



(45)授权公告日 2018.07.10

审查员 张凡

Fig. 1 is a block diagram of a radio communication system. The system includes a transmitting side (Tx) and a receiving side (Rx). The Tx side consists of a power amplifier (PA) 330, a coupler 317, a filter 340, and a duplexer 360. The Rx side consists of a duplexer 360, a low noise amplifier (LNA) 314, a filter 340, and a mixer 316. A local oscillator (LO) 312 is connected to the mixers 314 and 316. The system is connected to an antenna 315. The Tx signal path is labeled TxN, Tx, TxL, and TxR. The Rx signal path is labeled RxL and RxR. The system is also connected to a power source 300.

1. 一种收发机,包括:

发射机;

接收机;以及

多抽头模拟自适应滤波器,其耦合至所述发射机和所述接收机中的每一者并被配置成基于来自所述发射机的发射信号的至少一部分和来自所述接收机的误差信号来生成估计的发射漏泄信号,并且将所估计的发射漏泄信号传达给连接到所述接收机的输入的耦合器,其中所述多抽头模拟自适应滤波器利用多个抽头来在多个频率处进行采样。

2. 如权利要求1所述的收发机,其特征在于,所述多抽头模拟自适应滤波器包括:

多个最小均方(LMS)算法单元,其被配置成响应于接收到所述发射信号的所述至少一部分和所述误差信号而生成多个系数。

3. 如权利要求2所述的收发机,其特征在于,所述多个LMS算法单元包括:

第一LMS算法单元,其被配置成响应于接收到所述发射信号的所述至少一部分和所述误差信号而生成所述多个系数中的第一系数;以及

第二LMS算法单元,其被配置成响应于接收到所述发射信号的所述至少一部分和所述误差信号而生成所述多个系数中的第二系数。

4. 如权利要求1所述的收发机,其特征在于,还包括用于对所述估计的发射漏泄信号和包括发射信号漏泄的复合信号求和的耦合器。

5. 如权利要求1所述的收发机,其特征在于,所述多抽头模拟自适应滤波器被耦合到所述接收机的低噪声放大器的输出和所述发射机的功率放大器的输出。

6. 如权利要求1所述的收发机,其特征在于,所述发射信号的所述至少一部分包括所述发射信号的三次谐波。

7. 如权利要求1所述的收发机,其特征在于,进一步包括耦合在所述发射机的功率放大器的输出与所述多抽头模拟自适应滤波器的输入之间并被配置为宽带耦合器和频率选择性滤波器之一的耦合器。

8. 如权利要求7所述的收发机,其特征在于,所述耦合器被配置为用于将所述发射信号的谐波传达至所述多抽头模拟自适应滤波器的频率选择性滤波器。

9. 如权利要求1所述的收发机,其特征在于,所述多抽头模拟自适应滤波器包括:

用于将所述误差信号与所述发射信号的所述至少一部分相乘的第一乘法器;

用于将所述误差信号与所述发射信号的所述至少一部分的经时间延迟的版本相乘的第二乘法器;

用于接收所述第一乘法器的输出并生成第一系数的第一积分器;以及

用于接收所述第二乘法器的输出并生成第二系数的第二积分器。

10. 如权利要求9所述的收发机,其特征在于,进一步包括:

用于将所述第一系数与所述发射信号的所述至少一部分相乘的第三乘法器;

用于将所述第二系数与所述发射信号的所述至少一部分的所述经时间延迟的版本相乘的第四乘法器;以及

用于将所述第三乘法器的输出与所述第四乘法器的输出相加的加法器。

11. 一种多抽头模拟自适应滤波器,包括:

用于接收来自接收机的误差信号并基于来自所述接收机的所述误差信号来生成第一

权重的第一单元；

用于接收来自所述接收机的所述误差信号并基于来自所述接收机的所述误差信号来生成第二权重的第二单元；

滤波器，其被配置成基于发射信号的谐波、所述谐波的经时间延迟版本、所述第一权重、和所述第二权重生成发射信号漏泄估计；以及

用于将所述发射信号漏泄估计与包括发射信号漏泄的复合信号相加的耦合器，其中所述多抽头模拟自适应滤波器利用多个抽头来在多个频率处进行采样。

12. 如权利要求11所述的多抽头模拟自适应滤波器，其特征在于，所述第一单元包括：

用于接收所述谐波的正交分路器；

用于接收所述误差信号以及所述正交分路器的输出的乘法器；以及

用于接收所述乘法器的输出并传达所述第一权重的低通滤波器。

13. 如权利要求11所述的多抽头模拟自适应滤波器，其特征在于，所述第二单元包括：

用于接收所述谐波的所述经时间延迟版本的正交分路器；

用于接收所述误差信号以及所述正交分路器的输出的乘法器；以及

用于接收所述乘法器的输出并传达所述第二权重的低通滤波器。

14. 如权利要求11所述的多抽头模拟自适应滤波器，其特征在于，所述滤波器包括：

第一路径，所述第一路径包括用于接收所述谐波的第一正交分路器、用于将所述第一正交分路器的输出与所述第一权重相乘的第一乘法器、以及用于将所述第一乘法器的同相和正交信号相组合的第一加法器；

第二路径，所述第二路径包括用于接收所述谐波的经时间延迟的版本的第二正交分路器、用于将所述第二正交分路器的输出和所述第二权重相乘的第二乘法器、以及用于将所述第二乘法器的同相和正交信号相组合的第二加法器；以及

用于将所述第一加法器的输出与所述第二加法器的输出相组合的加法器。

15. 一种收发机，包括：

多个发射机；

至少一个接收机；以及

多抽头模拟自适应滤波器，其被耦合到所述至少一个接收机中的一接收机并被配置成用于选择性地耦合到所述多个发射机中的一发射机，所述多抽头模拟自适应滤波器被配置成基于来自选择性地耦合到所述多抽头模拟自适应滤波器的该发射机的发射信号的至少一部分以及来自接收机的误差信号来生成估计的发射漏泄信号，并且将所估计的发射漏泄信号传达给连接到所述接收机的输入的耦合器，其中所述多抽头模拟自适应滤波器利用多个抽头来在多个频率处进行采样。

16. 如权利要求15所述的收发机，其特征在于，所述接收机用于经由第一天线接收信号，且选择性地耦合到所述多抽头模拟自适应滤波器的该发射机被配置成经由所述第一天线发射信号或经由不同的第二天线发射信号。

17. 如权利要求15所述的收发机，其特征在于，进一步包括另一多抽头模拟自适应滤波器，所述另一多抽头模拟自适应滤波器被耦合到所述至少一个接收机中的另一接收机并被配置成用于选择性地耦合到所述多个发射机中的另一发射机，所述另一多抽头模拟自适应滤波器被配置成基于来自被选择性地耦合到所述另一多抽头模拟自适应滤波器的该另一

发射机的另一发射信号的至少一部分以及来自该另一接收机的另一接收信号来生成另一估计的发射漏泄信号。

18. 一种方法, 包括:

使用基于发射信号的至少一部分和包括接收信号的误差信号的多个权重来生成估计的发射漏泄信号, 所述误差信号来自接收机, 其中所述多个权重对应于用于在多个频率处进行采样的多个抽头;

从包括所述接收信号的复合信号减去所述估计的发射漏泄以产生结果所得的信号; 以及

将所述结果所得的信号传达给所述接收机的输入。

19. 如权利要求18所述的方法, 其特征在于, 使用多个权重来生成估计的发射漏泄信号包括用多抽头最小均方(LMS)模拟自适应滤波器来生成所述估计的发射漏泄信号。

20. 如权利要求18所述的方法, 其特征在于, 使用多个权重来生成估计的发射漏泄信号包括:

基于所述发射信号的所述至少一部分和所述误差信号来生成所述多个权重中的第一权重; 以及

基于所述发射信号的所述至少一部分的经时间延迟的版本和所述误差信号来生成所述多个权重中的第二权重。

21. 如权利要求18所述的方法, 其特征在于, 从所述复合信号减去所述估计的发射漏泄包括在用接收机的低噪声放大器放大所述复合信号之前从所述复合信号中减去所述估计的发射漏泄。

22. 一种方法, 包括:

基于来自发射机的发射信号的至少一部分和来自接收机的误差信号经由多抽头模拟自适应滤波器来生成估计的发射漏泄信号, 其中所述多抽头模拟自适应滤波器利用多个抽头来在多个频率处进行采样;

从包括接收信号和发射漏泄信号的复合信号减去所述估计的发射漏泄信号以产生结果所得的信号; 以及

将所述结果所得的信号传达给所述接收机的输入。

23. 如权利要求22所述的方法, 其特征在于, 所述生成包括:

将包括所述接收信号的所述误差信号与发射信号的谐波相乘以生成第一信号;

将所述第一信号积分以生成第一系数;

将所述误差信号与所述谐波的经时间延迟的版本相乘以生成第二信号;

将所述第二信号积分以生成第二系数;

将所述第一系数与所述谐波相乘以生成第三信号;

将所述第二系数与所述谐波的所述经时间延迟的版本相乘以生成第四信号; 以及

将所述第三信号与所述第四信号相加。

24. 如权利要求22所述的方法, 其特征在于, 所述生成包括:

将包括所述接收信号的所述误差信号与发射信号的谐波相乘以生成第一信号;

对所述第一信号滤波以生成第一系数;

将所述误差信号与所述谐波的经时间延迟的版本相乘以生成第二信号;

对所述第二信号滤波以生成第二系数；

将所述第一系数与所述谐波相乘以生成第三信号；

将所述第二系数与所述谐波的所述经时间延迟的版本相乘以生成第四信号；以及

将所述第三信号与所述第四信号相加。

25. 如权利要求22所述的方法，其特征在于，经由多抽头模拟自适应滤波器生成估计的发射漏泄信号包括在射频和基带之一处经由所述多抽头模拟自适应滤波器来生成所述估计的发射漏泄信号。

26. 一种设备，包括：

用于基于来自发射机的发射信号的至少一部分和来自接收机的误差信号经由多抽头模拟自适应滤波器来生成估计的发射漏泄信号的装置；以及

用于从包括接收信号和发射信号漏泄的复合信号中减去所述估计的发射漏泄以产生结果所得的信号的装置，所述用于减去的装置被配置成将所述结果所得的信号传达给所述接收机的输入，其中所述多抽头模拟自适应滤波器利用多个抽头来在多个频率处进行采样。

用于发射信号漏泄消去的多抽头自适应滤波器

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2013年3月1日提交的题为“MULTI-TAP ADAPTIVE FILTER FOR TRANSMIT SIGNAL LEAKAGE CANCELLATION (用于发射信号漏泄消去的多抽头自适应滤波器)”的美国非临时申请S/N.13/782,366的优先权,其通过援引全部明确纳入于此。

[0003] 背景

[0004] 领域

[0005] 本发明一般涉及发射信号漏泄。更具体而言,本发明涉及用于缓解无线全双工通信系统中发射信号漏泄的影响的系统、设备和方法。

背景技术

[0006] 无线全双工通信系统中的无线设备可同时传送和接收数据以用于双向通信。一种此类全双工系统是码分多址(CDMA)系统。在发射路径上,无线设备内的发射机可将数据调制到射频(RF)载波信号上以生成RF经调制信号并放大该RF经调制信号以获得具有适当信号电平的发信号。该发信号可经由双工器来路由并从天线向一个或多个基站发射。在接收路径上,无线设备内的接收机可经由天线和双工器获得收到信号并将收到信号放大、滤波以及下变频以获得基带信号,这些基带信号被进一步处理以恢复(诸)基站所传送的数据。

[0007] 对于全双工无线设备,接收机内的RF电路系统经常经受来自发射机的干扰。例如,发信号的一部分通常从双工器漏泄到接收机,而所漏泄的信号(其通常被称为“发射漏泄”信号或“发信号漏泄”)可导致对收到信号内的期望信号的干扰。因为发信号和期望信号通常驻留在两个不同的频带中,所以TX漏泄信号一般能被过滤掉。然而,在大的发信号功率电平情况下并且使用实用的小尺寸RF滤波器,残留的发射漏泄信号可能呈现在接收机处。此外,任何发射漏泄信号可与“扰乱(jammer)”(其为在频率上接近期望信号的大振幅不期望信号)交互而产生“交叉调制”失真分量。落入期望信号的信号频带内且没有被过滤掉的失真分量扮演着可能使性能降级的附加噪声。

