



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111817762 A

(43)申请公布日 2020.10.23

(21)申请号 202010265926.9

H04B 7/08(2006.01)

(22)申请日 2020.04.07

(30)优先权数据

10-2019-0043297 2019.04.12 KR

10-2019-0089208 2019.07.23 KR

(71)申请人 三星电子株式会社

地址 韩国京畿道

(72)发明人 俞炫硕

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邵亚丽

(51)Int.Cl.

H04B 7/0456(2017.01)

H04B 1/401(2015.01)

G05D 23/24(2006.01)

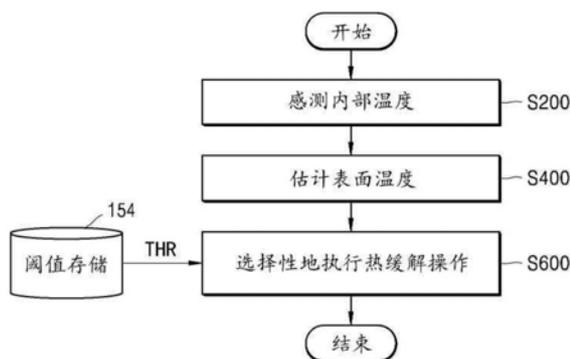
权利要求书3页 说明书14页 附图12页

(54)发明名称

用于无线通信中的热管理的方法和装置

(57)摘要

一种处理用于无线通信的基带信号的信号处理设备,包括:多个温度传感器,其被布置为分别感测信号处理设备的内部温度;阈值存储,其存储多个阈值;以及控制器,其基于感测到的内部温度来估计表面温度,并基于表面温度和由多个阈值定义的多个温度范围来执行热缓解操作。



1. 一种被配置为处理用于无线通信的基带信号的信号处理设备,所述信号处理设备包括:

多个温度传感器,被配置为分别感测所述信号处理设备的多个内部温度;

存储设备,被配置为存储定义多个温度范围的多个阈值;以及

控制器,被配置为,

基于所述多个内部温度估计表面温度,以及

基于所述表面温度和所述多个温度范围选择性地执行至少一个热缓解操作。

2. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器包括:

至少一个核;

存储器,被配置为存储由所述至少一个核运行的一系列指令;以及

中断产生电路,被配置为,

基于所述多个内部温度估计所述表面温度作为所述信号处理设备的所述表面温度,以及

通过将所述信号处理设备的所述表面温度与所述多个阈值进行比较,向所述至少一个核提供中断。

3. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为,

周期性地获得所述多个内部温度,

基于所述多个内部温度估计所述表面温度,以及

通过将所述表面温度分别与所述多个阈值进行比较来执行所述热缓解操作。

4. 根据权利要求3所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为至少基于所述多个内部温度估计所述表面温度作为包括所述信号处理设备的无线通信设备的所述表面温度。

5. 根据权利要求4所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为,

获得在所述信号处理设备外部感测的外部温度,以及

基于所述多个内部温度和所述外部温度估计所述无线通信设备的所述表面温度。

6. 根据权利要求1所述的信号处理设备,还包括:

多个接收链,每个接收链包括模数转换器和多输入多输出MIMO检测器,

其中,所述控制器被配置为通过以下方式执行所述至少一个热缓解操作,

请求对方无线通信设备降低MIMO秩,以及

禁用所述多个接收链中的至少一个。

7. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为通过切换到传统无线电接入技术RAT来执行所述至少一个热缓解操作。

8. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为通过请求对方无线通信设备减少用于载波聚合的分量载波的数量来执行所述至少一个热缓解操作。

9. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为通过请求主处理器减少与所述无线通信相关联的无线传输的有效载荷来执行所述至少一个热缓解操作,所述主处理器在所述信号处理设备的外部。

10. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为通过控制低复杂度的信号处理算法来执行所述至少一个热缓解操作。

11. 根据权利要求10所述的信号处理设备,还包括:

解调器,被配置为基于最大似然ML执行解调,

其中,所述控制器被配置为通过减少与ML相关联的星座图中的附近星座点的数量来执行所述至少一个热缓解操作。

12. 根据权利要求10所述的信号处理设备,还包括:

解调器,被配置为基于从最大似然ML、匹配滤波器MF和最小均方误差MMSE中选择一个来执行解调,

其中,所述控制器被配置为通过控制所述解调器仅基于所述MF或所述MMSE执行解调来执行所述至少一个热缓解操作。

13. 根据权利要求1所述的信号处理设备,还包括:

第一接口电路,被配置为在校准模式下提供所述多个阈值。

14. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为基于(i)使所述多个内部温度作为自变量的函数,或者(ii)将所述多个内部温度与表面温度相关联的查找表,来估计所述表面温度。

15. 根据权利要求14所述的信号处理设备,还包括:

第二接口电路,被配置为在校准模式下提供所述函数或所述查找表。

16. 根据权利要求1所述的信号处理设备,其中,所述控制器被配置为基于神经网络来估计所述表面温度,所述神经网络是根据包括所述多个内部温度和表面温度的训练数据训练的。

17. 根据权利要求1所述的信号处理设备,还包括:

包括编码器、解码器、调制器和解调器的多个设备,其中,所述多个温度传感器连接到所述多个设备中相应的一个。

18. 一种无线通信设备,包括:

