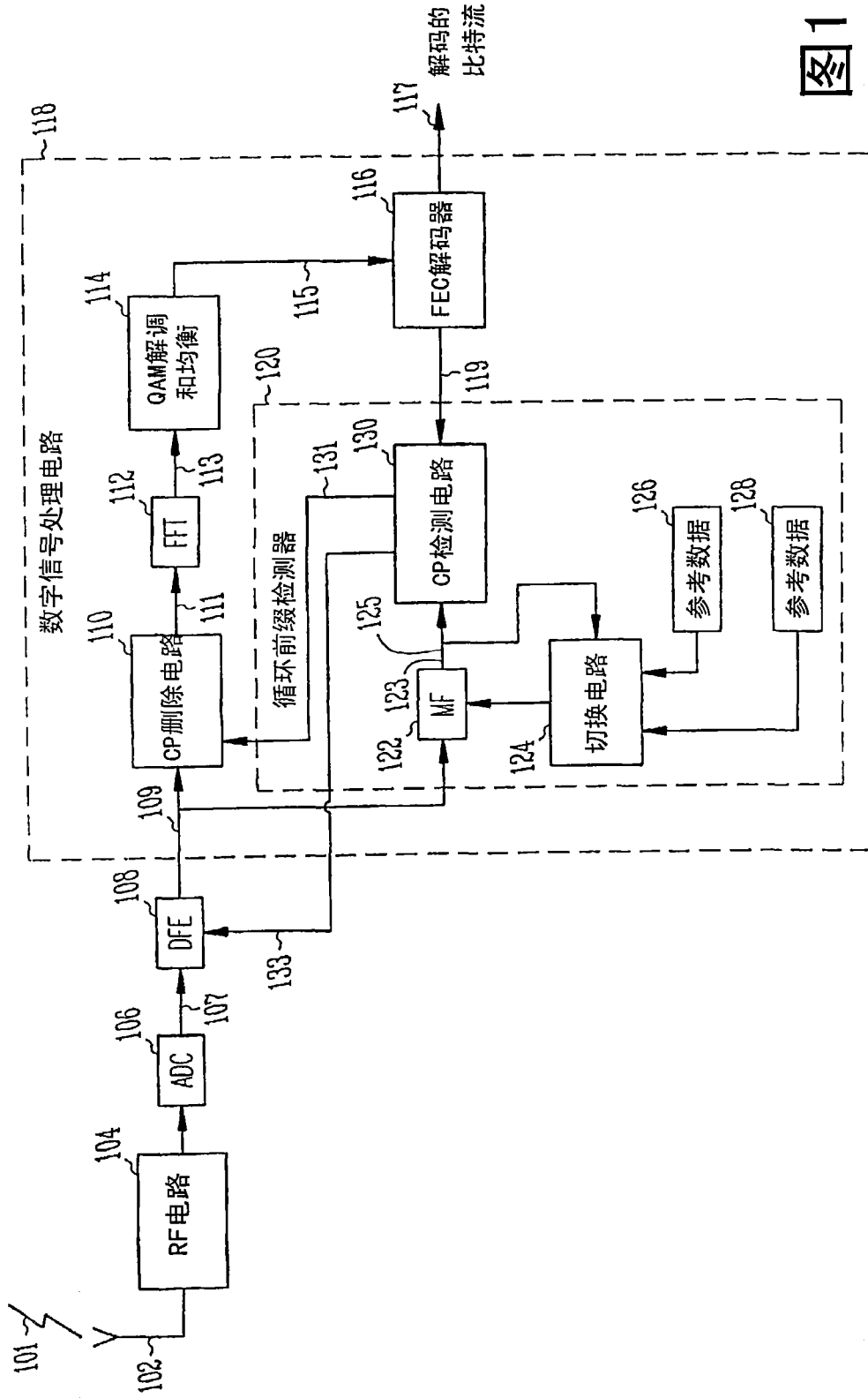


图1

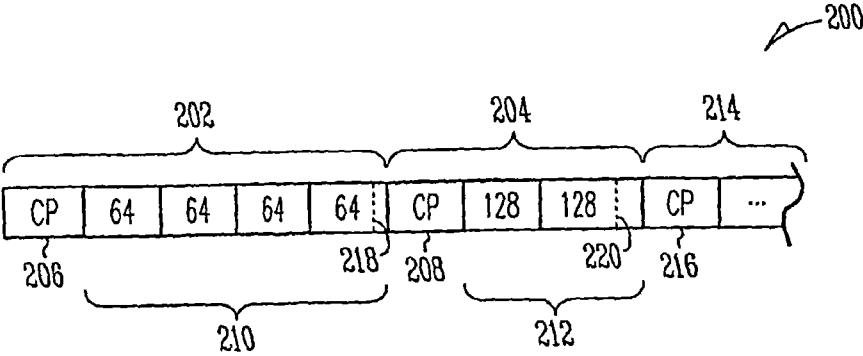


图2

