



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106576088 B

(45)授权公告日 2017.12.01

(21)申请号 201580041755.9

(22)申请日 2015.05.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106576088 A

(43)申请公布日 2017.04.19

(30)优先权数据
14/444,612 2014.07.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.02.03

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/032833 2015.05.28

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/018501 EN 2016.02.04

(73)专利权人 赛灵思公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 G·C·科普兰

(74)专利代理机构 北京市君合律师事务所
11517

代理人 顾云峰 吴龙瑛

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

(56)对比文件
CN 101640660 A, 2010.02.03,
US 2009029664 A1, 2009.01.29,
EP 1835678 A1, 2007.09.19,
CN 1139838 A, 1997.01.08,

审查员 张翠玲

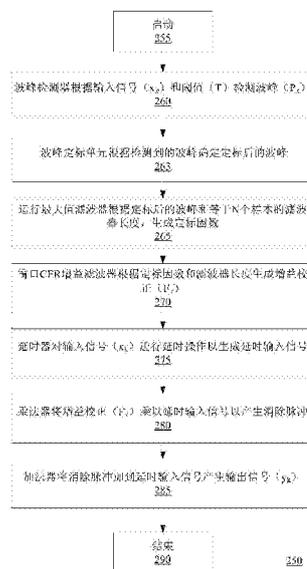
权利要求书2页 说明书16页 附图17页

(54)发明名称

用于峰值因数抑制的系统和方法

(57)摘要

一种用于峰值因数抑制(CFR)的系统(200)包括波峰检测器(205),其被配置为接收输入信号(x_k);运行最大值滤波器(210),其被配置为根据窗口增益(G_k)和滤波器长度生成定标因数,其中窗口增益(G_k)是根据输入信号(x_k)和阈值(T)得到的;窗口CFR增益滤波器(215),其被配置为根据定标因数和滤波器长度生成增益校正(F_k);延时器(225),其被配置为对输入信号(x_k)进行延时处理,生成延时输入信号;乘法器(230),其被配置为将增益校正(F_k)乘以延时输入信号,得到波峰校正值;以及加法器(235),其被配置为根据波峰校正值和延时输入信号确定输出信号(y_k)。



1. 一种用于峰值因数抑制CFR的系统,其特征在于,所述系统包括:
波峰检测器,其被配置为接收输入信号(x_k);
运行最大值滤波器,其被配置为根据窗口增益(G_k)和滤波器长度生成定标因数,其中所述窗口增益(G_k)是根据所述输入信号(x_k)和阈值(T)得到的;
窗口CFR增益滤波器,其被配置为根据所述定标因数和所述滤波器长度生成增益校正(F_k);
延时器,其被配置为对所述输入信号(x_k)进行延时处理,以生成延时输入信号;
乘法器,其被配置为将所述增益校正(F_k)乘以所述延时输入信号,以得到波峰校正值;
以及
加法器,其被配置为根据所述波峰校正值和所述延时输入信号确定输出信号(y_k)。
2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述运行最大值滤波器被配置为通过确定在所述滤波器长度上所述窗口增益(G_k)的最大值增益,生成所述定标因数。
3. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述窗口CFR增益滤波器包括汉宁窗滤波器或布莱克曼窗滤波器。
4. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述滤波器长度对应于 N 个采样,其中 N 是整数,并且其中所述窗口CFR增益滤波器的中心在 $N/2$ 处。
5. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述增益校正(F_k)包括连续函数。
6. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述系统还包括用于提供所述窗口增益(G_k)的波峰定标单元。
7. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述波峰检测器、所述运行最大值滤波器、所述窗口CFR增益滤波器、所述延时器、所述乘法器、所述加法器或上述器件的任意组合使用至少一个现场可编程门阵列FPGA实施。
8. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述波峰检测器被配置为:
确定所述输入信号(x_k)的多项式拟合,
确定波峰位置,以及
由所述多项式拟合确定在波峰位置的信号幅度。
9. 一种用于峰值因数抑制CFR的方法,其特征在于,所述方法包括:
通过波峰检测器接收输入信号(x_k);
使用运行最大值滤波器根据窗口增益(G_k)和滤波器长度生成定标因数,其中所述窗口增益(G_k)是根据所述输入信号(x_k)和阈值(T)得到的;
使用窗口CFR增益滤波器根据所述定标因数和所述滤波器长度生成增益校正(F_k);
通过延时器对所述输入信号(x_k)进行延时处理,以得到延时输入信号;
使用乘法器将所述增益校正(F_k)乘以所述延时输入信号,以得到波峰校正值;以及将所述波峰校正值加到所述延时输入信号,以得到输出信号(y_k)。
10. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述生成所述定标因数的操作包括确定在所述滤波器长度上所述窗口增益(G_k)的最大值增益。
11. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述窗口CFR增益滤波器包括汉宁窗滤波器或布莱克曼窗滤波器。
12. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述滤波器长度对应于 N 个采样,其中 N 是

整数。

13. 根据权利要求12所述的方法,其特征在于,所述窗口CFR增益滤波器的中心在 $N/2$ 处。

14. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述增益校正 (F_k) 包括连续函数。

15. 根据权利要求9所述的方法,其特征在于,所述方法还包括使用波峰定标单元,根据所述输入信号 (x_k) 和所述阈值 (T) 确定所述窗口增益 (G_k)。

用于峰值因数抑制的系统和方法

技术领域

[0001] 本公开涉及峰值因数抑制 (CFR)，尤其是，本公开涉及窗口 CFR。

背景技术

[0002] 在峰值因数抑制 (CFR) 的一些实现中，信号中的峰值可以被确定。这可以通过以下方式实现：过采样该信号，识别大于两个相邻幅度的信号幅度，然后检测，从而确定是否有任何超过预定阈值的信号幅度。如果信号的过采样率比较低，那么峰值可能会不正确，并可能显著偏离真实峰值的数值。随着过采样率降低，峰值估算的准确性也会对应降低。这种峰值估算准确性的下降直接影响了 CFR 方法的质量。在一些例子中，峰值消除峰值因数抑制 (peak cancellation crest factor reduction, PCCFR) 和窗口 CFR (WCFR) 需要检测到的波峰的位置和检测到的波峰处的复数信号值。因此，准确的波峰检测对于 PCCFR 和 WCFR 以及其它 CFR 方法非常重要。

[0003] 一种实施 CFR 的方法是消除脉冲 (cancellation pulse) 方法。尽管该方法是有有效的，但是它可能导致在执行消除脉冲方法的过程中丢失和/或生成一些波峰。具体地，在消除脉冲方法中，因为缺乏脉冲消除的资源，一些波峰可能会被遗漏。此外，当消除脉冲积极地重叠或增加时，可能会生成不希望得到的新的波峰。在一些例子中，可以在消除脉冲方法中重复进行脉冲消除几次，以定位这些不希望出现的波峰。然而，每个处理阶段都比较贵，并且会显著增加实施 CFR 的系统的延迟。反过来，这会从负面影响实施 CFR 的基站的效率和容量。

发明内容

[0004] 一种用于峰值因数抑制 (CFR) 的系统，包括波峰检测器，其被配置为接收输入信号 (x_k)；运行最大值滤波器 (running maximum filter)，其被配置为根据窗口增益 (G_k) 和滤波器长度生成定标因数 (scaling factor)，其中窗口增益 (G_k) 是根据输入信号 (x_k) 和阈值的数值 (T) 得到的；窗口 CFR 增益滤波器，其被配置为根据所述定标因数和所述滤波器长度生成增益校正 (gain correction, F_k)；延时器，其被配置为对所述输入信号 (x_k) 进行延时处理，以得到延时输入信号；乘法器，其被配置为将所述增益校正 (F_k) 乘以所述延时输入信号，以得到波峰校正值；以及加法器，其被配置为根据所述波峰校正值和所述延时输入信号确定输出信号 (y_k)。

[0005] 可选地，运行最大值滤波器可以被配置为通过确定在滤波器长度上窗口增益 (G_k) 的最大增益，生成定标因数。

[0006] 可选地，窗口 CFR 增益滤波器可以包括汉宁窗滤波器 (Hanning window filter)。

[0007] 可选地，窗口 CFR 增益滤波器可以包括布莱克曼窗滤波器 (Blackman window filter)。

[0008] 可选地，滤波器长度可以对应 N 个采样，其中， N 是一个整数。

[0009] 可选地，窗口 CFR 增益滤波器的中心可以在 $N/2$ 处。

- [0010] 可选地,增益校正 (F_k) 可以包括连续函数。
- [0011] 可选地,系统还可以包括波峰定标单元 (peak scaling unit), 用来提供窗口增益 (G_k)。
- [0012] 可选地,波峰检测器、运行最大值滤波器、窗口CFR增益滤波器、延时器、乘法器、加法器或前述器件的任意组合,可以使用至少一个现场可编程门阵列 (FPGA) 实施。
- [0013] 可选地,波峰检测器可以被配置为确定用于输入信号 (x_k) 的多项式拟合,确定波峰位置以及在波峰位置处由多项式拟合确定信号的幅度。
- [0014] 一种用于峰值因数抑制 (CFR) 的方法包括通过波峰检测器接收输入信号 (x_k); 使用运行最大值滤波器,根据窗口增益 (G_k) 和滤波器长度生成定标因数,其中窗口增益 (G_k) 是根据输入信号 (x_k) 和阈值 (T) 得到的; 使用窗口CFR增益滤波器,根据定标因数和滤波器长度生成增益校正 (F_k); 通过延时器对输入信号 (x_k) 进行延时处理以获取延时输入信号; 使用乘法器,将增益校正 (F_k) 乘以延时输入信号以获得波峰校正值; 以及将延时输入信号加上波峰校正值以获得输出信号 (y_k)。
- [0015] 可选地,生成定标因数的操作可以包括确定在滤波器长度上窗口增益 (G_k) 的最大值增益。
- [0016] 可选地,窗口CFR增益滤波器可以包括汉宁窗滤波器或布莱克曼窗滤波器。
- [0017] 可选地,滤波器长度可以包括 N 个采样,其中, N 是一个整数。
- [0018] 可选地,窗口CFR增益滤波器的中心可以在 $N/2$ 处。
- [0019] 可选地,增益校正 (F_k) 可以包括连续函数。
- [0020] 可选地,该方法还可以包括使用波峰定标单元,根据输入信号 (x_k) 和阈值 (T) 确定窗口增益 (G_k)。
- [0021] 一种用于峰值因数抑制 (CFR) 的系统包括波峰检测器,其被配置为接收输入信号; 第一波峰消除峰值因数抑制 (PCCFR) 模块,其被耦接至波峰检测器; 以及窗口CFR模块,其被耦接至第一PCCFR模块。第一PCCFR模块被配置为移除输入信号中的第一组一个或多个波峰,窗口CFR模块被配置为在第一PCCFR模块已经移除输入信号中的第一组一个或多个波峰后,移除输入信号中的一个或多个额外波峰。
- [0022] 可选地,系统还可以包括第二PCCFR模块,其被配置为移除输入信号中的第二组一个或多个波峰,其中,窗口CFR模块被配置为在第一PCCFR模块已经移除输入信号中的第一组一个或多个波峰后,并且在第二PCCFR模块已经移除输入信号中的第二组一个或多个波峰后,移除输入信号中的一个或多个额外的波峰。
- [0023] 可选地,窗口CFR模块还可以包括运行最大值滤波器。
- [0024] 这些特征、功能和优点可以独立地在各种例子中获得,或者被组合在其它例子中。
- [0025] 通过阅读以下的具体实施方式可以清楚了解其它以及进一步的方面和特征。

附图说明

- [0026] 考虑到以下的说明、权利要求书以及附图,可以更好地理解本公开的这些以及其它特征、方面和优点,在附图中,
- [0027] 图1-1到1-3是示出了时域中波峰消除波峰因数抑制 (PCCFR) 处理的图表;
- [0028] 图2-1示出了一种具有CFR处理器的系统;

- [0029] 图2-2示出了窗口CFR处理器的一个例子；
- [0030] 图2-3示出了图2-1的系统使用图2-2的窗口CFR处理器执行的一种方法；
- [0031] 图3示出了运行最大值滤波器的一个例子；
- [0032] 图4-1是示出了与图2-3的方法相关的信号数值的图表；
- [0033] 图4-2示出了可以被图2-1的系统使用或者支配该系统的运行的公式；
- [0034] 图5-1示出了一个PCCFR处理器；
- [0035] 图5-2示出了另一个PCCFR处理器，其包括多个消除脉冲发生器 (CPG)；
- [0036] 图6-1示出了波峰检测器的一个例子；
- [0037] 图6-2示出了插值器的一个例子；
- [0038] 图6-3和6-4示出了CFR中波峰检测的方法；
- [0039] 图7是示出了使用本公开的系统和方法获得的结果的示例的图表；
- [0040] 图8示出了包括窗口CFR模块和PCCFR模块的组别的系统。

具体实施方式

[0041] 这里参考附图描述了各种特征。需要注意，这些附图可以是也可以不是按照比例呈现的，并且相似结构或功能的元素在全部附图中是由类似的参考编号代表的。需要注意，附图只是用来辅助对特征的说明。它们不应作为对要求的发明的穷尽性的描述，或者作为对要求的发明的范围的限制。此外，被示出的特征不需要具有所述的所有方面或优点。与一个特定特征联系进行描述的方面或优点不一定被限于该特定特征，该方面或优点可以在任何其它特征中实现，即使这一实现没有被示出或没有被如此明确地描述。