[0008] 存在对于缓解发射信号漏泄的影响的需要。更具体而言,存在对于用于缓解无线全双工通信系统中的发射信号漏泄的影响的系统、设备和方法的需要。

[0009] 附图简述

[0010] 图1是无线设备的RF部分的框图。

[0011] 图2解说了包括单抽头自适应滤波器的收发机。

[0012] 图3是描绘单抽头自适应滤波器的响应的标绘。

[0013] 图4是解说收发机的群延迟相对于工作频率的标绘。

[0014] 图5(a)是解说包括单抽头自适应滤波器的收发机的测得发射漏泄信号和重构的发射漏泄信号的标绘。

[0015] 图5(b)是解说在单抽头自适应滤波器内的发射信号漏泄消去之后的残留信号的标绘。

[0016] 图6是根据本发明的示例性实施例的包括多抽头自适应滤波器的收发机的框图。

[0017] 图7(a)-7(c)是根据本发明的示例性实施例的解说与耦合器的操作有关的各种信号的标绘。

[0018] 图8是根据本发明的示例性实施例的包括双抽头模拟自适应滤波器的收发机的更详细的解说。

[0019] 图9是根据本发明的示例性实施例的包括多抽头模拟自适应滤波器的另一收发机的解说。

[0020] 图10是解说使用单抽头自适应LMS滤波器的发射信号漏泄消去结果的标绘。

[0021] 图11是解说使用多抽头自适应LMS滤波器的发射信号漏泄消去结果的标绘。

[0022] 图12解说了根据本发明的示例性实施例的包括多个发射机和多抽头模拟自适应滤波器的另一收发机。

[0023] 图13解说了根据本发明的示例性实施例的包括多个发射机和接收机以及多个多抽头模拟自适应滤波器的另一收发机。

[0024] 图14解说了根据本发明的示例性实施例的包括多个发射机、接收机、和天线、以及多个多抽头模拟自适应滤波器的又一收发机。

[0025] 图15是根据本发明的示例性实施例的包括在基带处的多抽头模拟自适应滤波器的收发机的解说。

[0026] 图16是解说根据本发明的示例性实施例的方法的流程图。

[0027] 图17是解说根据本发明的示例性实施例的另一方法的流程图。

[0028] 详细描述

[0029] 以下结合附图阐述的详细描述旨在作为本发明的示例性实施例的描述，而无意表示能在其中实践本发明的仅有实施例。贯穿本描述使用的术语“示例性”意指“用作示例、实例或解说”，并且不应当一定要解释成优于或胜过其他示例性实施例。本详细描述包括具体细节以提供对本发明的示例性实施例的透彻理解。对于本领域技术人员将显而易见的是，没有这些具体细节也可实践本发明的示例性实施例。在一些实例中，公知的结构和器件以框图形式示出以免湮没本文给出的示例性实施例的新颖性。

[0030] 如本文所描述的示例性实施例涉及用于缓解无线全双工通信系统的收发机内的发射信号漏泄影响的设备、系统和方法。根据如本文所描述的各示例性实施例，收发机可包括发射机、接收机、以及多抽头自适应滤波器。该多抽头自适应滤波器可被耦合至发射机和接收机中的每一者并且被配置成基于来自发射机的发射信号的至少一部分以及来自接收机的误差信号来生成估计的发射漏泄信号。即使考虑随后的描述、所附的附图以及附加的权利要求，本发明的其他方面以及各种方面的特征和益处对于本领域技术人员来说将会是显而易见的。

[0031] 图1是无线设备100的RF部分的框图。在发射路径内，发射机110内的功率放大器(PA) 112接收并放大TX经调制信号并提供发射信号。该发射信号被路由通过双工器116并经由天线118发射。发射信号的一部分还可能经双工器116耦合或漏泄到接收路径。发射信号漏泄的量取决于双工器116的发射端口与接收端口之间的隔离，对于蜂窝频带处的SAW双工器而言其可为大约50dB。较低的发射-接收隔离导致较高度度的发射信号漏泄。

[0032] 在接收路径内，包含期望信号还有可能包含扰乱的接收信号经由天线118被接收，

被路由通过双工器116,并被提供至接收机120内的低噪声放大器(LNA)122。LNA 122还接收来自发射路径的发射漏泄信号,放大其输入处的接收机输入信号,以及向滤波器130提供经放大的RF信号。滤波器130接收经放大的RF信号并对其进行滤波以试图移除带外信号分量(例如,发射漏泄信号)并向混频器132提供经滤波的RF信号。混频器132接收经滤波的RF信号并用本机振荡器(L0)信号将其下变频并提供经下变频的信号。

[0033] 图2解说了收发机150,其包括发射路径,该发射路径包括功率放大器152、双工器154、以及天线155。进一步,收发机150包括接收路径,该接收路径包括天线155、双工器154、以及LNA 156。如将领会的,经由发射路径发送的发射信号的一部分可能经双工器116漏泄到接收路径。收发机150还包括单抽头最小均方(LMS)自适应滤波器160,该LMS滤波器被配置成重构发射漏泄信号的振幅和相位的估计并从接收路径减去估计的发射漏泄信号。

[0034] 图3是解说收发机(例如收发机150)的测量结果的标绘180,其中波形182解说禁用自适应滤波器(例如LMS自适应滤波器160)情况下的频率响应,而波形184解说启用该自适应滤波器情况下的频率响应。如在标绘180中所解说的,尽管存在跨所描绘的频率范围的消去(即,将波形184与波形182比较),然而胜任的消去仅存在于一个频率处(即,在大约835.1MHz处)。

[0035] 图4是解说波形192的标绘190,该波形描绘了收发机(例如收发机150)的相对于频率而言的群延迟。如在标绘190中所解说的,波形192不是理想线性的。如将理解的,单抽头自适应滤波器包括用于重构单个频率的仅一个自由度。相应地,单抽头自适应滤波器可能不能被配置成用于重构不止一个频率处的振幅变动或群延迟变动。而且,参考图5(a),波形202解说了在双工器(例如,图2的双工器154)的输出处测得的发射漏泄信号,而波形204解说了在单抽头LMS自适应滤波器(例如,LMS自适应滤波器160)的输出处的重构的发射漏泄信号。而且,残留信号206(即,发射信号漏泄消去结果所得)在图5(b)中解说。如图5(a)中解说的,波形204在图5(a)的左手侧精确地跟随波形202。然而,在图5(a)的右手侧,测得的发射漏泄信号(即,波形202)与重构的发射漏泄信号(即,波形204)之间存在失配。

[0036] 图6示出了根据本公开的示例性实施例的包括用于发射信号漏泄缓解的自适应滤波器340的收发机300的框图。在收发机300的发射路径内,发射经调制信号 T_{XIN} 被功率放大器330放大以生成发射信号 T_x ,该发射信号被路由通过双工器312,并经由天线315发射。耦合于功率放大器330的输出的耦合器317被配置成接收来自功率放大器330的发射信号 T_x 并向滤波器340传达耦合器发射信号 T_{xC} 。如同下面更完整地描述的,耦合器317可被配置成将发射信号 T_x 的所有频率传达至滤波器340或将发射信号 T_x 的一个或多个谐波选择性地传递到滤波器340。

[0037] 在接收路径上,收到信号经由天线315被接收,被路由通过双工器312,并被提供至接收路径303内的耦合器360。注意,从双工器312提供到耦合器360的信号还可以有可能包括来自发射路径的发射信号漏泄 T_{xL} 、以及噪声。相应地,被提供给耦合器360并始发自双工器312的信号在本文中可被称为“复合信号”。耦合器360可被配置成接收该复合信号以及由自适应滤波器340生成的信号并生成误差信号 ϵ 。LNA 314可被配置成接收来自耦合器360的误差信号 ϵ ,在其输入处放大该信号,并提供射频(RF)误差信号 ϵ_{RF} 。RF误差信号 ϵ_{RF} 可被传达到混频器316,该混频器可生成输出信号 R_{XOUT} 。RF误差信号 ϵ_{RF} 还可被传达至自适应滤波器340。

[0038] 而且,根据本发明的示例性实施例,在接收到RF误差信号 ϵ_{RF} 和耦合器发射信号 T_{xC} 之际,自适应滤波器340被配置成生成重构的发射信号漏泄 $-T_{xL}'$,其可被传达给耦合器360。进一步,耦合器360被配置成例如对重构的发射信号漏泄 $-T_{xL}'$ 和该复合信号(其可包括发射信号漏泄 T_{xL})求和,以缓解发射信号漏泄的影响。一般而言,自适应滤波器340可被置于接收路径上的任何点处。例如,自适应滤波器340可被置于LNA 314之前或之后。改善的噪声性能通常可以用被置于LNA 314之后的自适应滤波器340来达成。如同下面更完整地描述的,自适应滤波器340被配置成生成用于自适应地估计发射信号漏泄的振幅和相位的多个系数(即,权重)。

[0039] 如同上面提及的,耦合器317被配置为宽带耦合器(即,用于放行发射信号的所有频率)或用于传达发射信号的一个或多个谐波的频率选择性滤波器。更具体而言,作为一个示例,耦合器317可被配置为用于将发射信号 T_x 的三次谐波作为耦合器发射信号 T_{xC} 传达给滤波器340的频率选择性滤波器。图7(a)是解说频域中的示例发射信号(例如,发射信号 T_x)的标绘343。如在标绘343中所描绘的,发射信号包括 f_o 处的基频和 $3f_o$ 处的三次谐波。图7(b)是解说一实施例中的耦合器317的频率响应的标绘345,其中耦合器317被配置成用于过滤 f_o 处的基频并放行 $3f_o$ 处的三次谐波。图7(c)是解说一实施例中由耦合器317所传达的经滤波信号(例如,耦合器 T_{xC})的标绘347,其中耦合器317被配置成用于过滤基频并放行该发射信号的三次谐波。以与耦合器317类似的方式,耦合器360还可被配置为宽带耦合器(即,用于放行所有信号频率)或用于传达一个或多个信号频率的频率选择性滤波器。

[0040] 图8是根据本发明的示例性实施例的收发机300的更详细解说。收发机300包括接收机310、发射机308、以及自适应滤波器340。如图8中所解说的,接收机310包括LNA 314和混频器316。如本领域普通技术人员将理解的,接收机310可被配置成接收经由天线315接收的信号,经由LNA 314放大收到信号,以及经由混频器316将经放大的信号下变频。进一步,发射机308包括基带调制器336、数模转换器(DAC) 334、正交混频器332、以及功率放大器(PA) 330。如本领域普通技术人员将能领会的,发射机308可被配置成接收来自基带调制器336的数字信号,经由DAC 334将该数字信号转换为模拟信号,经由正交混频器332将该信号上变频,经由PA 330放大该信号,以及将信号传达至双工器312以供经由天线315发射。如将领会的,经由发射路径发送的发射信号的一部分(即,发射信号漏泄 $T_{xL}(t)$)可经双工器312漏泄到接收路径。

[0041] 收发机300进一步包括自适应模拟最小均方(ALMS)算法单元302-1、ALMS算法单元302-2、以及多抽头滤波器310。ALMS算法单元302-1可利用LMS算法来估计信号RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 与被提供给多抽头滤波器310的输入信号(即,耦合器发射信号 $T_{xC}(t)$)之间的互相关。进一步,ALMS算法单元302-2可利用LMS算法来估计RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 与被提供给多抽头滤波器310的经延迟输入信号(即,耦合器发射信号 $T_{xC}(t-T)$)之间的互相关。如本领域普通技术人员将领会的,自适应滤波器340被配置成使发射信号漏泄 $T_{xL}(t)$ (即,接收路径内的不期望的发射信号漏泄)与由自适应滤波器340所生成的估计的发射信号漏泄 $-T_{xL}(t)'$ 之间的均方误差最小化。

[0042] ALMS算法单元302-1包括正交分路器324、正交乘法器326、以及滤波器328,该滤波器可包括低通滤波器。类似地,ALMS算法单元302-2包括正交分路器320、正交乘法器322、以及滤波器318,该滤波器可包括低通滤波器。如本领域普通技术人员将领会的,正交分路器

被配置成接收输入信号并提供同相信号和正交信号。同相和正交信号分别包含输入信号(即,正交分路器所接收的信号)的同相和正交分量,其中同相信号领先正交信号 90° 。

[0043] 多抽头滤波器310包括正交分路器346和348、正交乘法器342和338、加法器350和352、以及加法器354。多抽头滤波器310被配置成生成发射漏泄信号估计 $-Tx_L(t)'$ 。而且,收发机300包括用于将发射漏泄信号估计 $-Tx_L(t)'$ 与该复合信号(其可包括发射信号漏泄 $Tx_L(t)$)求和的耦合器360。注意,分路器348、乘法器338和加法器352可被合称为复乘加(complex multiply and add,CMA)单元349-1。类似地,分路器346、乘法器342和加法器350可被合称为复乘加(CMA)单元349-2。

[0044] 现在将描述收发机300的所构想操作。RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ (其从LNA 314被输出并可包括期望接收信号、噪声、和发射信号漏泄)可由ALMS算法单元302-1和ALMS算法单元302-2中的每一者接收。进一步,耦合器发射信号 $TxC(t)$ (其可包括发射信号 $Tx(t)$ 的至少一部分)可从耦合器317被传达至分路器324和分路器348。此外,耦合器发射信号 $TxC(t)$ 可被时间延迟延迟元素T,并且因此耦合器发射信号的经时间延迟版本(即, $TxC(t-T)$)被传达至分路器320和分路器346。在接收到经时间延迟的耦合器发射信号 $TxC(t-T)$ 之际,分路器320可向乘法器322提供同相参考信号和正交参考信号。此外,分路器346可向乘法器342提供同相参考信号和正交参考信号。进一步,在接收到耦合器发射信号 $TxC(t)$ 之际,分路器324可向乘法器326提供同相参考信号和正交参考信号,而分路器348可向乘法器338提供同相参考信号和正交参考信号。

