



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111108461 A

(43)申请公布日 2020.05.05

(21)申请号 201880059808.3

(22)申请日 2018.09.21

(30)优先权数据

62/565,040 2017.09.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2020.03.13

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/052303 2018.09.21

(87)PCT国际申请的公布数据

WO2019/067329 EN 2019.04.04

(71)申请人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 J·F·吉可 H·贝让 A·科斯拉

(74)专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限公司 11287

代理人 杨林勳

(51)Int.Cl.

G06F 1/3206(2019.01)

G06F 1/3234(2019.01)

H04W 52/02(2009.01)

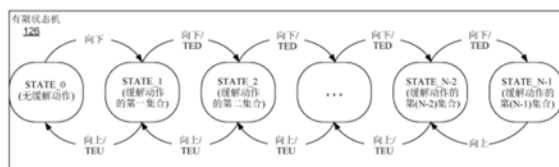
权利要求书3页 说明书11页 附图13页

(54)发明名称

调制解调器热管理

(57)摘要

调制解调器热管理可以包含状态机监测与调制解调器相关联的温度,响应于检测到所述温度相对于阈值的更改而设置模式,以及应用与所述状态机的当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合。所述状态机可以响应于检测到所述温度更改而设置计时器,并且随后响应于所述计时器的期满而从所述当前状态转变到另一状态。所述所监测的温度可以是结温或表层温度。



1. 一种用于调制解调器热管理的方法,其包括:
监测与调制解调器相关联的温度;
响应于检测到所述温度相对于阈值的更改而设置状态机的模式;以及
应用与所述状态机的当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中设置所述模式包括:
响应于确定所述温度升高到高于高阈值而将所述模式设置为向下模式;以及
响应于确定所述温度降低到低于低阈值而将所述模式设置为向上模式。
3. 根据权利要求2所述的方法,其进一步包括:
响应于检测到所述温度更改而设置计时器;以及
响应于所述计时器的期满而转变所述状态机的所述当前状态。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中应用一或多个热缓解动作的集合是响应于将所述模式设置为所述向下模式而发生。
5. 根据权利要求4所述的方法,其中设置所述计时器包括设置向上计时器和向下计时器之一。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中每个状态与向上计时值和向下计时值相关联。
7. 根据权利要求6所述的方法,其中转变所述状态机的所述当前状态包括:
响应于所述向下计时器的期满而在向下方向上转变;以及
响应于所述向上计时器的期满而在向上方向上转变。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中一或多个热缓解动作的所述集合包含使用可用MIMO层的第一简化子集。
9. 根据权利要求1所述的方法,其中一或多个热缓解动作的所述集合包含监测SCe11的简化子集。
10. 根据权利要求1所述的方法,其中监测与调制解调器相关联的温度包括至少以下之一:
监测结温;以及
监测表层温度。
11. 一种用于调制解调器热管理的系统,其包括:
至少一个热传感器;以及
状态机,其被配置成控制:
监测与调制解调器相关联的温度;
响应于检测到所述温度相对于阈值的更改而设置状态机的模式;以及
应用与所述状态机的当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合。
12. 根据权利要求11所述的系统,其中所述状态机被配置成通过被配置成控制以下操作来控制设置所述模式:
响应于确定所述温度升高到高于高阈值而将所述模式设置为向下模式;以及
响应于确定所述温度降低到低于低阈值而将所述模式设置为向上模式。
13. 根据权利要求12所述的系统,
其进一步包括一或多个计时器;
其中所述状态机被进一步配置成控制:

响应于检测到所述温度更改而设置所述一或多个计时器;以及
响应于所述一或多个计时器的期满而转变所述状态机的所述当前状态。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中所述状态机被配置成响应于将所述模式设置为所述向下模式而控制应用一或多个热缓解动作的集合。

15. 根据权利要求14所述的系统,其中:

所述至少一个计时器包括向上计时器和向下计时器;并且

其中所述状态机被配置成控制设置所述向上计时器和所述向下计时器。

16. 根据权利要求15所述的系统,其中每个状态与向上计时值和向下计时值相关联。

17. 根据权利要求16所述的系统,其中所述状态机被配置成通过被配置成控制以下操作来控制转变所述状态机的所述当前状态:

响应于所述向下计时器的期满而在向下方向上转变;以及

响应于所述向上计时器的期满而在向上方向上转变。

18. 根据权利要求11所述的系统,其中一或多个热缓解动作的所述集合包含使用可用MIMO层的第一简化子集。

19. 根据权利要求11所述的系统,其中一或多个热缓解动作的所述集合包含监测SCell的简化子集。

20. 根据权利要求11所述的系统,其中所述热传感器包括以下的一项或多项:

结热传感器;以及

表层热传感器。

21. 一种用于调制解调器热管理的系统,其包括:

用于监测与调制解调器相关联的温度的装置;

用于响应于检测到所述温度相对于阈值的更改而设置状态机的模式的装置;以及

用于应用与所述状态机的当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合的装置。

22. 根据权利要求21所述的系统,其中所述用于设置所述模式的装置包括:

用于响应于确定所述温度升高到高于高阈值而将所述模式设置为向下模式的装置;以

及

用于响应于确定所述温度降低到低于低阈值而将所述模式设置为向上模式的装置。

23. 根据权利要求22所述的系统,其进一步包括:

用于响应于检测到所述温度更改而设置计时器的装置;以及

用于响应于所述计时器的期满而转变所述状态机的所述当前状态的装置。

24. 根据权利要求23所述的系统,其中:

所述用于应用一或多个热缓解动作的集合的装置包括用于响应于将所述模式设置为所述向下模式而应用一或多个热缓解动作的所述集合的装置;并且

所述系统进一步包括用于响应于将所述模式设置为所述向上模式而移除一或多个热缓解动作的装置。

25. 根据权利要求24所述的系统,其中所述用于设置所述计时器的装置包括设置向上计时器和向下计时器之一。

26. 根据权利要求25所述的系统,其中每个状态与向上计时值和向下计时值相关联。

27. 根据权利要求26所述的系统,其中所述用于转变所述状态机的所述当前状态的装

置包括：

用于响应于所述向下计时器的期满而在向下方向上转变的装置；以及
用于响应于所述向上计时器的期满而在向上方向上转变的装置。

28. 根据权利要求21所述的系统，其中一或多个热缓解动作的所述集合包含用于使用可用MIMO层的第一简化子集的装置。

29. 根据权利要求21所述的系统，其中一或多个热缓解动作的所述集合包含用于监测SCell的简化子集的装置。

30. 根据权利要求21所述的系统，其中所述用于监测与调制解调器相关联的温度的装置包括至少以下之一：

用于监测结温的装置；以及
用于监测表层温度的装置。

调制解调器热管理

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2017年9月28日提交的标题为“MODEM THERMAL MANAGEMENT”的美国临时专利申请No. 62/565,040的权益和优先权,所述申请的内容通过引用整体结合于本文中,如同在下面对其进行了全面地阐述并用于所有适用的目的。

背景技术

[0003] 便携式计算装置(“PCD”)正成为人们在个人和专业级别上的必需品。PCD可以包含蜂窝式电话、便携式数字助理、便携式游戏控制台、掌上型计算机和其它便携式电子处理装置。

[0004] PCD包含各种电子子系统和组件,诸如芯片上系统(“SoC”)。SoC可以包含例如中央处理单元(“CPU”)、图形处理单元(“GPU”)和数字信号处理器(“DSP”)。PCD可以包含调制解调器及其它组件。调制解调器可以是SoC的一部分或者可以是分立的芯片。

[0005] 在操作中,PCD内的电子电路产生热量或热能,过量的热量或热能可以对电路是有害的或者灼伤用户的手。所产生的热能的量可以根据操作条件而变化。例如,在高工作负荷水平或数据速率下操作时,处理器可以产生大量的热能。

[0006] 一些PCD包含位于电子电路附近的热传感器,其被监测以确定PCD或其部分是否已达到阈值或临界温度。热传感器的读数指示PCD已经达到此类阈值温度时,可以启动旨在降低热能生产或以其他方式减轻热能的不利影响的动作。例如,可以降低应用到处理器的电压或频率。使用温度反馈来调整PCD如何操作有时被称为“热管理”或“热缓解”。一般地,在PCD性能(例如,服务质量或“QoS”)与热缓解之间存在折衷。积极或粗略地调整操作参数以减少热能生产可以不利地影响QoS或其它PCD性能特性。通信技术的改进提供了更高的数据速率,并且相应地要求更细致入微的热管理技术。

发明内容

[0007] 公开了用于调制解调器热管理的方法,系统和计算机程序产品。

[0008] 用于调制解调器热管理的示范性方法可以包含监测与调制解调器相关联的温度,响应于检测到温度相对于阈值的更改而设置状态机的模式,以及应用与状态机的当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合。

[0009] 用于调制解调器热管理的示范性系统可以包含一或多个热传感器和一个状态机,所述状态机被配置成控制:监测与调制解调器相关联的温度,响应于检测到温度相对于阈值的更改而设置状态机的模式,以及应用与状态机的当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合。

[0010] 用于调制解调器热管理的示范性系统可以包含用于监测与调制解调器相关联的温度的装置,用于响应于检测到温度相对于阈值的更改而设置状态机的模式的装置,以及用于应用与状态机的当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合的装置。

附图说明

[0011] 在附图中,除非另有说明,否则在各个视图中,相似的参考标号指代相似的部分。对于带有诸如“102A”或“102B”的字母字符名称的参考标号,字母字符名称可以区分同一附图中存在的两个相似的部分或元件。在意图使某个参考标号包含所有附图中具有所述相同参考标号的所有部分时,可以省略用于参考标号的字母符号名称。

[0012] 图1是根据示范性实施例的具有调制解调器热管理系统的用户设备(“UE”)的一部分的框图。

[0013] 图2是根据示范性实施例的图1的热缓解引擎的状态机的状态机图。

[0014] 图3是根据示范性实施例的用于调制解调器热管理的方法的一部分的流程图。

[0015] 图4是图3的流程图的延续。

[0016] 图5是图3和4的流程图的延续。

[0017] 图6绘示了由六个状态定义的状态配置。

[0018] 图7是示出所测量的温度随时间变化的曲线图,所测量的温度诸如为由结热传感器所测量的结温或由表层热传感器所测量的表层温度。

[0019] 图8是根据示范性实施例的热缓解动作的集合的表。

[0020] 图9A是根据示范性实施例的热缓解动作的集合的另一表。

[0021] 图9B是图9A的表的延续。

[0022] 图9C是图9A-9B的表的延续。

[0023] 图9D是图9A-9C的表的延续。

[0024] 图10是根据示范性实施例的PCD或类似UE的框图。

具体实施方式

[0025] 词语“示范性”在本文中被用来表示“用作示例、实例或说明”。本文描述为“示范性”的任何方面并非一定被解释为优选于或优于其它方面。

[0026] 无线通信系统被广泛部署以提供各种电信服务,诸如电话、视频、数据、消息和广播。典型的无线通信系统可以采用能够通过共享可用系统资源(例如,带宽,发射功率)来支持与多个用户进行通信的多址技术。此类多址技术的示例包含码分多址(“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、单载波频分多址(“SC-FDMA”)系统及时分同步码分多址(“TD-SCDMA”)系统。

