

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04L 25/02 (2006.01)

H04B 1/707 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200680051046. X

[43] 公开日 2009年2月4日

[11] 公开号 CN 101361335A

[22] 申请日 2006.11.15

[21] 申请号 200680051046. X

[30] 优先权

[32] 2005.11.15 [33] US [31] 60/737,454

[32] 2006.4.7 [33] US [31] 11/399,886

[86] 国际申请 PCT/US2006/060948 2006.11.15

[87] 国际公布 WO2007/059518 英 2007.5.24

[85] 进入国家阶段日期 2008.7.14

[71] 申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

[72] 发明人 G·默尔根 V·塞特拉曼

N·卡斯图里 P·苏布拉马尼亚

[74] 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

代理人 宋献涛 王英

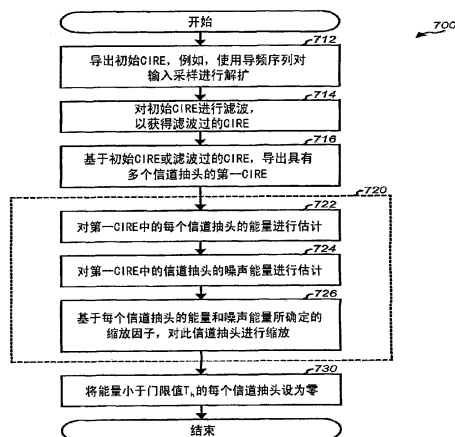
权利要求书 7 页 说明书 16 页 附图 8 页

[54] 发明名称

用于导出无线信道的信道冲激响应估计的方法和装置

[57] 摘要

本申请描述了用于导出质量提高的信道冲激响应估计(CIRE)的技术。具有多个信道抽头的第一CIRE是基于以下量值获得的:(1)根据接收导频信号导出的初始CIRE;或(2)根据初始CIRE导出的滤波过的CIRE。在一方面中,用多个缩放因子缩放第一CIRE中的信道抽头,以获得第二CIRE。对于逐点LMMSE缩放,对每个信道抽头的能量进行估计。例如,基于第一CIRE的一个边缘或两个边缘上的信道抽头的能量,也对信道抽头的噪声能量进行估计。每个信道抽头是基于由此信道抽头的能量和噪声能量所确定的缩放因子进行缩放的。可以将能量小于门限值的每个信道抽头设为零。在另一方面中,第二CIRE是通过将第一CIRE中选定的信道抽头归零而获得的。



1、一种装置，包括：

至少一个处理器，用于导出具有多个信道抽头的第一信道冲激响应估计（CIRE），并使用多个缩放因子对所述多个信道抽头进行缩放，以获得第二 CIRE；

存储器，与所述至少一个处理器相耦合。

2、根据权利要求 1 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：

估计所述多个信道抽头中的每个信道抽头的能量，

估计所述多个信道抽头的噪声能量，

基于由所述多个信道抽头中的每个信道抽头的能量和所述噪声能量确定的缩放因子，对所述信道抽头进行缩放。

3、根据权利要求 2 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于将能量小于门限值的每个信道抽头设为零。

4、根据权利要求 3 所述的装置，其中，所述至少一个处理器基于所述噪声能量设置所述门限值。

5、根据权利要求 2 所述的装置，其中，所述至少一个处理器基于所述第一 CIRE 的至少一个边缘上的至少一个信道抽头的能量，估计所述噪声能量。

6、根据权利要求 2 所述的装置，其中，所述至少一个处理器基于所述第一 CIRE 的左边缘上的至少一个信道抽头和右边缘上的至少一个信道抽头的平均能量，估计所述噪声能量。

7、根据权利要求 2 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
确定所述第一 CIRE 的左边缘上的至少一个信道抽头的第一能量值，

确定所述第一 CIRE 的右边缘上的至少一个信道抽头的第二能量值，
基于所述第一和第二能量值中的较小者，估计所述噪声能量。

8、根据权利要求 1 所述的装置，其中，所述至少一个处理器通过使用
导频序列对输入采样进行解扩而导出所述第一 CIRE。

9、根据权利要求 1 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
基于输入采样，导出初始 CIRE，
对所述初始 CIRE 进行滤波，以获得所述第一 CIRE。

10、根据权利要求 1 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
基于所述第二 CIRE，导出均衡器的系数，
使用所述系数对输入采样进行滤波。

11、根据权利要求 1 所述的装置，其中，所述至少一个处理器将所述
第二 CIRE 用于瑞克接收机。

12、一种方法，包括：
导出具有多个信道抽头的第一信道冲激响应估计（CIRE）；
使用多个缩放因子缩放所述多个信道抽头，以获得第二 CIRE。

13、根据权利要求 12 所述的方法，其中，缩放所述多个信道抽头包括：
估计所述多个信道抽头中的每个信道抽头的能量，
估计所述多个信道抽头的噪声能量，
基于由所述多个信道抽头中的每个信道抽头的能量和所述噪声能量所
确定的缩放因子，缩放所述信道抽头。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其中，估计所述噪声能量包括：
基于所述第一 CIRE 的至少一个边缘上的至少一个信道抽头的能量，估
计所述噪声能量。

15、根据权利要求 12 所述的方法，还包括：

将能量小于门限值的每个信道抽头设为零。

16、一种装置，包括：

导出具有多个信道抽头的第一信道冲激响应估计（CIRE）的模块；

使用多个缩放因子缩放所述多个信道抽头以获得第二 CIRE 的模块。

17、根据权利要求 16 所述的装置，其中，缩放所述多个信道抽头的模块包括：

估计所述多个信道抽头中的每个信道抽头的能量的模块，

估计所述多个信道抽头的噪声能量的模块，

基于由所述多个信道抽头中的每个信道抽头的能量和所述噪声能量所确定的缩放因子而缩放所述信道抽头的模块。

18、根据权利要求 17 所述的装置，其中，估计所述噪声能量的模块包括：

基于所述第一 CIRE 的至少一个边缘上的至少一个信道抽头的能量而估计所述噪声能量的模块。

19、根据权利要求 16 所述的装置，还包括：

将能量小于门限值的每个信道抽头设为零的模块。

20、一种装置，包括：

至少一个处理器，在时域中导出具有多个信道抽头的第一信道冲激响应估计（CIRE），并将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零，以获得第二 CIRE；

存储器，与所述至少一个处理器相耦合。

21、根据权利要求 20 所述的装置，其中，所述至少一个处理器在时域

中通过使用导频序列对输入采样进行解扩而导出所述第一 CIRE。

22、根据权利要求 20 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
确定所述第一 CIRE 的左边缘上的第一小组信道抽头的第一能量值，
确定所述第一 CIRE 的右边缘上的第二小组信道抽头的第二能量值，
如果第一能量值小于第一门限值，则将所述第一小组信道抽头设为零，
如果第二能量值小于第二门限值，则将所述第二小组信道抽头设为零。

23、根据权利要求 22 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
确定所述第一 CIRE 中的所述多个信道抽头的总能量，
基于所述总能量，导出所述第一和第二门限值。

24、根据权利要求 22 所述的装置，其中，所述第一小组和第二小组包括相等数目的信道抽头，并且，所述第一门限值等于所述第二门限值。

25、根据权利要求 20 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
确定所述多个信道抽头中的至少一个信道抽头的总计能量，
如果所述总计能量小于门限值，则将所述至少一个信道抽头设为零。

26、根据权利要求 25 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
确定所述第一 CIRE 中的所述多个信道抽头的总能量，
基于所述总能量，设置所述门限值。

27、根据权利要求 25 所述的装置，其中，所述至少一个处理器以预定次序选择所述至少一个信道抽头，所述预定次序为：在所述第一 CIRE 的左边缘和右边缘之间交替进行，并从所述第一 CIRE 的两端移向所述第一 CIRE 的中间。

28、根据权利要求 25 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
将所述多个信道抽头从最弱到最强进行排序，

从最弱的信道抽头开始按顺序选择所述至少一个信道抽头。

29、根据权利要求 20 所述的装置，其中，所述至少一个处理器将所述多个信道抽头中能量小于门限值的每个信道抽头设为零。

30、根据权利要求 29 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
确定所述多个信道抽头中的峰值能量，
基于所述峰值能量，设置所述门限值。

31、根据权利要求 29 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
基于所述第一 CIRE 的至少一个边缘上的至少一个信道抽头的能量，估计噪声能量，
基于所述噪声能量，设置所述门限值。

32、根据权利要求 29 所述的装置，其中，所述至少一个处理器用于：
确定所述多个信道抽头的总能量，
基于所述总能量，设置所述门限值。

33、一种方法，包括：
在时域中导出具有多个信道抽头的第一信道冲激响应估计（CIRE）；
将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零，以获得第二 CIRE。

34、根据权利要求 33 所述的方法，其中，将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零包括：

确定所述第一 CIRE 的左边缘上的第一小组信道抽头的第一能量值，
确定所述第一 CIRE 的右边缘上的第二小组信道抽头的第二能量值，
如果所述第一能量值小于第一门限值，则将所述第一小组信道抽头设为零，

如果所述第二能量值小于第二门限值，则将所述第二小组信道抽头设为零。

35、根据权利要求 33 所述的方法，其中，将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零包括：

确定所述多个信道抽头中的至少一个信道抽头的总计能量，
如果所述总计能量小于门限值，则将所述至少一个信道抽头设为零。

36、根据权利要求 33 所述的方法，其中，将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零包括：

将所述多个信道抽头中能量小于门限值的每个信道抽头设为零。

37、一种装置，包括：

在时域中导出具有多个信道抽头的第一信道冲激响应估计（CIRE）的模块；

将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零以获得第二 CIRE 的模块。

38、根据权利要求 37 所述的装置，其中，将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零的模块包括：

确定所述第一 CIRE 的左边缘上的第一小组信道抽头的第一能量值的模块，

确定所述第一 CIRE 的右边缘上的第二小组信道抽头的第二能量值的模块，

如果所述第一能量值小于第一门限值则将所述第一小组信道抽头设为零的模块，

如果所述第二能量值小于第二门限值则将所述第二小组信道抽头设为零的模块。

39、根据权利要求 37 所述的装置，其中，将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零的模块包括：