温度感测设备,被配置为感测第一温度;

主处理器,被配置为获得第一温度;

与所述主处理器通信地连接的信号处理设备,所述信号处理设备被配置为,

处理用于无线通信的基带信号,以及

通过以下方式执行热管理操作,

从所述主处理器获得所述第一温度,

基于内部感测的多个内部温度和所述第一温度来估计所述无线通信设备的表面温度,以及

基于所述表面温度和由多个阈值定义的多个温度范围选择性地执行热缓解操作。

19. 根据权利要求18所述的无线通信设备,其中,所述信号处理设备被配置为通过向所述主处理器发送请求以减少与所述无线通信相关联的无线传输的有效载荷,来选择性地执行所述热缓解操作。

20. 根据权利要求19所述的无线通信设备,其中,所述主处理器被配置为,响应于所述请求,如果所述有效载荷超过上限,则延迟产生所述有效载荷。

21. 根据权利要求19所述的无线通信设备,其中,所述主处理器被配置为响应于所述请求而进入低功率模式。

22. 一种由被配置为处理用于无线通信的基带信号的信号处理设备执行的热管理方

法,所述热管理方法包括:

感测所述信号处理设备的多个内部温度;
基于所述多个内部温度估计表面温度;
从存储设备读取定义多个温度范围的多个阈值;以及
基于所述表面温度和所述多个温度范围执行至少一个热缓解操作。

23. 根据权利要求22所述的热管理方法,其中,对所述表面温度的估计包括:

获得在所述信号处理设备外部感测的外部温度;以及
基于所述多个内部温度和所述外部温度,估计所述表面温度作为包括所述信号处理设备的无线通信设备的所述表面温度。

24. 根据权利要求22所述的热管理方法,其中,所述信号处理设备包括多个接收链,每个接收链包括模数转换器和多输入多输出MIMO检测器,

其中,对所述热缓解操作的执行包括:

请求对方无线通信设备降低MIMO秩;以及
禁用所述多个接收链中的至少一个。

25. 根据权利要求22所述的热管理方法,其中,对所述至少一个热缓解操作的执行包括以下中的至少一个:

切换到传统无线电接入技术RAT;

请求对方无线通信设备减少用于载波聚合的分量载波的数量;以及

请求主处理器减少与所述无线通信相关联的无线传输的有效载荷,所述主处理器在所述信号处理设备外部。

用于无线通信中的热管理的方法和装置

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2019年4月12日在韩国知识产权局提交的第10-2019-0043297号韩国专利申请和2019年7月23日在韩国知识产权局提交的第10-2019-0089208号韩国专利申请的权益,其每一个的公开通过引用整体并入本文。

背景技术

[0003] 发明构思的示例实施例涉及无线通信。例如,至少一些示例实施例涉及一种用于无线通信中的热管理的方法和装置。

[0004] 由于无线通信系统的高吞吐量和信号处理的高复杂性,高信号处理能力可被用于无线通信设备。高信号处理能力的持续使用可能导致无线通信设备中的高功耗和热量产生,并且可能显著升高无线通信设备的温度,尤其是当保持大规模数据传输时。通过执行高复杂性和高速度信号处理而产生的热量可能不仅会导致无线通信设备的故障,还可能会损坏无线通信设备中包括的组件。此外,在用户拥有的无线通信设备(诸如移动电话)中,热量产生可能导致用户不舒服,并且可能对用户身体有害。因此,无线通信设备中的热管理可能至关重要。

发明内容

[0005] 发明构思的示例实施例提供了一种通过估计表面温度来管理无线通信设备中的热量产生的、用于更实际的热量管理的方法和/或装置。

[0006] 根据本发明构思的示例实施例,提供了一种信号处理设备,其处理用于无线通信的基带信号,该信号处理设备包括:多个温度传感器,其被配置为分别感测信号处理设备的多个内部温度;存储设备,其被配置为存储定义多个温度范围的多个阈值;和控制器,其被配置为,基于多个内部温度估计表面温度,以及基于表面温度和多个温度范围选择性地执行至少一个热缓解操作。

[0007] 根据本发明构思的示例实施例,提供了一种无线通信设备,其包括:温度感测设备,其被配置为感测第一温度;主处理器,被配置为获得第一温度;与主处理器通信地连接的信号处理设备,该信号处理设备被配置为,处理用于无线通信的基带信号,以及通过以下方式执行热管理操作:从主处理器获得第一温度,基于内部感测的多个第二温度和第一温度来估计无线通信设备的表面温度,以及基于表面温度和由多个阈值定义的多个温度范围选择性地执行热缓解操作。

[0008] 根据本发明构思的示例实施例,提供了一种由被配置为处理用于无线通信的基带信号的信号处理设备执行的热管理方法,该热管理方法包括:感测信号处理设备的多个内部温度;基于多个内部温度估计表面温度;从存储设备读取定义多个温度范围的多个阈值;以及基于表面温度和多个温度范围执行至少一个热缓解操作。

[0009] 根据本发明构思的示例实施例,提供了一种处理用于无线通信的基带信号的信号处理设备,该信号处理设备包括:多个温度传感器,其被配置为分别感测信号处理设备的多