[0027] 这些多址技术已在各种电信标准中被采用以提供使得不同无线装置能够在城市、国家、地区,以及甚至全球级别上进行通信的共用协议。示例电信标准是长期演进(“LTE”)。LTE技术的进步的示例被称为5G。术语5G表示LTE技术的进步,包含例如无线接口的各种进步、处理改进、以及能够实现更高带宽以提供另外的特征和连接性。

[0028] 作为示例,无线多址通信系统可以包含多个基站(其在一些示例中可以被称为eNodeB或eNB),每个基站同时支持用于多个通信装置(也称为用户设备(“UE”))的通信。基站可以在下行链路信道(例如,用于从基站到UE的传输)和上行链路信道(例如,用于从UE到基站的传输)上与UE进行通信。

[0029] 术语“便携式计算装置”(“PCD”)在本文中被用来描述在诸如电池的有限容量电源上操作的任何装置。PCD是UE的示例。虽然电池操作的PCD已使用数十年,但是与第三代

（“3G”）和第四代（“4G”）无线技术的出现相结合的可再充电电池中的技术进步已使得许多PCD能够具有多种能力。PCD的示例包含蜂窝式电话、卫星电话、寻呼机、个人数字助理（“PDA”）、智能电话、导航装置、智能本或阅读器、媒体播放器、上述装置的组合或带有无线连接的膝上型计算机或平板计算机及其它。

[0030] 术语“组件”、“系统”、“子系统”、“模块”、“数据库”等等在本文中用来指代计算机有关的实体：硬件、固件、或者硬件和固件的组合。例如，组件可以是但不限于是其一部分的处理器、如由程序、进程、对象、线程、可执行程序等配置的处理器或其一部分。组件可以位于一个系统上和/或分布在两个或两个以上系统之间。

[0031] 术语“应用”或“应用程序”可以被同义地用来指代具有可执行内容（例如，对象代码、脚本、字节代码、标记语言文件、补丁等）的软件实体。另外，“应用”可以进一步包含本质上不可执行的文件，例如数据文件、配置文件、文档等。

[0032] 术语“中央处理单元”（“CPU”）、“数字信号处理器”（“DSP”）和“图形处理单元”（“GPU”）是可以驻留在PCD中的处理器的非限制性示例。除非另有说明，否则这些术语在本文中可以被互换地使用。

[0033] 如图1所绘示的，在说明性或示范性实施例中，系统100可以包含一或多个天线102、调制解调器104、处理器106和存储器108及其它元件（为清晰起见而未示出）。系统100可以是UE的一部分。系统100还可以包含热缓解引擎（“TME”）110。调制解调器104、处理器106、存储器108和TME 110各自可以经由一或多个总线112直接或间接地相互通信。调制解调器104可以被配置成经由天线102与基站（例如，eNB）、其它UE或其它无线通信装置（未示出）实现双向无线通信。

[0034] 调制解调器104可以包含RF处理模块114、发射器（“TX”）116和接收器（“RX”）118。这些组件可以共同地对数据分组进行调制，并且将调制后的数据分组以射频提供给天线102进行传输，以及对从天线102收到的数据分组进行解调。

[0035] 发射器116和接收器118可以包含控制各种调制解调器功能的处理器（未示出）。例如，发射器116可以包含多输入多输出（“MIMO”）处理器（未示出），其被配置成对数据符号、控制符号和/或参考符号执行空间处理（例如，预编码），并且可以向调制器提供输出符号流以便进行传输。类似地，接收器118可以包含MIMO检测器（未示出），其被配置成从解调器获得收到的符号，对收到的符号执行MIMO检测，以及提供检测到的符号。

[0036] 发射器116和接收器118可以包含被配置成与载波聚合（“CA”）模式相关联地控制辅小区（“SCell”）的监测和解码的其它处理器。在CA模式中操作的UE可以被配置成将诸如控制和反馈功能的多个载波的某些功能聚合在相同载波上，所述相同载波可以被称为主分量载波。使用主分量载波与UE进行通信的网络实体、eNB、接入点等被称为主小区或“PCell”。依赖于主载波得到支持的剩余载波被称为“辅分量载波”。使用辅助分量载波与UE进行通信的网络实体、eNB、接入点等被称为“辅小区”或“SCell”。

[0037] 虽然TME 110可以是如图1中所示出的单独的组件（例如，硬件），但备选的是或另外，相应TME软件（或固件）120可以被存储在存储器108中。如配置有TME软件120的处理器106可以提供下述关于TME 110的一些功能。在还有的其它实施例（未示出）中，此类TME可以主要地或甚至完全地体现在配置有软件的一或多个处理器中。在其中处理器配置有软件、指令、逻辑等的实施例中，此类软件、指令、逻辑等的组合和其被存储或者在其它情况下采

用非暂时性计算机可执行形式驻留所在的存储器包括“计算机程序产品”或其部分,如在专利词典中所理解的所述术语。

[0038] 系统100可以进一步包含一或多个结热传感器122和一或多个表层热传感器124。结热传感器122可以位于芯片(例如,调制解调器芯片)的一部分上,而表层热传感器124可位于其中含有调制解调器104的PCD或其它UE的外壳或表层上。TME 110被配置成接收来自结热传感器122和表层热传感器124的温度测量。TME 110可以周期性地对与调制解调器104相关联的温度进行采样,例如每T秒一次(其中T可以是任何数字,诸如,例如小于1的分数)。TME 110可以收集和存储多个样本(即,温度测量),连同指示测量或收集每个样本的时间的数据,或指示在样本之中的相对测量或收集时间的数据。

[0039] 如下面进一步详细描述, TME 110可以应用调制解调器特定的热缓解动作。TME 110向调制解调器104应用热缓解动作,其通常与可以被应用到诸如CPU、GPU等的处理器且涉及动态电压和频率调节(“DVFS”)的热缓解动作不同。

[0040] 如本领域技术人员所理解的, DVFS技术可以调整应用到处理器或类似装置的频率和电压,以实现处理器性能水平和处理器功率消耗水平(或热能产生水平)的所需组合。尽管将DVFS应用到处理器和类似设备可以是有效的,但是直接将DVFS应用到调制解调器可妨碍必要的调制解调器功能。本文中描述的热管理方法和系统可以在保留必要的调制解调器功能的同时提供有效的调制解调器热缓解。

[0041] TME 110可以包含有限状态机(“FSM”) 126、向上计时器(Up timer) 128和向下计时器(Down timer) 130。如图2中所绘示的, FSM 126具有多个(“N”)状态STATE_0、STATE_1、STATE_2等,直至STATE_N-2和最后到STATE_N-1(在STATE_2与STATE_N-2之间可存在另外的状态,但为清晰起见而未在图2中单独示出,由省略号(“...”)指示)。数字N可以是大于或等于2的任何整数。STATE_0是其中FSM 126开始操作(例如,在UE启动时)的初始状态。

[0042] 注意,下面描述的每个计时值可以独立于所有其它计时值被设置,并且可以不同于所有其它计时值(包含相同状态下的相反计时值)。仅作为示例, STATE_1至STATE_N-1中的每一个与两个计时值相关联:向上计时值和向下计时值。

[0043] 与一个状态相关联的向上计时值可以不同于与另一个状态相关联的向上计时值,并且与一个状态相关联的向下计时值可以不同于与另一个状态相关联的向下计时值。向上计时器128被配置成加载有向上计时值中所选择的一个,而向下计时器130被配置成加载有向下计时值中所选择的一个。

[0044] 向上计时器128和向下计时器130每个被配置成计数或者确定与向上和向下计时值中所选择的一个相关联的某个时间量(或时钟周期数或与时间有关的其它参数)是否已经过去。虽然向上计时器128和向下计时器130可以包括计数器,但如本领域技术人员所理解的,此类计数器可以被配置成向上计数到所述计时值,或者从所述计时值向下计数。

[0045] STATE_1至STATE_N-1中的每一个与一或多个热缓解动作的一个集合相关联。下面描述热缓解动作的示例。没有与STATE_0相关联的热缓解动作。一般地,状态范围(例如, STATE_1至STATE_N-1)可以对应于热缓解动作的集合的频谱。越接近于频谱的一端,例如越接近于STATE_1,热缓解动作的相应集合可对调制解调器性能和功率节省具有越小的影响,而越接近于频谱的另一端,例如越接近于STATE_N-1,热缓解动作的相应集合可对调制解调器性能具有越大的影响,并因此节省越多的功率。

[0046] 在频谱中间的集合可以对调制解调器性能具有中等影响和对节能具有中等影响。此外,可以相对于此类频谱来选择向上计时器128和向下计时器130使用的计时值。越接近于热缓解动作的集合对调制解调器性能具有更小影响所在的频谱的末端,可以使用越短的计时值,而越接近于热缓解动作的集合对调制解调器性能具有更大影响所在的频谱末端,可以使用越长的计时值。

[0047] 在示例中,第一对向上和向下计时值可以与STATE_1相关联,第二对向上和向下计时值可以与STATE_2相关联,等等,直至可以与STATE_N-1相关联的第(N-1)对向上和向下计时值。虽然在此示例中每对向上和向下计时值与恰好一个状态相关联,但在其它示例中相同对的向上和向下计时值可以与不止一个状态相关联。进一步,所有计时值可以是可编程的。

[0048] FSM 126还可以被配置成将从热传感器122和124收到的温度测量与两个温度阈值(高温阈值和低温阈值)进行比较。术语“高”和“低”在本文中使用时,除了表示由高温阈值表示的温度高于由低温阈值表示的温度之外没有其它意义。高温阈值和低温阈值可以表示任何温度值(即,温度水平)。

[0049] 基于收集的温度测量,FSM 126可以被配置成确定诸如结温或表层温度的所测量的温度是上升到高于还是下降到低于高温阈值和低温阈值之一。典型地,可以使用两个温度阈值以便防止在状态之间的快速切换,但在一些替代和示范性实现中,高温和低温阈值可以是相同的。

[0050] FSM 126可以被配置成在两种模式之一中操作:向上模式和向下模式。然而,FSM 126可以被初始化成在既不是向上模式也不是向下模式的初始或空(null)模式中(在STATE_0中)开始操作。在图2中,由箭头指示从STATE_0至STATE_N-1中的一个状态到STATE_0至STATE_N-1中的另一个状态的允许的状态转变。即,箭头指示状态转变的闭集合,在所述闭集合下,FSM 126被限制成在绘示的实施例中操作。FSM 126在向下模式中操作时可发生的状态转变由标记为“向下”的箭头指示,并且FSM 126在向上模式中操作时可发生的状态转变由标记为“向上”的箭头指示。注意,STATE_0至STATE_N-1相对于由“向下”箭头指示的状态转变被布置在链中,并且相对于由“向上”箭头指示的状态转变被相应地布置在链中。

[0051] 术语“向下”还可以涉及其中TME 110可以应用一或多个热缓解动作的模式,这些动作中的一些可以导致UE性能的降低或向下偏移(有时称为节流)。类似地,术语“向上”还可以涉及其中TME 110可以停止应用一或多个热缓解动作的模式,所述一或多个热缓解动作可以导致UE性能的提高或向上偏移。