[0045] 在接收到同相和正交信号之际,乘法器326可将该同相和正交信号与RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 相乘并向滤波器328传达结果所得的同相和正交信号。在接收到来自乘法器322的同相和正交信号之际,滤波器328向乘法器338传达系数 $W_1(t)$,该系数在本文中也可被称为“权重”。注意,滤波器328可放行基带处的频率分量。而且,滤波器328可执行取平均操作,如本领域普通技术人员将能领会的。滤波器328被配置成执行低通滤波功能来移除作为与正交混频器326相乘的结果所产生的在相对于DC的频率偏移处的期望的接收信号。而且,注意,该低通滤波功能等效于时域中的取平均。此时-时域取平均是权重估计所需的RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 与耦合器发射信号 $TxC(t)$ 之间的互相关函数的一部分。

[0046] 在接收到同相和正交信号之际,乘法器322可将该同相和正交信号与RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 相乘并向滤波器318传达结果所得的同相和正交信号。在接收到来自乘法器322的同相和正交信号之际,滤波器318向乘法器342传达系数 $W_2(t)$,该系数在本文中也可被称为“权重”。注意,滤波器318可放行基带处的频率分量。进一步,滤波器318可执行取平均操作,如本领域普通技术人员将能领会的。滤波器318被配置成执行低通滤波功能来移除作为与正交混频器322相乘的结果所产生的在相对于DC的频率偏移处的期望的接收信号。而且,注意,该低通滤波功能等效于时域中的取平均。此时间平均是权重估计所需的RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 与耦合器发射信号的经时间延迟版本 $TxC(t-T)$ 之间的互相关函数的一部分。

[0047] 现在参考滤波器310,在经由分路器348接收到同相和正交信号以及接收到系数 $W_1(t)$ 之际,乘法器338将该同相和正交信号与系数 $W_1(t)$ 相乘。乘法器338随后向加法器352传达结果所得的同相和正交信号。加法器352将同相和正交信号相组合并向加法器354传达经组合的信号。而且,在经由分路器346接收到同相和正交信号并且接收到系数 $W_2(t)$ 之际,乘法器342可将该同相和正交信号与系数 $W_2(t)$ 相乘并将结果所得的同相和正交信号传达给

加法器350。加法器350将同相和正交信号相组合并向加法器354传达经组合的信号。加法器354将加法器350的输出与加法器352的输出相组合以生成估计的发射信号漏泄-TxL(t)'，其可被传达给耦合器360。在接收到发射信号漏泄-TxL(t)'之际，耦合器360将估计的发射信号漏泄-TxL(t)'与该复合信号(其可包括发射信号漏泄TxL(t))求和。

[0048] 注意，在收发机300的操作期间，RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 与被传达给多抽头滤波器310的信号(即，耦合器发射信号TxC(t)或TxC(t-T))之间的互相关值可随着发射信号漏泄从RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 中被移除而减小。相应地，系数 $W_1(t)$ 和 $W_2(t)$ 可最终达到稳态值。

[0049] 注意，尽管收发机300被描绘成双抽头自适应滤波器，然而本发明不限于此。而是，收发机300可包括多于一个的任何数目的抽头。例如，收发机300可包括用于生成一个或多个附加系数(即，权重)的一个或多个附加自适应模拟最小均方(ALMS)算法单元，以及多抽头滤波器310内的用于基于系数 $W_1(t)$ 和 $W_2(t)$ 以及任何附加系数生成估计的发射信号漏泄-TxL(t)'的附加电路系统。

[0050] 图9描绘了包括多于两个抽头的另一收发机350。收发机350包括接收机310、发射机308、以及自适应滤波器340'。自适应滤波器340'包括自适应模拟最小均方(ALMS)算法单元302-1-302-N和多抽头滤波器310'。每个算法单元302-1-302-N被配置成接收RF误差信号 $\epsilon_{RF}(t)$ 和耦合器发射信号TxC(t)。注意，ALMS单元302-2接收到的耦合器发射信号TxC(t-T)相对于ALMS单元302-1接收到的耦合器发射信号TxC(t)被延迟(即，经由单个延迟元件T)。此外，ALMS单元302-N接收到的耦合器发射信号TxC(t-[N-1]*T)相对于ALMS单元302-2接收到的该部分的耦合器发射信号TxC(t-T)被延迟(即，经由一个或多个延迟元件T)。还要注意，诸延迟元件T可包括相同延迟或不同延迟。

[0051] 进一步，每个算法单元302-1-302-N被配置成生成权重($W_1(t)-W_N(t)$) (即，如上面参考图8所描述的)并且将该权重传达给多抽头滤波器310'的相应各个复乘加单元349-1-349-N。每个复乘加单元349-1-349-N被进一步配置成接收具有各种时间延迟的耦合器发射信号TxC(t)。注意，复乘加单元349-2接收到的耦合器发射信号TxC(t-T)相对于复乘加单元349-1接收到的耦合器发射信号TxC(t)被延迟(即，经由单个延迟元件T)。此外，复乘加单元349-N接收到的耦合器发射信号TxC(t-[N-1]*T)相对于复乘加单元349-2接收到的耦合器发射信号TxC(t-T)被延迟(即，经由一个或多个延迟元件T)。

[0052] 多抽头滤波器310'被配置成将每个复乘加单元349-1-349-N的输出求和以生成发射漏泄信号估计-TxL(t)' (即 $\sum_{n=1}^N -TxL_n(t)'$)。而且，收发机350包括用于将发射信号漏泄估计-TxL(t)'与该复合信号(其可包括发射信号漏泄TxL(t))求和的耦合器360。

[0053] 图10是解说使用单抽头滤波器的发射信号漏泄消去的标绘400。更具体而言，波形404解说了在不使用滤波器的情况下接收路径中的发射信号漏泄的频率响应，而波形402解说了在启用单抽头滤波器的情况下的频率响应。进一步，图11是解说使用多抽头自适应LMS滤波器(例如，自适应滤波器340或自适应滤波器340')的发射信号漏泄消去的标绘450。更具体而言，波形454解说了在不使用滤波器的情况下接收路径中的发射信号漏泄的频率响应，而波形452解说了在启用多抽头自适应LMS滤波器的情况下的频率响应。与图10中解说的标绘400(其描绘了单抽头LMS滤波器的发射信号漏泄消去)相比，标绘450中描绘的发射信号漏泄消去被大大改善。

[0054] 图12解说了根据本发明的示例性实施例的包括多个发射机和一自适应滤波器的收发机500。与图6中所描绘的收发机300类似,收发机500包括天线315、双工器312、耦合器360、滤波器340、以及接收机301。注意,滤波器340还可包括图9中描绘的滤波器340'。收发机500进一步包括发射机508-1-508-N和被配置成用于将发射机508-1-508-N之一经由相应的耦合器517-1-517-N耦合到滤波器340的选择器590。仅作为示例,选择器590可包括任何已知和适当的开关。作为更具体的示例,选择器590可包括RF开关。进一步,注意,每个耦合器517-1-517-N可包括耦合器317,如上所述。

[0055] 如本领域普通技术人员将领会的,收发机(其包括多个发射机(例如,CDMA发射机、LTE发射机和/或WiFi发射机)可在接收路径中经历由这多个发射机中的一个或多个发射机导致的发射信号漏泄。作为所构想的一个示例,收发机500可包括由发射机508-1和508-2所导致的发射信号漏泄(即,复合信号 $T_{xL}(t) = T_{x1L}(t) + T_{x2L}(t)$)。根据本发明的示例性实施例,滤波器340可被配置成经由选择器590接收耦合器发射信号 $T_{x2C}(t)$ 以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解由发射机508-2导致的发射信号漏泄 $T_{x2L}(t)$ 。进一步,滤波器340可被配置成经由选择器590接收耦合器发射信号 $T_{x1C}(t)$ 以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解由发射机508-1导致的发射信号漏泄 $T_{x1L}(t)$ 。滤波器340还可被配置成经由选择器590接收耦合器发射信号 $T_{xNC}(t)$,以用于缓解可能由于发射机508-N而存在的任何发射信号漏泄 $T_{xNL}(t)$ 。

[0056] 注意,收发机500可被配置成用于缓解由不止一个发射机同时导致的发射信号漏泄 $T_{xL}(t)$ 。例如,在一个示例性实施例中,选择器590可被配置成用于将多个发射机(例如,发射机508-1和508-2)耦合到滤波器340(即,经由相关联的耦合器517),所述多个发射机可包括胜任数目的抽头来基于来自该多个发射机的发射信号漏泄重构发射漏泄信号。根据另一示例性实施例,收发机500可包括并联耦合的多个自适应滤波器340,其中一个自适应滤波器基于来自第一发射机的发射信号漏泄重构发射漏泄信号,而另一自适应滤波器基于来自另一发射机的发射信号漏泄重构发射漏泄信号。

[0057] 图13描绘了根据本发明的示例性实施例的包括耦合于天线的多个发射机和多个接收机、以及多个自适应滤波器的另一收发机600。更具体而言,收发机600包括包含经由双工器612-1和共用器613耦合至天线615的发射机608-1和接收机601-1的发射机/接收机对。进一步,收发机600包括具有经由双工器612-2和共用器613耦合至天线615的发射机608-2和接收机601-2的另一发射机/接收机对。注意,尽管收发机600被描绘成具有两个发射机/接收机对,然而本发明不限于此。而是,收发机600可包括任何数目的发射机/接收机对。

[0058] 收发机600进一步包括用于将多个发射机(例如,发射机608-1-608-N)之一耦合到自适应滤波器640-1的选择器690-1,该自适应滤波器640-1可包括上面参考图8描述的滤波器340或上面参考图9描述的滤波器340'。进一步,收发机600包括用于将多个发射机(例如,发射机608-1-608-N)之一耦合到滤波器640-2的选择器690-2,该滤波器640-2可包括滤波器340或滤波器340'。此外,收发机600包括耦合器617-1,该耦合器617-1可包括上面参考图6描述的耦合器317,其被配置成用于向选择器690-1和/或选择器690-2传达来自发射机608-1的发射信号 $T_{x1}(t)$ 的至少一部分(即,耦合器发射信号 $T_{x1C}(t)$)。此外,收发机600包括耦合器617-2,该耦合器617-2可包括耦合器317,其可被配置成用于向选择器690-1和/或选择器690-2传达来自发射机608-2的发射信号 $T_{x2}(t)$ 的至少一部分(即,耦合器发射信号 $T_{x2C}(t)$)。

(t))。进一步,耦合器发射信号 $T_{xNC}(t)$ 可以从另一发射机(图13中未示出)被传达到选择器690-1和/或选择器690-2。

[0059] 如本领域普通技术人员将领会的,收发机(其包括多个发射机/接收机对)可在一个或多个接收路径中经历由这些发射机中的一个或多个导致的发射信号漏泄。例如,发射机608-2可导致接收机601-1、接收机601-2、或两者中的发射信号漏泄。类似地,发射机608-1可导致接收机601-1、接收机601-2、或两者中的发射信号漏泄。

[0060] 作为所构想的一个示例,包括接收机601-1的接收路径可包括由发射机608-1和608-2所导致的发射信号漏泄(即,复合信号 $T_{xL1}(t) = T_{x1L}(t) + T_{x2L}(t)$)。根据本发明的示例性实施例,收发机600可经由选择器690-1被配置成将发射机608-2耦合到滤波器640-1(即,经由耦合器617-2)以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解第一接收路径(即,包括接收机601-1的接收路径)中由发射机608-2导致的发射信号漏泄 $T_{x2L}(t)$ 。进一步,收发机600可经由选择器690-1被配置成将发射机608-1耦合到滤波器640-1(即,经由耦合器617-1)以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解该第一接收路径中由发射机608-1导致的发射信号漏泄 $T_{x1L}(t)$ 。

[0061] 此外,收发机600可经由选择器690-2被配置成将发射机608-2耦合到滤波器640-2(即,经由耦合器617-2)以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解第二接收路径(即,包括接收机601-2的接收路径)中由发射机608-2导致的发射信号漏泄 $T_{x2L}(t)$ 。进一步,注意,收发机600可经由选择器690-2被配置成将发射机608-1耦合到滤波器640-2(即,经由耦合器617-1),以用于缓解第二接收路径中可能存在的由发射机608-1导致的任何发射信号漏泄。

[0062] 图14解说了根据本发明的示例性实施例的包括多个发射机、多个接收机以及多个自适应滤波器的另一收发机700。更具体而言,收发机700包括包含经由双工器712-1耦合至天线715-1的发射机708-1和接收机701-1的发射机/接收机对。进一步,收发机700包括具有经由双工器712-2耦合至天线715-2的发射机708-2和接收机701-2的另一发射机/接收机对。注意,尽管收发机700被解说成具有两个发射机/接收机对和两个天线,然而本发明不限于此。而是,收发机700可包括任何数目的发射机、任何数目的接收机、以及任何适当数目的天线。

[0063] 收发机700进一步包括用于将多个发射机(例如,发射机708-1-708-N)之一耦合到滤波器640-1的选择器690-1。进一步,收发机700包括用于将多个发射机(例如,发射机708-1-708-N)之一耦合到滤波器640-2的选择器690-2。而且,收发机700包括耦合器617-1,该耦合器617-1被配置成用于向选择器690-1和/或选择器690-2传达来自发射机708-1的发射信号 $T_{x1}(t)$ 的至少一部分(即,耦合器发射信号 $T_{x1C}(t)$)。此外,收发机700包括耦合器617-2,该耦合器617-2被配置成用于向选择器690-1和/或选择器690-2传达来自发射机708-2的发射信号 $T_{x2}(t)$ 的至少一部分(即,耦合器发射信号 $T_{x2C}(t)$)。进一步,耦合器发射信号 $T_{xNC}(t)$ 可以从另一发射机(图13中未示出)被传达到选择器690-1和/或选择器690-2。