个内部温度；存储设备，其被配置为存储多个阈值；和处理电路，其被配置为基于表面温度在状态机中的多个状态之间转换，表面温度基于多个内部温度被估计，使得状态机被配置为，响应于表面温度小于或等于比第一阈值高的第二阈值，转换到第一状态，所述第一状态是其中信号处理被执行的状态；响应于表面温度高于第二阈值，转换到第二状态，所述第二状态是其中信号处理被执行的状态；响应于表面温度是大于第二阈值的第三阈值，转换到第三状态，所述第三状态是其中信号处理被调整和执行的状态；以及响应于表面温度高于比第三阈值大的第四阈值，转换到第四状态，所述第四状态是其中信号处理被限制的状态。

附图说明

- [0010] 从以下结合附图的详细描述中将更清楚地理解本发明构思的示例实施例，其中：
- [0011] 图1是根据本发明构思的示例实施例的包括无线通信设备的无线通信系统的框图；
- [0012] 图2是示出根据本发明构思的示例实施例的用于无线通信中的热管理的方法的流程图；
- [0013] 图3是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图；
- [0014] 图4A和4B是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图；
- [0015] 图5A至5C是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图；
- [0016] 图6是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图；
- [0017] 图7是根据本发明构思的示例实施例的阈值存储的示例的框图；
- [0018] 图8是示出根据本发明构思的示例实施例的多个阈值的图；
- [0019] 图9是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热缓解的方法的流程图；
- [0020] 图10是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图；
- [0021] 图11是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图；
- [0022] 图12是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图，以及图13是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的框图；
- [0023] 图14是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图；
- [0024] 图15是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图；
- [0025] 图16示出了根据本发明构思的示例实施例的执行用于热管理的方法的状态机；
- [0026] 图17示出了根据本发明构思的示例实施例的执行用于热管理的方法的状态机；以及
- [0027] 图18是示出根据基于本发明构思的示例实施例的热管理方法的表面温度随时间变化的曲线图。

具体实施方式

- [0028] 图1是根据本发明构思的示例实施例的包括无线通信设备的无线通信系统10的框图。
- [0029] 参考图1，作为非限制性示例，无线通信系统10可以是使用蜂窝网络的无线通信系统，诸如，第五代(5G)无线系统、长期演进(long term evolution, LTE)系统、高级LTE系统、码分多址(code division multiple access, CDMA)系统或全球移动通信系统(global

system for mobile communication,GSM),或者可以是无线个人区域网(wireless personal area network,WPAN)系统或任何其他无线通信系统。在下文中,将主要参考使用蜂窝网络的无线通信系统来描述无线通信系统,但是将会理解,本发明构思的实施例不限于此。

[0030] 用户设备100和基站200之间的无线通信网络可以通过共享可用的网络资源来支持多个用户之间的通信。例如,在无线通信网络中,信息可以在各种多址方案中发送,所述多址方案为诸如码分多址(CDMA)、频分多址(frequency division multiple access,FDMA)、时分多址(time division multiple access,TDMA)、正交频分多址(orthogonal frequency division multiple access,OFDMA)、单载波频分多址(single carrier frequency division multiple access,SC-FDMA)、OFDM-FDMA、OFDM-TDMA和OFDM-CDMA。如图1中所示,用户设备100可以通过上行链路UL和下行链路DL与基站200通信。在一些示例实施例中,各用户设备可以通过侧链接(sidelink),诸如设备对设备(device-to-device,D2D),彼此通信。在本说明书中,用户设备100和基站200中的每一个可以被称为无线通信设备。

[0031] 基站200通常可以指与用户设备和/或其他基站通信的固定站,并且可以通过与用户设备和/或其他基站通信来交换数据和控制信息。例如,基站200也可以被称为节点B、演进节点B(evolved-Node B,eNB)、下一代节点B(gNB)、扇区、站点、基站收发器系统(base transceiver system,BTS)、接入点(access point,AP)、中继节点、远程无线电头(remote radio head,RRH)、无线电单元(radio unit,RU)、小小区等。在本说明书中,基站或小区可以被全面地解释为指示由CDMA中的基站控制器(base station controller,BSC)、WCDMA中的节点B、LTE中的eNB、5G中的gNB或扇区(站点)等覆盖的一些区域或功能,并且可以覆盖所有各种覆盖区域,诸如巨型小区、宏小区、微小区、微微小区、毫微微小区和中继节点、RRH、RU和小小区通信范围。

[0032] 用户设备100可以是固定的或移动的,并且可以指可以与诸如基站200的基站通信以发送和接收数据和/或控制信息的任何设备。例如,用户设备100可以被称为终端、终端设备、移动站(mobile station,MS)、移动终端(mobile terminal,MT)、用户终端(user terminal,UT)、订户站(subscriber station,SS)、无线设备、手持设备等。在下文中,将主要参考作为无线通信设备的用户设备100来描述本发明构思的实施例,但是将要理解,本发明构思的实施例也可以应用于基站200。

[0033] 如图1中所示,用户设备100可以包括多个天线110、收发器130、信号处理器150、主处理器170和温度感测设备190。在一些示例实施例中,多个天线110、收发器130、信号处理器150和主处理器170中的至少两个可以被包括在一个半导体封装中。