确定所述多个信道抽头中的至少一个信道抽头的总计能量的模块，

如果所述总计能量小于门限值则将所述至少一个信道抽头设为零的模块。

40、根据权利要求 37 所述的装置，其中，将所述多个信道抽头中的选定的信道抽头设为零的模块包括：

将所述多个信道抽头中能量小于门限值的每个信道抽头设为零的模块。

用于导出无线信道的信道冲激响应估计的方法和装置

[0001]本申请要求享受 2005 年 11 月 15 日提交的、题目为“LMMSE Based Methods for Improvement of Channel Impulse Response Estimates in a WCDMA Downlink”、申请号为 60/737,454 的临时美国申请序列的优先权，这份临时申请已转让给本申请的受让人，故以引用方式并入本申请。

技术领域

[0002]概括地说，本发明涉及通信，具体地说，本发明涉及用于导出无线信道的信道估计的技术。

背景技术

[0003]在无线通信系统中，发射机通常需要对业务数据进行处理（例如，编码、交织以及符号映射），以生成数据符号，即数据的调制符号。对于相干系统而言，发射机将导频符号与数据符号进行复用，对复用的数据和导频符号进行处理，从而产生射频（RF）信号，并经由无线信道将此 RF 信号发射出去。无线信号由于信道响应而使得发射的 RF 信号失真，并由于噪声和干扰进一步使信号恶化。

[0004]接收机接收发出的 RF 信号，并对接收的 RF 信号进行处理，以获得输入采样。对于相干数据检测来说，接收机基于接收的导频信号估计无线信道的响应，并导出信道估计。然后，接收机使用信道估计对输入采样进行数据检测（例如，均衡化），以获得符号估计，即发射机发出的数据符号的估计。然后，接收机对此符号估计进行处理（例如，解调、解交织以及解码），以获得解码数据。

[0005]信号估计的质量会对数据检测性能产生很大的影响，并会影响符号估计的质量以及解码数据的可靠性。因此，在本技术领域，需要在无线通信系统中导出高质量的信道估计。

发明内容

[0006] 本文描述用于导出质量提高的信号冲激响应估计 (CIRE) 的技术。

CIRE 是通信信道的时域响应。CIRE 可以用一组信道抽头来表示。

[0007] 在一方面中, CIRE 是通过缩放信道抽头导出的, 例如, 基于逐点线性最小均方误差 (LMMSE) 技术。初始 CIRE 是基于接收导频信号导出的, 例如, 在时域中通过使用导频序列对输入采样进行解扩。可以对初始 CIRE 进行滤波, 以获得滤波过的 CIRE。具有多个信道抽头的第一 CIRE 是基于初始 CIRE 或滤波过的 CIRE 导出的。用多个缩放因子缩放第一 CIRE 中的信道抽头, 以获得第二 CIRE。对于逐点 LMMSE 缩放而言, 对第一 CIRE 中的每个信道抽头的能量进行估计。例如, 基于第一 CIRE 的左边缘和/或右边缘上的少数信道抽头的能量, 还对第一 CIRE 中的信道抽头的噪声能量进行估计。然后, 基于由第一 CIRE 中的每个信道抽头的能量和噪声能量确定的缩放因子, 对此信道抽头进行缩放。可以将能量小于门限值 T_h 的每个信道抽头设为零。可以基于噪声能量或预定值设置门限值 T_h 。

[0008] 在另一方面中, 第二 CIRE 是通过使第一 CIRE 中选定的信道抽头归零而获得的。在一个实施例中, 如果第一 CIRE 的左边缘上的第一小组信道抽头的总计能量小于第一门限值 T_{left} , 则将这些信道抽头设为零。如果第一 CIRE 的右边缘上的第二小组信道抽头的总计能量小于第二门限值 T_{right} , 则也将这些信道抽头设为零。可以基于第一 CIRE 中的信道抽头的总能量 E_{total} 设置第一和第二门限值。在其它实施例中, 将总计能量小于门限值 T_{acc} 的至少一个信道抽头设为零。可以基于 E_{total} 设置门限值 T_{acc} 。可以按照预定次序选择要归零的信道抽头, 在第一 CIRE 的左边缘和右边缘之间交替进行, 并且, 从两端移向中间。或者, 也可以将第一 CIRE 中的信道抽头从最弱到最强进行排列, 可以从最弱的信道抽头开始按顺序选择要归零的信道抽头。在又一个实施例中, 将能量小于门限值 T_h 的第一 CIRE 中的每个信道抽头都设为零。可以基于第一 CIRE 中的信道抽头的噪声能量、峰值能量或总能量设置门限值 T_h 。

[0009] 下面进一步详细地描述本发明的各个方面和实施例。

附图说明

[0010]通过下面结合附图给出的详细描述,本发明的特色和本质将变得更加显而易见,在所有附图中,相同的标记表示相同的部件。

[0011]图 1 示出了无线通信系统中的传输。

[0012]图 2 示出了基站和无线设备的框图。

[0013]图 3 示出了基站中的 CDMA 调制器的框图。

[0014]图 4 示出了无线设备中的均衡器的框图。

[0015]图 5 示出了示例性的信道冲激响应估计。

[0016]图 6 示出了信道估计器的框图。

[0017]图 7 示出了通过缩放信道抽头而导出 CIRE 的处理。

[0018]图 8 示出了通过选择性地使信道抽头归零而导出 CIRE 的处理。

具体实施方式

[0019]这里使用的“示例性的”一词意味着“用作例子、例证或说明”。这里被描述为“示例性”的任何实施例或设计不应被解释为比其他实施例或设计更优选或更具优势。

[0020]图 1 示出了无线通信系统中的示例性的传输。为简明起见,图 1 仅示出了一个基站 110 和一个无线设备 120。基站一般为与无线设备进行通信的固定站,也可称之为节点 B、接入点或其它术语。无线设备可以是固定的或移动的,也可称之为用户装置 (UE)、移动站、用户终端、用户单元或其它术语。无线设备可以是蜂窝电话、个人数字助理 (PDA)、无线调制解调器卡或其它设备或装置。

[0021]基站 110 向无线设备 120 发送 RF 信号。此 RF 信号可以通过一条或多条信号路径 (其可以包括直接路径和/或反射路径) 到达无线设备 120。反射路径是由于无线环境中的阻碍物 (例如,建筑物、树木、交通工具和其它构造物) 引起无线电波的反射而创建的。无线设备 120 可以接收发出的 RF 信号的多个实例或副本。每个接收信号是经由不同的信号路径而获得的,并具有此信号路径所确定的特定复增益和特定时间延迟。无线设备 120 接收的 RF 信号是无线设备中的所有接收信号实例的叠加。无线设备 120 还可能会从其它发射站接收到干扰传输。在图 1 中用虚线示出了干扰传输。

[0022]本申请描述的信道估计技术可以用于各种通信系统,例如,码分多址

(CDMA)系统、时分多址(TDMA)系统、频分多址(FDMA)系统、正交频分多址(OFDMA)系统、单载波FDMA(SD-FDMA)系统等等。CDMA系统可以实现一种或多种无线接入技术(RAT),例如,宽带CDMA(W-CDMA)、cdma2000等。cdma2000涵盖IS-2000、IS-856和IS-95标准。TDMA系统可以实现RAT,例如,用于移动通信的全球系统(GSM)。这些不同的RAT和标准在本领域中是众所周知的。在名为“第三代合作伙伴计划”(3GPP)的联盟的文件中描述了W-CDMA和GSM。在名为“第三代合作伙伴计划2”(3GPP2)的联盟的文件中描述了cdma2000。可公开地获得3GPP和3GPP2文件。OFDMA系统使用OFDM在正交频率子载波上发送频域中的调制符号。SC-FDMA系统在正交频率子载波上发送时域中的调制符号。

[0023]本申请描述的信道估计技术可以用于无线设备以及基站。为简明起见,下面描述的这些技术针对于CDMA系统中的无线设备,其可以是W-CDMA系统或cdma2000系统。说明书的特定部分针对于W-CDMA系统。

[0024]图2示出了基站110和无线设备120的框图。在基站110处,发射(TX)数据处理器210接收供给无线设备的业务数据,并对业务数据进行处理(例如,编码、交织以及符号映射),以生成数据符号。本申请中使用的数据符号是数据的调制符号,导频符号是导频信号的调制符号,一个调制符号是信号群中的一点的复值(例如,用于M-PSK、M-QAM等)。导频符号是基站和无线设备都先验得知的数据。CDMA调制器220对数据符号和导频符号进行处理,下面还将对此进行描述,并向发射机(TMTR)230提供输出码片。发射机230对输出码片进行处理(例如,转换成模拟、放大、滤波以及上变频),并生成RF信号,然后从天线232进行发射。

[0025]在无线设备120处,天线252经由直接路径和/或反射路径接收发出的RF信号,并把接收的RF信号提供给接收机(RCVR)254。接收机254对接收的RF信号进行处理(例如,滤波、放大、下变频以及数字化),以获得接收采样。接收机254还可以对接收采样进行预处理,并将输入采样提供给均衡器/瑞克接收机260。例如,预处理可包括自动增益控制(AGC)、频率校正、数字滤波、采样速率转换等。均衡器/瑞克接收机260对输入采样进行处理(例如,使用均衡器或瑞克接收机),并提供输出采样。CDMA

解调器 270 对输出采样执行与 CDMA 调制器 220 执行的处理呈互补性的处理，并提供符号估计，其是基站 110 发送给无线设备 120 的数据符号的估计。还可以将瑞克接收机和 CDMA 解调器组合起来。接收 (RX) 数据处理器 280 对符号估计进行处理 (例如，符号解映射、解交织以及解码)，并提供解码数据。通常，在基站 110 处，CDMA 解调器 270 和 RX 数据处理器 280 执行的处理分别与 CDMA 调制器 220 和 TX 数据处理器 210 执行的处理互补。