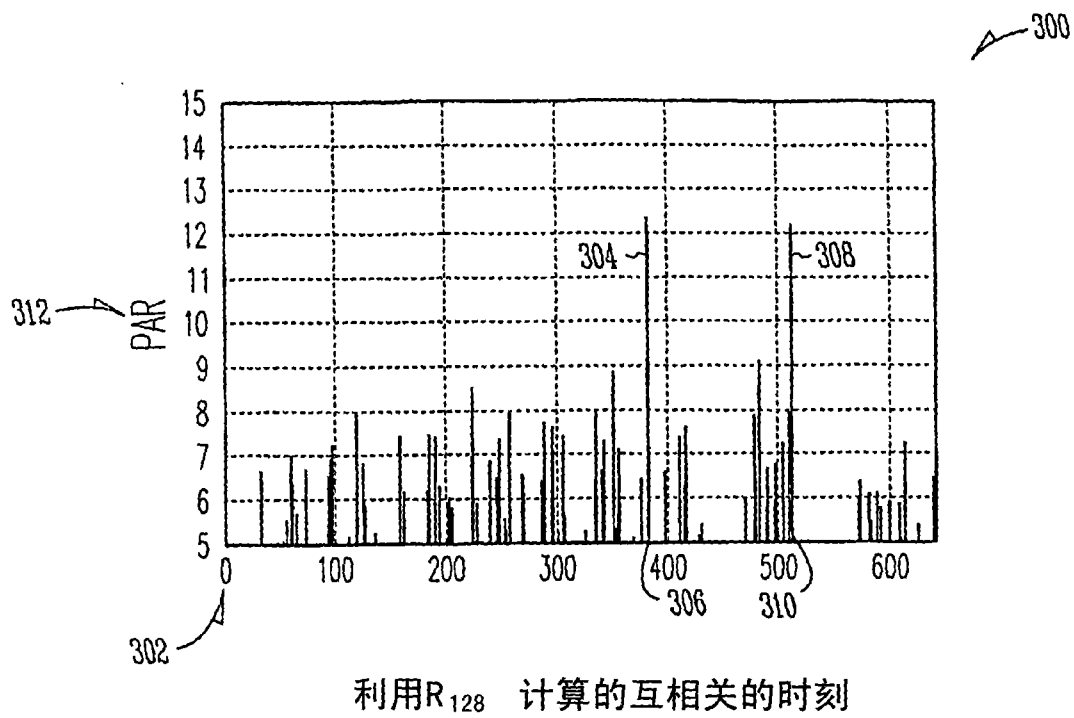


图3A

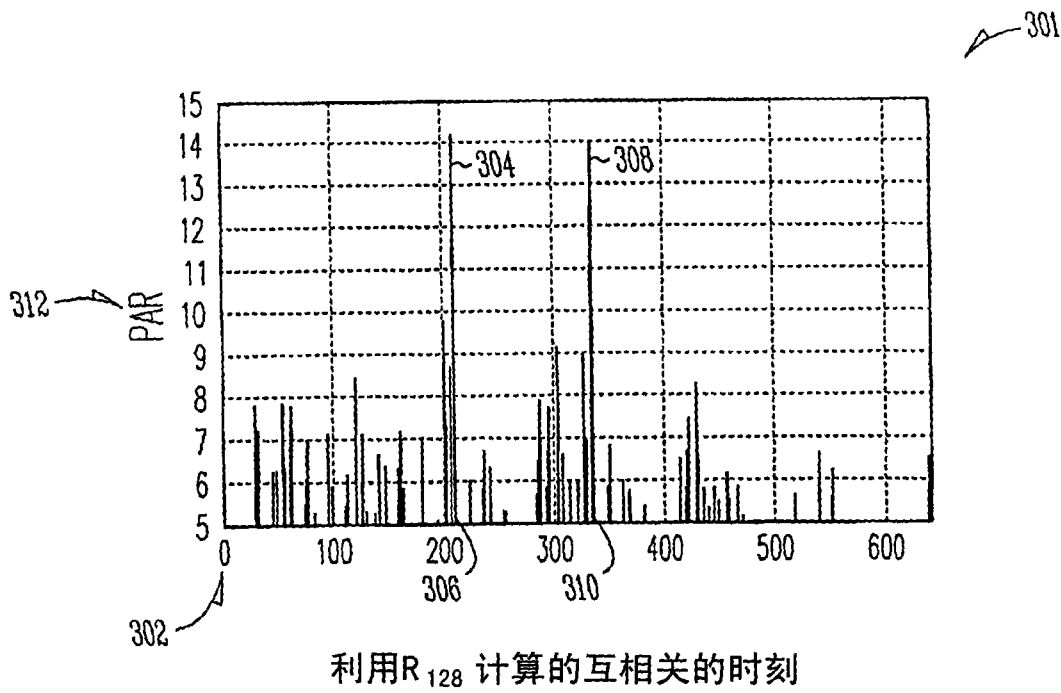


图3B