[0034] 多个天线110可以在接收模式下从基站200接收信号,或者在发送模式下输出从收发器130提供的信号。在一些示例实施例中,用户设备100可以包括多个天线,用于空间分集、极化分集、空间多路复用器和波束成形中的至少一个。例如,多个天线110中的至少一些可以支持多输入多输出(multiple-input and multiple-output,MIMO)。在一些示例实施例中,多个天线110可以包括两个或更多个子阵列,每个子阵列可以称为相控阵列。

[0035] 收发器130可以连接到多个天线110。收发器130可以通过处理从在接收模式下的多个天线110接收的射频(radio frequency,RF)信号来产生接收基带信号RX_BB,并且可以

通过在发送模式下处理发送基带信号TX_BB来向多个天线110提供RF信号。例如,收发器130可以包括滤波器、混频器、功率放大器、低噪声放大器等。在一些示例实施例中,为了支持MIMO,收发器130可以在接收模式下经由多条路径向信号处理器150提供接收基带信号RX_BB,并且可以在发送模式下经由多条路径从信号处理器150接收发送基带信号TX_BB。

[0036] 信号处理器150可以从收发器130接收接收基带信号RX_BB,并且可以向收发器130提供发送基带信号TX_BB。如下面将参考图3描述的,信号处理器150可以包括用于从接收基带信号RX_BB产生接收有效载荷RX_PL的功能块和用于从发送有效载荷TX_PL产生发送基带信号TX_BB的功能块。信号处理器150可以被称为通信处理器、基带处理器、调制解调器或基带调制解调器,并且在此也可以称为信号处理设备。如图1中所示,信号处理器150可以包括第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn、控制器152和阈值存储154(其中,n是大于1的整数)。

[0037] 第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn可以感测信号处理器150的内部温度。例如,如下面参考图3所述,第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn中的至少一个可以布置在信号处理器150中包括的功能块中的每一个中。因此,第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn可以感测由于功能块的热量产生而导致的内部温度,并且可以输出与感测到的内部温度相对应的信号。如图1中所示,由第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn感测的内部温度T_INT可以被提供给控制器152。在本说明书中,控制器152从由第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn提供的信号获得内部温度T_INT可以简单地表述为控制器152从第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn获得内部温度T_INT。此外,在本说明书中,第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn向控制器152提供包括关于感测到的内部温度T_INT的信息的信号可以简单地表述为第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn向控制器152提供内部温度T_INT。第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn可以以任何方式感测内部温度T_INT。例如,第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn中的每一个可以包括热敏电阻,并且可以输出具有根据温度变化的特性(诸如,频率)的信号。在一些示例实施例中,为了选择性地(或顺序地)向控制器152提供由第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn输出的信号,信号处理器150还可以包括在第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn和控制器152之间的多路复用器。

[0038] 阈值存储154可以存储多个阈值。如下所述,多个阈值可以与由控制器152估计的表面温度进行比较,并且可以定义两个或更多个温度范围。在一些示例实施例中,阈值存储154可以包括非易失性存储器,对于非限制性示例,包括闪存、电可擦除可编程只读存储器(electrically erasable programmable read only memory,EEPROM)、电阻随机存取存储器(resistive random access memory,RRAM)、相变随机存取存储器(phase-change random access memory,PRAM)等。在一些示例实施例中,在制造信号处理器150的过程中,多个阈值可以存储在阈值存储154中。此外,在一些示例实施例中,在制造用户设备100的过程中,多个阈值可以存储在阈值存储154中。如图1中所示,控制器152可以从阈值存储154获得多个阈值THR。

[0039] 控制器152可以基于由第一温度传感器T1到第n温度传感器Tn提供的内部温度T_INT来估计表面温度。在一些示例实施例中,控制器152可以基于内部温度T_INT来估计信号处理器150的表面温度和/或用户设备100的表面温度。在一些示例实施例中,控制器152可以从主处理器170获得信号处理器150的外部温度T_EXT,并且可以基于内部温度T_INT和外

部温度 T_{EXT} 来估计设备100的表面温度。控制器152可以将估计的表面温度与从阈值存储154提供的多个阈值 THR 进行比较,并且可以根据比较结果选择性地执行热缓解操作。因此,信号处理器150或用户设备100的更实际的热管理可以通过预测表面温度来实现,所述表面温度实际上是由于信号处理器150的热量产生导致的问题。此外,信号处理器150可以执行适合于多个温度范围中的每一个的热缓解操作,从而实现更有效的热管理。

[0040] 在一些实施例中,控制器152可以实施为通过逻辑合成设计的逻辑硬件,并且在一些示例实施例中,控制器152可以实施为包括至少一个核和存储由所述至少一个核运行的指令的存储器的处理单元。在一些示例实施例中,控制器152可以实施为逻辑硬件和处理单元的组合。

[0041] 主处理器170可以控制用户设备100的操作,可以产生包括要通过无线通信提供给另一方的信息的发送有效载荷 TX_PL ,并且可以接收包括通过无线通信从另一方提供的信息的接收有效载荷 RX_PL 。

[0042] 在一些示例实施例中,主处理器170可以包括运行包括操作系统(operating system,OS)和OS上的应用的软件的至少一个核,并且可以被称为应用处理器(application processor,AP)。