[0042] 这里公开的方法和装置提供了一种有效的窗口峰值因数抑制 (CFR)，以及CFR中的波峰检测。

[0043] 公开的系统包括用于在CFR中精确地定位和测量波峰数值的波峰检测器。波峰检测器通过对信号幅度执行多项式拟合 (例如，二次拟合) 然后提取波峰位置，限制过采样的数量。由二次拟合，波峰位置可以被用于计算该位置处的信号的幅度，就好像是用高得多的采样率找到该波峰。

[0044] 在一些例子中，公开的系统可以使用窗口CFR。使用窗口CFR的优点是它防止了波峰在检测中丢失，还防止了在输出处出现新的波峰。使用窗口CFR的一个缺点是性能 (可以用诸如误差矢量幅度 (EVM) 对峰均比 (PAR) 的指标被测量) 可能不如PCCFR方法好。然而，组合使用PCCFR和窗口CFR提供了在复杂度和性能方面的良好的折中。如果用EVM比较好的PCCFR排除了多数的波峰，那么可以使用窗口CFR“清理”剩下的波峰。如果剩下的波峰很少，使用窗口CFR带来的退化与使用更多级 (stage) 的PCCFR相比非常小。这样，在一些例子中，窗口CFR可以用作一级或多级的PCCFR之后的后续处理。

[0045] 该系统和方法还通过从超过特定阈值的信号波峰中减去频谱上构型 (spectrally shaped) 的脉冲，来提供抑制波峰 (例如，相对于信号的平均功率的比值) 的波峰消除。该系统和方法提供的消除脉冲 (CP) 被设计为具有与输入信号匹配的频谱。因此，消除脉冲引入了可忽略不计的频带外的干扰。在一些例子中，输入信号和消除脉冲是复数的，以及波峰搜索可以在信号幅度上执行。因为信号是复数的，每个消除脉冲可以被旋转以匹配对应波峰的相位。给定消除脉冲 (CP) 的波峰幅度可以被设置为等于对应信号波峰幅度和需要的限幅

阈值 (clipping threshold) 之间的差。在保持信号相位的同时,本公开的方法将波峰信号幅度减小到阈值。

[0046] 图1-1到1-3示出了时域中的波峰消除峰值因数抑制 (PCCFR) 的处理。具体地,图1-1是描绘了具有各种幅度的输入信号的一段的图表100。图表100的水平轴代表了时间,图表100的垂直轴代表了输入信号的幅度。水平线110在图表100中示出,表示了限幅阈值。任何超过该阈值的波峰都作为波峰消除的候选。限幅阈值可以被任意设置,并且在不同例子中可以有不同的数值。图1-2是图表120,其示出了需要从输入信号中减去的消除脉冲(位于时间=700的附近)的幅度。图1-3是图表130,其示出了从图1-1中的输入信号减去图1-2中的消除脉冲后得到的输出信号的幅度。如图1-3中所示,输出信号除了输入信号中已经消除的波峰(位于时间=700的附近)之外,与输入信号相同。

[0047] 图2-1示出了用于CFR的系统200。在一些例子中,系统200可以提供消除脉冲和PCCFR。系统200包括波峰检测器205、耦接至波峰检测器205的CFR处理器220、延时器225和加法器235。

[0048] 波峰检测器205被配置为接收输入信号 (x_k) 和阈值 (T)。阈值 (T) 是预先确定的数值,其代表波峰消除的限幅阈值。例如,阈值 (T) 被设置为等于2.0。但是,在其它例子中,阈值 (T) 可以大于2.0或小于2.0。波峰检测器也被配置为根据(如,使用)输入信号 (x_k) 和阈值 (T) 识别波峰 (P_k)。在一些例子中,波峰检测器205还可以使用任何已知的波峰检测器来实施。在其它例子中,波峰检测器205可以是新波峰检测器。会参考图6-1描述新波峰检测器。

[0049] 延时器225被配置为接收输入信号 (x_k),并且对输入信号 (x_k) 进行延时处理以生成延时输入信号。CFR处理器220被配置为从波峰检测器205接收识别的波峰 (P_k),从延时器225接收延时输入信号 (x_k),并根据识别的波峰 (P_k) 和延时输入信号 (x_k) 输出消除脉冲 (Z_k)。

[0050] 延时器225还被配置为向加法器235传递延时输入信号 (x_k)。加法器235被配置为把消除脉冲 (Z_k) 加到延时输入信号 (x_k),从而从输入信号 (x_k) 中减去不想要的波峰以生成输出信号 (y_k),其是经过校正了增益的输出信号。在一些例子中,相对于输入信号,消除脉冲 (Z_k) 可以具有负值。这样,当加法器235将消除脉冲 (Z_k) 加到延时输入信号 (x_k) 上时,消除脉冲 (Z_k) 被有效地从延时输入信号 (x_k) 中“减去”。

[0051] 在一些例子中,可以使用提供窗口滤波的窗口CFR处理器来实施CFR处理器220。图2-2示出了窗口CFR处理器220的一个示例。该窗口CFR处理器220将会参考图2-1的系统进行描述。然而,应当理解,窗口CFR处理器220可以被其它实施例中的其它系统使用。窗口CFR处理器220包括波峰定标单元206 (peak scaling unit)、运行最大值滤波器210、窗口CFR增益滤波器215以及乘法器230。

[0052] 波峰定标单元206被配置为从波峰检测器205接收识别的波峰 (P_k),并且确定波峰幅度和限幅阈值之间的差(如,通过执行减法函数)以输出定标后的波峰。在一些例子中,波峰定标单元206可以提供等于 $1 - \sqrt{P_k/T^2}$ 的输出。此外,在一些例子中,窗口CFR处理器220可以不包括波峰定标单元206。在这些例子中,波峰定标单元206可以被嵌入到图2-1的波峰检测器205中。

[0053] 运行最大值滤波器210被配置为从波峰定标单元206接收定标后的波峰和滤波器长度 (filter length)。滤波器长度可以被设置为等于N个采样,其中N是一个整数。运行最

大值滤波器210还被配置为根据(如,使用)定标后的波峰和滤波器长度,生成定标因数(scaling factor)。在一个实施例中,运行最大值滤波器210可以被配置为通过确定在滤波器(如,在N个采样上)长度上窗口增益(G_k)的最大增益生成定标因数。图3示出了运行最大值滤波器310的一个例子,它可以被用来实施图2-2的窗口CFR处理器的运行最大值滤波器210。运行最大值滤波器310被配置为在N个采样的窗口滤波器长度上运行。在一些例子中,长度N可以为2的幂。在其它例子中,长度N可以为其它数值。如图所示,运行最大值滤波器310具有一定数量的级。每一级可以是具有图中所示的配置320的二进制最大值级。这样的配置允许运行最大值滤波器210比直接的路径更有效地生成定标因数。在其它例子中,每一级可以具有其它配置。在使用过程中,在每级确定信号最大值,并且由于每一级将运行最大值传递到下一阶段,因而累积运行最大值。例如,如果 $N=7$,并且假设输入信号(采样)是3,3,4,2,5,7,1,那么运行最大值是3,3,4,4,5,7,7。

[0054] 回到图2-2,窗口CFR增益滤波器215被配置为从运行最大值滤波器210接收定标因数,并接收滤波器长度,根据(如,使用)来自运行最大值滤波器210的定标因数和滤波器长度生成增益校正(F_k)。在一些例子中,汉宁窗滤波器或布莱克曼窗滤波器可以被应用以实施窗口CFR增益滤波器215。此外,在一些例子中,窗口CFR增益滤波器215的中心可以在 $N/2$ 处,其中N是对应于滤波器长度的采样的数量。

[0055] 乘法器230被配置为从图2-1的系统200的延时器225接收延时输入信号(x_k)。乘法器230被配置为将来自窗口CFR增益滤波器215的增益校正(F_k)乘以延时输入信号以产生消除脉冲(z_k)。在一些例子中,消除脉冲(z_k)可以被认为波峰校正值。

[0056] 在一些例子中,可以用至少一个现场可编程门阵列(FPGA)实施图2-2的窗口CFR处理器220。例如,在一些例子中,FPGA可以被配置为实施波峰定标单元206、运行最大值滤波器210、窗口CFR增益滤波器215、乘法器230或前述器件的任意组合。在其它例子中,可以用任意集成电路实施窗口CFR处理器220,比如通用处理器、ASIC处理器、微处理器或其它种类的处理器。在进一步的例子中,可以用硬件、软件或两者的组合实施窗口CFR处理器220。

[0057] 此外,在一些例子中,可以使用至少一个FPGA实施图2-1的系统200。例如,在一些例子中,FPGA可以被配置为实施波峰检测器205、CFR处理器215、延时器225以及加法器235。在其它例子中,可以使用任何集成电路,例如通用处理器、ASIC处理器、微处理器或其它类型的处理器实施系统200。在进一步的例子中,可以使用硬件、软件或两者的组合实施系统200。

[0058] 图2-3示出了图2-1的系统200执行的方法250,其中图2-1的CFR处理器220是图2-2的窗口CFR处理器220。在项目255处,该方法启动。波峰检测器根据输入信号(x_k)和阈值(T)检测波峰(P_k) (项目260)。在一些例子中,项目260可以被图2-1的系统200中的波峰检测器205执行。

[0059] 接下来,波峰定标单元接收检测到的波峰(P_k),并根据检测到的波峰输出定标后的波峰(项目263)。在一些例子中,项目263可以被图2-2的窗口CFR处理器220中的波峰定标单元206执行。

[0060] 接下来,运行最大值滤波器接着根据定标后的波峰和等于N个采样的滤波器长度,生成定标因数(项目265)。在一些例子中,项目265可以被图2-2的窗口CFR处理器220中的运行最大值滤波器210执行。

[0061] 接下来,窗口CFR增益滤波器接着根据定标因数和滤波器长度生成增益校正 (F_k) (项目270)。在一些例子中,项目270可以被图2-2的窗口CFR处理器220中的窗口CFR增益滤波器215执行。

[0062] 接下来,延时器对输入信号 (x_k) 进行延时操作以生成延时输入信号 (项目275)。在一些例子中,项目275可以被图2-1的系统200中的延时器225执行。

[0063] 接下来,乘法器将增益校正 (F_k) 乘以延时输入信号以产生消除脉冲 (项目280)。在一些例子中,项目280可以被图2-2的窗口CFR处理器中的乘法器230执行。

[0064] 接下来,加法器接着将消除脉冲加到延时输入信号,以产生输出信号 (y_k) (项目285)。在输出信号 (y_k) 中,不希望出现的波峰被消除脉冲移除。在一些例子中,项目285可以被图2-1的系统200中的加法器235执行。接着,方法250在项目290处结束。

[0065] 图4-1是图表400,示出了图2-3的方法250中涉及的输入信号的一个示例,以及涉及的各种信号值的示例。信号值可以由图2-1的系统200的组件生成,和/或从图2-1的系统200的组件的输出中得到。在图表400中,水平轴代表时间,垂直轴代表定标后的信号强度(如,伏特)。水平线410代表阈值(T),其决定最大允许信号。在所述示例中,阈值(T)是2.0。在其它示例中,阈值可以大于或小于2.0。图表400包括输入信号 (x_k) 的时间关系曲线的示例,其可以是方法250的项目260中,波峰检测器205接收的输入信号 (x_k) 的示例。图表400还示出了窗口增益 (G_k),它可以被窗口CFR处理器220的窗口CFR增益滤波器215确定。此外,图表400还示出了波峰校正,它可以是方法250的项目280中乘法器230输出的消除脉冲的示例。进一步地,图表400示出了应用的窗口CFR增益,它是1-增益校正 (F_k)。当这个参数乘以延时信号 (x_k) 时,可以得到输出信号 (y_k),这是因为 $x_k - x_k * F_k$ 代表系统200中的乘法器230和加法器235执行的操作。在所述例子中,至少部分地根据窗口增益 (G_k) 确定增益校正 (F_k) 的振幅,窗口增益 (G_k) 被应用于运行最大值滤波器的中心 $N/2$ 处。窗口增益 (G_k) 是平滑函数,用以保持增益校正后的窗口CFR输出信号 (y_k) 在频带中。图表400还示出了输出信号 (y_k) 的一个例子,它可以是方法250的项目285中加法器235输出的输出信号 (y_k) 的一个例子。输入信号 (x_k) 和校正后的窗口CFR输出信号 (y_k) 之间产生的差异为波峰校正,它由于窗口增益 (G_k) 的逐渐应用而发生在一定时间间隔上。

[0066] 图4-2示出了可以被图1-2的系统200使用的或可以支配该系统操作的公式。在这些公式中,(A)代表波峰信号,或者信号在波峰处的平方值,(T)代表目标阈值,以及(W)代表运行最大值滤波器210和窗口CFR增益滤波器215的组合提供的窗口滤波器。如图所示,波峰振幅的平方幅度被由阈值(T)定标调整(scale),并且根据这些值计算出波峰处的增益 (G_k)。在阈值定标调整后,窗口CFR处理器220的所有其它处理都不需要知道阈值(T)。