[0026] 控制器/处理器 240 和 290 分别直接控制基站 110 和无线设备 120 中的各个处理单元。存储器 242 和 292 分别将基站 110 和无线设备 120 的数据和程序代码存储起来。

[0027] 图 3 示出了基站 110 中的 CDMA 调制器 220 的框图。为简明起见，以下描述针对于 W-CDMA。CDMA 调制器 220 包括用于业务数据的各物理信道的物理信道处理器 310 和用于导频信号的导频信道处理器 320。在用于物理信道 m 的处理器 310 内，扩频器 312 使用物理信道 m 的正交可变扩频因子 (OVSF) 码 $o_m(n)$ 对数据符号进行扩频，并提供数据码片。对于基站 110，扰频器 314 将数据码片乘以扰频序列 $s_p(n)$ 。乘法器 316 用增益 g_m 缩放扰频器 314 的输出，并提供物理信道 m 的输出码片 $x_m(n)$ 。

[0028] 在导频信道处理器 320 内，扩频器 322 使用导频信号的 OVSF 码 $o_p(n)$ (即全零序列) 扩频导频符号，并提供导频码片。扰频器 324 将导频码片乘以扰频序列 $s_p(n)$ 。乘法器 326 使用增益 g_p 缩放扰频器 324 的输出，并提供导频信道的输出码片 $p(n)$ 。加法器 330 将所有物理信道的输出码片相加，并提供基站 110 的输出码片 $z(n)$ 。

[0029] 在无线设备 120 处，可以将来自接收机 254 的输入采样表示为：

$$\begin{aligned} y(n) &= h(n) \otimes [x_m(n) + p(n)] + w(n) \\ &= \sum_{i=-\infty}^{\infty} h(i) \cdot [x_m(n-i) + p(n-i)] + w(n) \end{aligned} \quad \text{公式 (1)}$$

其中， $x_m(n)$ 是无线设备 120 相关的信号分量，

$p(n)$ 是来自基站 110 的导频信号，

$h(n)$ 是基站 110 和无线设备 120 之间的无线信道的冲激响应，

$w(n)$ 是由 $x_m(n)$ 和 $p(n)$ 观测到的总噪声和干扰，

$y(n)$ 是无线设备 120 处的输入采样，

⊗ 表示卷积。

可以用均衡器对输入采样 $y(n)$ 进行处理，以获得预期信号 $x_m(n)$ 的估计。

[0030]图 4 的框图示出了均衡器 260a, 其是图 2 中的均衡器/瑞克接收机 260 的实施例。对于此实施例，将来自接收机 254 的输入采样 $y(n)$ 提供给信道估计器 410 和有限冲激响应 (FIR) 滤波器 430。信道估计器 410 导出基站 110 和无线设备 120 之间的无线信道的信道冲激响应估计 (CIRE) $h_o(n)$ 。计算单元 420 接收 CIRE $h_o(n)$ ，并基于此 CIRE $h_o(n)$ ，例如，使用 LMMSE、最小均方 (LMS)、递归最小二乘方 (RLS)、直接矩阵求逆 (DMI)、迫零或其它技术，导出均衡器系数 $c(n)$ 。FIR 滤波器 430 使用均衡器系数 $c(n)$ 对输入采样 $y(n)$ 进行滤波，并提供输出采样 $\hat{x}_m(n)$ ，其是预期的输出码片 $x_m(n)$ 的估计。

[0031]信道估计器 410 可以基于从基站 110 接收的导频信号导出初始 CIRE。在一个实施例中，可以如下导出初始 CIRE：

$$\hat{h}(n) = \frac{1}{K} \cdot \sum_{i=0}^{K-1} y(n+i) \cdot p^*(i), \quad \text{其中, } n = 1, \dots, L, \quad \text{公式 (2)}$$

其中， $\hat{h}(n)$ 是索引为 n 的实际信道抽头 $h(n)$ 的初始估计，

K 是累积长度，

“*” 表示复共轭。

在公式 (2) 中，通过在时域中使用导频序列进行解扩来估计索引 n 处的信道抽头 $h(n)$ 。可以通过以下方法实现解扩：将输入采样 $y(n)$ 乘以复共轭导频码片 $p^*(n)$ ，并跨越 K 个码片累积这些结果。 K 是用于导频信号的正交码的长度的整数倍。在 W-CDMA 中用于导频信号的 OVSF 码的长度为 256 个码片，在 cdma2000 中用于导频信号的 Walsh 码的长度为 128 个码片。可以将 K 设为一个导频符号、多个导频符号、一个时隙、多个时隙等等。一个时隙涵盖 W-CDMA 中的 2560 个码片和 cdma2000 中的 768 个码片。

[0032]图 5 示出了基站 110 和无线设备 120 之间的无线信道的示例性初始 CIRE。初始 CIRE 包括 L 个信道抽头。每个信道抽头具有特定的复增益和特定的时间延迟，这两者均取决于无线环境。每个信道抽头与不同的信号路径或多径相关。将最早的信道抽头和最晚的信道抽头之差称为信道延迟

扩展。具有来自遥远物体的反射的“长的”信道具有长的延迟扩展。可以选择 L 大于或等于系统的最长期望延迟扩展。在这种情况下，实际延迟扩展可能在许多情况下远比 L 短。此外，许多信道抽头可能包括所有或大多数噪声和极少的有用能量或无有用能量。

[0033]初始 CIRE 包括估计误差和噪声。可以看出，对于 $h(n)=0$ 的纯噪声抽头，相应的初始信道抽头 $\hat{h}(n)$ 的噪声能量为 $I_o/(K \cdot E_p)$ ，其中， I_o 是无线设备 120 处的总接收能量， E_p 是基站 110 发出的导频信号的每码片能量。此外，可以看出，与较强的信道抽头相比，弱的信道抽头观测到更多噪声。各种技术可以用于提高初始 CIRE。这些技术可以单独或组合应用。

[0034]可以跨越多个更新间隔对初始更新间隔进行滤波，以减少噪声。在一个实施例中，基于 1 抽头的无限冲激响应 (IIR) 滤波器，对每个信道抽头单独进行滤波，如下：

$$\tilde{h}_t(n) = \alpha_h \cdot \hat{h}(n) + (1 - \alpha_h) \cdot \tilde{h}_{t-1}(n) \quad \text{其中, } n=1, \dots, L, \quad \text{公式 (3)}$$

其中， $\tilde{h}_t(n)$ 是更新间隔 t 的索引 n 的滤波信道抽头，

α_h 是确定滤波量的 IIR 滤波器系数。

通常， $1 > \alpha_h > 0$ ，较大的 α_h 对应于较少的滤波，反之亦然。例如，可以将 α_h 设置在 0.15 至 0.5 的范围内。 α_h 可以是固定值或可配置的值，并可以进行选择，以提供良好的性能。公式 (3) 中的滤波减少了噪声。还可以用其它方式和用其它类型的滤波器进行滤波。为简明起见，在下面描述中略去了索引 t ， $\tilde{h}(n)$ 表示当前更新间隔的滤波信道抽头。

[0035]在一个实施例中，初始信道抽头 $\hat{h}(n)$ 用作第一 CIRE 的输入信道抽头 $h_i(n)$ ，即， $h_i(n) = \hat{h}(n)$ ，从而导出质量提高的第二 CIRE 的输出信道抽头 $h_o(n)$ 。在另一个实施例中，滤波信道抽头 $\tilde{h}(n)$ 用作输入信道抽头 $h_i(n)$ ，即， $h_i(n) = \tilde{h}(n)$ ，从而导出输出信道抽头 $h_o(n)$ 。对于这两个实施例而言，可以对输出信道抽头 $h_o(n)$ 进行滤波，也可以不对其进行滤波。可以基于各种后处理方案导出输出信道抽头。

[0036]在一种后处理方案中，通过缩放第一 CIRE 中的输入信道抽头获得第二 CIRE 中的输出信道抽头。可以将输入信道抽头 $h_i(n)$ 表示为：

$$h_i(n) = h(n) + w_i(n), \quad \text{其中, } n = 1, \dots, L, \quad \text{公式 (4)}$$

其中, $w_i(n)$ 是输入信道抽头 $h_i(n)$ 的估计误差和噪声(或简称为噪声)。为简明起见,可以假设噪声 $w_i(n)$ 是方差为 σ_h^2 的零平均值。可以看出,对于所有 L 个输入信道抽头 $h_i(n)$ 来说,噪声方差是类似的,因此,可以用 σ_h^2 表示,它不是抽头索引 n 的函数。此噪声特性可以用于导出质量提高的输出信道抽头,如下所述。

[0037]可以基于逐点LMMSE技术或其它技术导出实际信道抽头 $h(n)$ 的估计。逐点LMMSE技术是指在逐个抽头的基础上应用LMMSE技术。可以将 $h(n)$ 的逐点LMMSE估计表示为:

$$\begin{aligned} h_o(n) &= \frac{\mathbf{E}\{|h(n)|^2\}}{\mathbf{E}\{|h_i(n)|^2\}} \cdot h_i(n), \\ &= \frac{\mathbf{E}\{|h_i(n)|^2\} - \sigma_h^2}{\mathbf{E}\{|h_i(n)|^2\}} \cdot h_i(n), \quad \text{其中, } n = 1, \dots, L, \quad \text{公式 (5)} \\ &= \left(1 - \frac{\sigma_h^2}{\mathbf{E}\{|h_i(n)|^2\}}\right) \cdot h_i(n), \end{aligned}$$

其中, $\mathbf{E}\{\}$ 表示期望运算,

$\mathbf{E}\{|h(n)|^2\}$ 是实际信道抽头 $h(n)$ 的期望能量,

$\mathbf{E}\{|h_i(n)|^2\}$ 是输入信道抽头 $h_i(n)$ 的期望能量,

$h_o(n)$ 是输出信道抽头,即 $h(n)$ 的逐点LMMSE估计。

[0038]公式(5)提供了根据噪声估计 $h_i(n)$ 对 $h(n)$ 的“最佳”线性估计,其中,所使用的“最佳”一词是从估计的最小均方误差的意义上说的,因此, $h_o(n)$ 产生出 $\mathbf{E}\{|h_o(n) - h(n)|^2\}$ 的最小值。公式(5)表明, $h(n)$ 的最佳线性估计可用 $h_i(n)$ 的缩放版本来表示,其中,缩放因子取决于 $\mathbf{E}\{|h_i(n)|^2\}$ 和 σ_h^2 。可以如下所述对量 $\mathbf{E}\{|h_i(n)|^2\}$ 和 σ_h^2 进行估计。