[0043] 温度感测设备190可以感测用户设备100内部的环境温度,并且可以向主处理器170提供指示感测到的环境温度的信号。在一些示例实施例中,温度感测设备190可以布置在其上安装信号处理器150和主处理器170的板上。作为非限制性示例,温度感测设备190可以包括热敏电阻。主处理器170可以向信号处理器150的控制器152提供由温度感测设备190感测的环境温度,即信号处理器150的外部温度 T_{EXT} 。在一些示例实施例中,外部温度 T_{EXT} 可以通过处理器间通信(inter-processor communication,IPC)从主处理器170提供给信号处理器150。

[0044] 图2是示出根据本发明构思的示例实施例的用于无线通信中的热管理的方法的流程图。在一些示例实施例中,图2的方法可以由图1的信号处理器150来执行,这将在下面参考图1进行描述。

[0045] 参考图2,可以在操作S200中执行感测内部温度的操作。例如,包括在信号处理器150中的第一温度传感器 T_1 到第 n 温度传感器 T_n 可以感测信号处理器150的内部温度 T_{INT} ,并且可以将感测到的内部温度 T_{INT} 提供给控制器152。

[0046] 在操作S400中,可以执行估计表面温度的操作。例如,控制器152可以基于内部温度 T_{INT} 估计信号处理器150的表面温度和/或用户设备100的表面温度。控制器152可以进一步基于从主处理器170提供的外部温度 T_{EXT} 来估计用户设备100的表面温度。下面将参考图5A至图5C、图6等描述操作S400的示例。

[0047] 在操作S600中,可以选择性地执行热缓解操作。例如,控制器152可以基于操作S400中估计的表面温度和从阈值存储154提供的多个阈值 THR 来确定是否执行热缓解操作。此外,当确定执行热缓解操作时,控制器152可以选择用于热缓解的多个操作中的至少一个,并且可以触发所选择的操作。下面将参考图7和图8描述多个阈值 THR 的示例,并且下面将参考图11至图15描述热缓解操作的示例。

[0048] 图3是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图。具体地,图3的框图显示了包括在信号处理器300中的温度传感器的布置的示例。如上面参考图1所述,信

号处理器300可以包括用于感测内部温度 T_{INT} 的多个温度传感器。

[0049] 参考图1至图3,如上面参考图1所述,信号处理器300可以包括处理用于无线通信的信号的多个功能块。例如,如图3中所示,信号处理器300可以包括控制器310、编码器320、调制器330、解码器340、解调器350、滤波器360和模数转换器(ADC)370。在一些示例实施例中,信号处理器300还可以包括图3中未示出的功能块,诸如模转换器(digital-to-analog converter,DAC)。在这种情况下,两个或更多个功能块可以实现为单个功能块。信号处理器300中包括的至少一些功能块可以实施为逻辑硬件或者可以实施为处理单元。

[0050] 在一些示例实施例中,至少一个温度传感器可以布置在信号处理器300的功能块中的每一个中。例如,如图3中的●所指示,一个温度传感器可以布置在控制器310、编码器320、调制器330、解码器340、滤波器360和模数转换器370中的每一个中,而两个温度传感器可以布置在占据相对大面积的解调器350中。因此,温度传感器可以感测在其上放置温度传感器的功能块的温度。

[0051] 图4A和图4B是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图。具体地,图4A的框图显示了用于执行用于基于中断的热管理的方法的信号处理器400a,并且图4B的框图显示了用于周期性地执行用于热管理的方法的信号处理器400b。下文中,将省略对图4A和图4B的重复描述。

[0052] 参考图4A,信号处理器400a可以包括第一温度传感器 T_1 到第 n 温度传感器 T_n 、控制器420a和阈值存储440a(其中 n 是大于1的整数)。第一温度传感器 T_1 到第 n 温度传感器 T_n 可以向控制器420a提供内部温度 T_{INT} ,并且阈值存储440a可以向控制器420a提供多个阈值THR。

[0053] 控制器420a可以包括中断产生电路422a、至少一个核424a和存储器426a。中断产生电路422a可以基于内部温度 T_{INT} 和多个阈值THR产生中断信号INTR,该中断信号INTR导致至少一个核424a的中断。例如,控制器420a可以基于内部温度 T_{INT} 估计表面温度,并且可以在基于估计的表面温度和多个阈值THR需要热缓解操作的变化(例如,热缓解操作的启动、释放、改变或添加)时激活中断信号INTR。

[0054] 至少一个核424a可以运行存储在存储器426a中的一系列指令。例如,如图4A中所示,存储器426a可以存储热管理器426a_1作为包括多个指令的程序(也称为软件模块、过程、子例程等)。至少一个核424a可以通过运行热管理器426a_1来执行用于热管理的操作。在本说明书中,至少一个核424a通过运行热管理器426a_1来执行操作可以简单地被表述为热管理器426a_1执行操作。在一些示例实施例中,与图4A中所示的不同,存储器426a可以在控制器420a的外部,或者可以在信号处理器400a的外部。