[0067] 各种技术可以被应用以实施窗口滤波器W。在一些例子中,用于窗口滤波器W的窗口长度可以大约是256个采样。在其它例子中,用于窗口滤波器W的窗口长度可以具有其它长度。在一些例子中,汉宁窗可以被用于实施窗口滤波器W。例如,汉宁窗可以是:

$$[0068] \quad w_n = \frac{1 + \cos(2\pi n / (N - 1))}{2} \quad -\frac{N}{2} \leq n \leq \frac{N}{2}$$

[0069] 在一些例子中,汉宁窗可以被表示为两个因数:

$$[0070] \quad w_n = w_{1n} * w_{2n}$$

[0071] 其中,

$$[0072] \quad W_1 = \begin{cases} 1 & -N/4 \leq n \leq N/4 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$[0073] \quad W_2 = \begin{cases} \cos(2\pi n / (N - 1)) & -N/4 \leq n \leq N/4 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

[0074] 在一些例子中, W_1 因数可以使用一阶CIC滤波器实施, 以获得矩形响应(box car response)。 W_2 因数可以使用普通的移位寄存器和乘法器阵列实施。在其它例子中, W_2 因数可以使用CIC滤波器或其它类似于CIC的滤波器实施。

[0075] 此外, 在一些例子中, 对于长度为 N 的汉宁窗, W_1 因数可以具有 $N/2$ 的长度。 W_2 因数的总长度也可以是 $N/2$, 并且可以确定一个接近的近似为:

$$[0076] \quad \hat{W}_2 = U_1 * U_2 * U_3 / ((N + 1) / 3)$$

[0077] 其中,

$$[0078] \quad U_1(k) = \begin{cases} 1 & 0 \leq k \leq (N + 1) / 3 - 1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$[0079] \quad U_2(k) = \begin{cases} 1 & 0 \leq k \leq (N + 1) / 6 - 1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$[0080] \quad U_3(k) = [1 \ 1]$$

$$[0081] \quad \text{长度} \hat{W}_2 = (N + 1) / 2$$

[0082] U_3 项被用于使汉宁滤波器的长度是奇数, 这样滤波器波峰可以与信号波峰准确地对准。

[0083] 在一些例子中, 对于窗口CFR处理器220的操作, 选择以2为倍数(factors of two)的不同的长度 U_1 、 U_2 可以满足对尺寸分辨的要求。如果 U_1 、 U_2 滤波器的长度是2的幂, 并且总长度 N 是奇数, 会非常有利于简化窗口CFR处理器220的实施。在一些例子中, 滤波器长度 N 可以被确定为:

$$[0084] \quad N = 3 \cdot 2^m - 1$$

[0085] 在这个例子中, U_1 和 U_2 的长度都是2的幂, 并且增益 $(N+1)/3$ 也是2的幂。 W_1 和 W_2 因数长度是2的幂的3倍。在其它例子中, 滤波器长度 N 可以根据其它等式或考量被确定。此外, 在其它例子中, U_1 、 U_2 滤波器的长度可以是其它不是2的数字的幂。

[0086] 在一些例子中, 上述滤波技术可以被调整以针对重叠波峰的问题。上述算法在波峰是分离的时候运行良好。然而, 如果波峰有重叠, 增益校正可能会叠加在校正增益上。这会导致窗口CFR处理器220性能的降低。可以对算法进行改进, 其中过度的消除被排除。通过对滤波器因式分解, 可以注意到当波峰不重叠时, 在波峰处计算的增益的运行最大值滤波器可以取代 W_1 滤波步骤。当波峰重叠时, 运行最大值遮挡了(shadow)较小的波峰, 有效地将它们从考量中排除, 因此解决了过度消除的问题。在一些例子中, 修正后的算法可以是如下所示:

$$[0087] \quad g_k = 1 - 1/\sqrt{A/T^2}$$

$$[0088] \quad M_{k,N} = \{m \in G_N : m \geq a \forall a \in G_N\}$$

$$[0089] \quad G_N = \{g_k : \forall |k - N| \leq M\}$$

$$[0090] \quad F_k = M_k * W_2 = M_k * U_1 * U_2 * U_3$$

$$[0091] \quad y_k = x_k - F_k * x_k$$

[0092] 其中, g_k 是增益, A 是波峰数值或者波峰数值的平方。根据上述等式, 运行最大值可以和矩形脉冲响应差不多一样有效地被计算出来, 但它解决了重叠波峰问题。

[0093] 在一些例子中, 消除脉冲 z_k 可以使用PCCFR处理器而不是窗口CFR处理器得到。图5-1描述了PCCFR处理器220的一个例子。PCCFR处理器220可以是图2-1的系统200中CFR处理器220的一个例子。PCCFR处理器220包括波峰消除(PC)定标单元206和耦接至波峰定标单元206的滤波器207(如, 数字滤波器)。PCCFR处理器220被耦接至波峰检测器(如图2-1中的波峰检测器205), 并且被配置为从波峰检测器接收输入, 如波峰信息。波峰定标单元206被配置为将来自波峰检测器的输入定标, 并生成定标后的输出/波峰(其可以被认为是增益)。在一些例子中, PCCFR处理器220可以不包括波峰定标单元206。在这样的例子中, 波峰定标单元206可以被嵌入到图2-1的波峰检测器205中。滤波器207被配置为接收定标后的输出, 并根据定标后的输出和消除脉冲(CP)模板生成消除脉冲 z_k 。CP模板是定义了标准消除脉冲的模板。在一些例子中, 消除脉冲可以被存储在表(存储器)中。当波峰被找到后, 在表的开头设置一个索引。每个表输出代表消除脉冲上的一个点, 它接着可以被计算出的增益定标。对于随后的每个采样时间, 表的索引可以增加并用相同的常数定标。在整个表被读取之后, 索引可以被重置。在一些例子中, 为PCCFR处理器220提供输入的波峰检测器可以是任何已知的波峰检测器。在其它例子中, 波峰检测器可以是这里所描述的任何波峰检测器。

[0094] 在一些例子中, PCCFR处理器可以使用消除脉冲发生器(CPG)实施。图5-2示出了另一个PCCFR处理器220的一个例子, 它包括多个消除脉冲发生器(CPG)。PCCFR处理器220可以是图2-1的系统200中CFR处理器220的一个例子。PCCFR处理器220包括波峰定标单元206、耦接至波峰定标单元206的CPG分配器802以及与CPG分配器802耦接以接收输入的多个CPG 804。PCCFR处理器220还包括耦接至各个CPG 804的乘法器806, 以及耦接以从乘法器806接收输入的加法器808。

[0095] 分配器802被配置为控制CPG资源的分配, 以执行消除输入波峰的任务。在启动过程中, 所有CPG 804都可以使用。当第一波峰到来时, 分配器802分配第一CPG 804以消除它, 接着将CPG 804标记为已分配。当被分配时, CPG 804对于(采样中的)消除脉冲的长度不可用。当后续的波峰到来时, 分配器802逐步查看每个CPG 804的状态并且分配第一个可用的CPG。在一些例子中, 当所有CPG 804都正在忙碌时到来的波峰不会被消除, 并且会被后续的计算迭代选中。这种情况会在输入信号表现出高密度的超出阈值的成群的波峰时出现。

[0096] 在使用过程中, PCCFR处理器220从波峰检测器(如, 波峰检测器205)处接收输入。来自波峰检测器的输入可以是波峰信息, 比如波峰位置标志、波峰幅度、波峰的相位信息或上述信息的任意组合。在一些例子中, 波峰定标单元206可以被配置为确定波峰幅度和限幅

阈值之间的差(例如,通过运行减法函数)。该幅度差可以与相位信息结合以产生用于定标消除脉冲的复数权衡。

[0097] 如图5-2所示,PC定标单元206向对应于第一CPG 804的乘法器806提供定标因数。乘法器806还从第一CPG 804中接收输入,并将来自第一CPG 804的输入乘以定标因数以生成第一乘法器输出。第一乘法器输出被输入到加法器808。类似的操作由额外的CPG 804以及与其对应的乘法器806执行,并且来自乘法器806的输出被输入加法器808。在一些例子中,每个乘法器806被配置为定标消除脉冲以与发现的波峰匹配。储存在CPG 804中的消除脉冲被定标为1,这样CPG要求的用来消除波峰的波峰幅度可以直接应用于CPG的输出。在一些例子中,PCCFR处理器220可以不包括波峰定标单元206。在这样的例子中,波峰定标单元206可以被嵌入到图2-1的波峰检测器205中。

[0098] 加法器808将来自CPG 804的乘法器输出加起来以得到消除脉冲 z_k 。具体地,来自CPG 804的输出被加到一起以得到将应用于输入信号的完整消除波形,从而消除波峰。

[0099] 在一些例子中,CPG 804可以被配置为单独生成消除脉冲,并接着对输入数据采样进行定标和减法操作。每个CPG 804对输入信号应用一个单独的消除脉冲 c_n 。在一些例子中,CPG 804可以被配置为根据下列等式单独处理输入采样:

$$[0100] \quad \hat{y}_n = x_n - \alpha_{N_0} c_{n-N_0}$$

$$[0101] \quad \alpha_{N_0} = (|x_{N_0}| - T) e^{j\theta_{N_0}}, \theta_{N_0} = \angle x_{N_0}$$

[0102] 其中, x_n 是输入,而 \hat{y}_n 是由一个CPG 804的波峰消除导致的输出。假定需要消除的波峰在 $n=N_0$ 处。如上述等式中所示,波峰消除导致的输出可以通过从输入中减去定标消除脉冲得到,其中 c 是消除脉冲, α 是定标因数。 α 是阈值 T 的函数而 θ 是 x_n 的相位。在其它例子中,CPG 804可以被配置为根据以下等式处理输入采样:

$$[0103] \quad \hat{y}_n = x_n - (G_n x_{n+off}) c_{n-N_0}$$

$$[0104] \quad G_n = \begin{cases} 1/\sqrt{|x_{n+off}/T|^2} & |x_{n+off}/T|^2 > 1 \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

[0105] 其中, x_n 是输入,而 \hat{y}_n 是由一个CPG 804的波峰消除导致的输出。假设需要消除的波峰在 $n=N_0$ 处,并且 x_{n+off} 是使用二次插值法的分数波峰(fractional peak)。如上述等式所示,由波峰消除导致的输出通过从输入中减去定标消除脉冲得到,其中, c 是消除脉冲, $G*x$ 是定标因数。注意, G 是需要的阈值 T 的函数。

[0106] 在一些例子中,CPG 804的数量对应于输入采样中可以被消除的连续波峰的数量。这样,例如使用8个CPG 804,输入采样中最多8个连续的波峰可以被消除。这些操作可以是迭代的。例如,在一些例子中,另一组4个(或其它数量)CPG 804可以被用在来自第一组CPG 804的采样上。在一些例子中,PCCFR处理器220可以提供最多8个迭代,每个迭代可以具有最多12个CPG 804。在其它例子中,迭代的次数可以小于8,或者大于8。同样,在其它例子中,每个迭代中CPG 804的最大数量可以小于12,或者大于12。

[0107] 如上所述,图2-1的系统200包括波峰检测器205,其可以使用任何已知波峰检测器实施。在其它例子中,波峰检测器205可以是图6-1中示出的新的波峰检测器。图6-1的波峰

检测器205可以是用于图2-1的系统200的波峰检测器205。然而,需要注意,图6-1的波峰检测器205没有被限制为用于CFR领域,它可以被用于其它技术领域。

[0108] 如图6-1所示,波峰检测器205包括插值器602、幅度平方单元(magnitude squared unit)608、第一延时器612、波峰标识(ID)单元616、第一多路复用器(Multiplexer)620、第一差分滤波器624、分数定位器(fractional locator)628、第一分数插值器632(fractional interpolator)、第一乘法器638、增益发生器642、第二延时器646、第二多路复用器650、第二差分滤波器654、第二分数插值器658以及第二乘法器662。

[0109] 插值器602被配置为接收输入信号(x_k)并且对输入信号(x_k)进行插值以生成至少一个插值信号604。在一些例子中,插值器可以是x4插值器。在其它例子中,插值器可以是其它类型的插值器。图6-2示出了x4插值器的一个例子,其被配置为通过在第一级使用第一半带通滤波器并接着在第二级使用第二半带通滤波器和第三半带通滤波器,提供两级插值。第一半带通滤波器(HBF1)提供6个唯一的系数,并且每个第二和第三半带通滤波器(HBF2)提供3个唯一的系数。

[0110] 幅度平方单元608被配置为接收插值信号604,并且根据插值信号604并通过获取它们的幅度并求平方,以生成幅度平方信号610。

[0111] 第一延时器612被配置为接收接收幅度平方信号610,并且延时处理幅度平方信号610以产生延时幅度平方信号614。

[0112] 波峰ID单元616被配置为接收延时幅度平方信号614,并根据延时幅度平方信号614,确定用于幅度平方信号614的波峰位置的标识符618。波峰位置的标识符618被传递至分数定位器628。在一些例子中,波峰ID单元616可以被配置为检查信号幅度的时间序列。如果当前的幅度大于任意一侧的采样的幅度,则当前时间位置被标记为波峰。标记的时间位置可以被认为是波峰位置的标识符618的一个例子。在一些例子中,延时器612提供延时从而使波峰ID单元616顺序地接收输入信号的多个数据点。例如,波峰ID单元616可以从输入信号接收7个数据点。波峰ID单元616检查这7个数据点,确定是否存在波峰,并且如果找到波峰则输出波峰索引。该波峰索引可以用来选择被找到的波峰值以及任意一侧的相邻值。例如,如果输入信号是:

	时间索引	采样幅度
	0	0
	1	1
[0113]	2	2
	3	3
	4	2
	5	1
	6	0

[0114] 那么采样号3(在上述例子中具有数值3)大于采样2(具有数值2)和采样4(具有数值2)。相应地,位于时间3的波峰具有幅度3。根据上述例子,如果信号经过插值,则随后的处理考虑幅度,并且找到相对于时间3的分数偏差(fractional offset)。在其它实施例中,波峰ID单元616可以被配置为根据与延时幅度平方信号不同的其它参数确定波峰位置的标识符618。例如,在其它例子中,波峰ID单元616可以被配置为使用任意幅度单调的函数来确定波峰位置的标识符618。例如,在一些例子中,复数值的幅度($\sqrt{x*x+y*y}$),其中x和y是复数值的实数和虚数部分)可以被波峰ID单元616使用以确定波峰位置的标识符618。

[0115] 第一多路复用器620被配置为接收延时幅度平方信号614,并处理延时幅度平方信号614以产生第一多个输出信号622。第一多个输出信号622和延时幅度平方信号614相比,减少了数据的数量。在一些例子中,第一多路复用器620被配置为选择发现的最大采样幅度以及与标识的波峰相邻(之前或之后)的采样的采样幅度。这样,在一些例子中,第一多个输出信号622可以包括波峰幅度和相邻幅度。例如,第一多个输出信号622可以包括波峰幅度和两个或更多的相邻幅度,取决于需要的插值的阶。如果在波峰的每一侧需要三个相邻幅度,那么第一多个输出信号622包括7个数据(波峰幅度和波峰每侧3个相邻幅度)。如果波峰每侧需要一个相邻幅度,那么第一多个输出信号622包括3个数据(波峰幅度和波峰每侧一个相邻幅度)。

[0116] 差分滤波器624被配置为从多路复用器620接收第一多个输出信号622,并且用多项式拟合第一多个输出信号622(其具有代表波峰幅度和与波峰相邻幅度的数据点)。具体地,一旦波峰被识别并隔离,就执行插值以拟合波峰处的位置和幅度。该插值可以是二次插值,或者其它阶的插值。使用差分滤波器624来由二次多项式(或具有其它阶的二项式)拟合采样。在一些例子中,差分滤波器624为用来拟合第一多个输出信号622的第一多项式产生系数626。

[0117] 分数定位器628被配置为,从第一差分滤波器624为第一多项式接收系数626,从波峰ID单元616接收波峰位置的标识符618,并且根据(如,使用)第一多项式的系数626和波峰位置的标识符618确定波峰的分数位置(fractional location)664。在一些例子中,波峰分数位置664可以根据二次多项式 $y(t) = a + b * t + c * t^2$ 的系数确定。在这些例子中,波峰分数位置664可以通过求差并且找到在 $-b/c/2$ 处的根算出。

[0118] 第一分数插值器632被配置为接收波峰的分数位置664和第一多项式的系数626(通过分数定位器628传递),并且根据(如,使用)波峰的分数位置664以及第一多项式的系数626确定第一多项式的波峰振幅634。在一些例子中,波峰振幅634可以通过评估 $a + 1.5 * b * f$ 确定,其中a和b是多项式 $y(t) = a + b * t + c * t^2$ 的系数,并且f是分数位置664。

[0119] 第一差分滤波器624、分数定位器628和分数插值器632执行的操作允许波峰检测器确定拟合输入信号(xk)的多项式,从多项式确定波峰位置,并且通过多项式拟合确定信号在波峰位置的幅度。

[0120] 第一乘法器638被配置为接收第一多项式的波峰振幅634和定标因数636,并且将第一多项式的波峰振幅634乘以定标因数636以产生第一多项式定标后的波峰振幅640。在一些例子中,定标因数636可以是1除以阈值的平方(例如, $1/T^2$)。在其它例子中,定标因数636可以是其它值。

[0121] 增益发生器642被配置为接收第一多项式的定标后的波峰振幅640,并且根据(例如,使用)第一多项式的定标后的波峰振幅640生成窗口增益(G_k)644。在一些例子中,窗口增益644可以被确定为 $1 - 1/\sqrt{A}$,其中A是定标后的波峰振幅640或者定标后的波峰振幅640的平方。在其它例子中,窗口增益644可以被确定为 $1 - 1/\sqrt{A/T^2}$ 。此外,在其它例子中,窗口增益644可以被根据其它等式确定。此外,在一些例子中,增益发生器642可以被配置为将窗口增益(G_k)644传递到图2-1的系统200中的运行最大值滤波器210。

[0122] 如图6-1所示,第二延时器646被配置为从插值器602接收插值信号604,并且将插值信号604延时以产生延时插值信号648。

[0123] 第二多路复用器650被配置为接收延时插值信号648,并处理延时插值信号648以产生第二多个输出信号652。在一些例子中,第二多路复用器650被配置为从延时插值信号648选择数据,其暂时地对应于多路复用器620选择的数据。第二多个输出信号652相比于延时插值信号648具有减少的数据数量。

[0124] 第二差分滤波器654被配置为接收第二多个输出信号652,并处理第二多个输出信号652以产生第二多项式的系数656。第二差分滤波器654执行的操作与参照第一差分滤波器624的描述相似。需要注意的是,第一多项式和第二多项式不同,系数626、656也不同。这是因为图6-1中波峰检测器205的上层分支(top branch)在幅度上操作,而下层分支(lower branch)用来计算波峰处的复数值。因此,上层分支的系数652是实数值,而下层分支的系数656是复数。此外,在一些例子中,第一多项式和/或第二多项式可以是二次多项式。在其它例子中,第一多项式和/或第二多项式可以是其它阶多项式。

[0125] 第二分数插值器658被配置为从分数定位器628接收分数位置664,接收第二多项式的系数656,并根据(例如,使用)分数位置664和第二多项式的系数656生成输出660。在一些例子中,输出660可以被通过评估 $a+bf+cf^2$ 确定,其中a、b和c是多项式 $y(t) = a+bt+ct^2$ 的系数,且f是分数位置664。

[0126] 第二乘法器662被配置为接收信号660和窗口增益(G_k)644,并将信号660乘以窗口增益(G_k)644以产生波峰峰值增益(CPG)。

[0127] 在一些例子中,波峰检测器205可以使用至少一个FPGA实施。例如,在一些例子中,FPGA可以被配置为实施插值器602,幅度平方单元608、第一延时器612、波峰ID单元616、第一多路复用器620、第一差分滤波器624、分数定位器628、第一分数插值器632、第一乘法器638、增益发生器642、第二延时器646、第二多路复用器650、第二差分滤波器654、第二分数插值器658、第二乘法器662或上述器件的任意组合。在其它例子中,波峰检测器205可以使用任何集成电路实施,例如通用处理器、ASIC处理器、微处理器或其它类型的处理器。在进一步的例子中,波峰检测器205可以使用硬件、软件或两者的组合实施。

[0128] 应当注意,图6-1中的波峰检测器205可以被用作PCCFR。在这样的例子中,波峰检测器205只需要输出波峰的分数位置664以及CPG。在其它例子中,如果窗口CFR被使用,那么波峰检测器205的底层分支(bottom branch)(例如,第二延时器646、第二多路复用器650、第二差分滤波器654、第二分数插值器658以及第二乘法器662)是可选的并且可以是非所需的。在这样的例子中,波峰检测器205可以只需要输出波峰的分数位置664以及窗口增益644。

[0129] 此外,应当注意,图6-1中所示的波峰检测器205包括波峰定标单元。具体地,乘法器638和增益发生器642可以组成用于图2-1的窗口CFR处理器220的波峰定标单元206。在这样的例子中,窗口CFR处理器220可以不包括波峰定标单元206。在其它例子中,乘法器638和增益发生器642可以被嵌入到图2-1的窗口CFR处理器220中作为波峰定标单元206。此外,在波峰检测器205被用于图5-1或5-2的PCCFR处理器的例子中,乘法器638、增益发生器642以及乘法器662可以组成用于图5-1或5-2的PCCFR处理器220的波峰定标单元206。在这样的例子中,图5-1或5-2的PCCFR处理器220可以不包括波峰定标单元206。在其它例子中,乘法器638、增益发生器642和乘法器638可以被嵌入到图5-1或5-2的PCCFR处理器220中,作为波峰定标单元206。

[0130] 图6-3和6-4示出了方法670,它可以由图6-1的波峰检测器205执行。在其它例子中,方法670可以由其它波峰检测器执行。在项目671处,该方法启动。

[0131] 插值器对输入信号(x_k)进行插值处理以产生至少一个插值信号(项目672)。在一些例子中,项目672可以由波峰检测器205中的插值器602执行。

[0132] 下一步,幅度平方单元根据至少一个插值信号生成至少一个幅度平方信号(项目673)。在一些例子中,项目673可以由波峰检测器205中的幅度平方单元608执行。

[0133] 下一步,第一延时器接着对至少一个幅度平方信号进行延时操作,以产生至少一个延时幅度平方信号(项目674)。在一些例子中,项目674可以由波峰检测器205中的第一延时器612执行。

[0134] 此外,波峰ID单元为至少一个延时幅度平方信号确定波峰位置的标识符(项目676)。在一些例子中,项目676可以通过波峰检测器205中的波峰ID单元616执行。

[0135] 第一多路复用器接着接收至少一个延时幅度平方信号,以根据至少一个延时幅度平方信号产生多个输出信号(项目678)。在一些例子中,项目678可以被波峰检测器205中的第一多路复用器620执行。

[0136] 下一步,第一差分滤波器从多路复用器接收输出信号以确定第一多项式的系数(项目680)。在一些例子中,项目680可以由波峰检测器205中的第一差分滤波器624执行。

[0137] 分数定位器接着根据第一多项式的系数和波峰位置的标识符确定波峰的分数位置(项目682)。在一些例子中,项目682可以由波峰检测器205中的分数定位器628执行。

[0138] 第一分数插值器接着根据波峰的分数位置和第一多项式的系数,确定第一多项式的波峰振幅(项目684)。在一些例子中,项目684可以被波峰检测器205中的第一分数插值器632执行。

[0139] 第一乘法器将第一多项式的波峰振幅乘以定标因数以产生第一多项式的定标后的波峰振幅(项目686)。在一些例子中,项目686可以由波峰检测器205中的第一乘法器638执行。

[0140] 接着,增益发生器根据第一多项式的定标后的波峰振幅生成窗口增益(G_k) (项目688)。在一些例子中,项目688可以由波峰检测器205中的增益发生器642执行。

[0141] 第二延时器对至少一个插值信号进行延时处理,以产生至少一个延时插值信号(项目690)。在一些例子中,项目690可以由波峰检测器205中的第二延时器646执行。

[0142] 下一步,第二多路复用器处理至少一个延时插值信号以产生多个输出信号(项目692)。在一些例子中,项目692可以由波峰检测器205中的第二多路复用器650执行。

[0143] 下一步,第二差分滤波器处理来自第二多路复用器650的输出信号以产生第二多项式的系数(项目694)。在一些例子中,项目694可以由波峰检测器205中的第二差分滤波器654执行。

[0144] 下一步,第二分数插值器接着通过使用来自分数定位器的信号和第二多项式的系数确定输出(项目696)。在一些例子中,项目696可以由波峰检测器205中的第二分数插值器658执行。

[0145] 接着,第二乘法器将来自第二分数插值器的输出乘以窗口增益(G_k)以产生波峰峰值增益(CPG)(项目698)。在一些例子中,项目698可以由第二乘法器662在波峰检测器205中执行。接着,方法670在项目699处结束。

[0146] 在一些例子中,方法670可以不包括项目690、692、694、696和698,这些项目是可选的。

[0147] 如上述例子所述,所公开的用于波峰检测的波峰检测器205和方法670通过对信号幅度执行多项式拟合(例如,二次拟合),接着提取波峰位置,限制了过采样的数量。根据多项式拟合,波峰位置被用来计算该位置处的信号的幅度,就好像该波峰是用高得多的采样率找到的那样。在一些例子中,如果需要波峰处的复数值,可以确定导数和二阶导数,并且可以把它们用于多项式拟合中。此外,在一些例子中,更高阶的多项式可以被用于拟合波峰周围更多的采样。然而,二次多项式对于多数应用,可以被认为是在复杂度和性能之间更好的折中。此外,在一些例子中,幅度平方数据可以被用于分数补偿计算中。这是因为信号幅度的检测可能需要更高采样率的情况。幅度平方数据可以被保证具有不超过输入采样带宽两倍(或其它指定的数字)的带宽,因此减小了针对给定准确率要求需要的过采样的数量。