[0052] 在端点(STATE_0和STATE_N-1)处,不是在末端STATE_N-1处添加热缓解动作,而是由于另外的热减轻动作可能不可用,因此,可以在如由FSM 126和/或TME 110所确定的另外时间长度内保持此最高模式。类似地,不是在末端STATE_0处移除热缓解动作(其中热缓解动作不能被移除,因为这是在没有应用任何热缓解动作的情况下的最低模式),而是可以在适当的且如由FSM 126和/或TME 110所确定的另外时间长度内保持/维持此最低模式。

[0053] 向下模式中的状态转变的序列定义通过状态(STATE_0-STATE_N-1)的“向下路径”,并且向上模式中的状态转变的序列定义通过状态的“向上路径”。响应于所测量的温度上升到高于高温阈值,FSM 126以计时增量沿向下路径通过这些状态,直至FSM 126达到状态_N-1或者所测量的温度下降到低于低温阈值。类似地,响应于所测量的温度下降到低于

低温阈值,FSM 126以计时增量沿向上路径通过这些状态,直至FSM 126达到STATE_0或者所测量的温度上升到高于高温阈值。

[0054] 如图3-5(其形成说明方法300的单个流程图)中所绘示的,FSM 126可以被配置成执行方法300。FSM 126最初在STATE_0中开始。如框302所示,FSM 126可以确定所测量的温度(“TEMP”)是否已上升到高于高温阈值。如果FSM 126确定所测量的温度尚未上升到高于高温阈值,则FSM 126可以继续监测所测量的温度,直至FSM 126确定所测量的温度已上升到高于高温阈值。

[0055] 如果FSM 126确定所测量的温度已上升到高于高温阈值,则FSM 126进入向下工作模式,如框306所示。另外,如果在FSM 126进入向下操作模式时FSM 126处在STATE_0中,则FSM 126转变到STATE_1。

[0056] 在进入向下模式后,FSM 126可以将与以前状态(如果有)相关联的一或多个热缓解动作的集合替换成与当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合,如框308所示。注意,如果在FSM 126进入向下模式时FSM 126处在STATE_0中,则不存在与以前状态STATE_0相关联的热缓解动作。在框308的上下文中,“当前状态”是在与框306相关联的任何状态转变(例如,STATE_0到STATE_1)后FSM 126操作所处状态。将与以前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合替换成与当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合意味着FSM 126发起或者应用与当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合,并且停止应用与以前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合。

[0057] 在进入向下模式(框306)后,FSM 126还可以为向下计时器130加载与当前状态相关联的向下计时值,如框310所示。随后,启动向下计时器130,即,向下计时器130开始计时。向下计时器130在运行,即,计时时,方法300继续进行图4中的框312。

[0058] 如框312所示,FSM 126可以确定所测量的温度是否下降到低于低温阈值。如果FSM 126确定所测量的温度尚未下降到低于低温阈值,则FSM 126可以确定向下计时器130是否已期满(“TED”),即,由向下计时值表示的时间量是否已经过去,如框314所示。如果FSM 126确定向下计时器130尚未期满,则FSM 126继续监测向下计时器130和所测量的温度,直至FSM 126确定(框312)所测量的温度已下降到低于低温阈值或者确定(框314)向下计时器130已期满。

[0059] 如果FSM 126确定向下计时器130已期满,则FSM 126向下转变一个状态,如框316所示。关于状态转变的术语“向下”和“向上”是指在图2中分别由标记为“向下”和“向上”的箭头指示的方向。在图2中注意,标记为“TED”的箭头指示FSM 126在向下模式中操作时,响应于向下计时器130的期满而可发生的状态转变。

[0060] 在向下转变一个状态(框316)后,FSM 126还可以将与以前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合替换成与当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合,如框318所示。如框320所示,FSM 126还可以为向下计时器130加载与当前状态相关联的向下计时值,如框320所示。随后启动向下计时器130。

[0061] 如果FSM 126确定(框312)所测量的温度已下降到低于低温阈值,则FSM 126从向下模式切换到向上模式,如框322所示。方法300继续进行图5中的框326。

[0062] 在从向下模式切换到向上模式后,FSM 126可以为向上计时器128加载与当前状态相关联的向上计时值,如框326所示。随后启动向上计时器128。在从向下模式切换到向上模

式后,FSM 126维持与当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合,直至向上计时器128期满。

[0063] 向上计时器128在运行时,FSM 126可以确定所测量的温度是否已上升到高于高温阈值,如框328所示。如果FSM 126确定所测量的温度尚未上升到高于高温阈值,则FSM 126可以确定向上计时器128是否已期满(“TEU”),即,由向上计时值表示的时间量是否已经过去,如框330所示。如果FSM 126确定向上计时器128尚未期满,则FSM 126继续监测向上计时器128和所测量的温度,直至FSM 126确定(框328)所测量的温度已上升到高于高温阈值或者确定(框330)向上计时器128已期满。

[0064] 如果FSM 126确定(框330)向上计时器128已期满,则FSM 126向下转变一个状态,如框332所示。在图2中注意,标记为“TED”的箭头指示FSM 126在向下模式中操作时,响应于向上计时器128的期满而可发生的状态转变。

[0065] 在向上转变一个状态(框332)后,FSM 126还可以将与以前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合替换成与当前状态相关联的一或多个热缓解动作的集合,如框334所示。FSM 126可以为向上计时器128加载与当前状态相关联的向上计时值,如框336所示。随后启动向上计时器128。

[0066] 如果FSM 126确定(框328)所测量的温度已上升到高于高温阈值,则(返回到图3)FSM 126切换到向下操作模式,如框306所示。方法300以以上关于框306所述的方式继续。

[0067] 在具有多个温度传感器的实施例中,可以存在并行操作的方法300(图3-5)的相应数量的实例,每个实例基于不同的所测量的温度。例如,在具有结热传感器122和表层热传感器124两者的实施例中,可以存在并行操作的方法300的两个实例,一个使用结温,一个使用表层温度。即,可以基于结温测量来执行方法300的一个实例,同时可以基于表层温度测量来并行地执行方法300的另一实例。方法300的两个或两个以上实例可以独立地操作(例如,由相应数量的FSM 126控制)。

[0068] 在具有多个温度传感器的实施例中,TME 110可以相应地包含多个FSM 126。例如,在具有结热传感器122和表层热传感器124的实施例中,TME 110可以相应地包含两个FSM 126(为清晰起见,其中的第二个未被示出)。在此类实施例中,第一和第二FSM 126中的每一个可以以上述方式操作,但具有不同的温度阈值。第一和第二FSM 126中的每一个可以以关于方法300的上述方式操作,但具有不同的计时值。即,与第一FSM 126的STATE_0至STATE_N-1相关联的向上计时值的集合可以不同于与第二FSM 126的STATE_0至STATE_N-1相关联的向上计时值的集合,并且与第一FSM 126的STATE_0至STATE_N-1相关联的向下计时值的集合可以不同于与第二FSM 126的STATE_0至STATE_N-1相关联的向下计时值的集合。

[0069] 在图7中绘示的示例中,曲线图800示出了随时间变化的所测量的温度(“TEMP”)802,所测量的温度诸如为由结热传感器122所测量的结温或由表层热传感器124(图1)所测量的表层温度。在此示例中,高温阈值是95°C,并且低温阈值是80°C。

[0070] 在图6绘示的示例中,FSM 126可以具有由六个状态(STATE_0-STATE_5)定义的状态配置700。响应于示范性的所测量的温度802,具有此示范性状态配置700的FSM 126如下操作。

[0071] 在时间T0(例如,在UE初始化时)与时间T1之间,所测量的温度802从低于低温阈值的初始值增加,并且继续上升到高于低温阈值。在时间T1,所测量的温度上升到高于高温阈

值。响应于确定所测量的温度已上升到高于高温阈值,FSM 126进入向下模式(“DN”),从STATE_0转变到STATE_1,并且加载和启动向下计时器130。FSM 126还应用与STATE_1相关联的热缓解动作的集合。

[0072] 在时间T2,向下计时器130期满(“TED”)。响应于向下计时器130的期满,FSM 126从STATE_1到STATE_2向下转变一个状态,为向下计时器130加载与STATE_2相关联的向下计时值,并且启动向下计时器130。FSM 126还应用与STATE_2相关联的热缓解动作的集合。即,FSM 126将与STATE_1相关联的热缓解动作的集合替换成与STATE_2相关联的热缓解动作的集合。

[0073] 随后,在时间T3,向下计时器130期满(“TED”)。响应于向下计时器130的期满,FSM 126从STATE_2到STATE_3向下转变一个状态,为向下计时器130加载与STATE_3相关联的向下计时值,并且启动向下计时器130。FSM 126还应用与STATE_3相关联的热缓解动作的集合。即,FSM 126将与STATE_2相关联的热缓解动作的集合替换成与STATE_3相关联的热缓解动作的集合。

[0074] 在时间T4,所测量的温度802下降到低于低温阈值。响应于确定所测量的温度已下降到低于低温阈值,FSM 126从向下模式切换到向上模式(“向上”),并且加载和启动向上计时器128。注意,响应于此条件,不发生状态转变。因此,FSM 126在时间T4之后保持在STATE_3中,并且继续应用与STATE_3相关联的热缓解动作的集合。

[0075] 在时间T5,向上计时器128期满(“TEU”)。响应于向上计时器128的期满,FSM 126从STATE_3到STATE_2向上转变一个状态,为向上计时器128加载与STATE_2相关联的向上计时值,并且启动向上计时器128。FSM 126还应用与STATE_2相关联的热缓解动作的集合。即,FSM 126将与STATE_3相关联的热缓解动作的集合替换成与STATE_2相关联的热缓解动作的集合。

[0076] 随后,在时间T6,向上计时器128期满(“TEU”)。响应于向上计时器128的期满,FSM 126从STATE_2到STATE_1向上转变一个状态,为向上计时器128加载与STATE_1相关联的向下计时值,并且启动向上计时器128。

[0077] 在时间T7,所测量的温度再次上升到高于高温阈值。响应于确定所测量的温度已经上升到高于高温阈值,FSM 126进入向下模式(“DN”),并且在其它方面表现得如上面关于在时间T1处的类似事件所述。注意,在此示例中,FSM 126不进入STATE_4或STATE_5。

[0078] 如图8中所绘示的,表900包含热缓解动作的集合的示例。如上所述,热缓解动作的每个集合可以与STATE_1到STATE_N-1中的一个相关联。

[0079] 热缓解动作的第一集合902可以与STATE_1相关联。热缓解动作的第一集合902可以由例如第一热缓解动作904组成。第一热缓解操作904可以包括例如停用调制解调器104(图1)的某个特征“X”。

[0080] 热缓解动作的第二集合906可以与STATE_2相关联。热缓解动作的第二集合906可以由例如上述第一热缓解动作904和第二热缓解动作908组成。第二热缓解动作908可以由例如使用调制解调器104(图1)可以使用的可用MIMO层的第一简化子集组成。例如,UE调制解调器的MIMO处理器可以向eNB报告小于真实秩的秩,其是MIMO信道的所测量频谱效率的函数。例如,对于利用秩4MIMO信道的4x4 MIMO用例的热缓解,UE可以向eNB报告较低的秩2而不是真正的秩4,以便将数据速率降低一半。可以注意到,此第二热缓解动作908可以具有