[0039]可以用各种方式估计输入信道抽头 $h_i(n)$ 的能量。在一个实施例中,通过计算输入信道抽头的平方值估计信道抽头能量,如下:

$$E(n) = |h_i(n)|^2, \quad \text{其中, } n = 1, \dots, L \quad \text{公式 (6)}$$

其中, $E(n)$ 是输入信道抽头 $h_i(n)$ 的估计能量。

[0040]在另一个实施例中,通过计算每个更新间隔对应的输入信道抽头的平

均值并跨越多个更新间隔求平均来估计信道抽头能量。可以用 1 抽头的 IIR 滤波器实现平均化，如下：

$$E_t(n) = \alpha_e \cdot |h_i(n)|^2 + (1 - \alpha_e) \cdot E_{t-1}(n), \quad \text{其中, } n=1, \dots, L, \quad \text{公式 (7)}$$

其中， $E_t(n)$ 是更新间隔 t 对应的输入信道抽头 $h_i(n)$ 的估计能量，

α_e 是信道抽头能量的 IIR 滤波器系数。

系数 α_e 可以是固定值或可配置的值，并可以进行选择，以实现良好的性能。例如，可以将 α_e 设为 0.5 或其它值。

[0041] 还可以用其它方式估计信道抽头能量。在以下描述中， $E(n)$ 表示输入信道抽头 $h_i(n)$ 的估计能量。可以如公式 (6) 或 (7) 所示或基于其它公式导出 $E(n)$ 。

[0042] 可以用其它方式估计噪声方差 σ_h^2 ，也称之为噪声能量。可以选择第一 CIRE 的长度足够地长，从而，期望至少一个边缘可包含纯的或大部分噪声抽头。可以使非零信道抽头居中，从而，期望第一 CIRE 的两个边缘可包含纯的或大部分噪声抽头。这种居中可以通过以下步骤实现：(1) 计算第一 CIRE 的信道抽头的权重中心；(2) 将权重中心置于索引 $L/2$ 处或接近 $L/2$ 处。然后，基于第一 CIRE 的一个或两个边缘上的噪声抽头估计噪声能量。

[0043] 在一个实施例中，通过将第一 CIRE 的 Q 个最左边的信道抽头和 Q 个最右边的信道的能量求平均来估计噪声能量，如下：

$$E_l = \frac{1}{Q} \cdot \sum_{n=1}^Q E(n), \quad \text{公式 (8)}$$

$$E_r = \frac{1}{Q} \cdot \sum_{n=L-Q+1}^L E(n), \quad \text{公式 (9)}$$

$$E_{noise} = \frac{1}{2} (E_l + E_r), \quad \text{公式 (10)}$$

其中， E_l 是索引 1 至 Q 对应的 Q 个最左边的信道抽头的平均能量， E_r 是索引 $L-Q+1$ 至 L 对应的 Q 个最右边的信道抽头的平均能量。通常， Q 和 L 可以是任何适当的值。举个例子， L 可以等于 64， Q 可以等于 4。

[0044] 在另一个实施例中，通过取 E_l 和 E 的最小值来估计噪声能量，如下：

$$E_{noise} = \eta \cdot \min \{E_l, E_r\}, \quad \text{公式 (11)}$$

其中， η 是缩放因子，用于说明取 E_l 和 E 的最小值统计地产生出实际噪声能量的较小估计这一事实。例如，可以将 η 设为 1.3 或其它值。当非零信道抽头在第一 CIRE 中非居中时，此实施例更具鲁棒性。

[0045]在又一个实施例中，噪声能量 E_{noise} 是可编程的值，而不是基于 $h(n)$ 的噪声估计计算而来的。在以下描述中， E_{noise} 表示用于导出输出信道抽头 $h_o(n)$ 的输入信道抽头 $h_i(n)$ 的估计噪声能量。

[0046]在一个实施例中，基于逐点 LMMSE 技术缩放每个输入信道抽头。对于此实施例，可以如下导出输出信道抽头：

$$h_o(n) = \left(1 - \frac{E_{noise}}{E(n)}\right) \cdot h_i(n) \quad \text{其中, } n=1, \dots, L \quad \text{公式 (12)}$$

在公式 (12) 所示的实施例中，每个输入信道抽头 $h_i(n)$ 是基于由此信道抽头的能量 $E(n)$ 和噪声能量 E_{noise} 所确定的缩放因子而进行缩放的。

[0047]在另一个实施例中，如果每个输入信道抽头足够地强，则基于逐点 LMMSE 技术缩放此抽头，否则，使其归零。如果输入信道抽头的能量超过门限值 T_h ，则认为其足够地强。对于此实施例，可以如下导出输出信道抽头：

$$h_o(n) = \begin{cases} \left(1 - \frac{E_{noise}}{E(n)}\right) \cdot h_i(n) & \text{如果 } E(n) > T_h \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad \text{其中, } n=1, \dots, L \quad \text{公式 (13)}$$

门限值 T_h 的设置可以基于噪声能量 E_{noise} 、总能量等等。例如， T_h 可以设为 $T_h = \beta_h \cdot E_{noise}$ ，其中，可以把 β_h 设为 1.5 或其它值。 β_h 还可以是可编程的值。

[0048]还可以用其它方式缩放输入信道抽头。例如，可以基于其它技术而不是逐点 LMMSE 技术缩放输入信道抽头。还可以共同地缩放输入信道抽头。对于此实施例，可以确定出跨越多个信道抽头的相关性，并且，其用于缩放信道抽头。

[0049]图 6 的框图示出了用于第一后处理方案的信道估计器 410 的实施例。初始信道估计器 610 接收输入采样 $y(n)$ ，并导出初始 CIRE，例如，如公式 (2) 所示。滤波器 612 对初始 CIRE 中的信道抽头 $\hat{h}(n)$ 进行滤波，例如，如公式 (3) 所示，并提供滤波过的信道抽头 $\tilde{h}(n)$ 。选择器 614 提供初始信

道抽头 $\hat{h}(n)$ 或滤波过的信道抽头 $\tilde{h}(n)$ 作为第一 CIRE 的输入信道抽头 $h_i(n)$ 。例如，选择器 614 可以为快速改变的信道提供初始信道抽头 $\hat{h}(n)$ ，并为缓慢改变的信道提供滤波过的信道抽头 $\tilde{h}(n)$ 。

[0050] 信道抽头能量估计器 616 估计每个输入信道抽头的能量 $E(n)$ ，例如，如公式 (6) 或 (7) 所示。噪声能量估计器 618 估计输入信道抽头的噪声能量 E_{noise} ，例如，基于第一 CIRE 的两边缘上的少数输入信道抽头的能量，如公式 (10) 或 (11) 所示。最终信道估计器 620 基于输入信道抽头 $h_i(n)$ 、信道抽头能量 $E(n)$ 和噪声能量 E_{noise} 而导出第二 CIRE 的输出信道抽头 $h_o(n)$ ，例如，如公式 (12) 或 (13) 所示。最终信道估计器 620 还可以例如基于 IIR 滤波器或其它类型的滤波器对输出信道抽头进行滤波。

[0051] 图 7 示出了通过缩放信道抽头而导出 CIRE 的处理 700。初始 CIRE 是基于接收导频信号导出的，例如，在时域中通过使用导频序列对输入采样进行解扩 (框 712)。可以对初始 CIRE 进行滤波，以获得滤波过的 CIRE (框 714)。基于初始 CIRE 或滤波过的 CIRE，导出具有多个信道抽头的第一 CIRE (框 716)。使用多个缩放因子缩放第一 CIRE 中的信道抽头，以获得第二 CIRE (框 720)。

[0052] 在框 720 的一个实施例中，对第一 CIRE 中的每个信道抽头的能量进行估计，例如，如公式 (6) 或 (7) 所示 (框 722)。例如，基于第一 CIRE 的左边缘和/或右边缘上的少数信道抽头的能量，还对第一 CIRE 中的信道抽头的噪声能量进行估计 (框 724)。第一 CIRE 中的每个信道抽头是基于此信道抽头的能量和噪声能量所确定的缩放因子而进行缩放的，例如，如公式 (12) 所示 (框 726)。可以将能量小于门限值 T_h 的每个信道抽头设为零，例如，如公式 (13) 所示 (框 730)。可以基于噪声能量或预定值设置门限值 T_h 。

[0053] 在第二后处理方案中，通过使第一 CIRE 中选定的输入信道抽头归零而获得第二 CIRE 中的输出信道抽头。第二方案可以用各种方式实现。

[0054] 在第二方案的第一实施例中，第二 CIRE 具有基于噪声能量而自适应选择的长度。对于此实施例，可以如下估计第一 CIRE 的左边缘能量 E_{left} 、右边缘能量 E_{right} 和总能量 E_{total} ：

$$E_{left} = \sum_{n=1}^{P_{left}} E(n), \quad \text{公式 (14)}$$

$$E_{right} = \sum_{n=L-P_{right}+1}^L E(n), \quad \text{公式 (15)}$$

$$E_{total} = \sum_{n=1}^L E(n), \quad \text{公式 (16)}$$

其中, P_{left} 和 P_{right} 分别是用于计算左边缘和右边缘能量的信道抽头数。通常, P_{left} 可以等于 P_{right} , 也可以不等于 P_{right} 。举个例子, L 可以等于 64, P_{left} 和 P_{right} 可以都等于 15。 P_{left} 和 P_{right} 可以是固定值或可配置的值, 并可以进行选择, 以实现良好的性能。 $E(n)$ 可以是输入信道抽头 $h_i(n)$ 的瞬时能量, 如公式 (6) 所示, 或者, 也可以是 $h_i(n)$ 的平均能量, 如公式 (7) 所示。左边缘能量 E_{left} 还可以基于 CIRE 的左边缘上的第一小组信道抽头进行确定, 右边缘能量 E_{right} 可以基于 CIRE 的右边缘上的第二小组信道抽头进行确定。每个小组都可以包括相应边缘上的任意数量的信道抽头和任何信道抽头。