[0148] 上述方案也考虑到更统一的设计以及CFR的优化,因为波峰检测器205可以控制CFR中要求的准确率和资源。在窗口CFR和PCCFR中,滤波级可以以接近奈奎斯特采样率完成,这样减少了波峰检测器205处理之后所需要的资源,这是因为后波峰检测器(post-peak detector)处理是对信号的接近线性运算。只有波峰检测器205要求插值或其它等同的处理。通过多相位方案中实施波峰检测器205,整个设计可以在可能的最低频率上运行,这样相比于较传统的方案,可以允许非常高带宽的信号运行。

[0149] 图7是示出了使用所公开的系统和方法得到的结果的例子图表700。这些结果使用窗口CFR处理器生成,例如参考图2-2所示的窗口CFR处理器。图表700包括多个矩形框710。每个矩形框710具有宽度N,并且代表运行最大值滤波器输出随着输入信号(x_k)振幅增大的时间关系曲线。位于各个矩形框710中心($N/2$)处的竖直波峰720代表CFR的窗口函数的中心的位置以及它的波峰振幅。平滑曲线730代表应用于输入信号(x_k)的增益校正(F_k)以防止输出信号(y_k)超过阈值(T)。连续增益校正 F_k 的应用使输出信号(y_k)保持在要求的频谱内。如图中所示,使用运行最大值滤波器主要跟踪较小的波峰,这样本来会被较大的波峰遮挡的较小波峰贡献不会被考虑。这一发现极大地简化了窗口CFR处理器的实施,从而使它成为CFR子系统中可行的最后级。在最后级中包括窗口CFR处理器的系统的例子将在后面参考图8描述。

[0150] 此外,如图7所示,曲线730(其为在线性滤波器前使用运行最大值滤波器创建的信号)很好地包裹了波峰,并且是有限频带的。这样,在线性滤波器前使用运行最大值滤波器被发现是非常简单而有效的用于创建窗口CFR增益轮廓(由曲线730表示)的技术。其它技术也可以被用于创建包裹所有出现的波峰的有限频带信号,但它们更加复杂,导致低性能,和/或可能无法创建包裹所有波峰的信号。

[0151] 应当注意,使用窗口CFR的一个优点在于,它防止了在检测中遗漏波峰,还防止了在输出中出现新的波峰。使用窗口CFR的一个缺点在于性能(可以通过诸如误差矢量幅度(EVM)对PAR的指标测量)可能不如PCCFR方法好。然而,混合使用PCCFR和窗口CFR提供了复杂度与性能之间很好的折中。如果PCCFR以好的EVM消除了多数波峰,接着窗口CFR可以被用来“清理”剩下的波峰。如果剩下的波峰很少,使用窗口CFR带来的退化与使用更多阶段的PCCFR相比非常小。因此,在一些例子中,窗口CFR可以用作一个或多个PCCFR阶段之后的后续处理。然而,在其它例子中,窗口CFR可以在一个或多个PCCFR级之前使用,或者可以在没

有任何PCCFR级的情况下单独使用。

[0152] 在一些例子中,可能需要使用窗口CFR和波峰消除峰值因数抑制(PCCFR)的组合。图8示出了包括窗口CFR和PCCFR的组的系统。如图所示,该系统具有第一PCCFR模块910、第二PCCFR模块912和窗口CFR模块914。在一些例子中,第一PCCFR模块910和/或第二PCCFR模块912可以使用图5-1或5-2的PCCFR处理器实施。此外,在一些例子中,窗口CFR模块914可以使用图2-2的窗口CFR处理器实施。第一PCCFR模块910被配置为接收输入信号,并且通过执行第一PCCFR处理输入信号,得到第一PCCFR输出。在一些例子中,第一PCCFR输出包括输入信号但其中第一组的一个或多个波峰已被移除。第二PCCFR模块912被配置为通过执行第二PCCFR处理第一PCCFR输出,得到第二PCCFR输出。在一些例子中,第二PCCFR输出包括输入信号,但其中第二组一个或多个波峰已被移除。窗口CFR模块914被配置为接收第二PCCFR输出并执行窗口CFR以得到CFR输出。在一些例子中,CFR输出包括输入信号,但其中一个或多个额外波峰已被移除(在第一和第二组波峰已经被第一PCCFR模块910和第二PCCFR模块912移除之后)。在示出的附图中,有两个PCCFR模块912、914用于执行两级PCCFR。在其它例子中,只有一个PCCFR模块用于执行只有一级的PCCFR。在进一步的例子中,可能由超过两个PCCFR模块用于执行超过两个单级的PCCFR。在其它例子中,PCCFR模块可以被用于执行多级的PCCFR。

[0153] 图8的系统相比于单独使用PCCFR和单独使用窗口CFR是有优势的。当单独使用PCCFR时,PCCFR具有EVM对PAR好于窗口CFR的优势。然而,PCCFR由于缺乏CPG资源而导致一些波峰可能被遗漏,以及PCCFR中涉及的消除脉冲可能为输出引入新的波峰的问题。因此,当使用PCCFR时,可能需要多次传递以移除信号中的所有波峰。这种对数据的再处理引入了额外的延时,这可能会反过来降低基站的性能。如果延迟比较大,那么到达智能手机的控制信息会被延时,使得系统对数据流变化的反应敏感性降低。这个效应降低了手机可以支持的波峰数据率,并且如果延迟过大可能造成其它不利的影晌。当应用PCCFR时,可以使用4级的处理来从信号移除所有的波峰,它引入的延时是一整个阶段的延时的4倍。另一方面,当窗口CFR被单独使用时,它具有在其运行中不会遗漏任何波峰的优势。窗口CFR的缺陷在于,它因为一些波峰可能被过度消除而具有更高的EVM对PAR性能。PCCFR和WCFR的组合从两种方法的优点中都能获益。

[0154] 在图8的系统中,当输入信号首先被一个或多个PCCFR级处理时,输入信号中的多数波峰可以被移除或降到较低的水平。那么,如果窗口CFR被用于移除剩余的少量波峰,那么窗口CFR引入的增加的EVM相比于PCCFR单独使用的情况会非常低,因为多数波峰已经被PCCFR级移除了。在一些例子中,只有一个PCCFR级和一个窗口CFR级被使用。通过PCCFR和WCFR得到的延时是类似的,但性能与4级PCCFR接近。因此,这样的组合使用一半的处理和延时(相比于PCCFR单独使用的情况)实现了可接受的性能,这样减少了系统的成本。

[0155] 以上所述的方法(例如,方法250、670)指出某些事件以某种顺序发生。在其它例子中,这些方法中的事件的顺序可能不相同。额外地,方法中的部分可以在可能的情况下以平行的过程同时执行,或者可以按顺序执行。此外,方法的更多部分或者更少部分可以被执行。

[0156] 在上述实施例中,波峰检测器205和用于波峰检测的方法670是参考窗口CFR描述的。然而,在其它例子中,波峰检测器205和用于波峰检测的方法670可以被应用于其它领域

中。例如,在其它例子中,波峰检测器205和用于波峰检测的方法670可以被用在图像处理中。在一些例子中,波峰检测器205和方法670可以被用于图像处理,以在旋转之前、缩放之前或其它图像处理操作之前,建立用于图像缩放的真实图像波峰(true image peak),从而确保图像中的像素值不会溢出任何线性变换处理。在其它例子中,波峰检测器205和方法670可以被用于图像处理中的对比度增强、伽马校正和/或其它非线性处理。在进一步的例子中,波峰检测器205和用于波峰检测的方法670可以用于自动增益控制。例如,在一些例子中,波峰检测器205和方法670可以被用于为自动增益控制检测波峰信号水平,以将信号置于数字处理或无线电或雷达类应用中的模拟电路的处理所需的合适范围中。此外,在其它例子中,波峰检测器205和用于波峰检测的方法670还可以在任何种类的检测器中实施,如,均方根(RMS)检测器、对数检测器等中。在一些例子中,来自波峰检测器205的输出可以与RMS检测器用于测量信号的PAR。此外,在一些例子中,波峰检测器205可以被用于实施AM检测器的数字版本。在其它例子中,波峰检测器205可以被用于实施数字对数检测器的等同版本。

[0157] 尽管特定的实施例已经被示出并描述,应当理解它们并非旨在限制主张的发明。因此,本说明书和附图应被视为是说明性的而非限制性的。主张的发明应当包括替代、修改和等同。

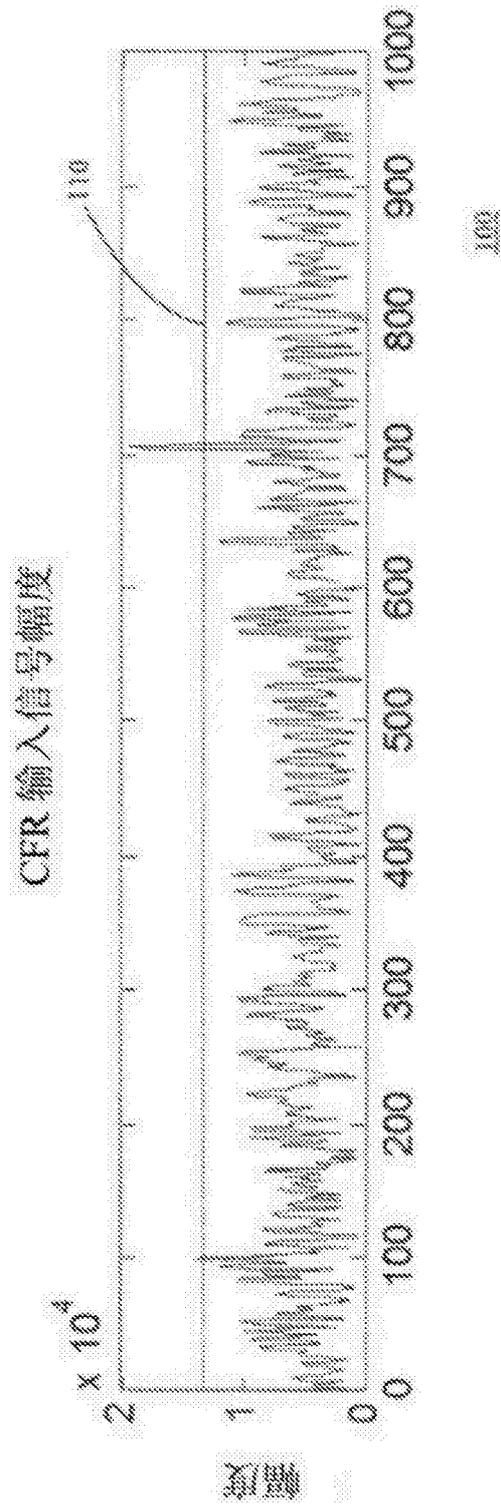
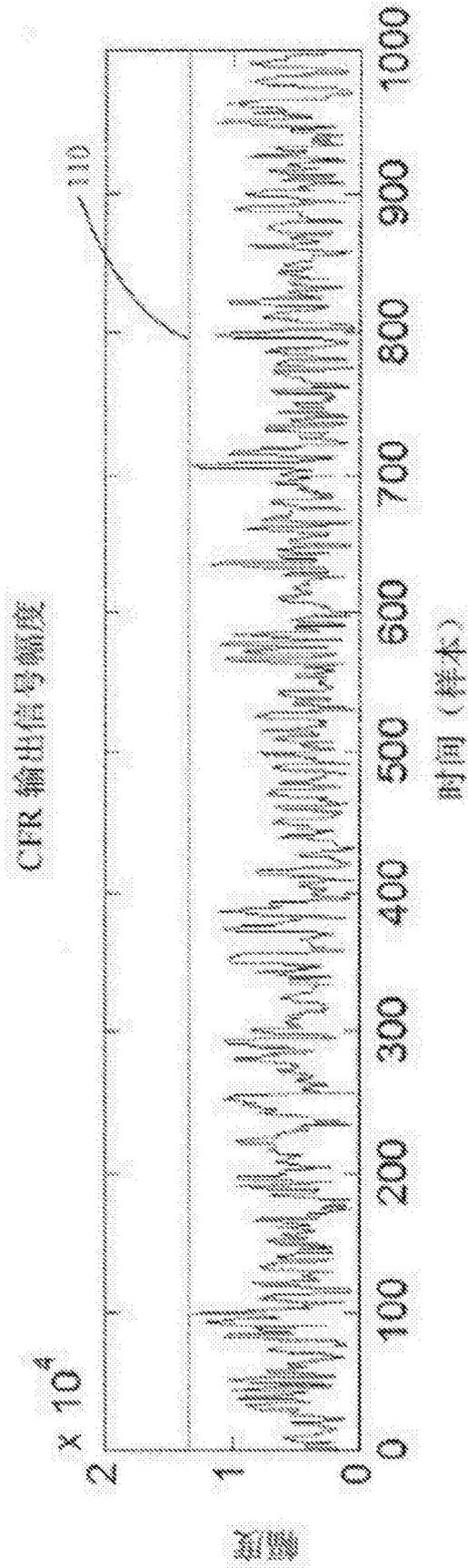