[0064] 如本领域普通技术人员将领会的,收发机(其包括多个发射机和接收机)可能在一个或多个接收路径中经历由一个或多个发射机导致的发射信号漏泄。例如,发射机708-2可导致接收机701-1、接收机701-2、或两者中的发射信号漏泄。类似地,发射机708-1可导致接收机701-1、接收机701-2、或两者中的发射信号漏泄。

[0065] 作为所构想的一个示例,包括接收机701-1的接收路径可包括由发射机708-1和708-2所导致的发射信号漏泄(即,复合信号 $T_{xL1}(t) = T_{x1L}(t) + T_{x2L}(t)$)。根据本发明的示例性实施例,收发机700可经由选择器690-1被配置成将发射机708-2耦合到滤波器640-1(即,经由耦合器617-2)以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解第一接收路径(即,包括接收机701-1的接收路径)中由发射机708-2导致的发射信号漏泄 $T_{x2L}(t)$ 。进一步,收发机700可经由选择器690-1被配置成将发射机708-1耦合到滤波器640-1(即,经由耦合器617-1)以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解该第一接收路径中由发射机708-1导致的发射信号漏泄 $T_{x1L}(t)$ 。

[0066] 此外,收发机700可经由选择器690-2被配置成将发射机708-2耦合到滤波器640-2(即,经由耦合器617-2)以用于以与上面参考图8的描述类似的方式缓解第二接收路径(即,包括接收机701-2的接收路径)中由发射机708-2导致的发射信号漏泄 $T_{x2L}(t)$ 。注意,收发机700也可经由选择器690-2被配置成将发射机708-1耦合到滤波器640-2(即,经由耦合器617-1),以用于缓解第二接收路径中可能存在的由发射机708-1导致的任何发射信号漏泄。

[0067] 注意,图12-14中所解说的收发机仅仅是包括多个发射机的收发机的示例,并且包括多个发射机以及用于缓解收发机的一个或多个接收路径中由一个或多个发射机所导致的发射信号漏泄的装置的其他收发机配置也在本发明的范围内。

[0068] 图15解说了根据本发明的示例性实施例的另一收发机800。与被配置成在射频(RF)处生成发射信号漏泄估计的收发机300形成对比的是,收发机800被配置成在基带处生成发射信号漏泄估计。

[0069] 收发机800包括具有天线815、双工器812、低噪声放大器(LNA)814、混频器816、以及基带解调器870的接收路径。如本领域普通技术人员将理解的,经由天线815接收的信号可经由LNA 814放大,经由混频器816下变频,并经由解调器870解调。进一步,收发机800包括具有基带调制器836、数模转换器(DAC)834、混频器832、以及功率放大器(PA)830的发射路径。混频器832被配置成接收来自本机振荡器873的本机振荡器信号。如本领域普通技术人员将领会的,用于传送的信号可经由基带调制器836调制,经由DAC 834转换为模拟信号,经由混频器832上变频,经由PA 830放大,并被传达至双工器812以供经由天线815发射。如将进一步领会的,经由发射路径发送的发射信号的一部分(即,发射信号漏泄 T_{xL})可能经双工器812漏泄到接收路径。

[0070] 收发机800进一步包括混频器872、基带LMS滤波器850、延迟元件T、乘法器862和864、加法器866、以及混频器868。混频器868被配置成接收来自本机振荡器873的本机振荡器信号。基带LMS 850包括积分器852和854以及乘法器856和858。如在图15中解说的,混频器872具有耦合于LNA 814的输出的输入和耦合于乘法器856和858中的每一者的输出。积分器854具有耦合于乘法器856的输入和耦合于乘法器862的输出,而积分器852具有耦合于乘法器858的输入和耦合于乘法器864的输出。进一步,延迟元件T被配置成接收DAC 834的输出并输出信号,该信号被乘法器856和862中的每一者接收。DAC 834的输出也被乘法器858和864中的每一者接收。除了接收来自延迟元件T的信号之外,乘法器862还被配置成接收来自积分器854的系数 W_4 。进一步,除了接收来自DAC 834的信号之外,乘法器864还被配置成接收来自积分器852的系数 W_3 。注意,系数 W_3 和 W_4 中的每一者在本文中均可被称为“权重”。

[0071] 现在将描述收发机800的所构想操作。射频(RF)信号 ϵ_{RF} 被从LNA 814输出并可包括

期望信号(即,期望接收信号)、噪声、以及发射信号漏泄 T_{XL} 。RF信号 ϵ_{RF} 被传达至混频器872并下变频至基带。混频器872的输出(即,信号 ϵ_{BB})被传达至乘法器856和858中的每一者。进一步,从DAC 834输出的在基带处的发射信号(即 T_{XBB})被传达至乘法器858、乘法器864、以及延迟元件T。延迟元件T延迟该发射信号并向乘法器856和乘法器862中的每一者传达该发射信号的经时间延迟版本(即 $T_X(t-T)_{BB}$)。相应地,乘法器856和862接收到的信号相对于乘法器858和864接收到的信号被延迟。

[0072] 在接收到信号 ϵ_{BB} 和发射信号之后,乘法器858将在基带处的该发射信号(即 T_{XBB})与信号 ϵ_{BB} 相乘并将输出传达至积分器852。积分器852将收到信号积分并向乘法器864输出系数 $W3$ 。此操作是估计权重所需的互相关操作。在接收到信号 ϵ_{BB} 和经时间延迟的发射信号之后,乘法器856将经时间延迟的发射信号(即 $T_X(t-T)_{BB}$)与信号 ϵ_{BB} 相乘并将输出传达至积分器854。积分器854将收到信号积分并向乘法器862输出系数 $W4$ 。

[0073] 而且,在接收到系数 $W3$ 和发射信号之际,乘法器864将发射信号(即 T_{XBB})与系数 $W3$ 相乘并将输出传达至加法器866。而且,在接收到系数 $W4$ 和经时间延迟的发射信号之后,乘法器862将经时间延迟的发射信号(即 $T_X(t-T)_{BB}$)与系数 $W4$ 相乘并将输出传达至加法器866。加法器866在接收到乘法器862和乘法器864的输出之际将这两个信号组合并向混频器834传达信号 T_{XBB}' ,该混频器将该信号上变频到RF并将估计的发射漏泄信号 $-T_{XRF}'$ 传达至耦合器817。在接收到估计的发射漏泄信号 $-T_{XRF}'$ 之际,耦合器817可将估计的发射漏泄信号 $-T_{XRF}'$ 与该复合信号(其可包括发射信号漏泄 T_{XL})求和。

[0074] 注意,在收发机800的操作期间,信号 ϵ_{BB} 与被传达给多抽头滤波器850的发射信号(即,发射信号 T_{XBB} 或 $T_X(t-T)_{BB}$)之间的互相关值将随着发射信号漏泄从信号 ϵ_{RF} 中被移除而减小。相应地,系数 $W3$ 和 $W4$ 可最终达到稳态值。

[0075] 还要注意,尽管收发机800被描绘成双抽头自适应滤波器,然而本发明不限于此。而是,收发机800可包括多于一个的任何数目的抽头。例如,基带LMS滤波器850可包括用于生成附加系数(即,除 $W3$ 和 $W4$ 以外)的附加电路系统。进一步,收发机800可包括用于基于系数 $W3$ 和 $W4$ 和任何附加系数来生成发射漏泄信号估计 $-T_{XRF}'$ 的附加电路系统。

[0076] 图16是解说根据一个或多个示例性实施例的方法900的流程图。方法900可包括使用基于发射信号的至少一部分以及包括接收信号的误差信号的多个权重来生成估计的发射漏泄信号(由标号902描绘)。方法900还可包括从包括此接收信号的复合信号中减去估计的发射漏泄(由标号904描绘)。

[0077] 图17是解说根据一个或多个示例性实施例的另一方法950的流程图。方法950可包括经由多抽头模拟自适应滤波器来生成估计的发射漏泄信号(由标号952描绘)。方法950还可包括从包括接收信号和发射信号漏泄的复合信号中减去估计的发射漏泄(由标号954描绘)。

[0078] 如本文所述的示例性实施例可缓解发射信号漏泄的影响。更具体而言,如本文所述的多抽头自适应滤波器可补偿由双工器或任何其他前端滤波器所引入的群延迟失真。仅作为示例,本发明的示例性实施例可提供15-20dB的消去增大(在不止一个频率处)。与利用单抽头滤波器的常规收发机形成对比的是,如本文所述的示例性实施例利用多个抽头来在多个点(即,多个频率)处进行采样并利用LMS功能性来在这些点之间内插。进一步,因为本文描述的算法单元是LMS单元,所以均方误差(MSE)的功率使用被最小化以确保最高可能的

消去程度。

[0079] 本领域技术人员应理解,信息和信号可使用各种不同技术和技艺中的任何一种来表示。例如,贯穿上面描述始终可能被述及的数据、指令、命令、信息、信号、位(比特)、码元、和码片可由电压、电流、电磁波、磁场或磁粒子、光场或光粒子、或其任何组合来表示。

[0080] 本领域的技术人员将进一步领会,结合本文中所公开的示例性实施例来描述的各种解说性逻辑框、模块、电路、和算法步骤可以被实现为电子硬件、计算机软件、或两者的组合。为清楚地解说硬件与软件的这一可互换性,各种解说性组件、块、模块、电路、和步骤在上面是以其功能性的形式作一般化描述的。此类功能性是被实现为硬件还是软件取决于具体应用和施加于整体系统的设计约束。技术人员可针对每种特定应用以不同方式来实现所描述的功能性,但此类实现决策不应被解读为致使脱离本发明的示例性实施例的范围。

[0081] 结合本文中公开的示例性实施例描述的各种解说性逻辑框、模块、以及电路可用通用处理器、数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现场可编程门阵列(FPGA)或其他可编程逻辑器件、分立的门或晶体管逻辑、分立的硬件组件、或者设计成执行本文中描述的功能的其任何组合来实现或执行。通用处理器可以是微处理器,但在替换方案中,该处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器、或状态机。处理器还可以被实现为计算设备的组合,例如DSP与微处理器的组合、多个微处理器、与DSP核心协同的一个或多个微处理器、或任何其它此类配置。

[0082] 在一个或多个示例性实施例中,所描述的功能可在硬件、软件、固件或其任何组合中实现。如果在软件中实现,则各功能可作为一条或多条指令或代码存储在计算机可读介质上或藉其进行传送。计算机可读介质包括计算机存储介质和通信介质两者,包括促成计算机程序从一地向另一地转移的任何介质。存储介质可以是能被计算机访问的任何可用介质。作为示例而非限定,这样的计算机可读介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘存储、磁盘存储或其他磁存储设备、或者能被用来携带或存储指令或数据结构形式的期望程序代码且能被计算机访问的任何其他介质。任何连接也被正当地称为计算机可读介质。例如,如果软件是使用同轴电缆、光纤电缆、双绞线、数字订户线(DSL)、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术从web网站、服务器、或其它远程源传送而来,则该同轴电缆、光纤电缆、双绞线、DSL、或诸如红外、无线电、以及微波之类的无线技术就被包括在介质的定义之中。如本文中所使用的盘(disk)和碟(disc)包括压缩碟(CD)、激光碟、光碟、数字多用碟(DVD)、软盘和蓝光碟,其中盘常常磁性地再现数据,而碟用激光光学地再现数据。以上组合也应被包括在计算机可读介质的范围内。

[0083] 提供了先前对所公开的示例性实施例的描述是为了使得本领域任何技术人员皆能够制作或使用本发明。对这些示例性实施例的各种修改对于本领域技术人员将是显而易见的,并且本文中定义的一般原理可被应用于其他实施例而不会脱离本发明的精神或范围。因此,本发明并非意在被限定于本文中所示出的示例性实施例,而是应当被授予与本文中所公开的原理和新颖性特征相一致的最广义的范围。