降低吞吐量的节流效应。第二热缓解动作908在缓解热能产生的不利影响方面可以比第一热缓解动作904更积极或更有效。

[0081] 热缓解动作的第三集合910可以与STATE_3相关联。热缓解动作的第三集合910可以由例如上述第一热缓解动作904、上述第二热缓解动作908和第三热缓解动作912组成。第三热缓解动作912可以由例如监测调制解调器104(图1)可以监测的辅小区(“SCell”)的简化子集组成。例如,对于每个分量载波上的3CA、600Mbps、2x2 MIMO的热缓解,UE的处理器可以向eNB报告信道质量指示符(“CQI”)值为零,并且停止监测物理下行链路控制信道(“PDCCH”)。可以注意到,此第三热缓解动作912可以具有降低下行链路和上行链路吞吐量的节流效应,其可以比第二热缓解动作908的节流效应更积极或更严重。相应地,第三热缓解动作912在缓解热能产生的不利影响方面可以比第二热缓解动作908更积极或更有效。

[0082] 热缓解动作904、908和912仅旨在作为示例,并且本领域的技术人员鉴于本文中的教导将容易想到其它动作。例如,在一些实现中:(1)缓解动作中的一或多个可以具有降低调制解调器的操作频率或电压的效应,(2)调制解调器使用的和/或要求的一或多个电压可以在不同的状态中保持相同,或者(3)调制解调器的一或多个时钟可以在不同的状态中保持相同。此外,虽然在前述示例中,热缓解动作的每个连续集合(即,在向下方向上)将前面的集合包括在内(并且因此添加到前面的集合),但是在其它实施例中,可以以其它方式构成热缓解动作的集合。此外,虽然在此示例中,每个连续应用的热缓解动作比前面的热缓解动作更积极,但在其它实施例中,在应用热缓解动作的顺序与其相对积极性之间可以存在不同的相关性(或无相关性)。

[0083] 虽然仅作为示例示出了热缓解动作的三个集合902、906和910,但集合的数量对应于状态的数量。例如,在其中FSM 126具有六个状态STATE_0-STATE_5的实施例中,诸如在关于图7-8的上述示例中,将有热缓解动作的五个集合。

[0084] 再次参考关于图6-7的上述示例,在时间T1应用与STATE_1相关联的热缓解动作的第一集合902(图8)可以导致在时间T1与T2之间示出的所测量的温度802的示范性行为。在此时间间隔中,第一热缓解动作904(例如,停用某个调制解调器特征)可以例如在时间T2后不久减慢所测量的温度802的增加率,并且随后促使所测量的温度802开始降低。在时间T2应用与STATE_2相关联的热缓解动作的第二集合906(图8)可以导致在时间T2与T3之间示出的所测量的温度802的示范性行为。在此时间间隔中,第一热缓解动作904(例如,停用某个调制解调器特征)和第二热缓解动作908(例如,使用可用MIMO层的第一简化子集)的组合可以例如稍微加速所测量的温度802的降低。在时间T3应用与STATE_3相关联的热缓解动作的第三集合910(图8)可以导致在时间T3与T4之间示出的所测量的温度802的示范性行为。在此时间间隔中,第一热缓解动作904(例如,停用某一调制解调器特征)、第二热缓解动作908(例如,使用可用MIMO层的第一简化子集)和第三热缓解动作912(例如,监测SCell的简化子集)的组合可以例如更积极地加速所测量的温度802的降低。

[0085] 如图9A、9B、9C和9D中所绘示的,另一表1100包含热缓解动作的集合的示例。表1100列出了九个状态STATE_1至STATE_9,每个与热缓解动作的一个集合相关联。

[0086] 参考图9A,热缓解动作的第一集合1102可以与STATE_1相关联。热缓解动作的第一集合1102可以由例如第一热缓解动作1104组成。第一热缓解动作1104可以由例如停用消耗大量功率但仅提供轻微调制解调器性能改进的一或多个高级接收器功能组成。

[0087] 热缓解动作的第二集合1106可以与STATE_2相关联。热缓解动作的第二集合1106可以由例如上述第一热缓解动作1104和第二热缓解动作1108组成。第二热缓解动作1108可以由例如在带有四个分量载波(#1-#4)和三个副载波(#1-#3)的5G用例中减少在分量载波#1上的层数组成。

[0088] 热缓解动作的第三集合1110可以与STATE_3相关联。热缓解动作的第三集合1110可以由例如上述第一热缓解动作1104、上述第二热缓解动作1108和第三热缓解动作1112组成。第三热缓解动作1112可以由例如减少在分量载波#2上的层数。

[0089] 热缓解动作的第四集合1114可以与STATE_4相关联。热缓解动作的第四集合1114可以由例如上述第一热缓解动作1104、上述第二热缓解动作1108、上述第三热缓解动作1112和第四热缓解动作1116组成。第四热缓解动作1116可以由例如减少在分量载波#3上的层数。

[0090] 继续图9B,热缓解动作的第一集合1118可以与STATE_5相关联。热缓解动作的第五集合1118可以由例如上述第一热缓解动作1104、上述第二热缓解动作1108、上述第三热缓解动作1112、上述第四热缓解动作1116和第五热缓解动作1120组成。第五热缓解动作1120可以由例如减少在分量载波#4上的层数组成。

[0091] 热缓解动作的第六集合1122可以与STATE_6相关联。热缓解动作的第六集合1122可以由例如上述第一热缓解动作1104、上述第二热缓解动作1108、上述第三热缓解动作1112、上述第四热缓解动作1116、上述第五热缓解动作1120和第六热缓解动作1124组成。第六热缓解动作1124可以由例如丢弃辅分量载波#1组成。

[0092] 继续图9C,热缓解动作的第七集合1126可以与STATE_7相关联。热缓解动作的第七集合1126可以由例如上述第一热缓解动作1104、上述第二热缓解动作1108、上述第三热缓解动作1112、上述第四热缓解动作1116、上述第五热缓解动作1120、上述第六热缓解动作1124及第七热缓解动作1128组成。第七热缓解动作1128可以由例如丢弃辅分量载波#2组成。

[0093] 继续图9D,热缓解动作的第八集合1130可以与STATE_8相关联。热缓解动作的第八集合1130可以由例如上述第一热缓解动作1104、上述第二热缓解动作1108、上述第三热缓解动作1112、上述第四热缓解动作1116、上述第五热缓解动作1120、上述第六热缓解动作1124、上述第七热缓解动作1128及第八热缓解动作1132组成。第八热缓解动作1132可以由例如丢弃辅分量载波#3组成。

[0094] 热缓解动作的第九集合1134可以与STATE_9相关联。第九热缓解动作1136可以由例如停用调制解调器正在处理的5G数据调用(即,与上面参考的分量载波有关的数据调用)组成。在一些实例中,停用数据调用可对调制解调器性能具有更大的影响,并且提供比所有上述热缓解动作更大的功率节省,即使所有上述热缓解动作被组合在一起时也是如此。

[0095] 如图10中所绘示的,在说明性或示范性实施例中,用于调制解调器热管理的系统、方法和计算机程序产品可以被体现在PCD 1000中。PCD 1000包含芯片上系统(“SoC”)1002,即,体现在集成电路芯片中的系统。SoC 1002可以包含中央处理单元(“CPU”)1004、图形处理单元(“GPU”)1006或其它处理器。CPU 1004可以包含多个核,例如第一核1004A、第二核1004B等等,直至第N个核1004N。SoC 1002可以包含模拟信号处理器1008。

[0096] 显示控制器1010和触摸屏控制器1012可以被耦合到CPU 1004。SoC 1002外部的触

触摸屏显示器1014可以被耦合到显示控制器1010和触摸屏控制器1012。PCD 1000可以进一步包含视频解码器1016。视频解码器1016被耦合到CPU 1004。视频放大器1018可以被耦合到视频解码器1016和触摸屏显示器1014。视频端口1020可以被耦合到视频放大器1018。通用串行总线(“USB”)控制器1022也可以被耦合到CPU 1004,并且USB端口1024可以被耦合到USB控制器1022。订户身份模块(“SIM”)卡1026也可以被耦合到CPU 1004。

[0097] 一或多个存储器可以被耦合到CPU 1004。一或多个存储器可以包含易失性和非易失性存储器。易失性存储器的示例包含静态随机存取存储器(“SRAM”) 1028和动态RAM(“DRAM”) 1030和1031。此类存储器可以在SoC 1002的外部,诸如DRAM 1030,或者在SoC 1002的内部,诸如DRAM 1031。耦合到CPU 1004的DRAM控制器1032可以控制数据到DRAM 1030和DRAM 1031的写入及从DRAM 1030和DRAM 1031的读取。在其它实施例中,此类DRAM控制器可以包含在诸如CPU 1004的处理器内。

[0098] 立体声音频CODEC 1034可以被耦合到模拟信号处理器1008。进一步,音频放大器1036可以被耦合到立体声音频CODEC 1034。第一和第二立体声扬声器1038和1040可以分别被耦合到音频放大器1036。另外,麦克风放大器1042可以被耦合到立体声音频CODEC 1034,并且麦克风1044可以被耦合到麦克风放大器1042。调频(“FM”)无线电调谐器1046可以被耦合到立体声音频CODEC 1034。FM天线1048可以被耦合到FM无线电调谐器1046。进一步,立体声耳机1050可以被耦合到立体声音频CODEC 1034。可以被耦合到CPU 1004的其它装置包含数码(例如,CCD或CMOS)相机1052。

[0099] 调制解调器或射频(“RF”)收发器1054可以被耦合到模拟信号处理器1008。调制解调器或RF收发器1054可以是上述调制解调器104(图1)的示例。RF开关1056可以被耦合到RF收发器1054和RF天线1058。另外,小键盘1060、带有麦克风的单声道头戴式耳机1062及振动器装置1064可以被耦合到模拟信号处理器1008。

[0100] 电源1066可以经由电力管理集成电路(“PMIC”) 1068被耦合到SoC 1002。电源1066可以包含可充电电池或从连接到AC电源的AC到DC变压器导出的DC电源。

[0101] SoC 1002可以具有一或多个内部或芯片上热传感器1070A,并且可以被耦合到一或多个外部或芯片外热传感器1070B。一或多个芯片上热传感器1070A可以是结热传感器122(图1)的示例。一或多个芯片外热传感器1070B可以是表层热传感器124(图1)的示例。模数转换器(“ADC”)控制器1072可以将由热传感器1070A和1070B产生的电压降转换为数字信号。

[0102] 触摸屏显示器1014、视频端口1020、USB端口1024、相机1052,第一立体声扬声器1038、第二立体声扬声器1040、麦克风1044,FM天线1048、立体声耳机1050、RF开关1056、RF天线1058、小键盘1060、单声道头戴式耳机1062、振动器1064,热传感器1070B、PMIC 1068、电源1066、DRAM 1030及SIM卡1026在此示范性或说明性实施例中在SoC 1002的外部。然而,将理解的是,在其它实施例中,这些装置中的一或多个可以被包含在此类SoC中。