[0055]如果左边缘能量小于门限值 T_{left} , 则使左边缘上的 P_{left} 个信道抽头归零, 否则, 保持不变, 如下:

$$h_o(n) = \begin{cases} h_i(n) & \text{如果 } E_{left} < T_{left} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad \text{其中, } n = 1, \dots, P_{left} \quad \text{公式 (17)}$$

同样, 如果右边缘能量小于门限值 T_{right} , 则使右边缘上的 P_{right} 个信道抽头归零, 否则, 保持不变, 如下:

$$h_o(n) = \begin{cases} h_i(n) & \text{如果 } E_{right} < T_{right} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad \text{其中, } n = L - P_{right} + 1, \dots, L \quad \text{公式 (18)}$$

可以基于总能量 E_{total} 设置门限值 T_{left} 和 T_{right} 。例如, 可以把 T_{left} 和 T_{right} 设为 $T_{left} = T_{right} = \beta_1 \cdot E_{total}$, 其中, 可以把 β_1 设为 0.05 或其它值。 T_{left} 和 T_{right} 也可以是可编程的值。

[0056]在第二方案的第二实施例中, 以预定次序使输入信道抽头相继归零, 一次一个信道抽头, 直到去除了特定比例的总能量为止。对于此实施例,

索引 j 表示要考虑的输入信道抽头的数目, 并从 1 延续到 L , 即, $j = 1, 2, \dots, L$ 。输入信道抽头可以一次考虑一个, 例如, 从端部开始, 向中间进行, 并在两端之间交替进行。索引 j' 表示要考虑的哪个输入信道抽头, 并可以基于索引 j 进行定义, 如下:

$$j' = (j+1)/2 \quad \text{对于奇数 } j \text{ 而言,} \quad \text{公式 (19)}$$

$$j' = L - (j-2)/2 \quad \text{对于偶数 } j \text{ 而言。} \quad \text{公式 (20)}$$

索引 j' 首先选择两端上的输入信道抽头, 然后在右边缘和左边缘之间交替进行。因此, 随着索引 j 从 1 到 L , $j' = 1, L, 2, L-1, 3, L-2, \dots, L/2, L/2+1$ 。

[0057] 可以将 j 个输入信道抽头的累积能量 $E_{acc}(j)$ 表示为:

$$E_{acc}(j) = E_{acc}(j-1) + E(j'), \quad \text{公式 (21)}$$

其中, $E(j')$ 是输入信道抽头 $h_i(j')$ 的估计能量, 其可以如公式 (6) 或 (7) 所示导出, 可以将 $E_{acc}(j)$ 初始化为 $E_{acc}(0) = 0$ 。

[0058] 对于 j 的每个值来说, 选择输入信道抽头 $h_i(j')$, 并使用所选信道抽头的能量 $E(j')$ 更新累积能量 $E_{acc}(j)$ 。如果更新的累积能量 $E_{acc}(j)$ 小于门限值 T_{acc} , 则使输入信道抽头 $h_i(j')$ 归零, 否则, 保持不变, 如下:

$$h_o(j') = \begin{cases} h_i(j') & \text{如果 } E_{acc}(j) < T_{acc} \\ 0 & \text{否则} \end{cases} \quad \text{其中, } j = 1, \dots, L \quad \text{公式 (22)}$$

可以基于总能量 E_{total} 设置门限值 T_{acc} 。例如, 可以将 T_{acc} 设为 $T_{acc} = \beta_{acc} \cdot E_{total}$, 其中, 可以将 β_{acc} 设为 0.05 或其它值。 T_{acc} 还可以是可编程的值。

[0059] 在第二方案的第三实施例中, 以预定次序使弱的输入信道抽头相继归零, 一次一个信道抽头, 直到去除了特定比例的总能量为止。对于此实施例, 索引 j 可以从 1 延续至 L 。对于 j 的每个值来说, 如果输入信道抽头 $h_i(j')$ 的能量 $E(j')$ 小于门限值 T_h , 则认为其较弱。如果输入信道抽头 $h_i(j')$ 较弱, 那么: (1) 更新累积能量 $E_{acc}(j)$, 以使其包括此信道抽头的能量; (2) 如果更新的累积能量小于门限值 T_{acc} , 则使此信道抽头归零。如果输入信道抽头 $h_i(j')$ 不弱, 或者, 如果更新的累积能量不小于门限值 T_{acc} , 则使其保持不变。

门限值 T_h 和 T_{acc} 可以基于噪声能量 E_{noise} 、总能量 E_{total} 等等进行设置，或可以是可编程的值。

[0060]在第二方案的第四实施例中，将输入信道抽头从最弱到最强进行排序，并依次使其相继归零，一次一个信道抽头，直到去除了特定比例的总能量为止。对于此实施例，索引 j 可以从 1 延续至 L 。对于 j 的每个值来说，在还未被考虑的所有输入信道抽头之中选择最弱的信道抽头，更新累积能量 $E_{acc}(j)$ ，以使其包括所选信道抽头的能量。如果更新的累积能量小于门限值 T_{acc} ，则使所选信道抽头归零，否则，使其保持不变。门限值 T_{acc} 可以基于总能量 E_{total} 进行设置，或可以是可编程的值。

[0061]在第二方案的第五实施例中，使弱的初始信道抽头归零。如果输入信道抽头的能量小于门限值 T_h ，则认为其较弱。在一个实施例中，门限值 T_h 是基于总能量 E_{total} 进行设置的，例如，如 $T_h = \beta_{ht} \cdot E_{total}$ ，其中，可以将 β_{ht} 设为 0.01 或其它值。在另一个实施例中，门限值 T_h 是基于噪声能量 E_{noise} 进行设置的，例如，如 $T_h = \beta_{hn} \cdot E_{noise}$ ，其中，可以将 β_{hn} 设为 1.5 或其它值。在又一个实施例中，门限值 T_h 是基于最大输入信道抽头的能量 E_{peak} 进行设置的，例如，如 $T_h = \beta_{hp} \cdot E_{peak}$ ，其中，可以将 β_{hp} 设为 0.01 或其它值。门限值 T_h 还可以基于其它量进行设置，或可以是可编程的值。

[0062]上面描述了使输入信道抽头选择性归零的各种实施例。还可以用其它方式使输入信道抽头归零，这也处于本发明的保护范围内。

[0063]返回参照图 6，最终信道估计器 620 接收输入信道抽头 $h_i(n)$ ，其可以是初始信道抽头 $\hat{h}(n)$ 或滤波过的信道抽头 $\tilde{h}(n)$ 。最终信道估计器 620 还可以接收信道抽头能量 $E(n)$ 、边缘能量 E_{left} 和/或 E_{right} 、总能量 E_{total} 、噪声能量 E_{noise} 等。最终信道估计器 620 可以基于所接收的能量和/或可编程的值导出一个或多个门限值。然后，最终信道估计器 620 可以基于如上所述的实施例的任意一个或任意组合而使所选的输入信道抽头归零。

[0064]图 8 示出了通过选择性地使信道抽头归零而导出 CIRE 的处理 800。初始 CIRE 是基于接收导频信号导出的，例如，在时域中通过使用导频序列对输入采样进行解扩（框 812）。可以将初始 CIRE 进行滤波，以获得滤波过的 CIRE（框 814）。具有多个信道抽头的第一 CIRE 是基于初始 CIRE 或滤波过的 CIRE 导出的（框 816）。将第一 CIRE 中的所选信道抽头设为零，

以获得第二 CIRE (框 820)。

[0065]对于上述的第一实施例,如果第一 CIRE 的左边缘上的第一小组信道抽头的总计能量 E_{left} 小于第一门限值 T_{left} ,则将这些信道抽头设为零(框 822)。如果第一 CIRE 的右边缘上的第二小组信道抽头的总计能量 E_{right} 小于第二门限值 T_{right} ,则也将这些信道抽头设为零(框 824)。第一和第二小组可以包括相同或不同数目的信道抽头。每个小组都可以包括第一 CIRE 中的信道抽头总数的特定比例(例如,大约四分之一)。第一门限值可以等于第二门限值,可以基于第一 CIRE 中的信道抽头的总能量来设置这两个门限值。

[0066]对于上述的第二、第三和第四实施例,将总计能量小于门限值 T_{acc} 的至少一个信道抽头设为零(框 832)。可以基于第一 CIRE 中的信道抽头的总能量设置门限值 T_{acc} 。对于第二和第三实施例,以预定次序选择要归零的信道抽头,该预定次序为:在第一 CIRE 的左边缘和右边缘之间交替进行,并从两端移向中间。对于第四实施例,将第一 CIRE 中的信道抽头从最弱到最强排列,并从最弱的信道抽头开始按顺序选择要归零的信道抽头。对于第五实施例,将能量小于门限值 T_h 的每个信道抽头设为零(框 842)。可以基于第一 CIRE 中的信道抽头的噪声能量、峰值能量或总能量来设置门限值 T_h 。

[0067]还可以基于第一和第二后处理方案对输入信道抽头进行处理。例如,可以基于上述任意一个实施例使输入信道抽头归零,并且,可以基于逐抽头的 LMMSE 技术缩放未归零的输入信道抽头。

[0068]第二 CIRE 可以用于导出均衡器的系数,如图 4 所示。第二 CIRE 还可以用于瑞克接收机。瑞克接收机包括多个支路处理器(或简称为“支路”),并且,每个支路都被指定去处理相关的信号实例。第二 CIRE 可以用于识别要指定由支路处理的强信号实例。第二 CIRE 还可以用于在组合指定支路的输出之前对这些输出进行加权。