图1-1



图1-2



130

图1-3

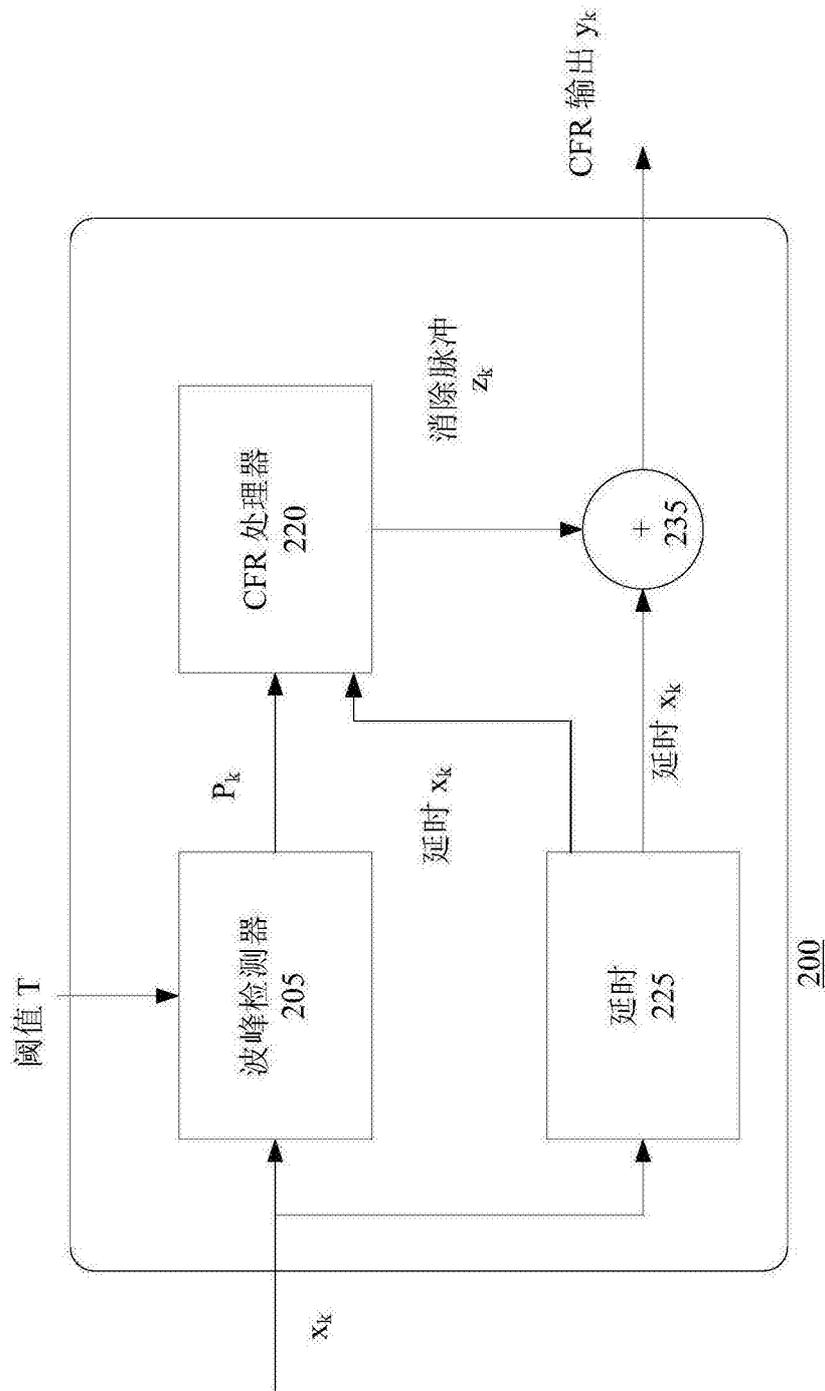


图2-1

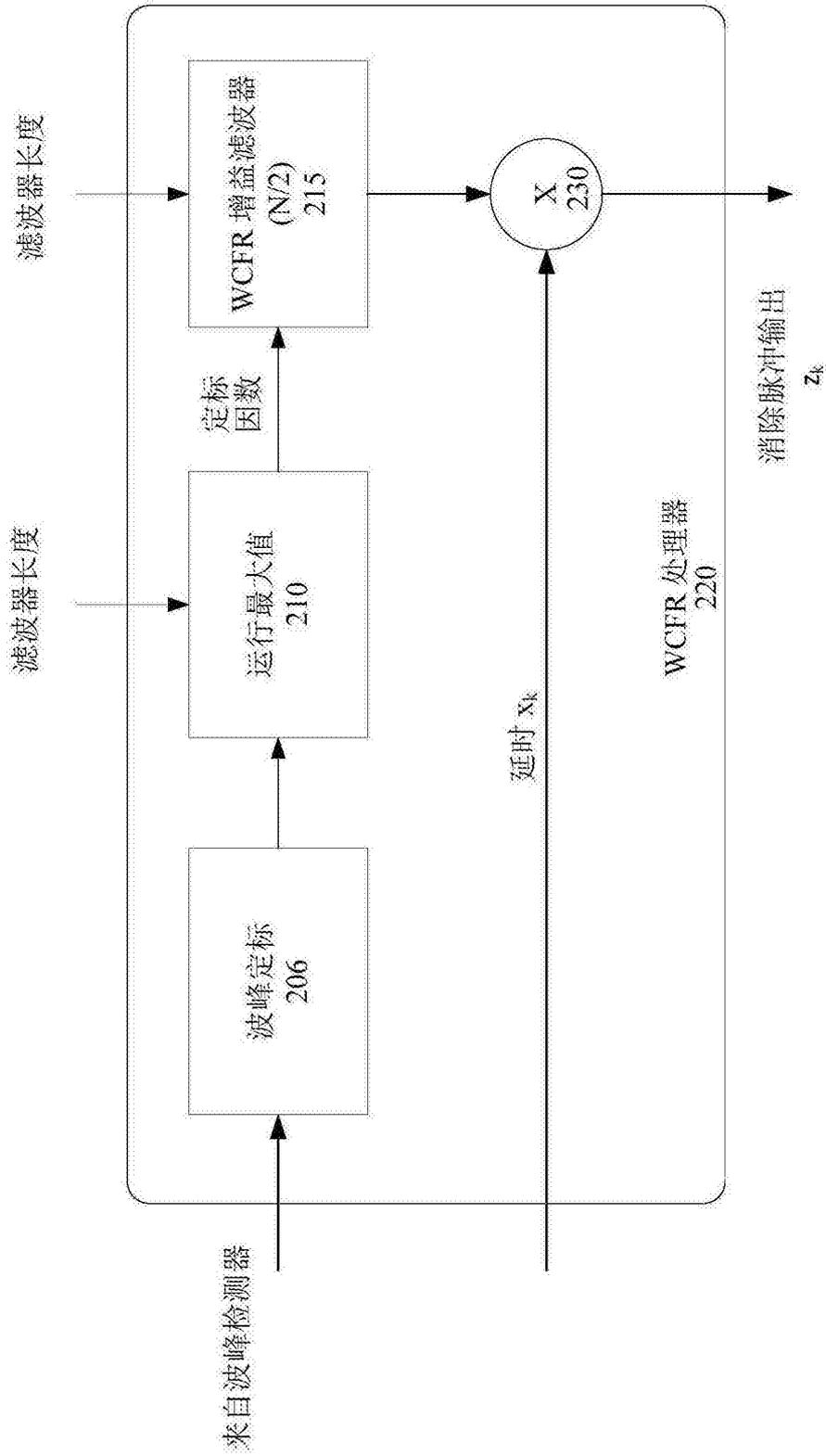


图2-2

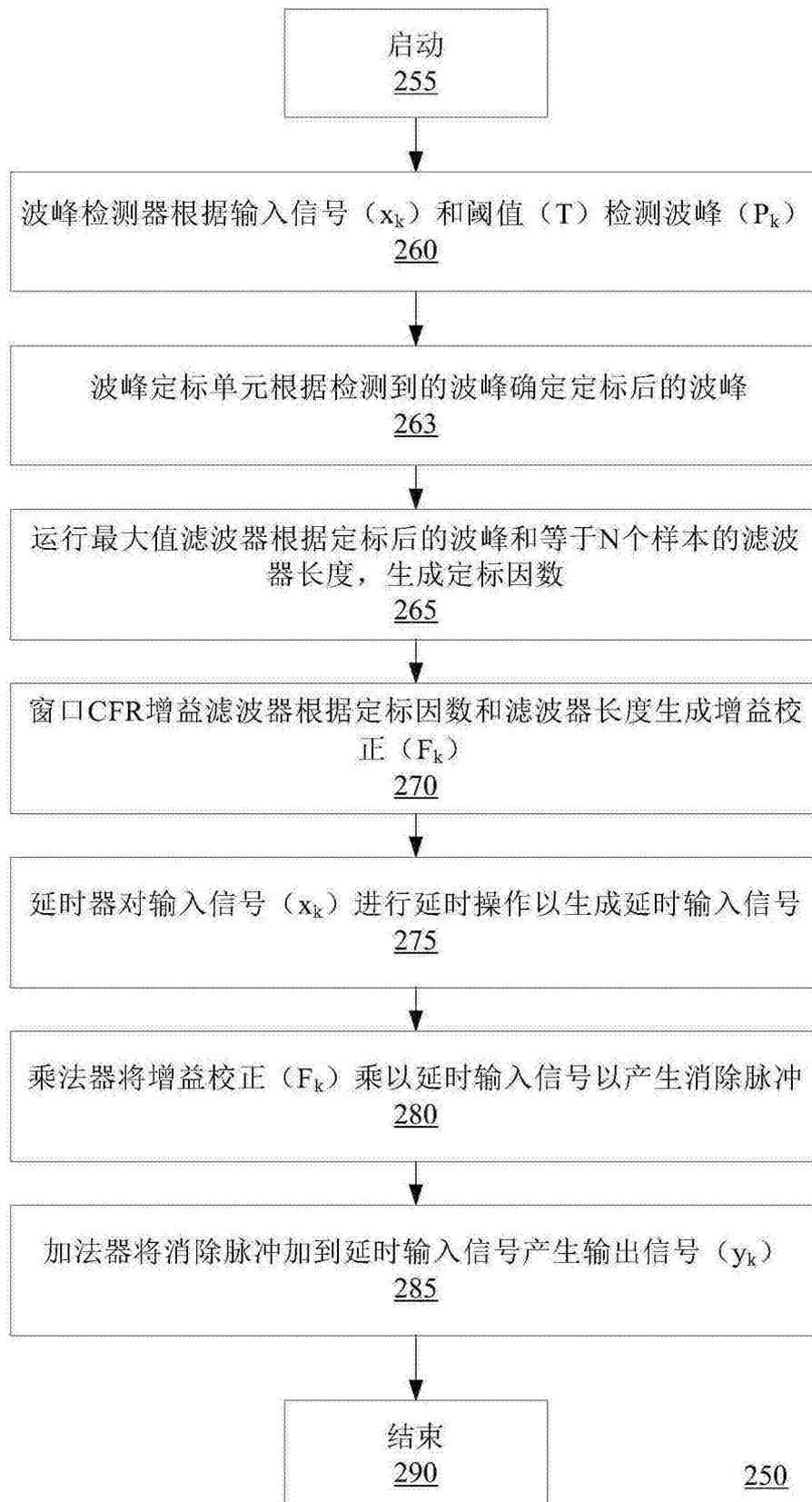


图2-3

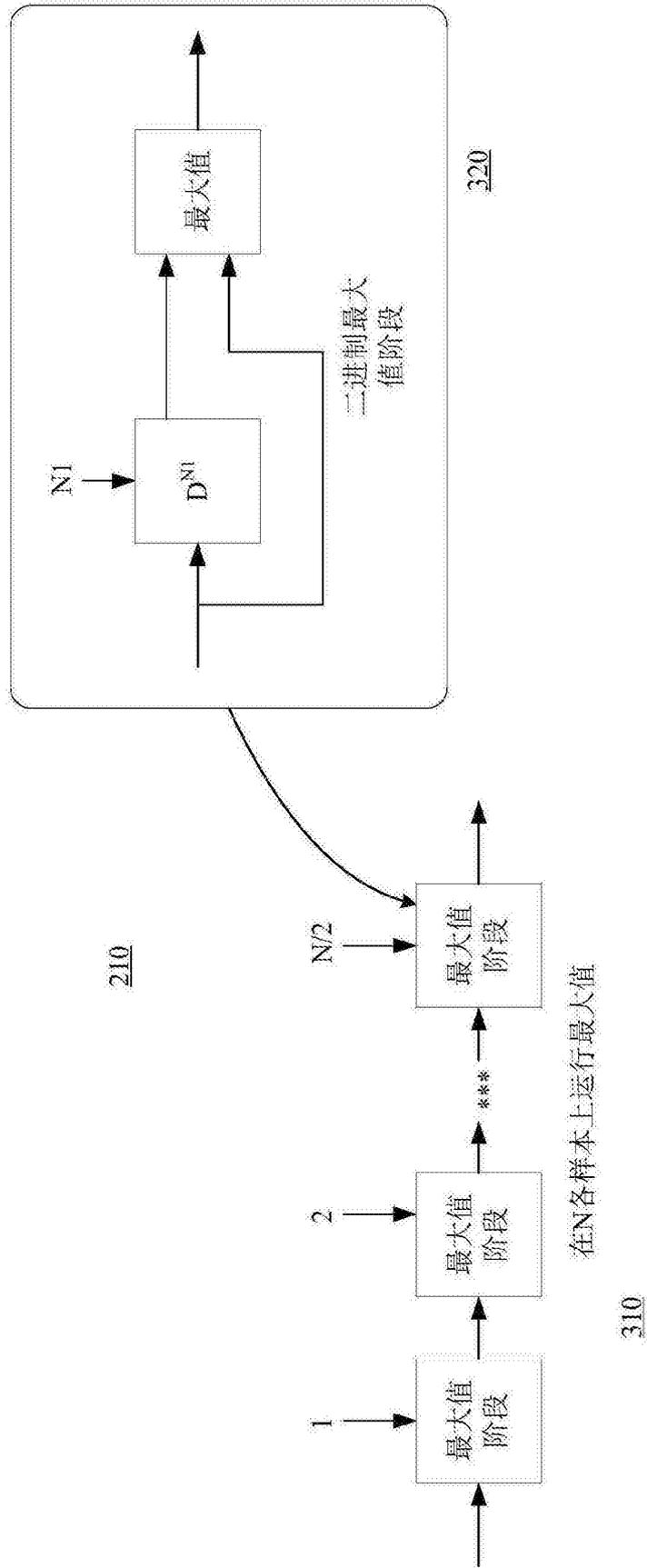


图3

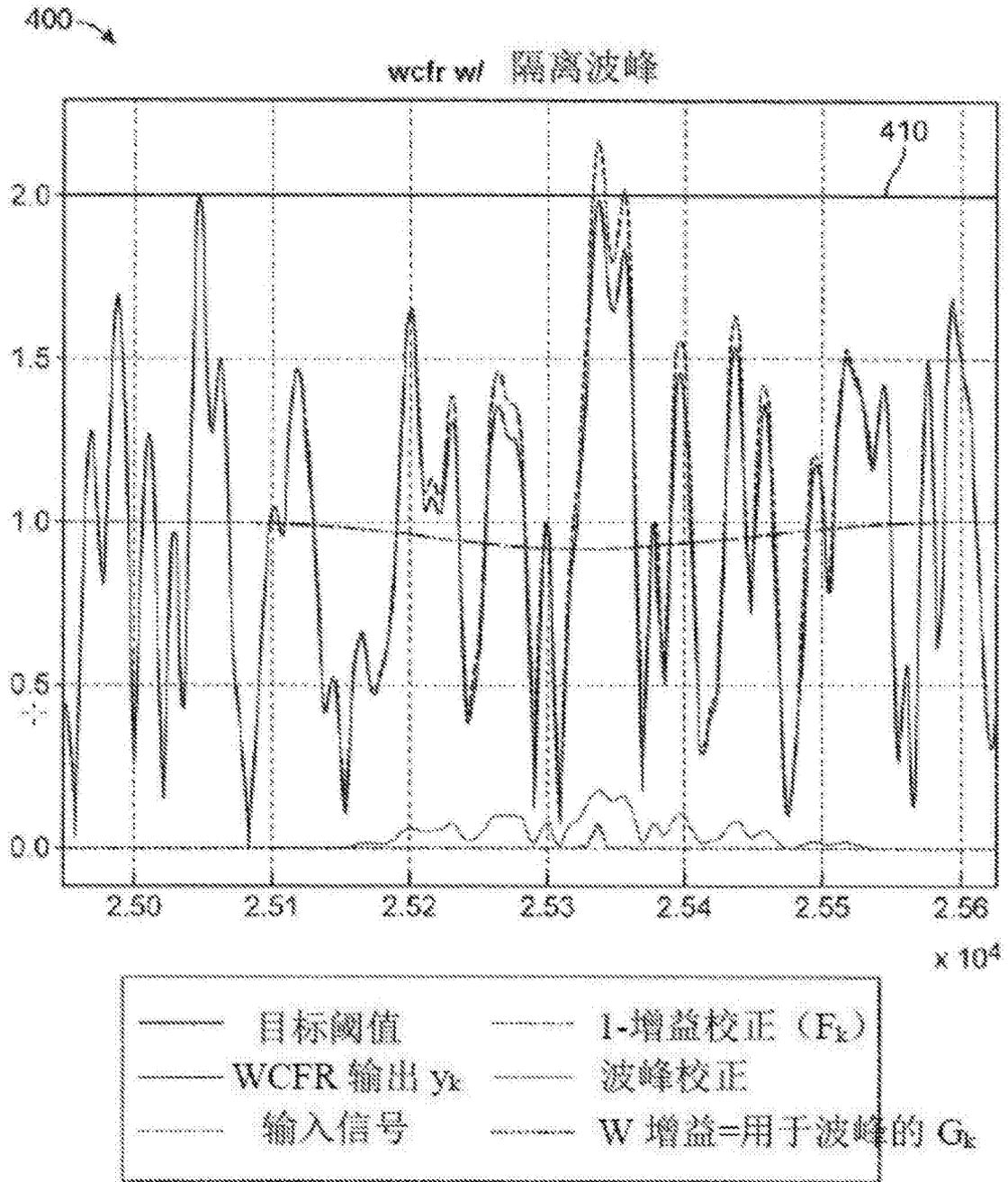


图4-1

$$\left. \begin{aligned} G_k &= 1 - 1/\sqrt{A/T^2} \\ F_k &= G_k * W \\ Y_k &= x_k - F_k * x_k \end{aligned} \right\} \text{波峰校正}$$