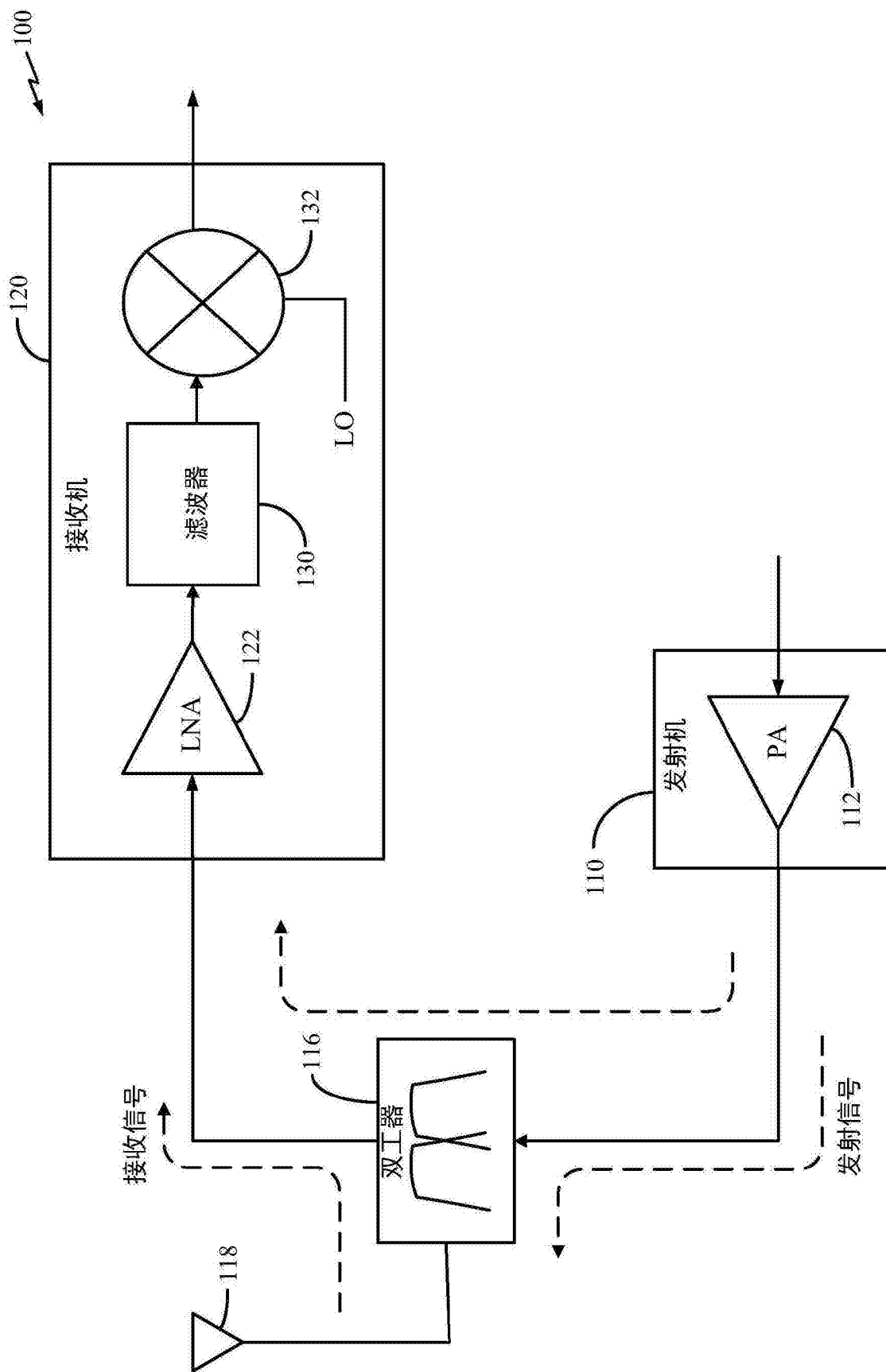


图1

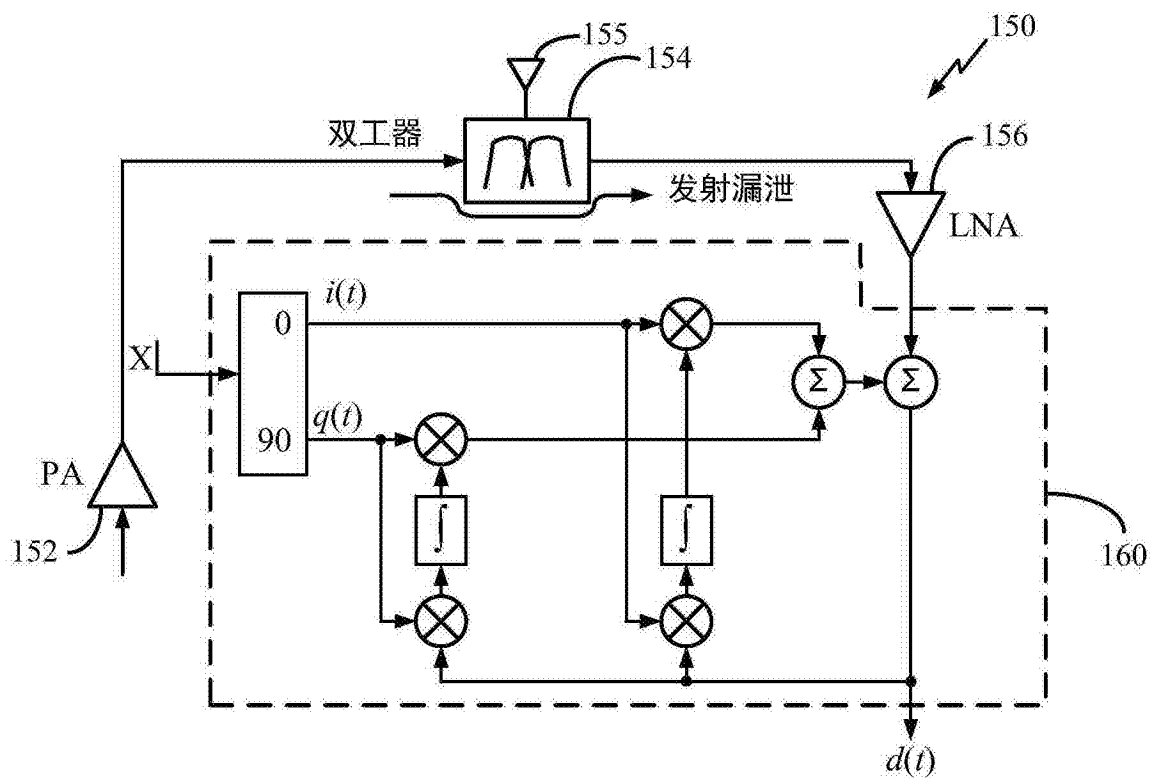


图2

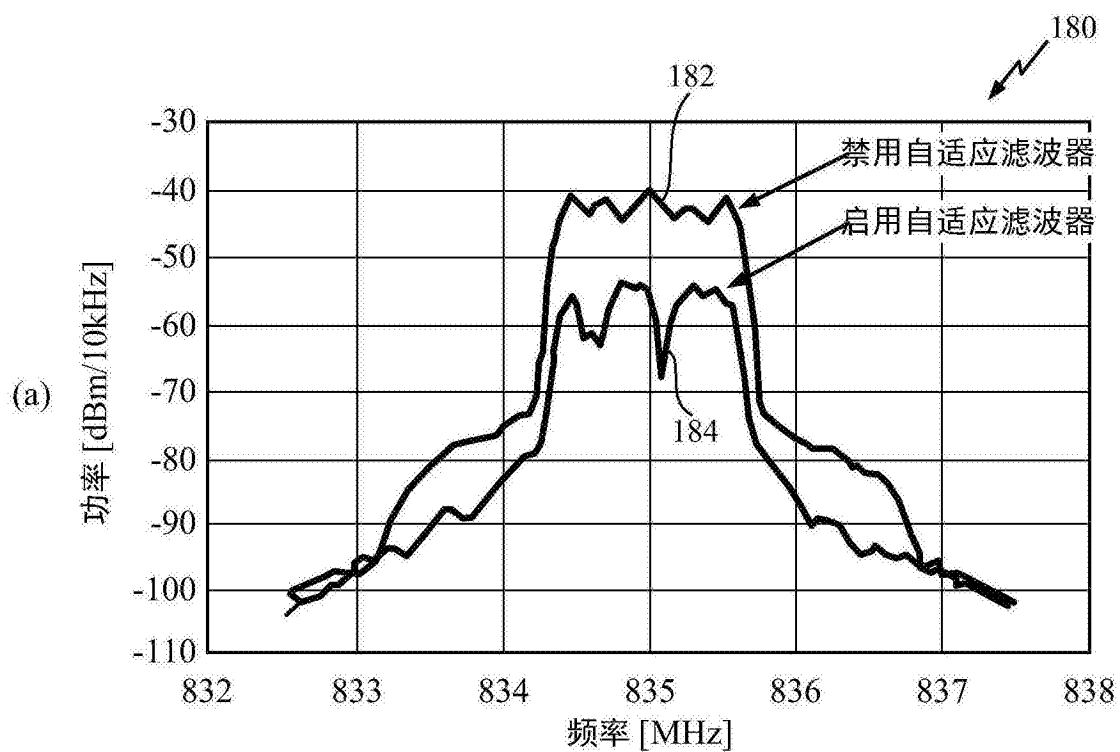


图3

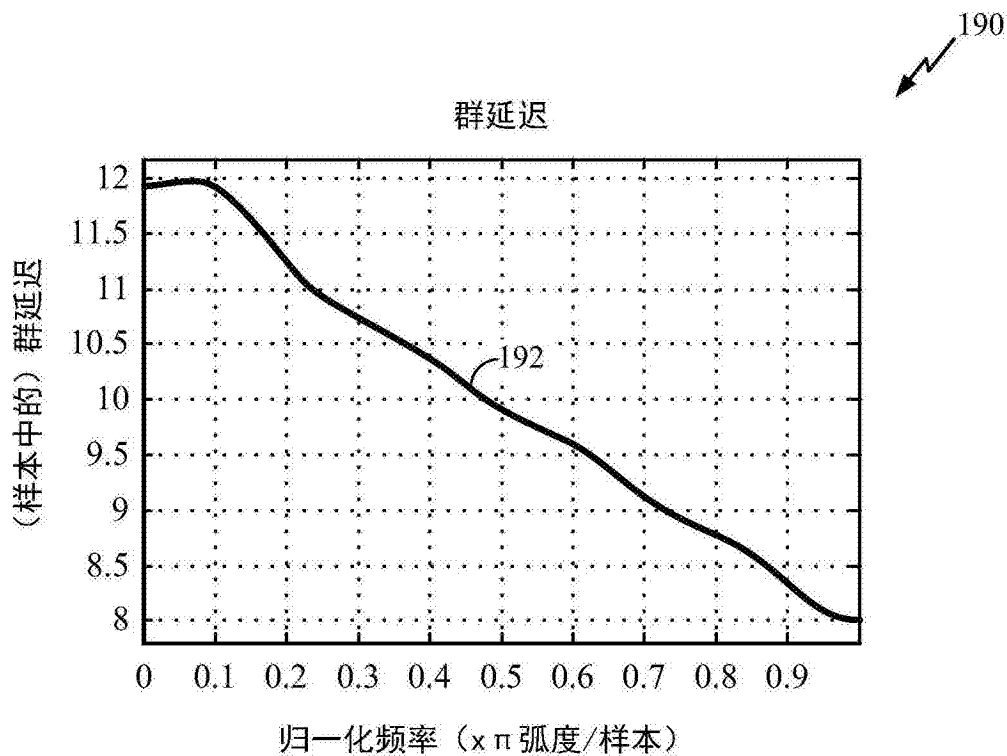


图4