[0103] 在不脱离本发明的精神和范围的情况下,备选实施例对于本发明所属领域的技术人员来说将变得是显而易见的。因此,虽然已详细说明和描述了所选择的方面,但将理解的是,在不脱离如由所附权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下,可以在其中进行各种替换和变更。

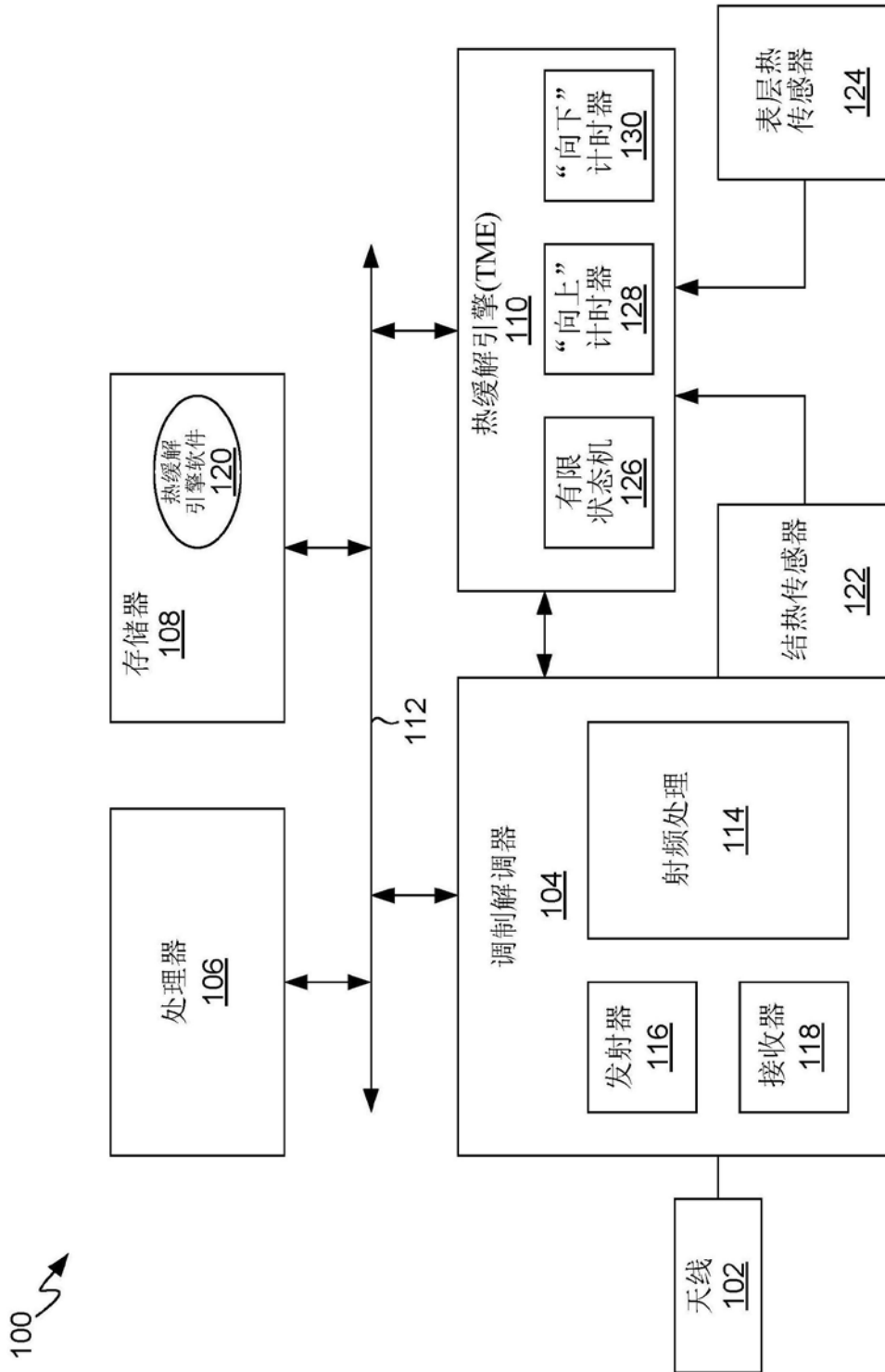