图4-2

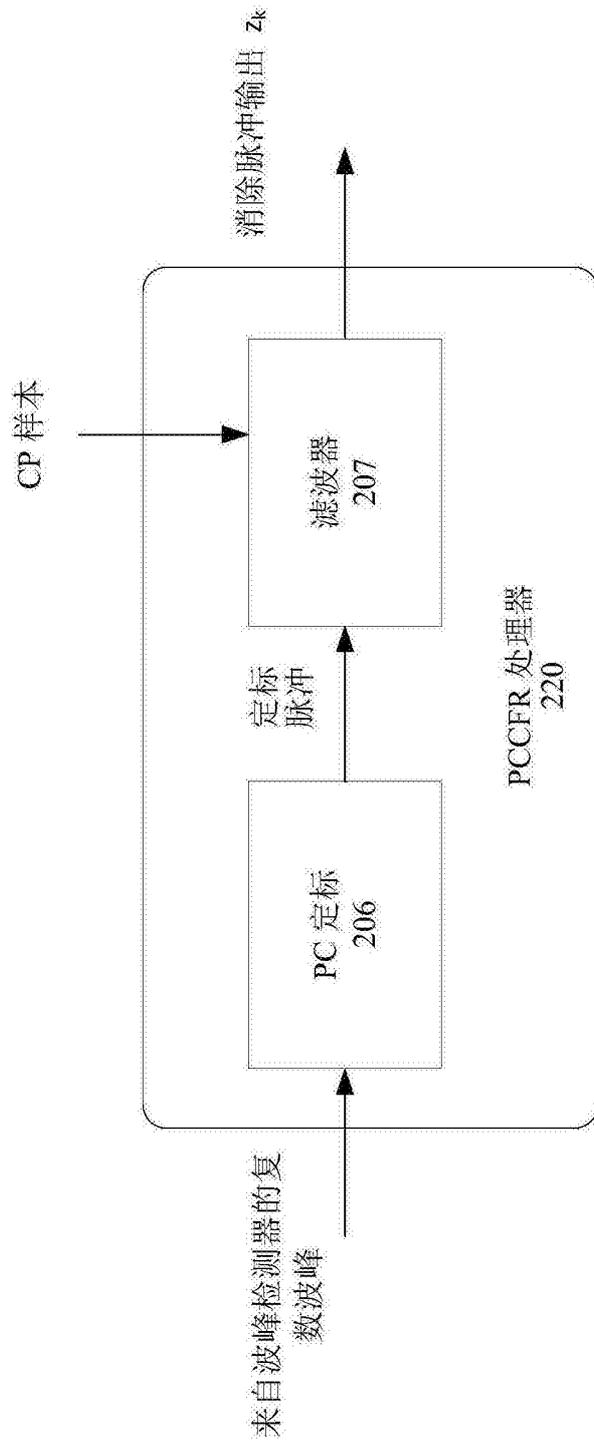


图5-1

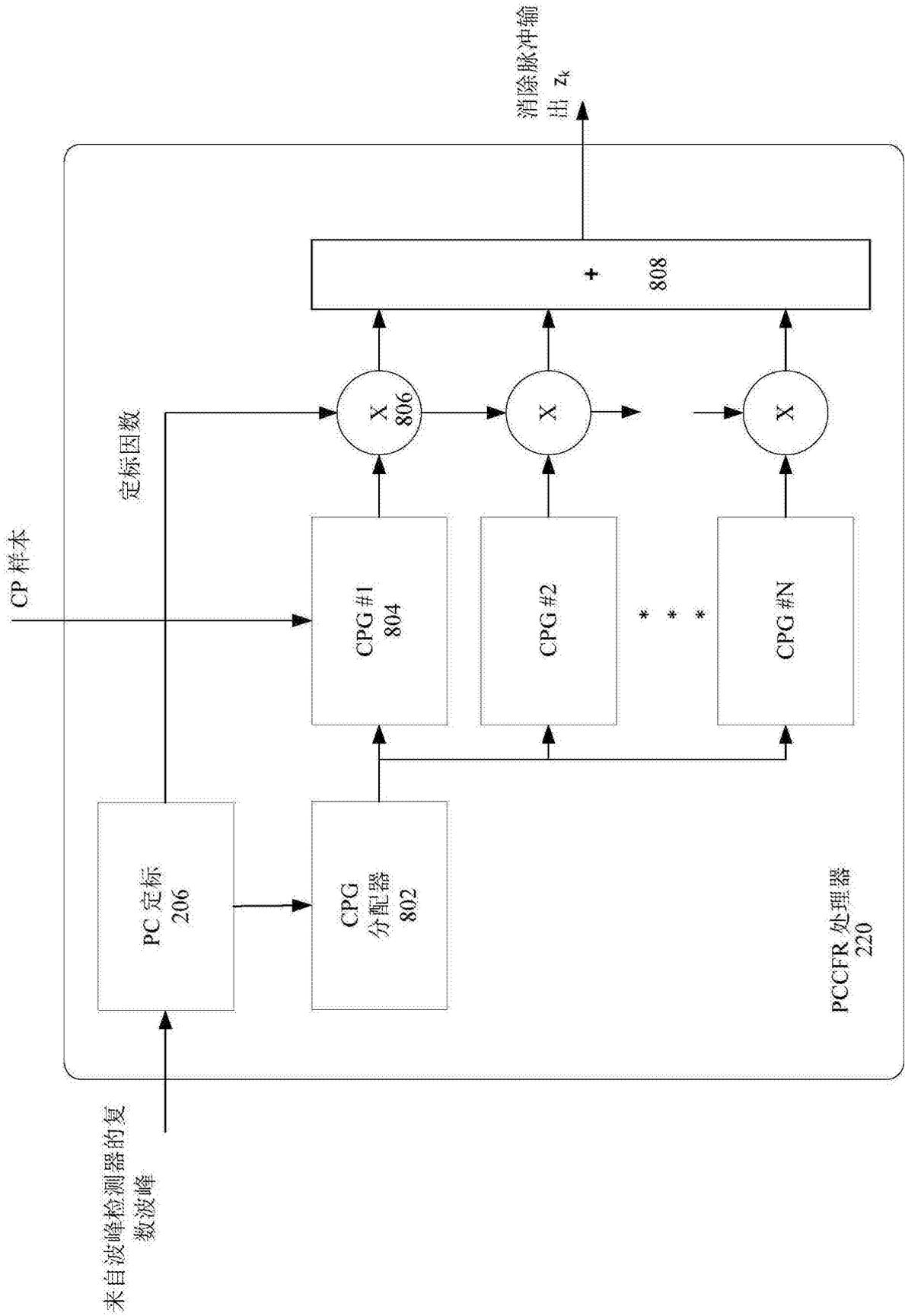


图5-2

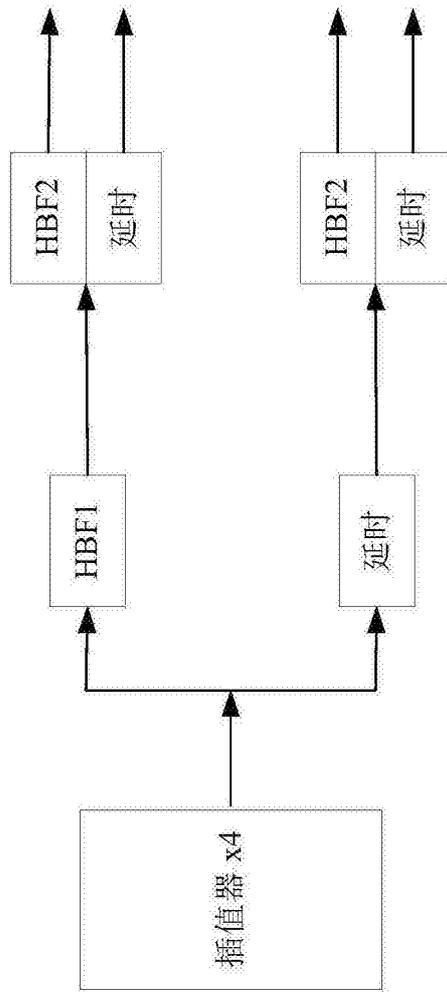


图6-2