[0055] 当中断产生电路422a接收到激活的中断信号INTR时,热管理器426a_1可以选择性地执行热缓解操作。例如,当中断发生时,热管理器426a_1可以从中断产生电路422a额外地获得关于估计的表面温度的信息和/或关于包括表面温度的温度范围的信息,并且可以基于获得的信息启动、释放、改变或添加热缓解操作。存储器426a可以包括由至少一个核424a可访问的任何类型的存储器,例如,随机存取存储器(random access memory,RAM)、只读存储器(read only memory,ROM)、磁带、磁盘、光盘、易失性存储器、非易失性存储器及其组合。

[0056] 参考图4B,信号处理器400b可以包括第一温度传感器 T_1 到第 n 温度传感器 T_n 、阈值

存储440b和控制器420b,并且控制器420b可以包括至少一个核424b和存储器426b。至少一个核424b可以通过运行存储在存储器426b中的热管理器426b_1来执行用于热管理的操作。在图4B的示例中,热管理器426b_1可以周期性地执行用于热管理的方法,例如,图2的操作S400和S600。在一些示例实施例中,定时器中断可以周期性地发生,并且热管理器426b_1可以响应于定时器中断来执行图2的操作S400和S600。在一些示例实施例中,热管理器426b_1可以通过轮询来执行图2的操作S400和S600。

[0057] 图5A至图5C是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图。具体地,图5A至图5C的框图显示了用于根据内部温度 T_{INT} 估计表面温度 T_{SUR} 的信号处理器的结构。下文中,将省略对图5A至图5C的重复描述。

[0058] 参考图5A,在一些示例实施例中,表面温度 T_{SUR} 可以基于以内部温度 T_{INT} 为自变量的预定义函数 f 来估计。例如,如图5A中所示,信号处理器500a可以包括第一功能块 $F1$ 到第 m 功能块 Fm ,并且至少一个温度传感器可以布置在第一功能块 $F1$ 到第 m 功能块 Fm 中的每一个中(其中 m 是大于1的整数)。信号处理器500a可以被建模为热阻网络,所述热阻网络包括第一功能块 $F1$ 到第 m 功能块 Fm 作为热源。例如,如图5A中所示,热阻网络可以包括信号处理器500a的表面和第一功能块 $F1$ 到第 m 功能块 Fm 之间的热阻 R_{01} 、 R_{02} 、...、以及 R_{0m} 。此外,热阻网络可以包括第一功能块 $F1$ 到第 m 功能块 Fm 之间的热阻 R_{012} 、 R_{01m} 、 R_{02m} 等。因此,可以基于热阻网络来定义用于根据内部温度 T_{INT} 估计表面温度 T_{SUR} 的函数 f 。在一些示例实施例中,函数 f 可以存储在图4A和图4B的存储器426a和426b中。

[0059] 参考图5B,在一些示例实施例中,表面温度 T_{SUR} 可以基于查找表540b来估计,该查找表540b包括与内部温度 T_{INT} 的组合相对应的表面温度。例如,如图5B中所示,信号处理器500b可以包括控制器520b和查找表540b,并且查找表540b可以包括与内部温度 T_{INT} 的组合相对应的表面温度。控制器520b可以向查找表540b提供内部温度 T_{INT} ,并且可以从查找表540b获得对应于内部温度 T_{INT} 的表面温度 T_{SUR} 。查找表540b可以存储在由控制器520b可访问的非易失性存储器中。在一些示例实施例中,查找表540b可以存储在控制器520b的外部存储器中,并且可以存储在控制器520b的内部存储器中,诸如图4A和图4B的存储器426a和426b。

[0060] 参考图5C,在一些示例实施例中,控制器520c可以包括人工神经网络540c,其可以根据训练数据处于训练状态,该训练数据包括内部温度 T_{INT} 和多个表面温度的多个组合。人工神经网络540c可以指其中人工神经元(或神经元模型)实施互连集合的结构。人工神经元可以通过对输入数据执行简单的操作来产生输出数据,并且输出数据可以被传送到其他人工神经元。人工神经网络540c可以响应于由控制器520c提供的内部温度 T_{INT} 输出表面温度 T_{SUR} ,并且控制器520c可以获得由人工神经网络540c提供的表面温度 T_{SUR} 。

[0061] 图6是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图。具体地,图6的流程图显示了图2的操作S400的示例,并且如上面参考图2所述,可以在图6的操作S400'中执行估计表面温度的操作。如图6中所示,操作S400'可以包括操作S420和操作S440。在一些示例实施例中,图6的操作S400'可以由图1的控制器152来执行,并且现在将参考图1来描述图6。

[0062] 参考图6,可以在操作S420中执行获得外部温度 T_{EXT} 的操作。例如,控制器152可以从主处理器170获得外部温度 T_{EXT} 。如上面参考图1所述,外部温度 T_{EXT} 可以对应于由

布置在信号处理器150外部的温度感测设备190感测的环境温度,并且主处理器170可以根据温度感测设备190的输出信号向控制器152提供外部温度 T_{EXT} 。