[0069]本文描述的信道估计技术可通过多种方式来实现。例如,这些技术可以用硬件、固件、软件或它们结合的方式来实现。对于硬件实现,用于进行信道估计的处理单元可以实现在一个或多个专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理器件(DSPD)、可编程逻辑器件(PLD)、

现场可编程门阵列（FPGA）、处理器、控制器、微控制器、微处理器、电子器件、用于执行本文所述功能的其他电子单元或其组合中。

[0070]对于固件/软件实现，这些技术可用执行本文所述功能的模块（例如，过程、函数等）来实现。这些固件和/或软件代码可以存储在存储器（如，图 2 中的存储器 292）中，并由处理器（如处理器 290）执行。存储器可以实现在处理器内，也可以实现在处理器外。

[0071]所公开实施例的上述描述使得本领域技术人员能够实现或者使用本发明。对于本领域技术人员来说，这些实施例的各种修改是显而易见的，并且本文定义的总体原理也可以在不脱离本发明的精神或保护范围的基础上应用于其他实施例。因此，本发明并不限于本文给出的实施例，而是与符合本文公开的原理和新颖特征的最广范围相一致。

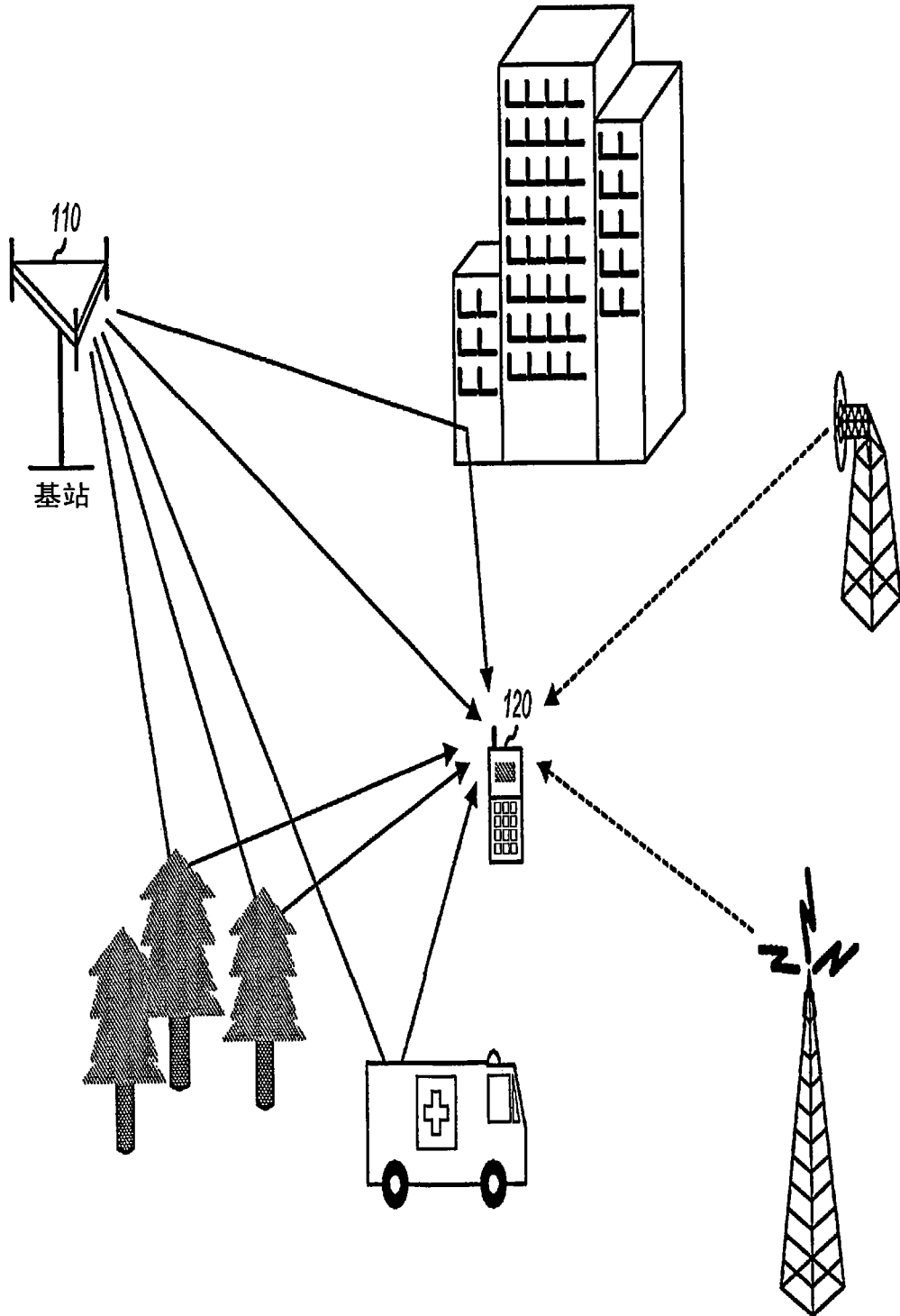


图1

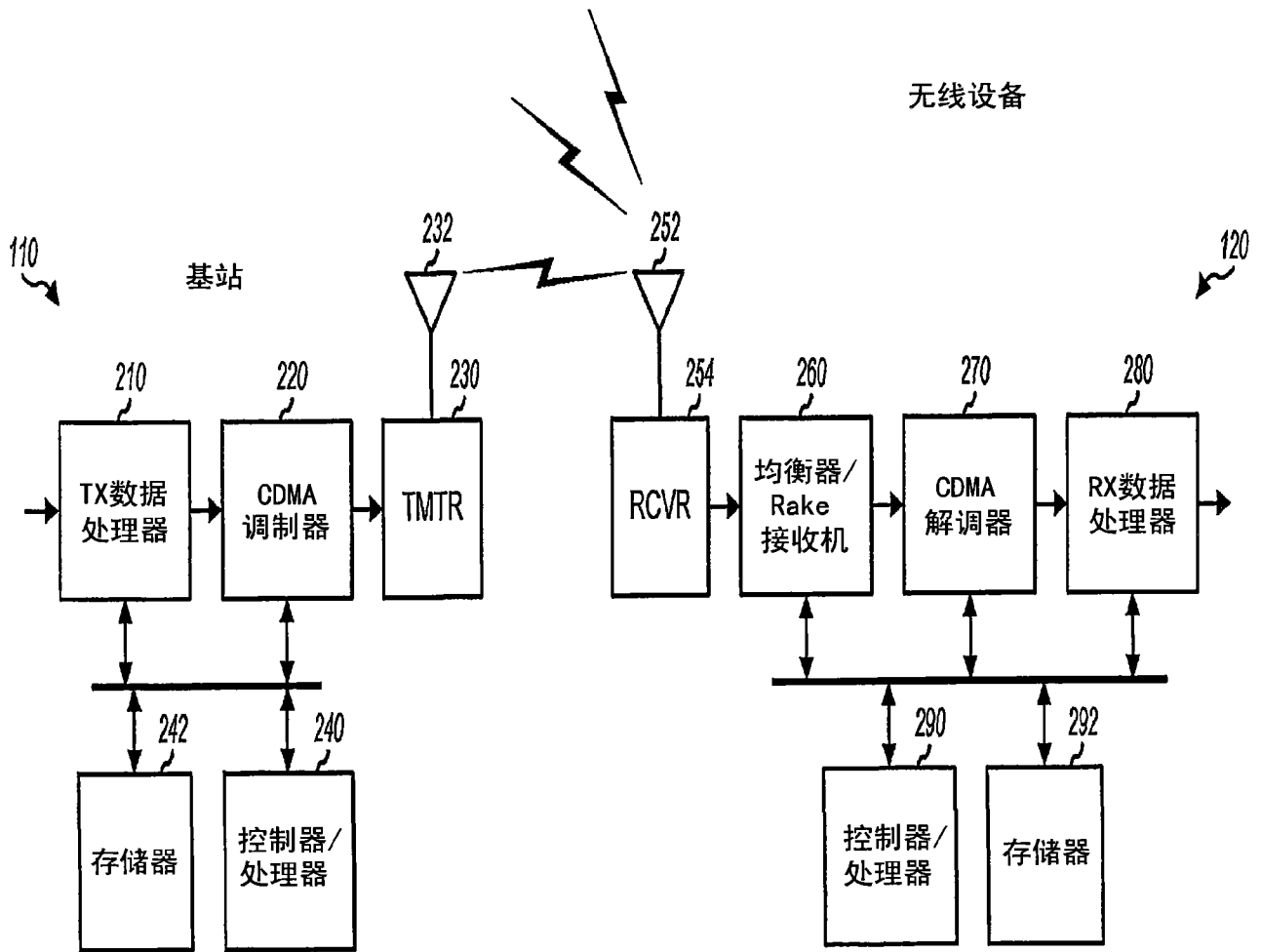