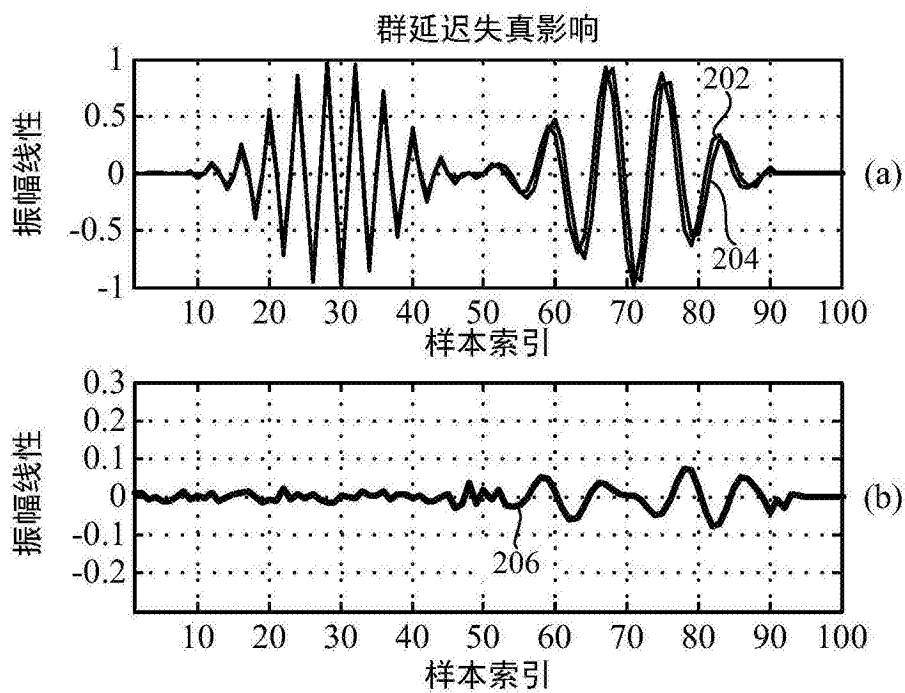


图5

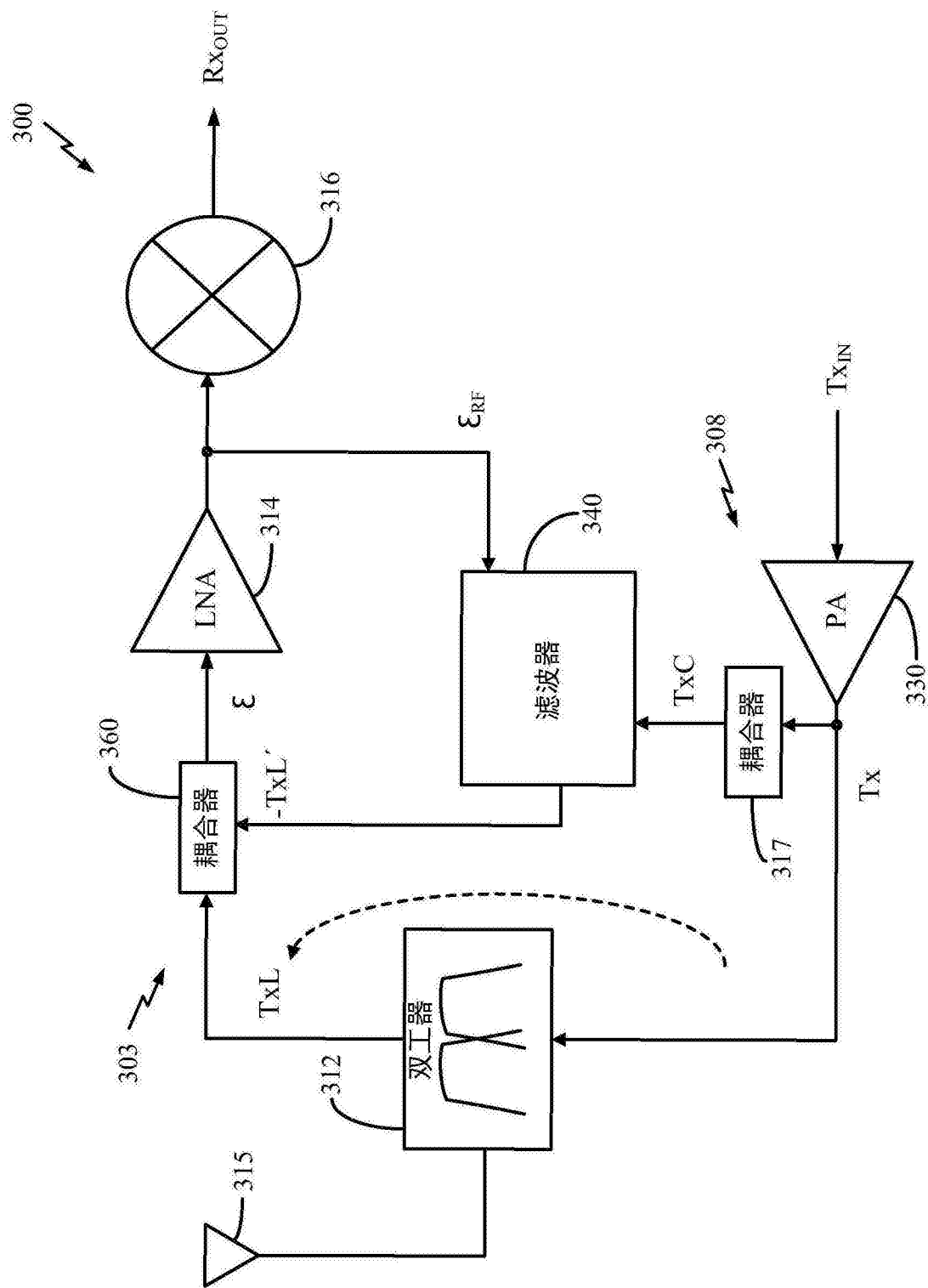


图6

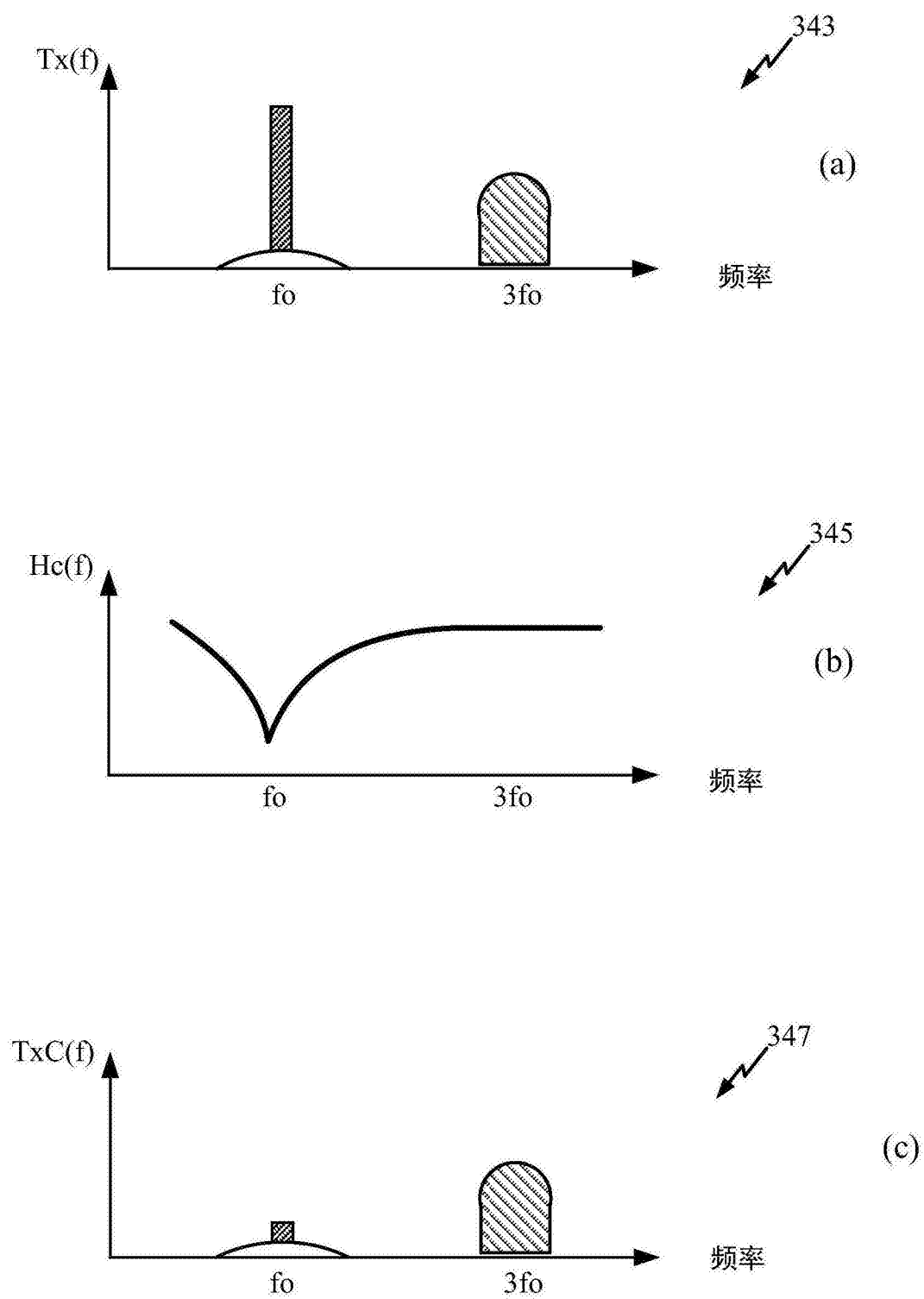


图7

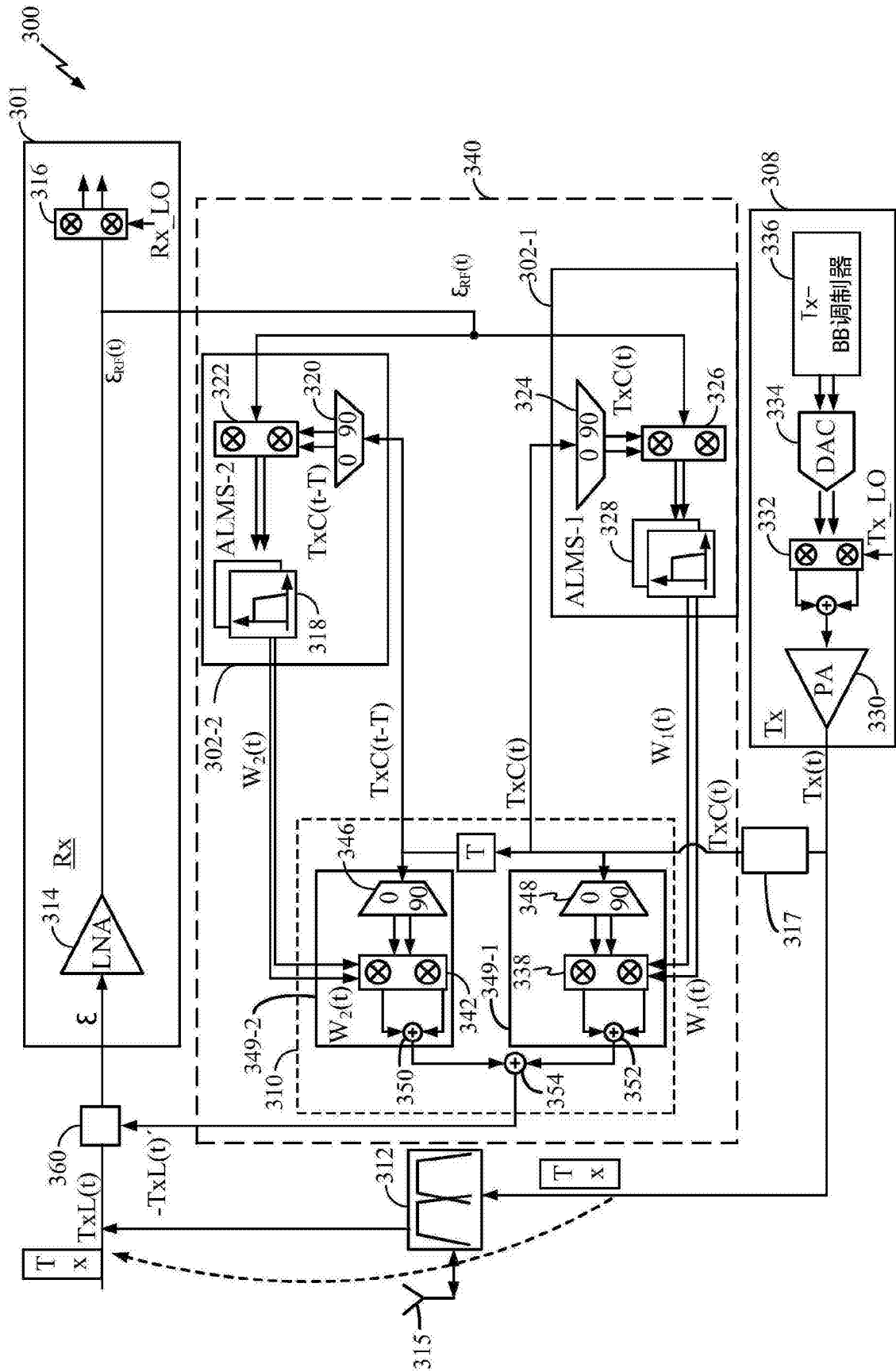


图8

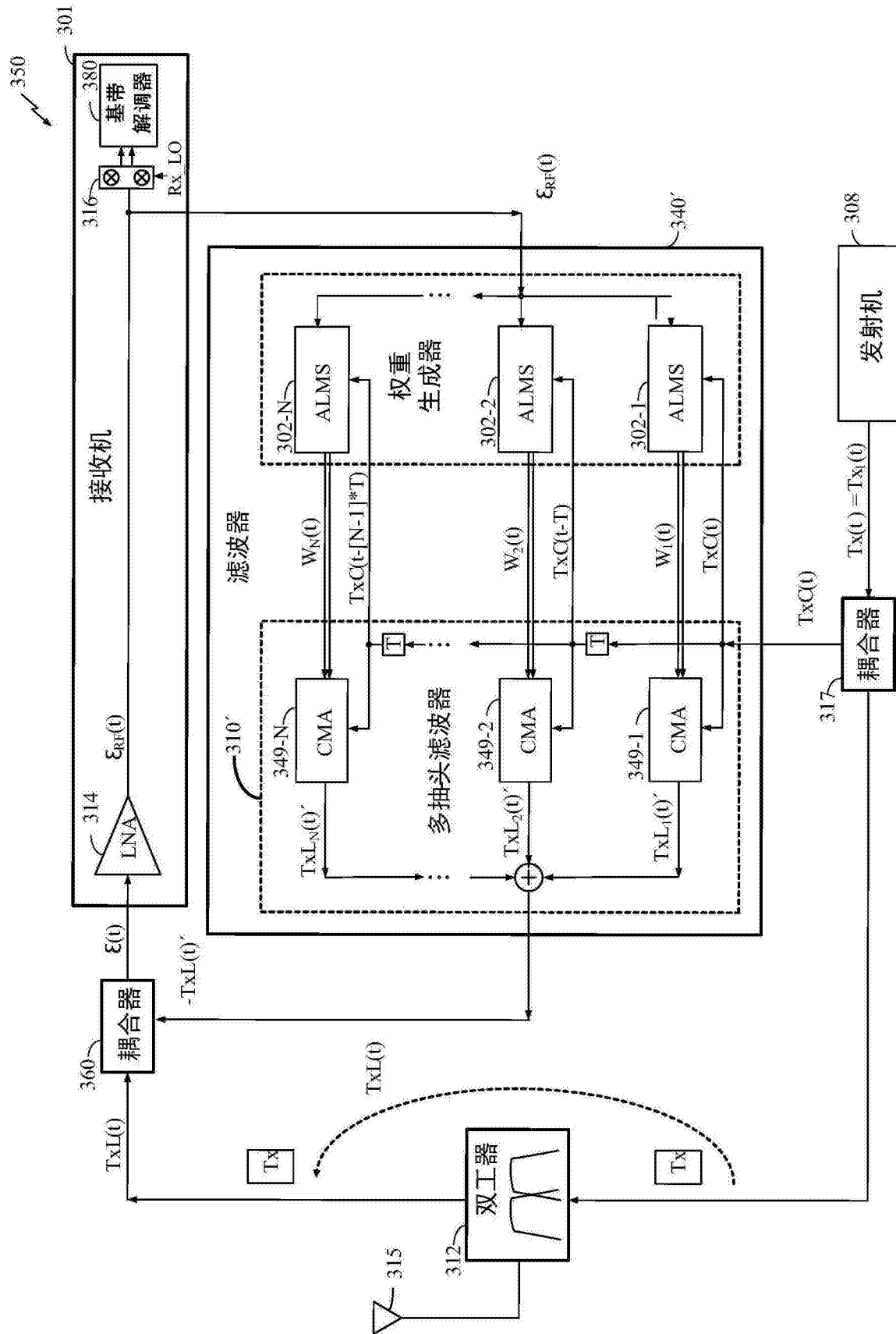