[0063] 在操作S440中,可以执行估计用户设备100的表面温度的操作。例如,控制器152可以不仅基于由包括在信号处理器150中的第一温度传感器 T_1 到第 n 温度传感器 T_n 提供的内部温度 T_{INT} ,还基于在操作S420中获得的外部温度 T_{EXT} 来估计用户设备100的表面温度。在一些示例实施例中,控制器152可以对用户设备100的热阻网络建模,类似于以上参考图5A所述,并且可以基于根据热阻网络预定义的函数来估计用户设备100的表面温度,该预定义函数使内部温度 T_{INT} 和外部温度 T_{EXT} 作为自变量。在一些示例实施例中,控制器152可以通过参考查找表来估计用户设备100的表面温度,该查找表包括内部温度 T_{INT} 和外部温度 T_{EXT} 的多个组合以及与该多个组合相对应的表面温度,类似于以上参考图5B所述。此外,在一些示例实施例中,控制器152可以通过将内部温度 T_{INT} 和外部温度 T_{EXT} 提供给根据训练数据训练的人工神经网络来估计用户设备100的表面温度,该训练数据包括内部温度 T_{INT} 和外部温度 T_{EXT} 的多个组合以及多个表面温度,类似于以上参考图5C所述。

[0064] 图7是根据本发明构思的示例实施例的阈值存储的示例的框图,并且图8是示出根据本发明构思的示例实施例的多个阈值的图。具体地,图7的框图示出了存储用于温度范围变化的滞后(hysteresis)的多个阈值的阈值存储700,并且图8的框图示出了存储在图7的阈值存储700中的多个阈值的大小。

[0065] 参考图7,阈值存储700可以存储第一对阈值710_1到第 k 对阈值710_ k (其中, k 是大于1的整数),并且一对阈值可以包括与上升的(rising)表面温度相比的阈值和与下降的(falling)表面温度相比的阈值。如上面参考附图所述,估计的表面温度可以与多个阈值进行比较,以确定包括表面温度的温度范围,并且在一些示例实施例中,为了防止与温度范围相对应的热缓解操作中频繁变化的发生,阈值存储700可以存储用于滞后的阈值。例如,阈值存储700可以存储与上升的表面温度相比的第一到第 k 上升的阈值 $THR1_R$ 、...、 $THRk_R$,以及与下降的表面温度相比的第一到第 k 下降的阈值 $THR1_F$ 、...、 $THRk_F$ 。

[0066] 参考图8,第一温度范围 $R1$ 到第五温度范围 $R5$ 可以由第一阈值 $THR1$ 到第四阈值 $THR4$ 定义。此外,在一些示例实施例中,第一阈值 $THR1$ 到第四阈值 $THR4$ 可用于确定状态机中的状态转换,如以下参考图16所述。

[0067] 第一温度范围 $R1$ 可以被定义为小于第一阈值 $THR1$,并且当表面温度在第一温度范围 $R1$ 内时,可以不执行热缓解操作。在一些示例实施例中,当表面温度高时,例如,当表面温度在第五温度范围 $R5$ 内时,可以执行热缓解操作,直到表面温度在第一温度范围 $R1$ 内。如图8中所示,第一上升的阈值 $THR1_R$ 和第一下降的阈值 $THR1_F$ 可以在第一温度范围 $R1$ 和第二温度范围 $R2$ 之间的转换中提供滞后。第二温度范围 $R2$ 可以被定义在第一阈值 $THR1$ 和第二阈值 $THR2$ 之间,并且类似于第一温度范围 $R1$,当表面温度在第二温度范围 $R2$ 内时,可以不执行热缓解操作。例如,在第一温度范围 $R1$ 和第二温度范围 $R2$ 内,可以允许eUTRAN新的无线电双连接(eUTRAN New Radio-Dual Connectivity,EN-DC)。如图8中所示,第二上升的阈值 $THR2_R$ 和第二下降的阈值 $THR2_F$ 可以在第二温度范围 $R2$ 和第三温度范围 $R3$ 之间的转换中提供滞后。如下面参考图16所述,第一温度范围 $R1$ 和第二温度范围 $R2$ 可以对应于状态机SM中的安全状态 $S10$ 。

[0068] 第三温度范围 $R3$ 可以被定义在第二阈值 $THR2$ 和第三阈值 $THR3$ 之间,并且如果表面

温度暂时保持在第三温度范围R3内,则不触发热缓解操作。另一方面,当表面温度长时间保持在第三温度范围R3内时,可以开始热缓解操作。如图8中所示,第三上升的阈值THR3_R和第三下降的阈值THR3_F可以在第三温度范围R3和第四温度范围R4之间的转换中提供滞后。如下面参考图16所述,第三温度范围R3可以对应于状态机SM中的警告状态S20。

[0069] 第四温度范围R4可以被定义在第三阈值THR3和第四阈值THR4之间,并且在第四温度范围R4中可能需要立即的热缓解操作。如图8中所示,第四上升的阈值THR4_R和第四下降的阈值THR4_F可以在第四温度范围R4和第五温度范围R5之间的转换中提供滞后。如下面参考图16所述,第四温度范围R4可以对应于状态机SM中的过热状态S30。

[0070] 第五温度范围R5可以被定义为高于第四阈值THR4,并且表面温度可以不被允许在第五温度范围R5内。当表面温度由于未指明的原因进入第五温度范围R5时,可以执行用于减少表面温度的所有可用的热缓解操作。