图1

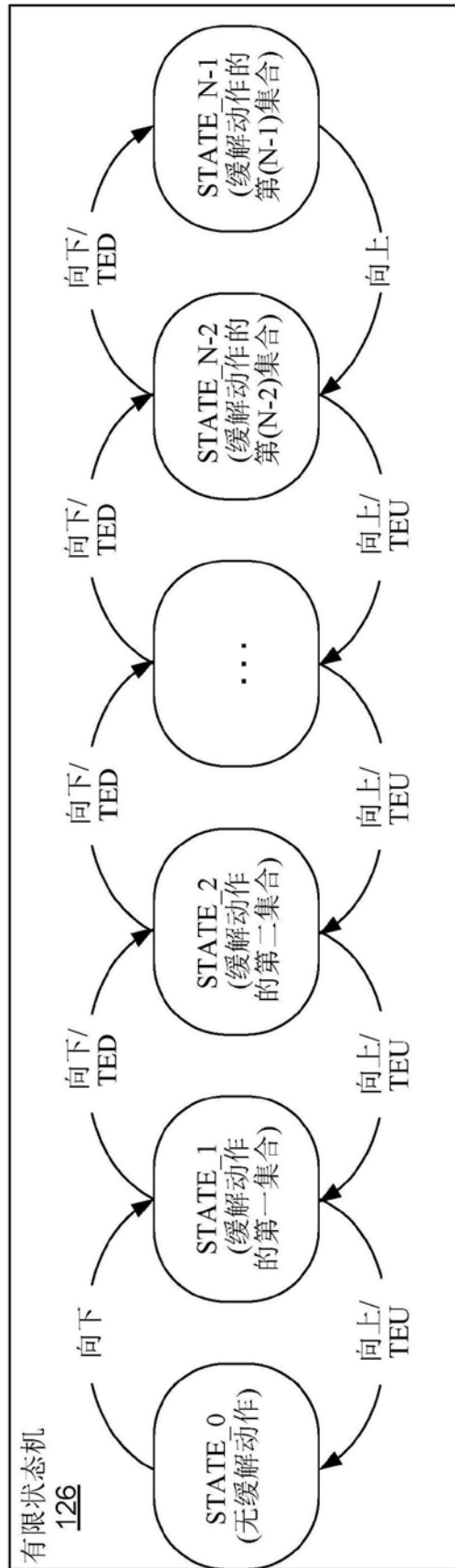


图2

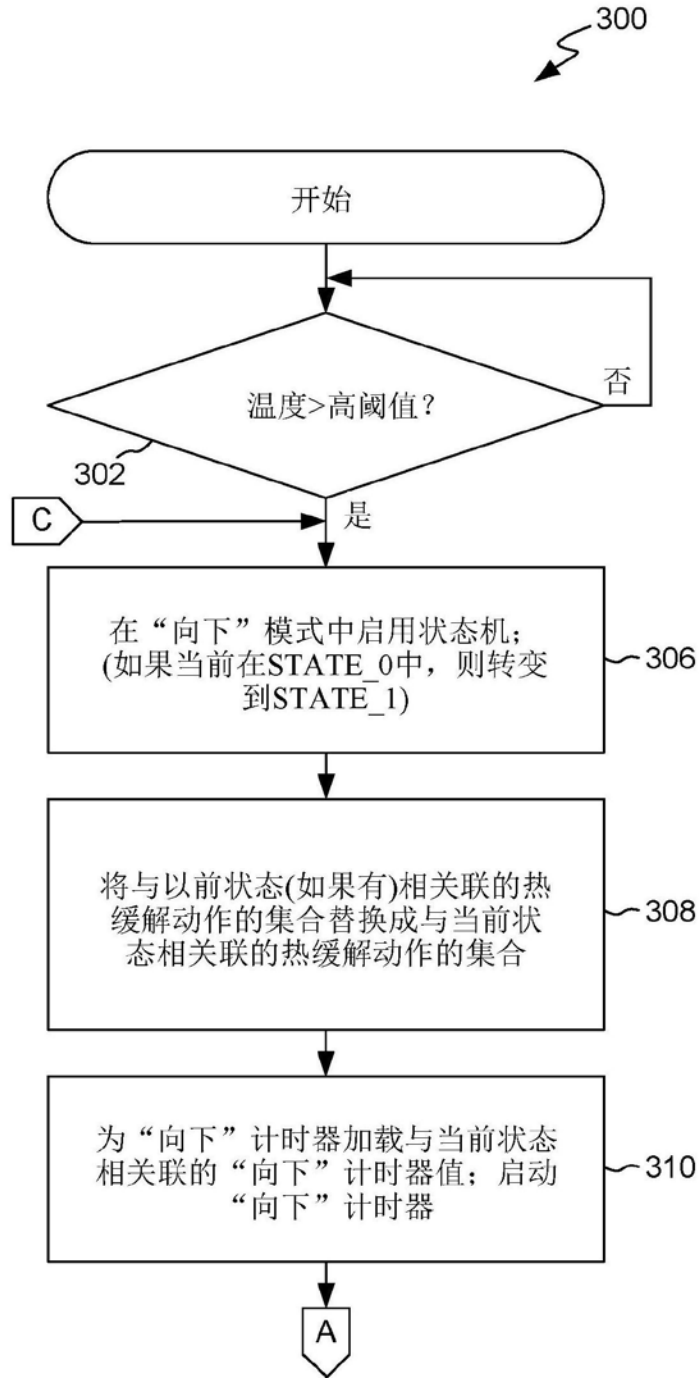


图3

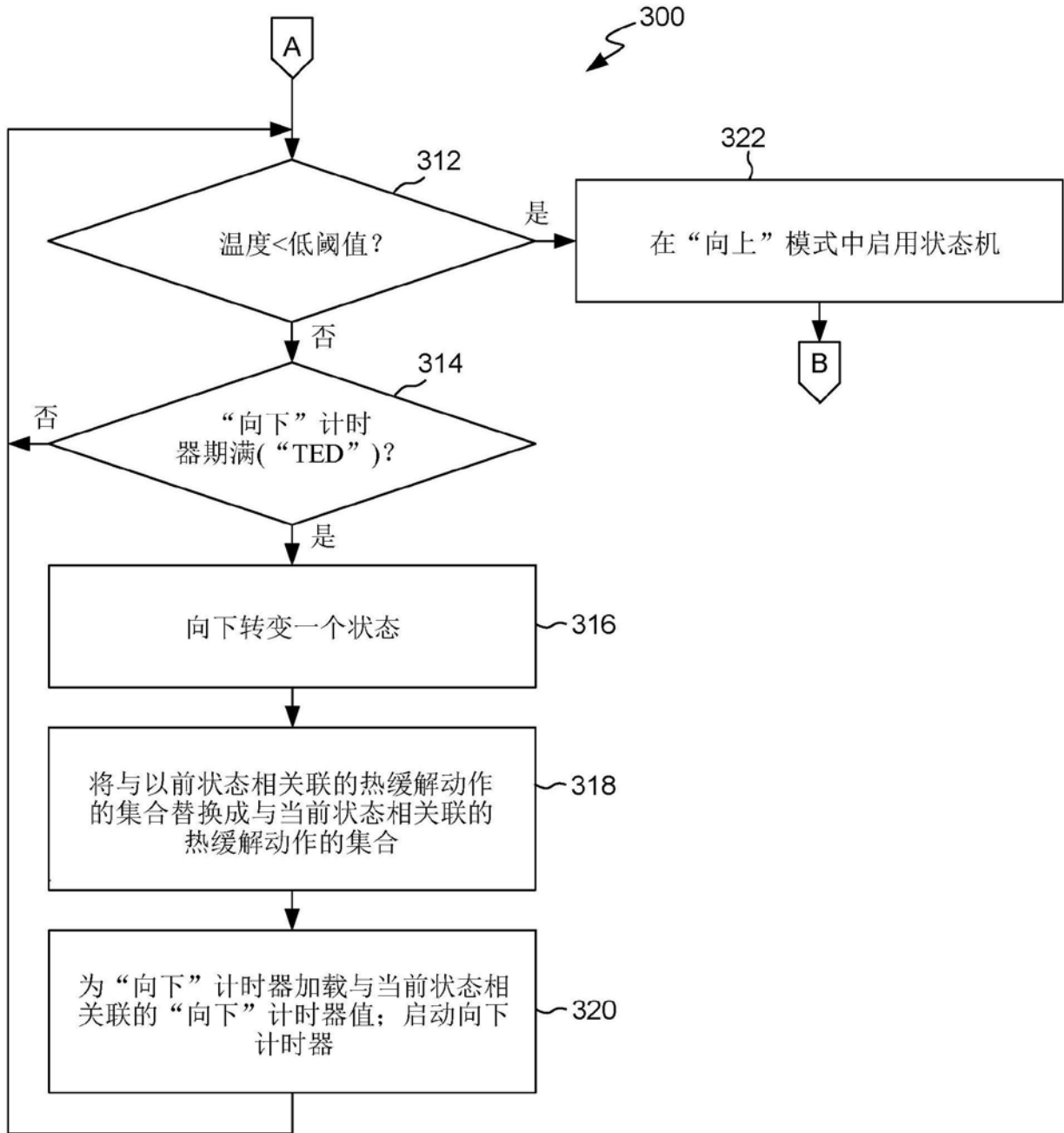


图4

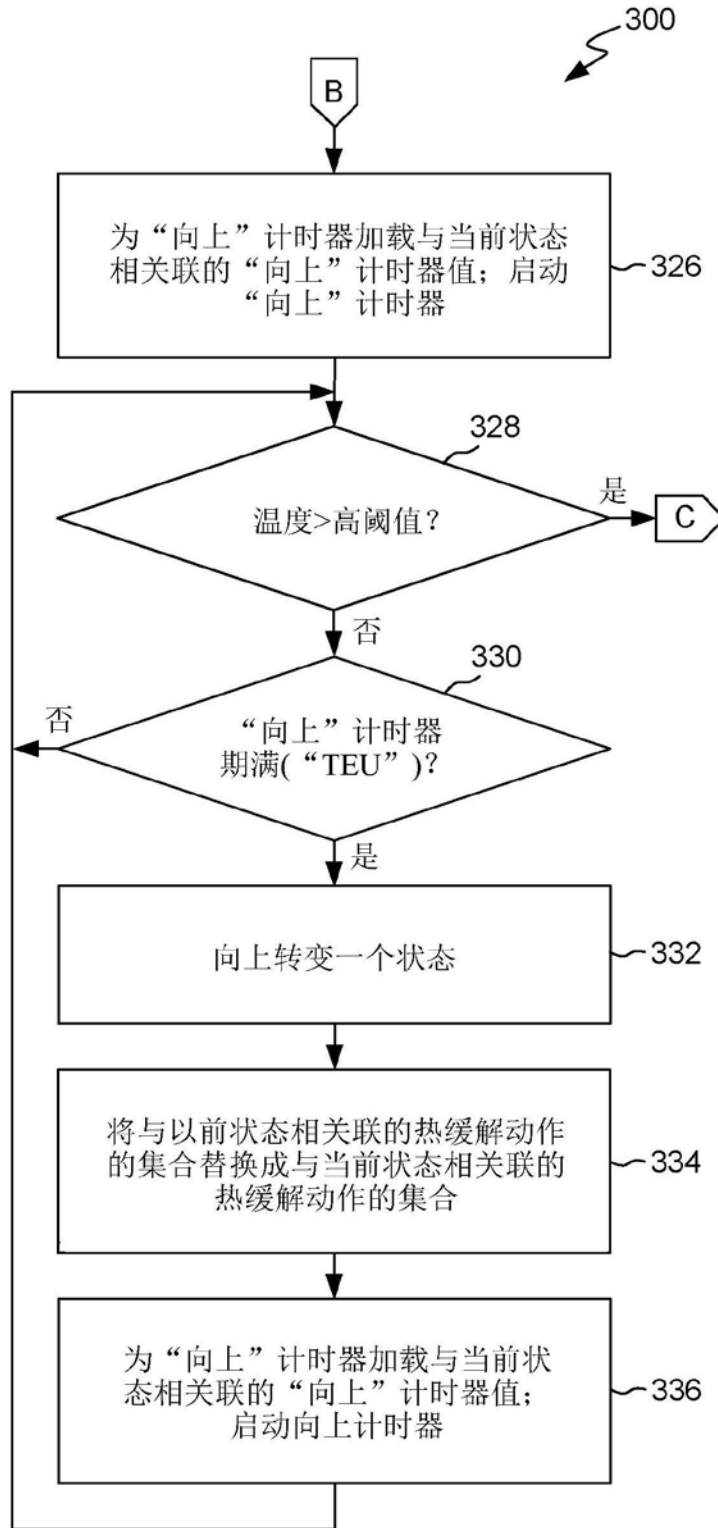