图9

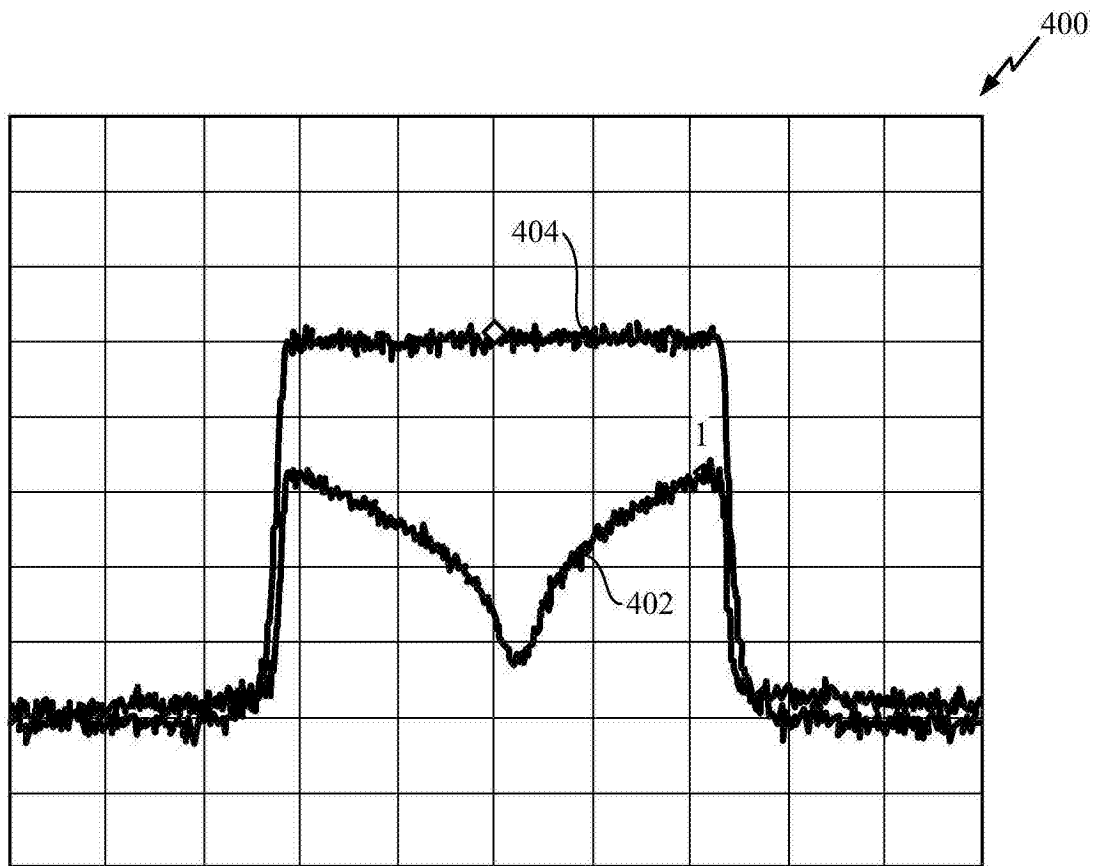


图10

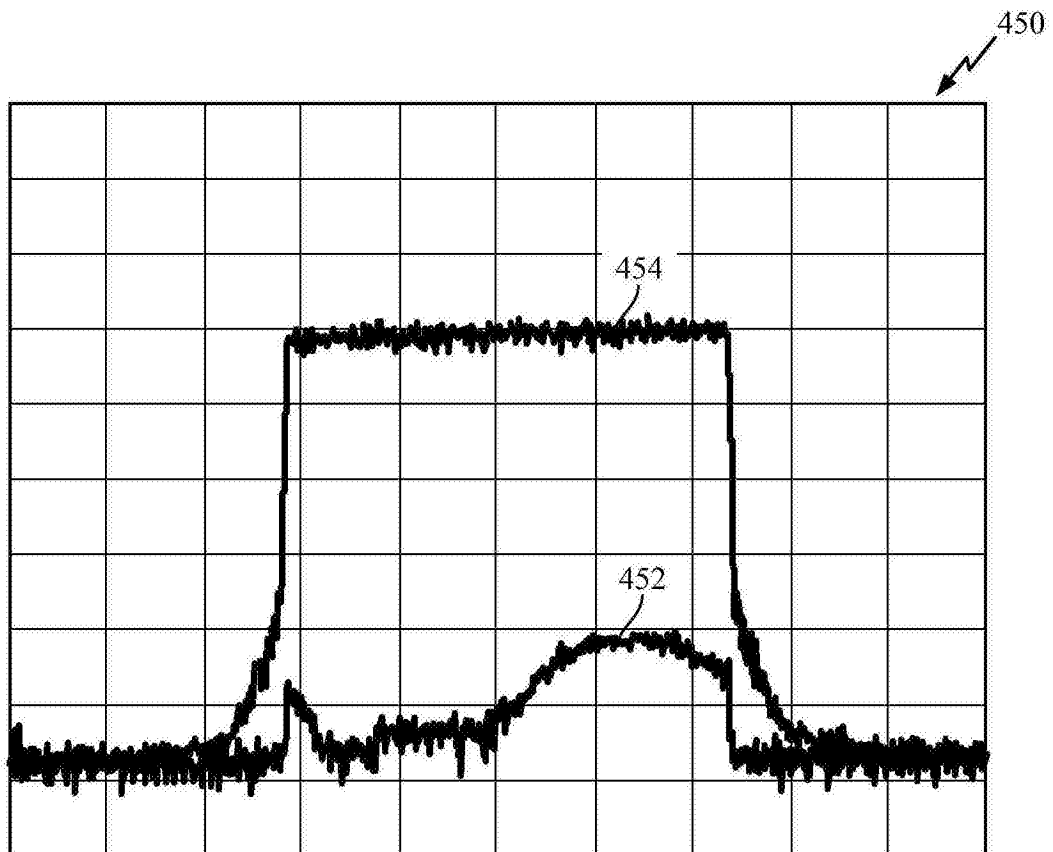


图11

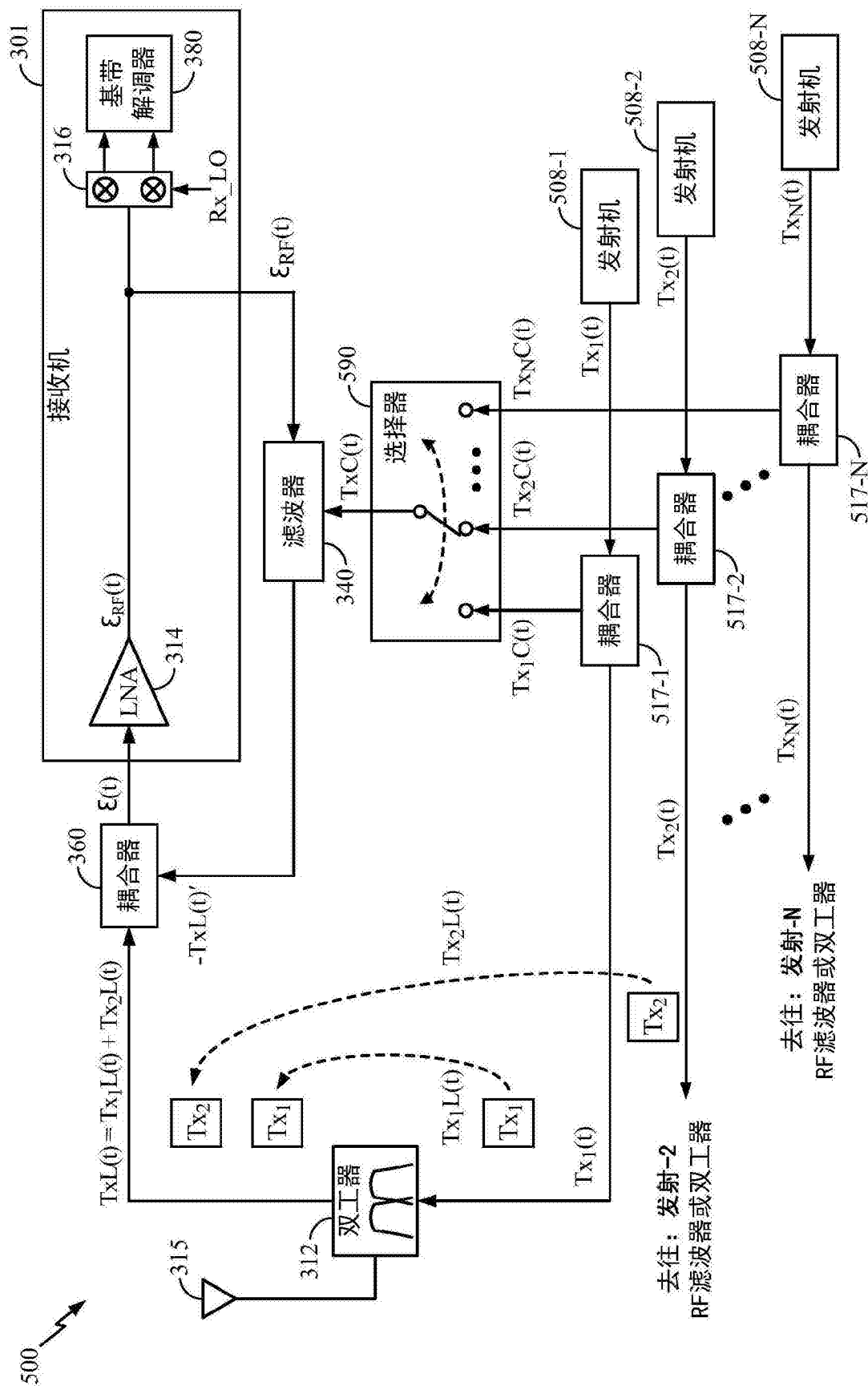


图12

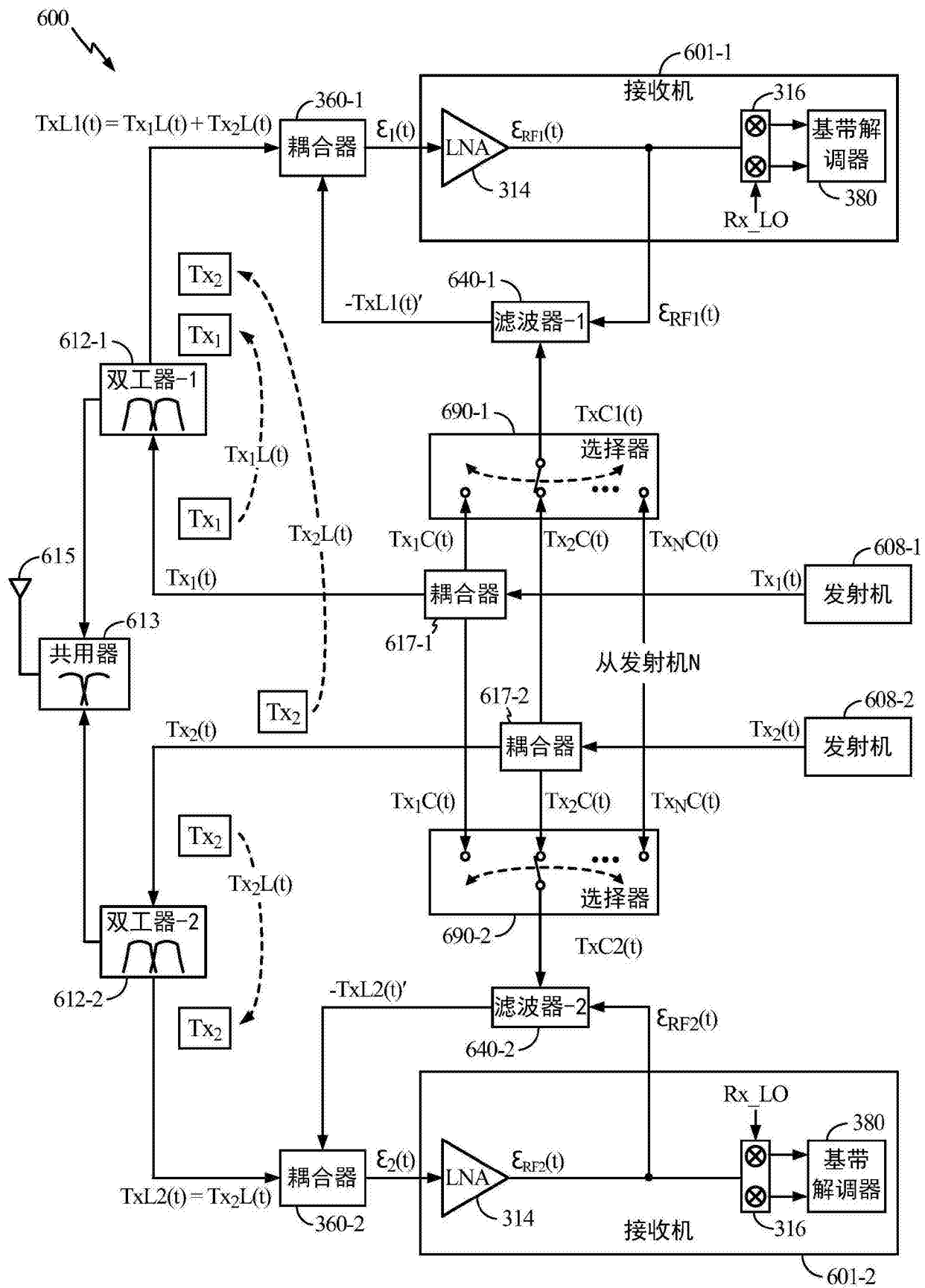