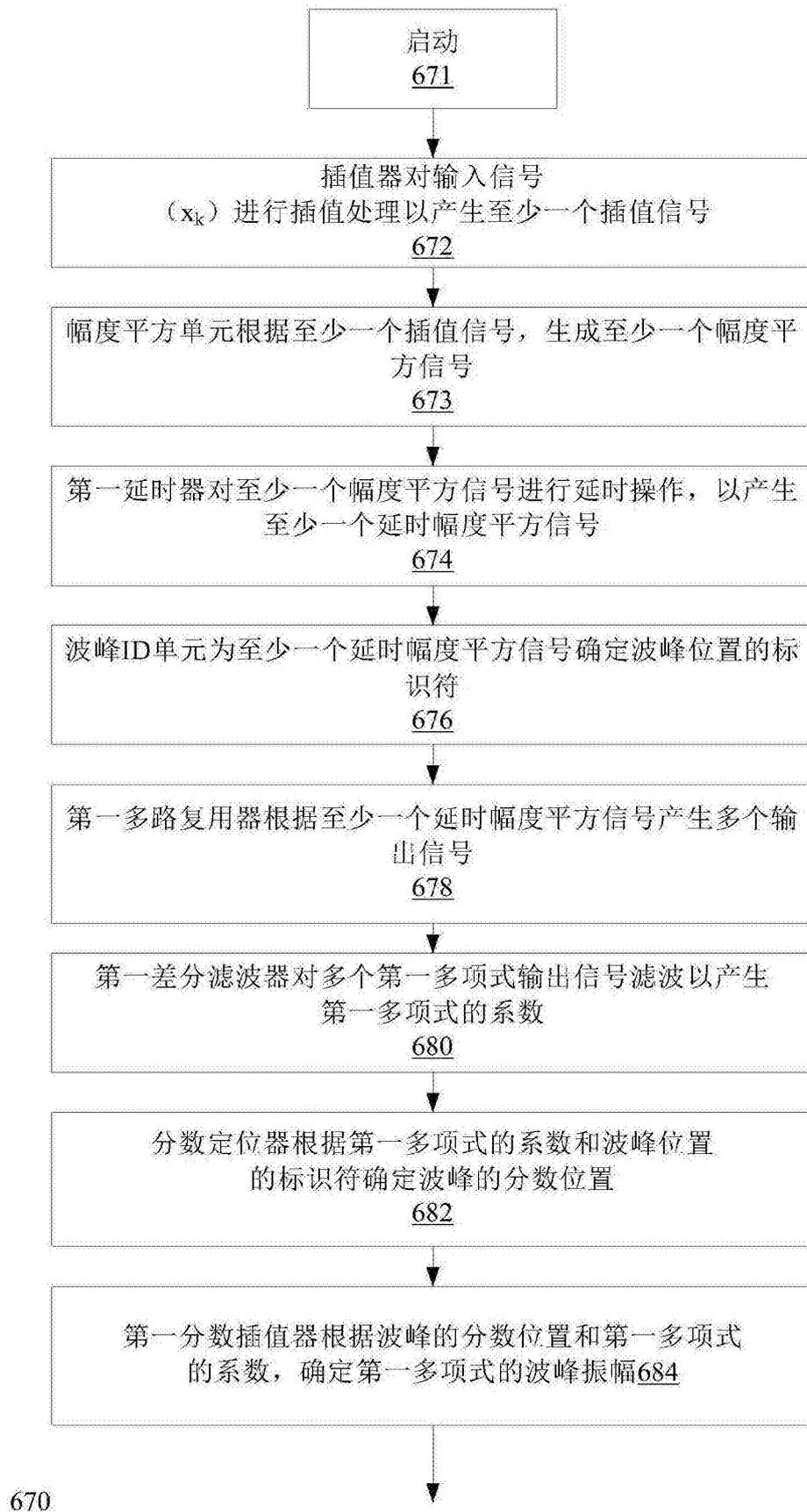


图6-3

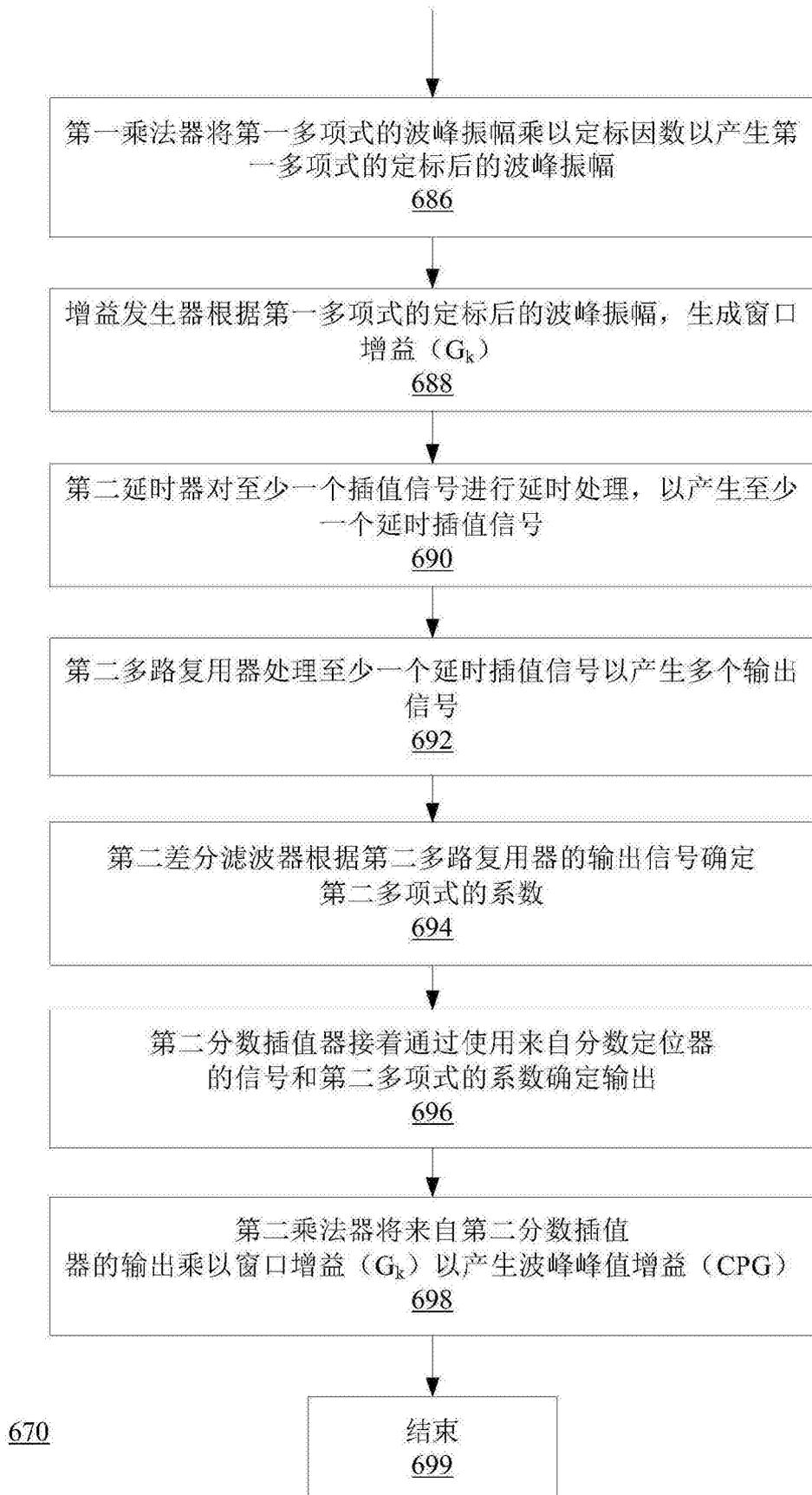


图6-4

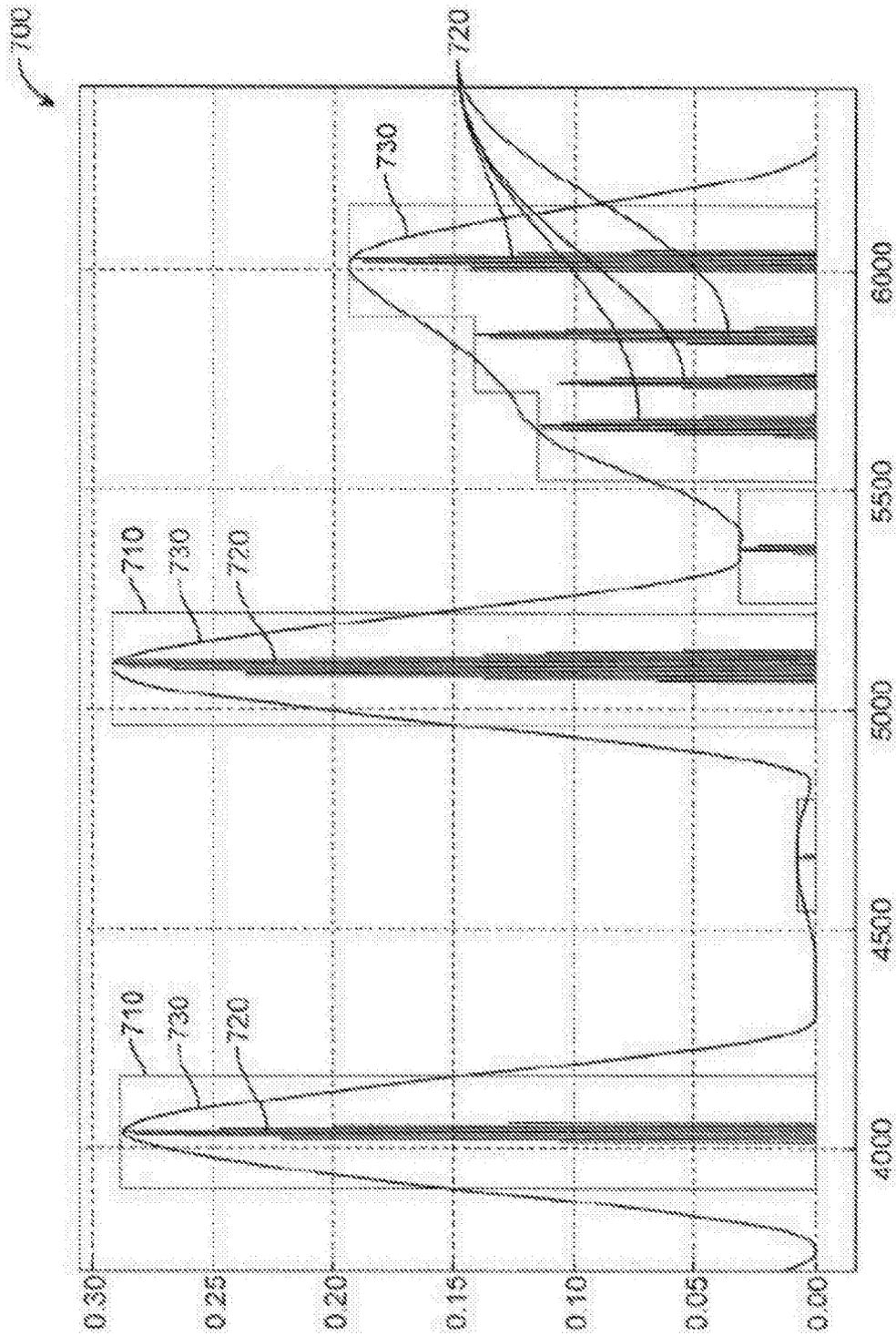


图7

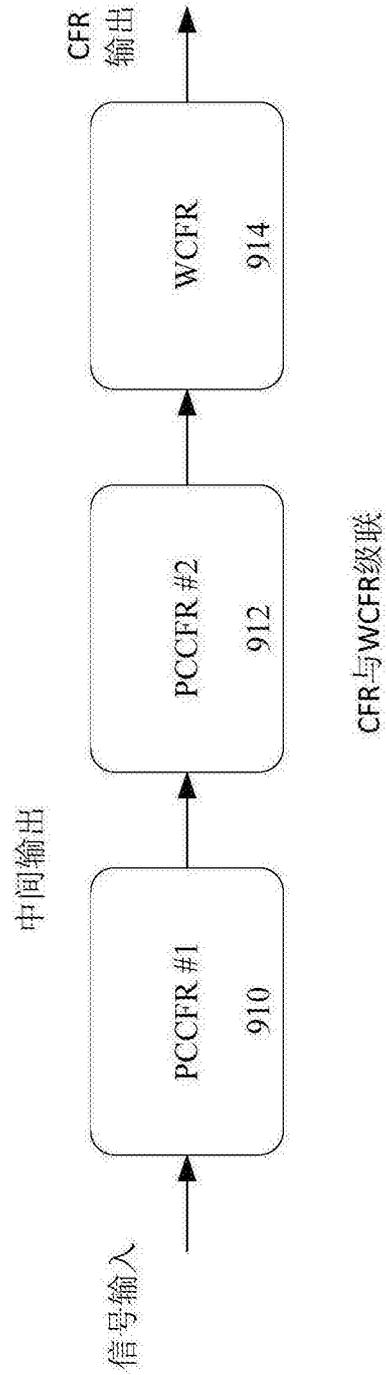


图8