图5

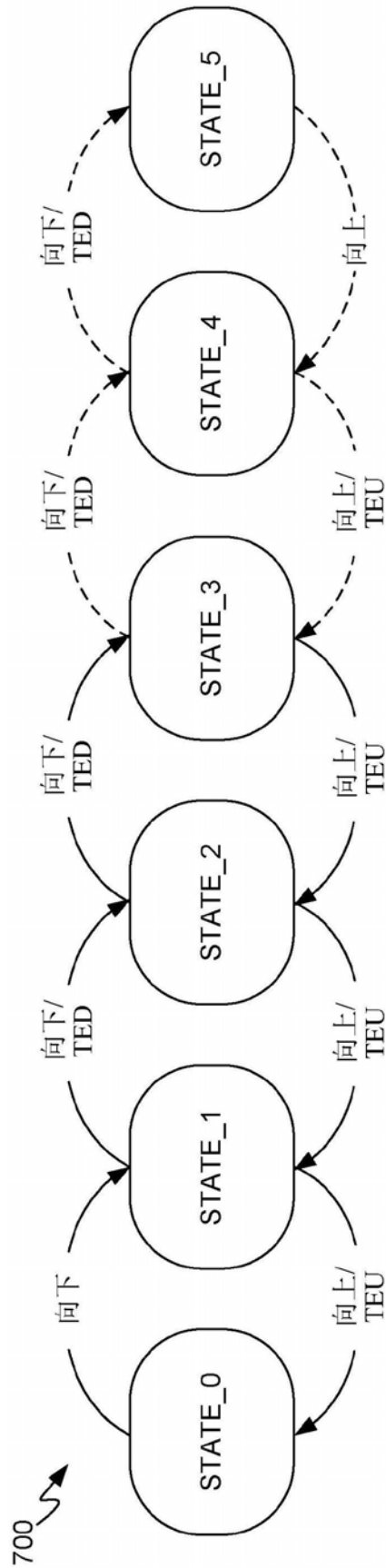


图6

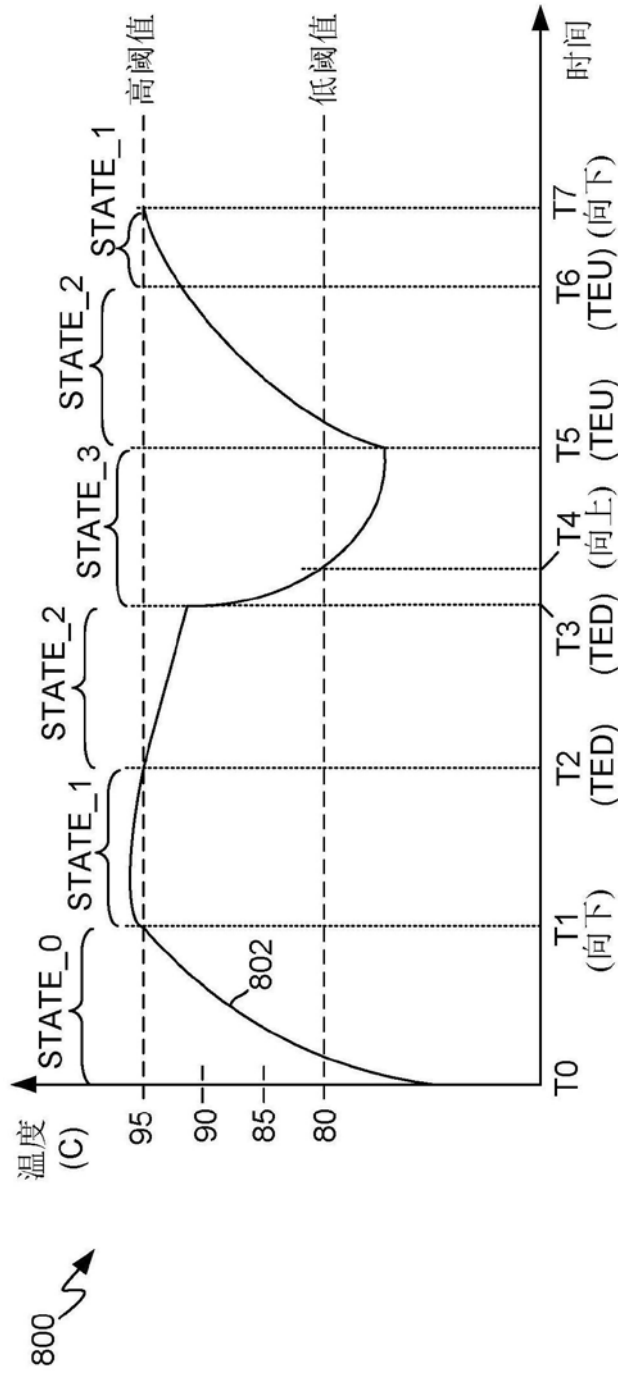


图7

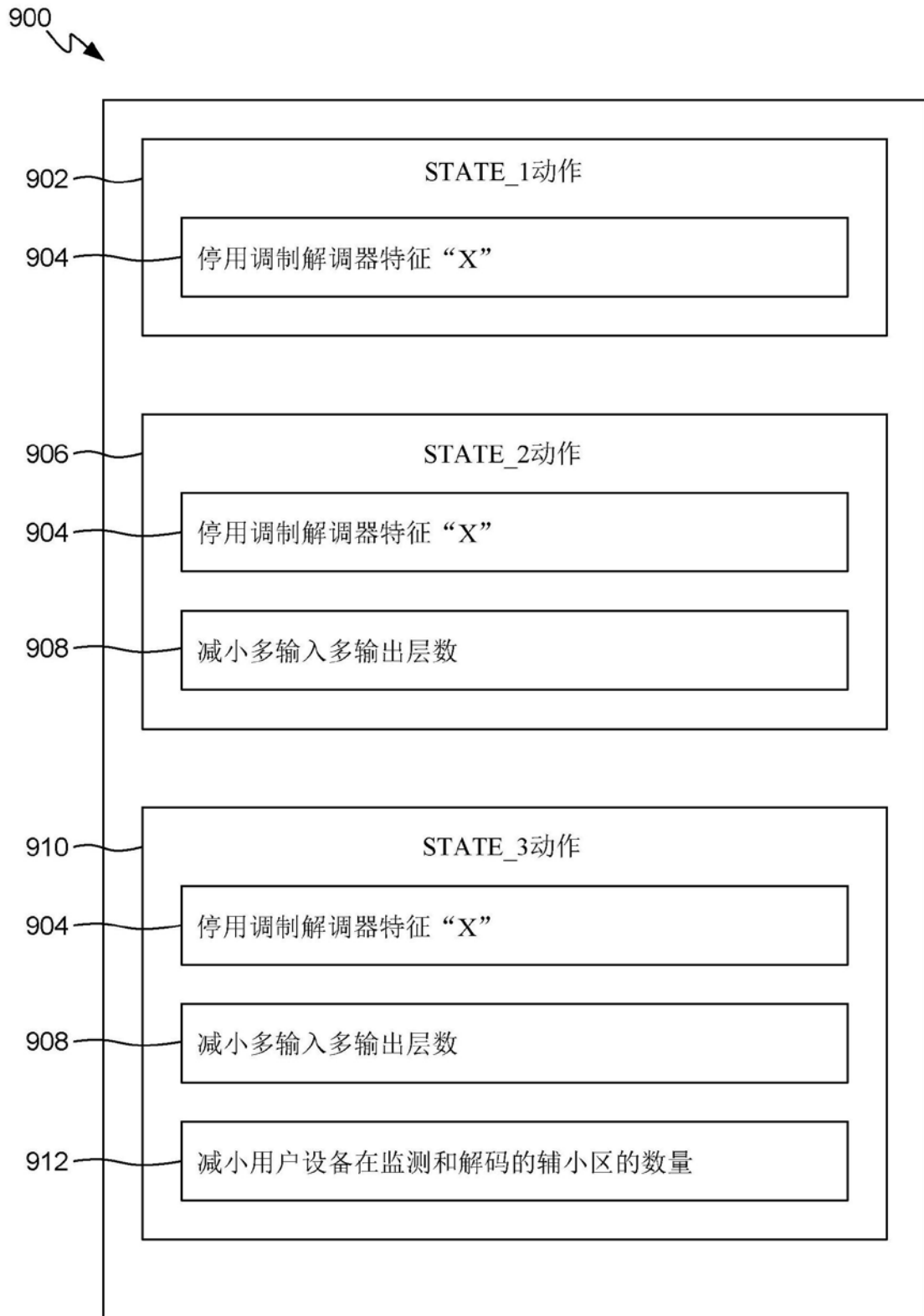


图8

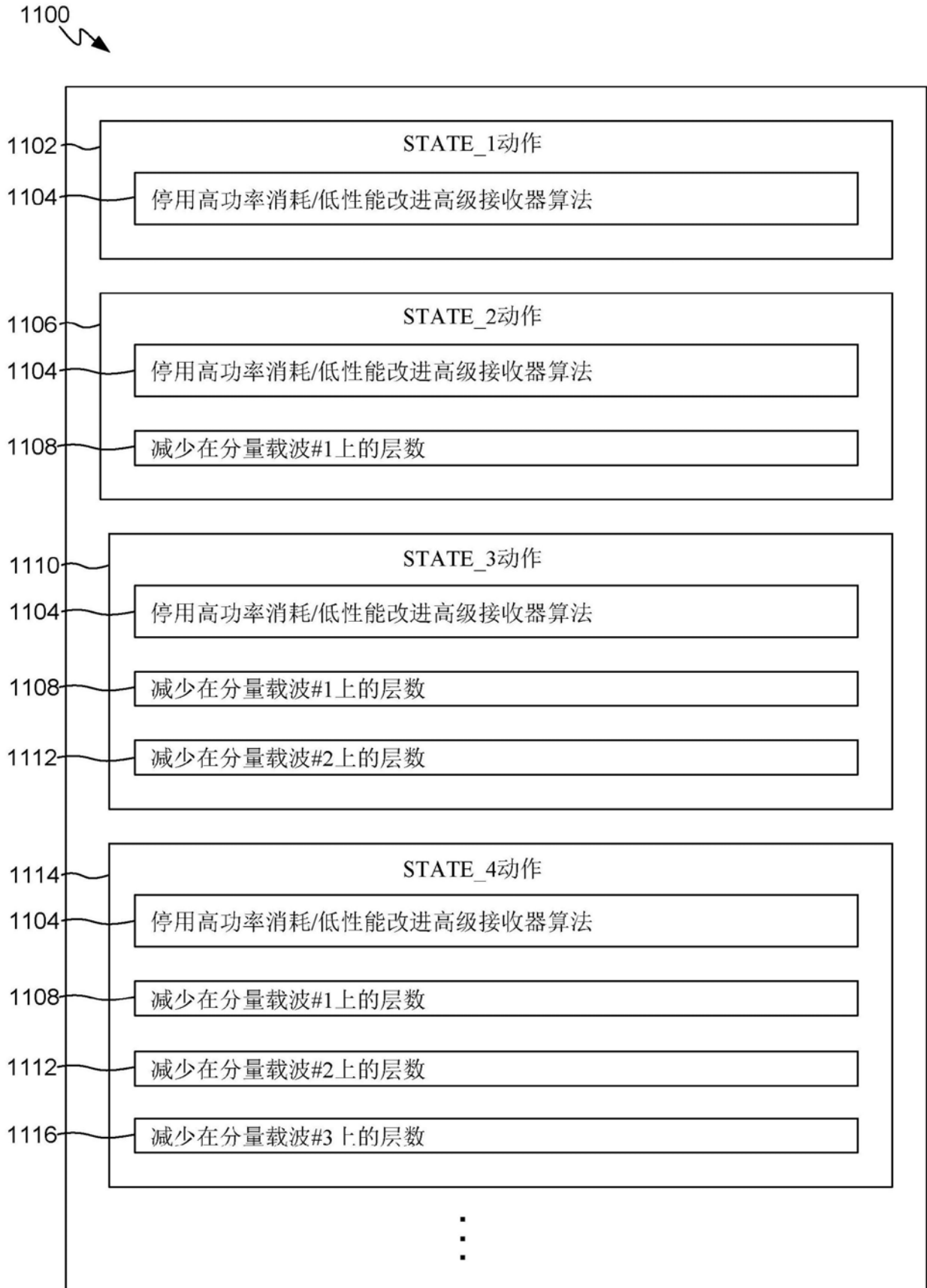