图13

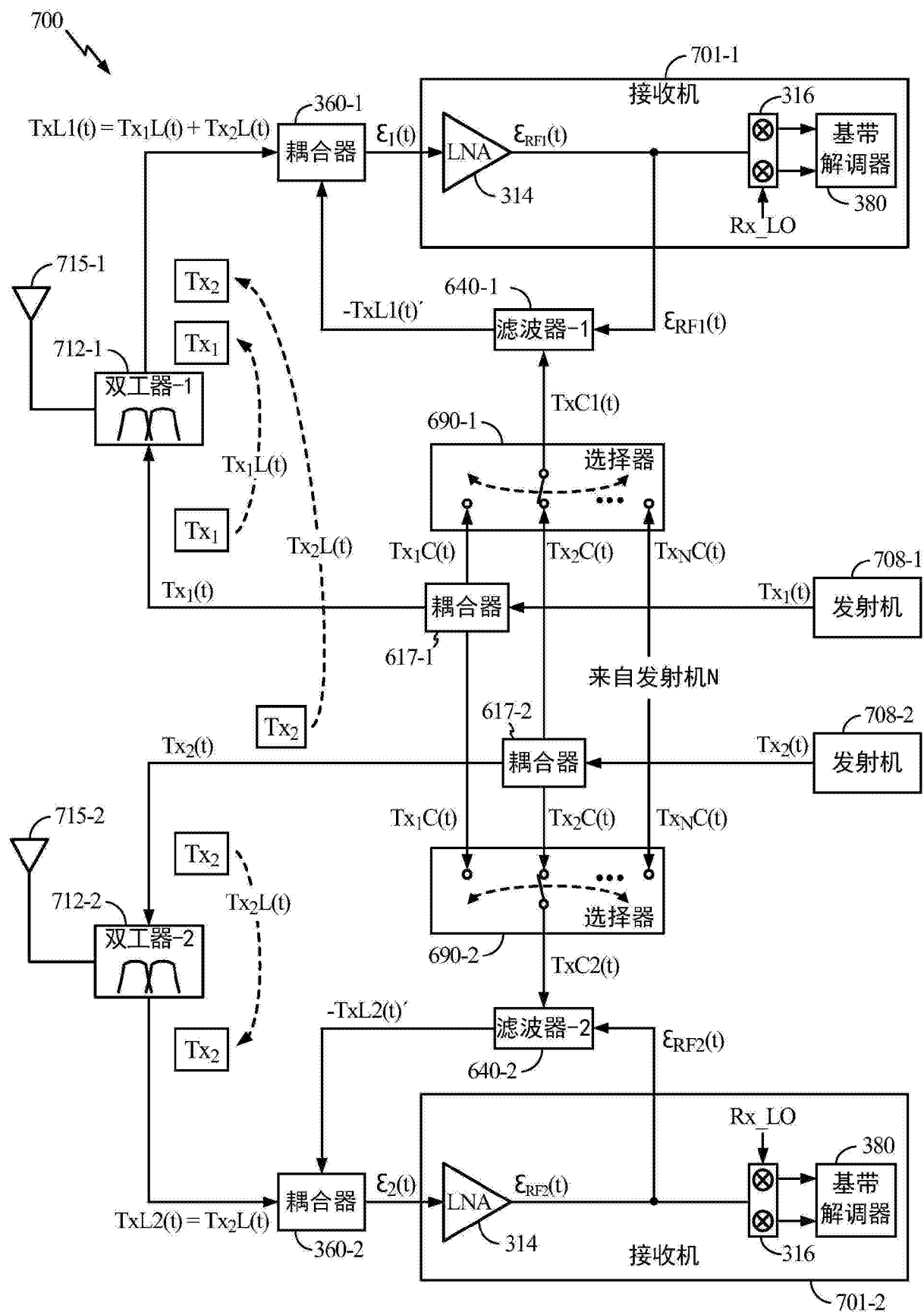


图14

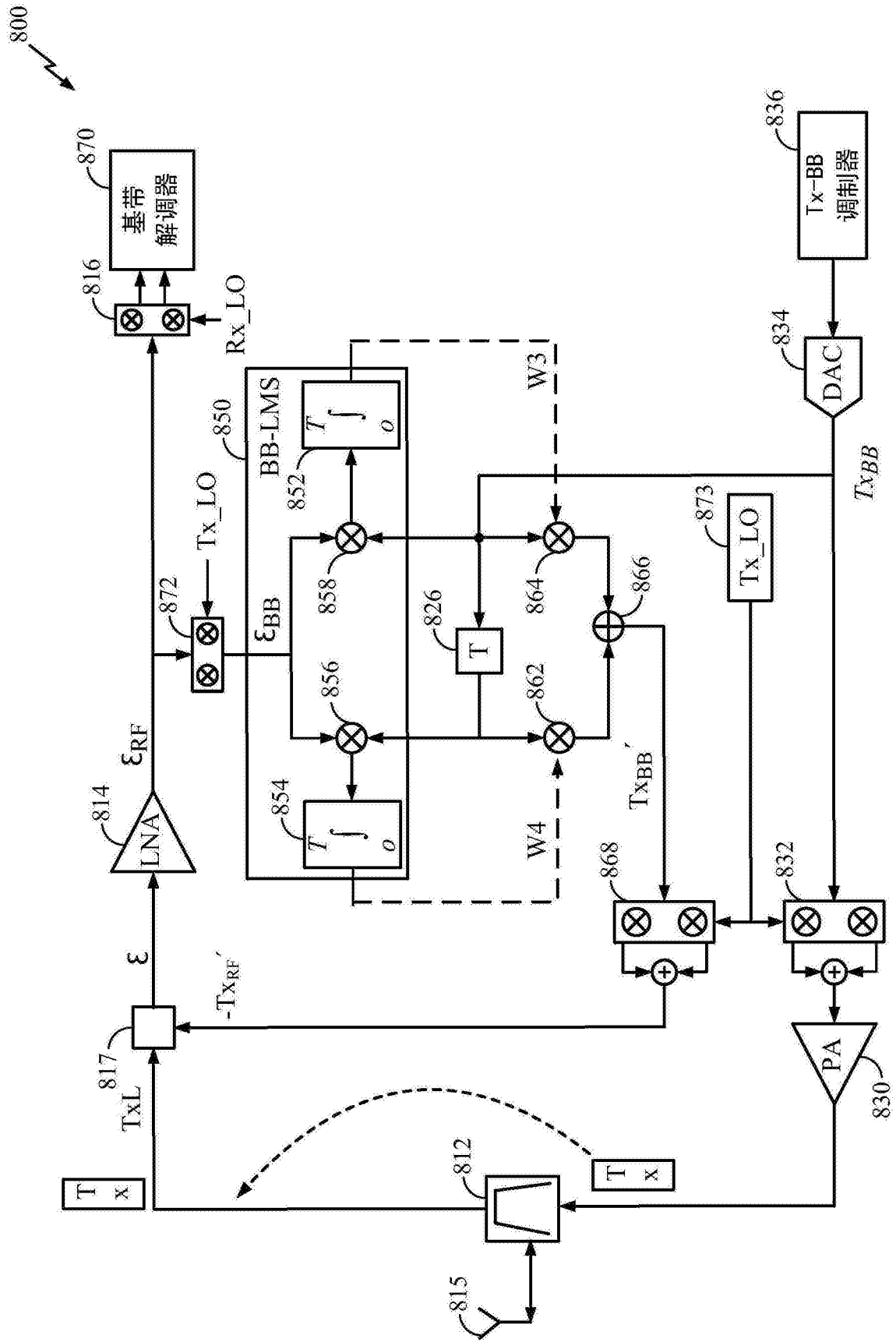


图15

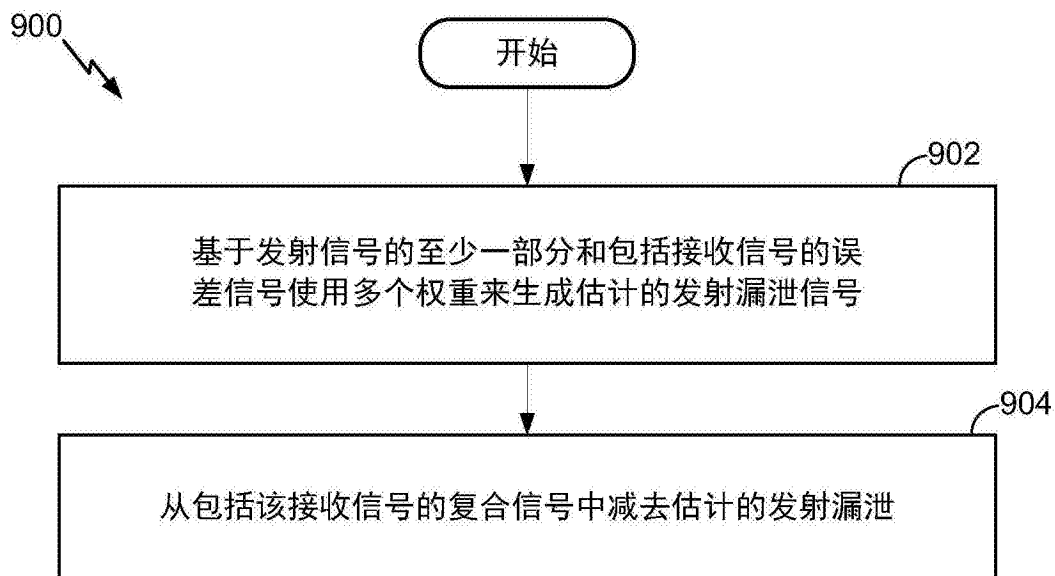


图16

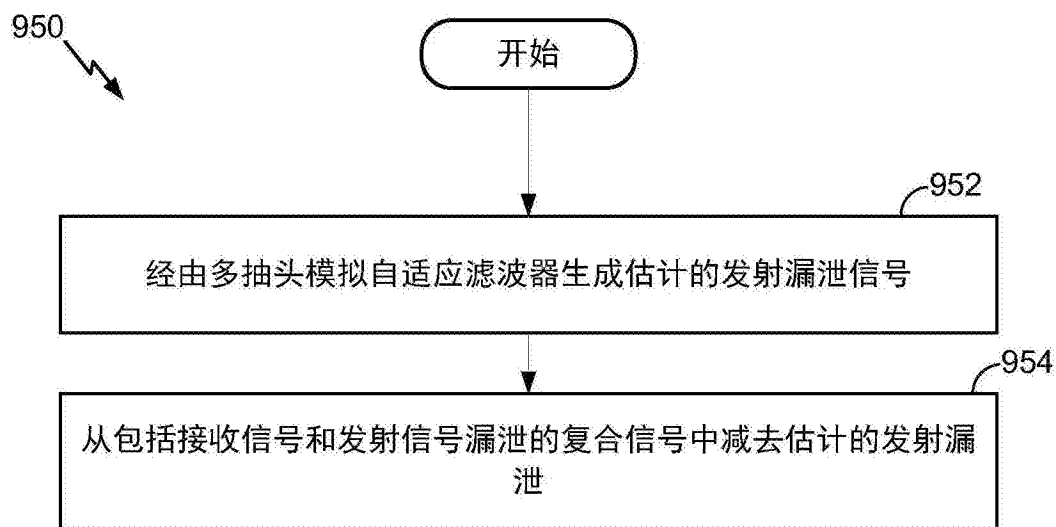


图17