图2

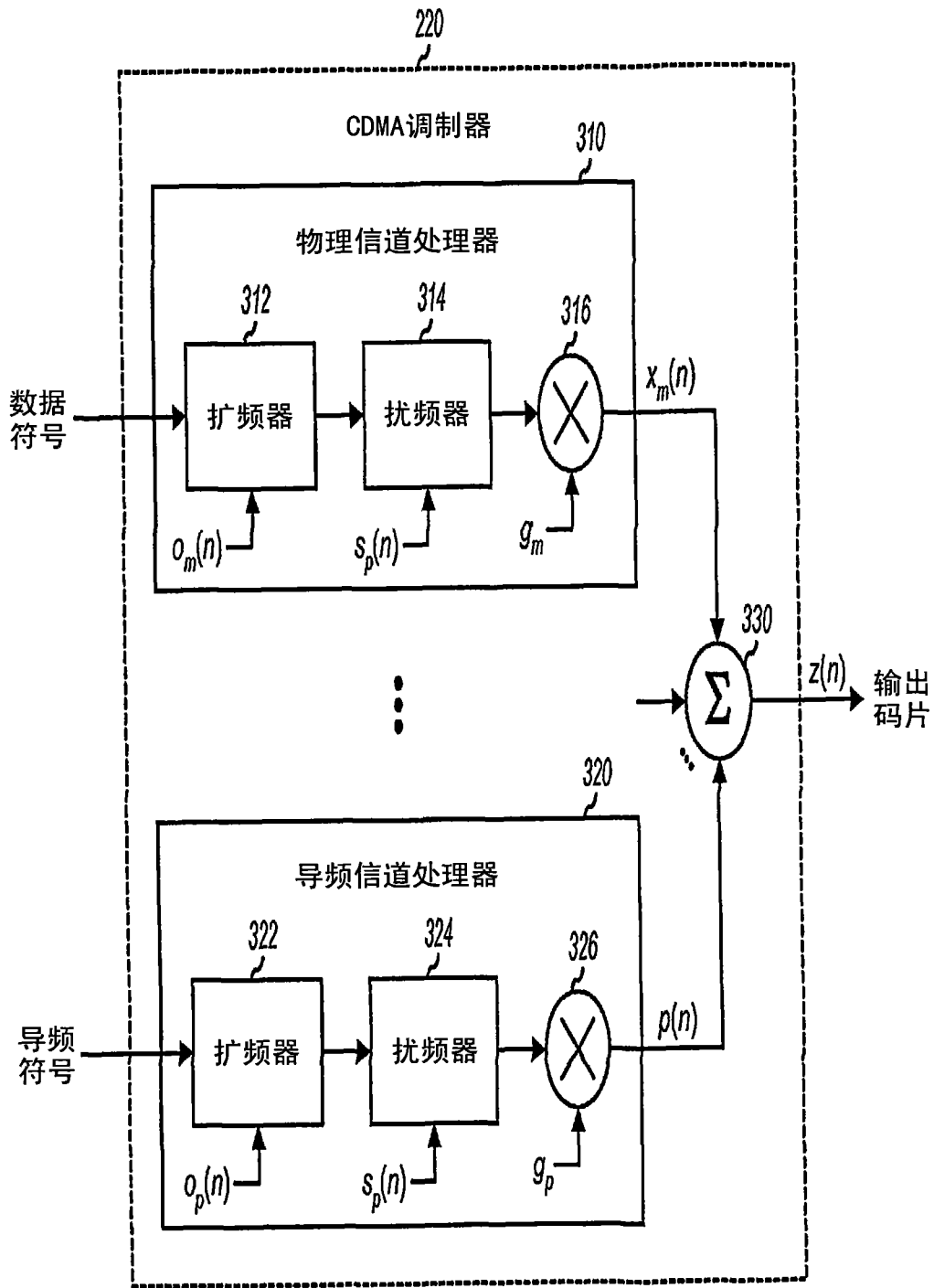


图3

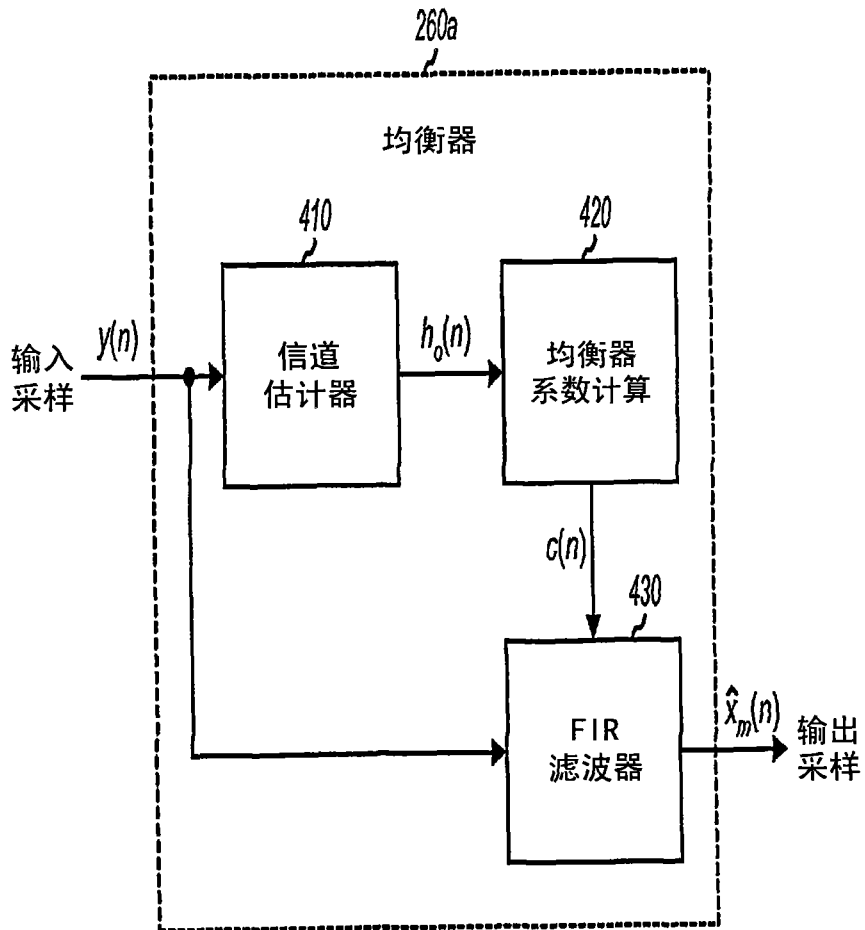


图4

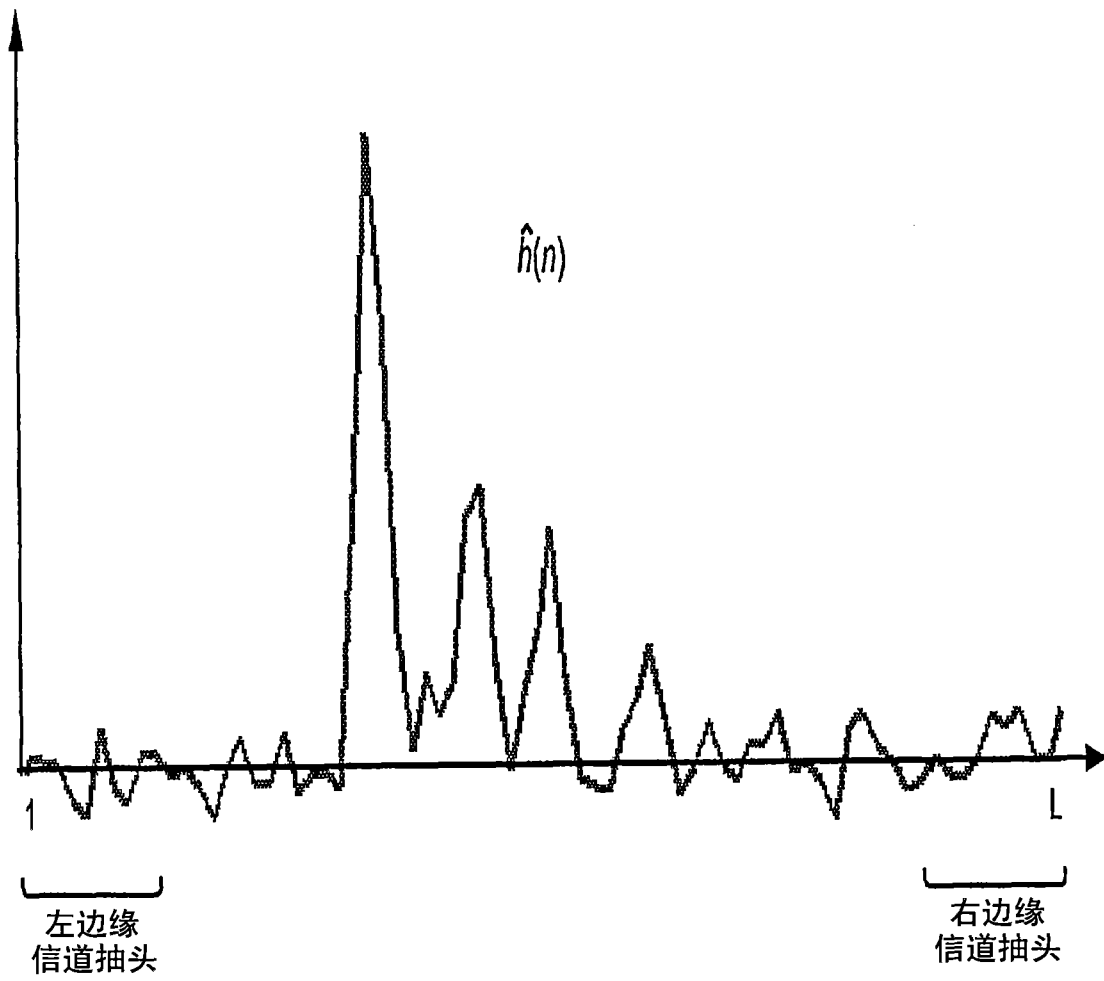


图5

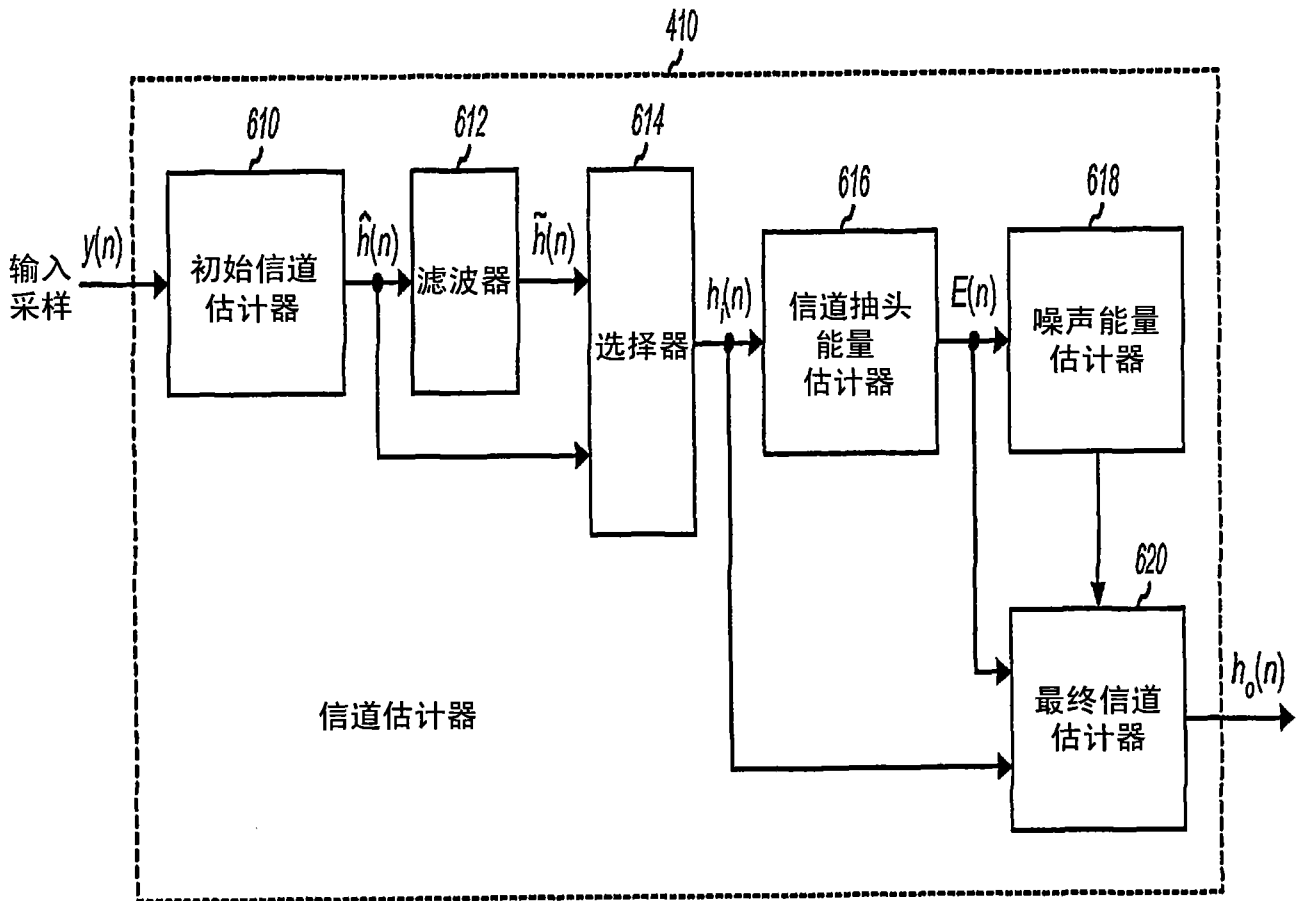


图6

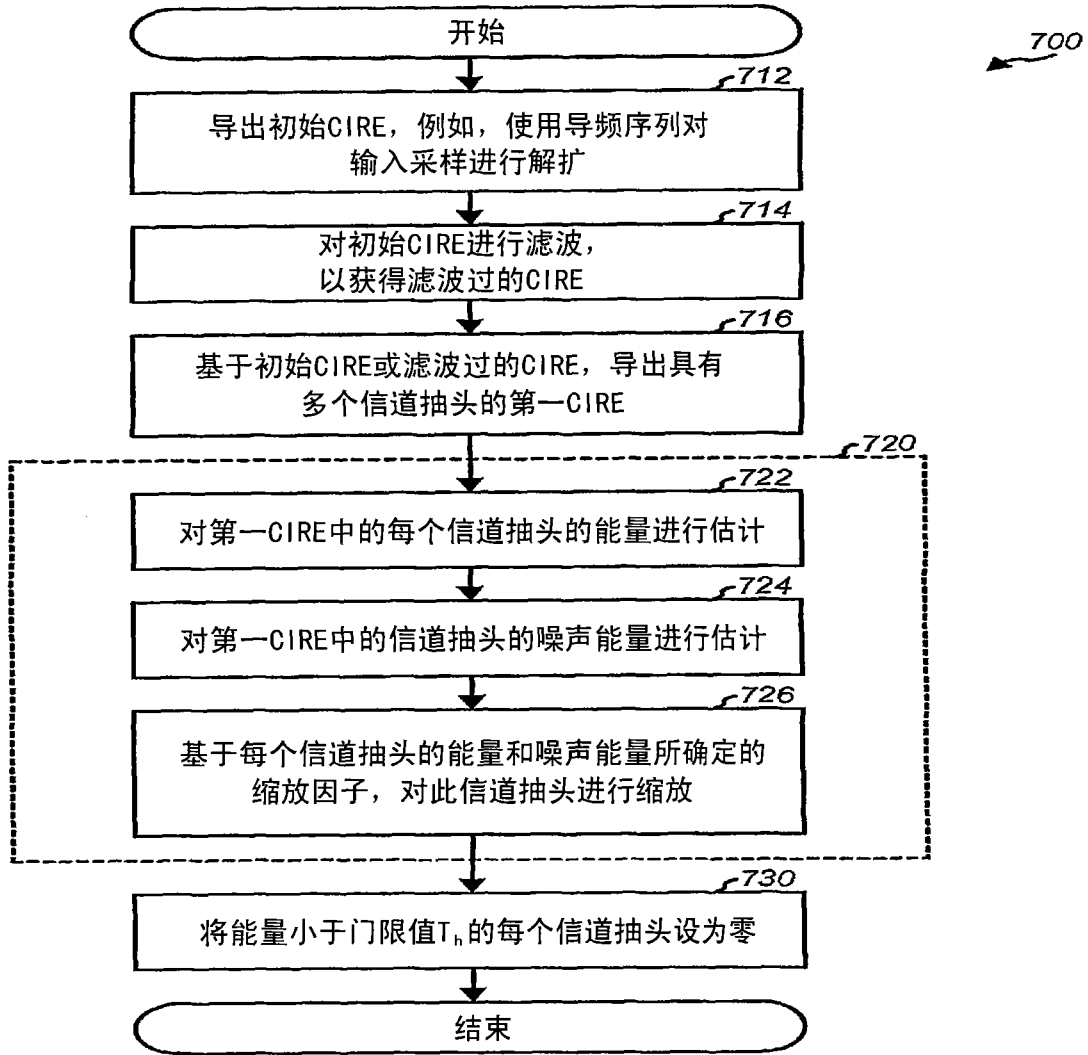


图7

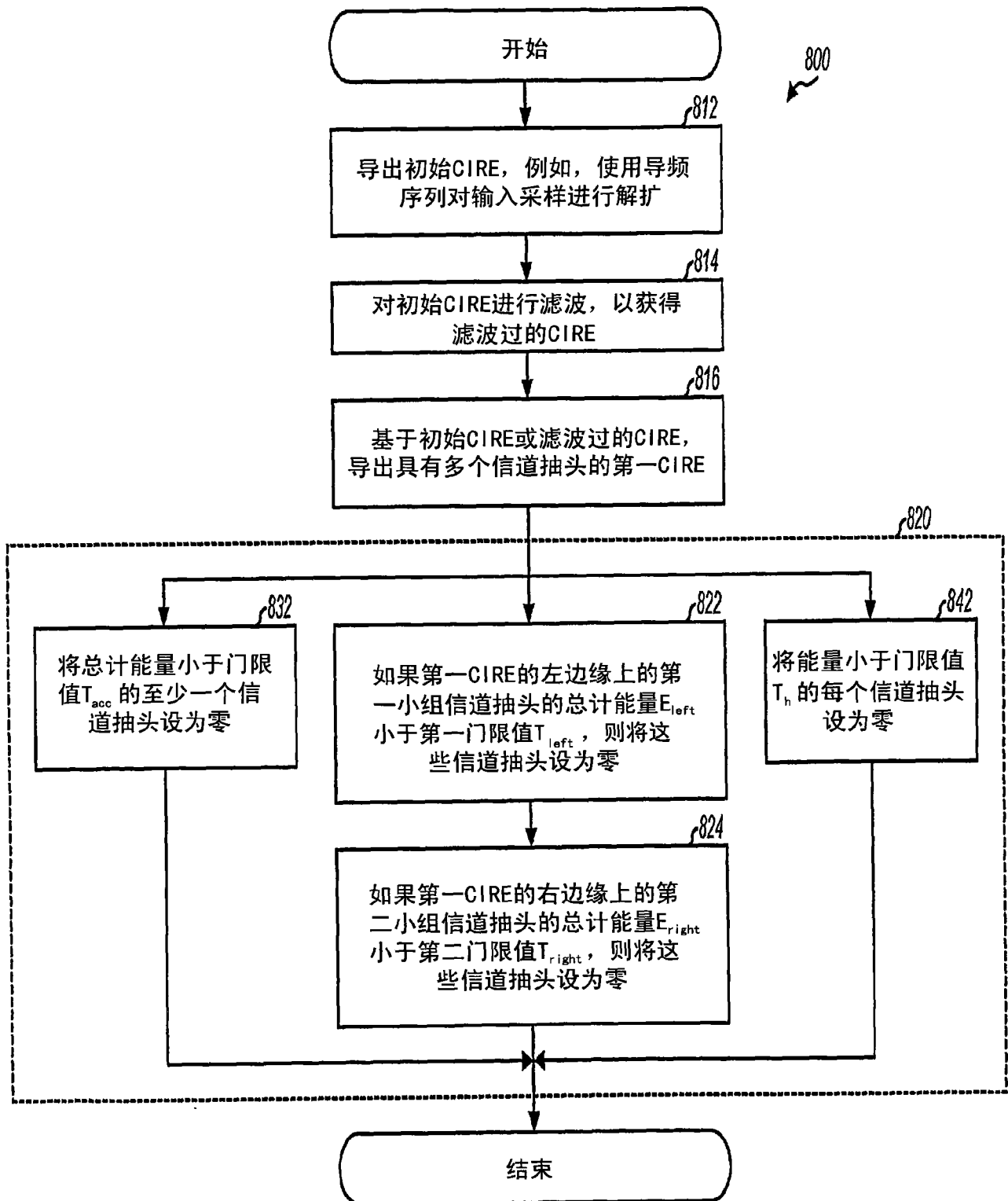


图8