图9A

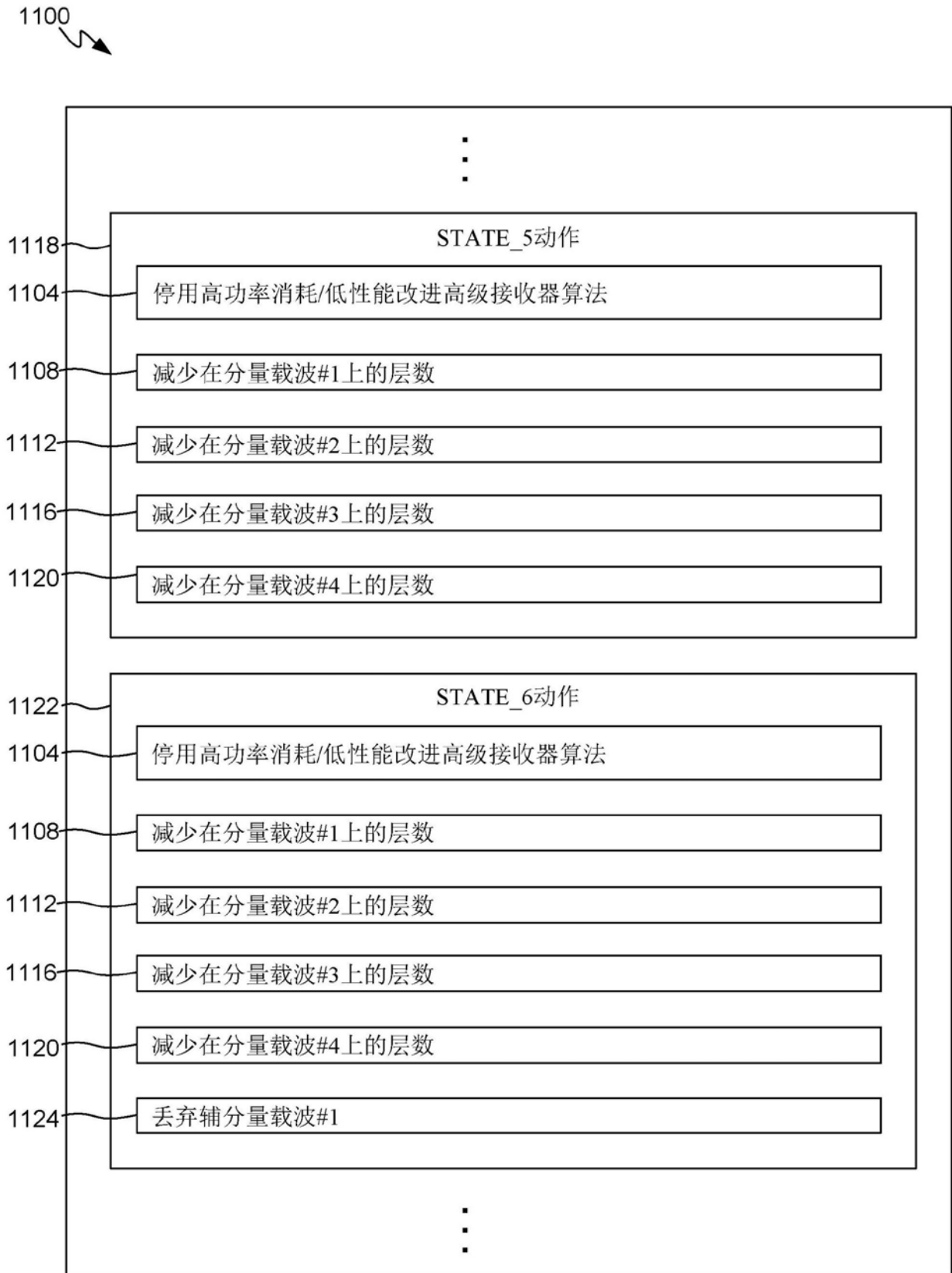


图9B

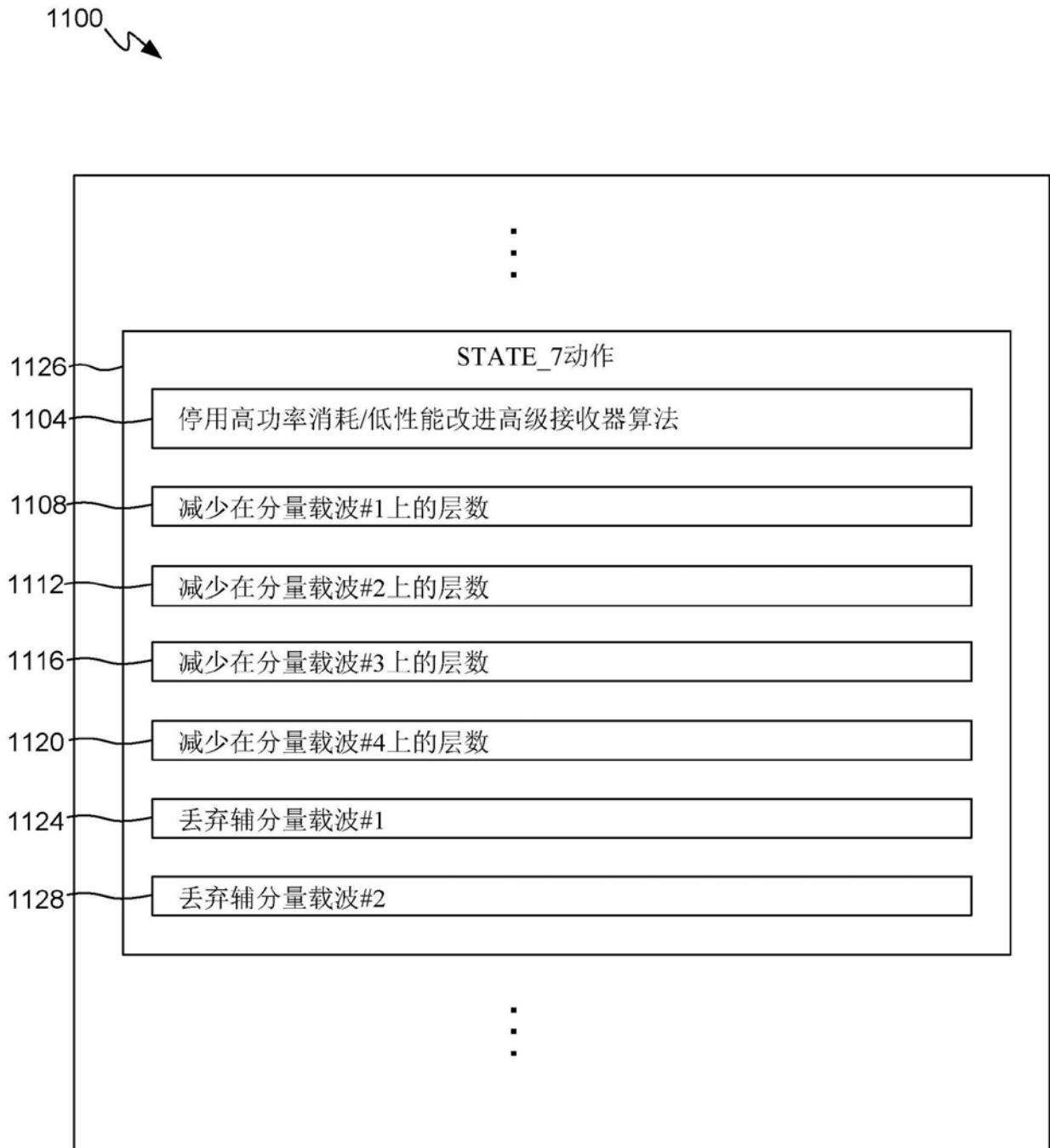


图9C

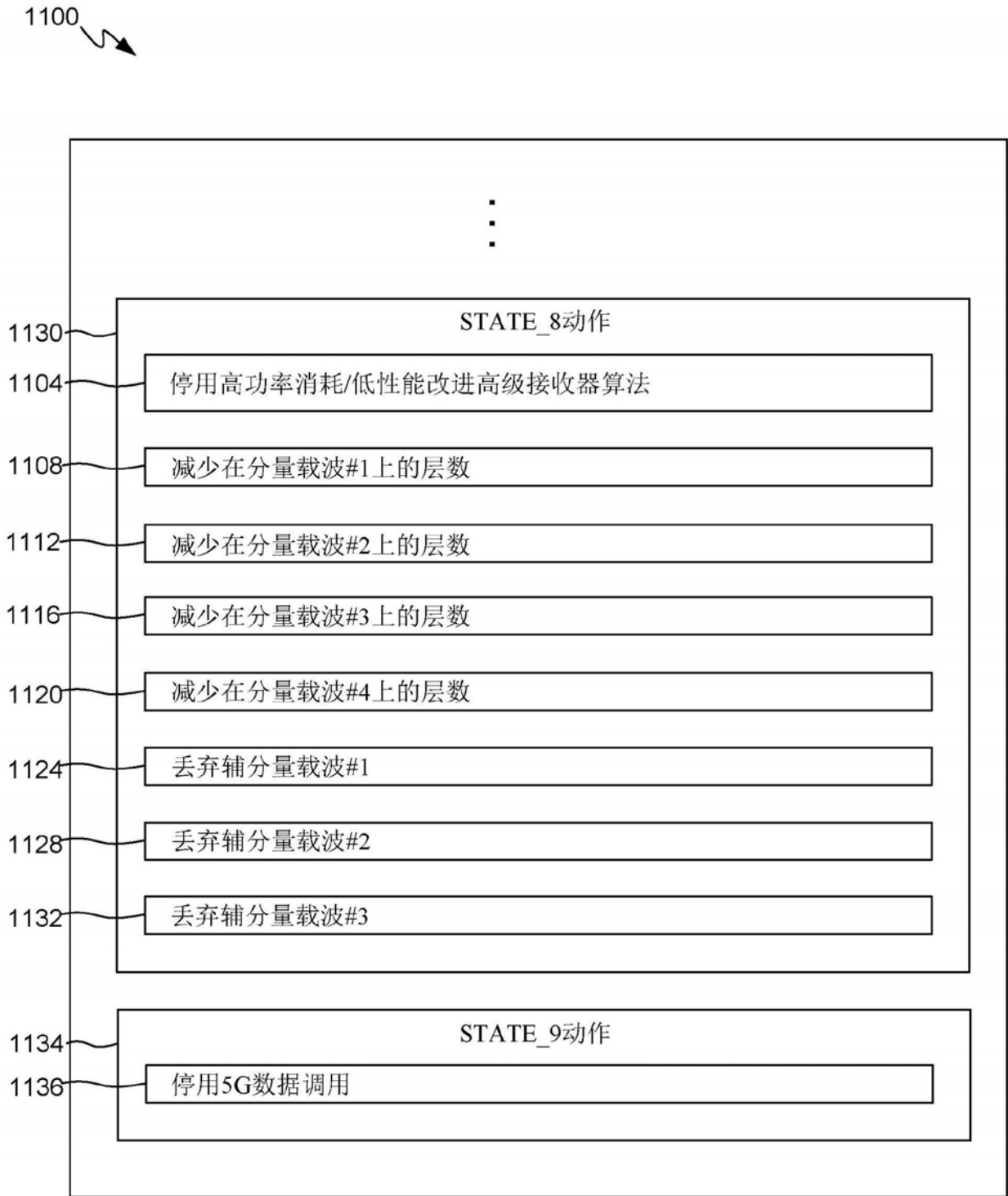


图9D

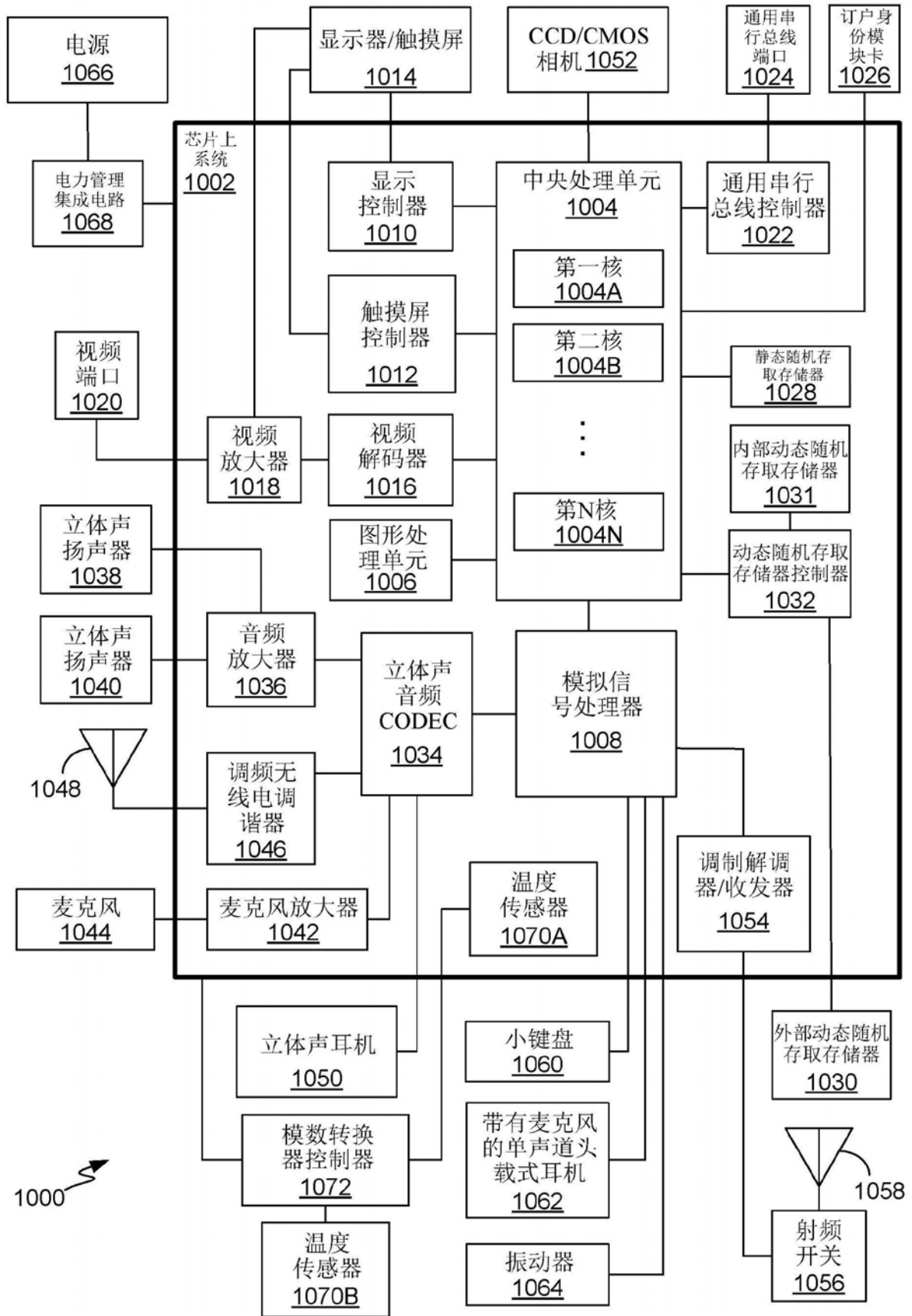


图10