[0071] 图9是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热缓解的方法的流程图。具体地,在图9的操作S100中,可以执行更新作为用于估计表面温度或确定其中包括表面温度的温度范围的基础的信息的操作。如图9中所示,操作S100可以包括操作S120、操作S140和操作S160,并且在一些示例实施例中,图9的操作S100可以在执行图2的操作S200之前执行。在一些示例实施例中,图9的操作S100可以由图1的信号处理器150执行,并且现在将参考图1描述图9。

[0072] 在操作S120中,可以执行确定信号处理器150是否处于校准模式的操作。校准模式可以与其中信号处理器150执行用于执行无线通信的操作的正常模式形成对比。在一些示例实施例中,校准模式可以在制造信号处理器150或用户设备100的过程中设置。如图9中所示,当进入校准模式时,可以随后执行操作S140。

[0073] 在操作S140中,可以执行接收供应信号的操作。供应信号可以指从信号处理器150的外部提供的信号,以更新作为用于估计表面温度或确定其中包括表面温度的温度范围的基础的信息。在一些示例实施例中,信号处理器150可以直接接收供应信号。在一些示例实施例中,信号处理器150可以从主处理器170接收供应信号。

[0074] 在操作S160中,可以执行更新作为用于估计表面温度或确定其中包括表面温度的温度范围的基础的信息的操作。如图9中所示,操作S160可以包括操作S162、操作S164和操作S166。在一些示例实施例中,操作S160可以仅包括操作S162、S164和S166中的一些,不同于图9中所示的操作。

[0075] 在操作S162中,可以执行更新查找表或函数的操作。例如,如上面参考图5A和图5B所述,可以基于预定义的函数和/或查找表来估计表面温度,并且在操作S162中,可以根据供应信号来更新函数和/或查找表。在操作S164中,可以执行训练神经网络的操作。例如,如上面参考图5C所述,可以基于神经网络来估计表面温度,并且在操作S164中,可以根据供应信号中包括的训练数据来训练神经网络。在操作S166中,可以执行更新多个阈值的操作。例如,多个阈值可以根据供应信号存储在阈值存储154中。

[0076] 图10是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的示例的框图。具体地,图10的框图示出了执行图9的方法的信号处理器800。如上面参考图9所述,信号处理器800可以在校准模式下从外部接收供应信号S_PRO,并且可以基于供应信号S_PRO更新作为用于估计表面温度或确定其中包括表面温度的温度范围的基础的信息。如图10中所示,信号处理器

800可以包括控制器820和接口电路860。在下文中,将省略图10的描述中与图1相同的描述。

[0077] 接口电路860可以接收供应信号S_PRO,并且可以从供应信号S_PRO产生新数据D_NEW,并且将新数据D_NEW提供给控制器820。新数据D_NEW可以包括作为用于估计表面温度或确定其中包括表面温度的温度范围的基础的信息,并且控制器820可以基于新数据D_NEW更新该信息。例如,控制器820可以更新使内部温度和/或外部温度作为自变量的函数,如上面参考图5A所述,可以更新查找表,如上面参考图5B所述,并且可以训练人工神经网络或者用定义训练的人工神经网络的数据对人工神经网络编程。此外,控制器820可以在阈值存储(例如,图1的阈值存储154)中存储多个阈值。

[0078] 在一些示例实施例中,接口电路860可以在校准模式下被激活,并且可以在其他模式下,即正常模式下被禁用。此外,在一些示例实施例中,不同于图10中所示的实施例,代替向控制器820提供新数据D_NEW,接口电路860可以访问预定义函数、查找表、人工神经网络、阈值存储等,并且可以直接更新作为用于估计表面温度或确定其中包括表面温度的温度范围的基础的信息。

[0079] 图11是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图。具体地,图11的流程图示出了图2的操作S600的示例,并且如上面参考图2所述,可以在图11的操作S600'中选择性地执行热缓解操作。如图11中所示,操作S600'可以包括多个操作S610、S630、S650、S670和S690,并且多个操作S610、S630、S650、S670和S690中的一个或多个可以同时执行。在一些示例实施例中,操作S600'可以由图1的控制器152执行,并且现在将参考图1描述图11。

[0080] 在操作S610中,可以执行控制秩指示符或秩索引(rank index,RI)的操作。例如,用户设备100和基站200可以通过MIMO通信,并且RI可以指空间分离层的数量。当秩的数量减少时,由于可以用较低的计算能力处理信号,因此控制器152可以通过控制RI来执行热缓解操作。下面将参考图12描述操作S610的示例。

[0081] 在操作S630中,可以执行切换到传统无线电接入技术(radio access technology,RAT)的操作。例如,用户设备100可以支持两个或更多个RAT,诸如5G NR和LTE,并且还可以支持多连接(multi-connectivity,MC)以同时接入两个或更多个不同的RAT。例如,用户设备100可以支持双重连接(dual-connectivity,DC)以同时接入两个不同的RAT。与传统RAT(例如,LTE)相反,新RAT(例如,5G NR)可能需要相对高的信号处理能力用于高数据吞吐量,并且因此,控制器152可以停止通过新RAT的无线通信,并通过允许通过传统RAT的无线通信来执行热缓解操作。在一些示例实施例中,传统RAT可以指使用相对低的频带和/或相对窄的带宽的RAT。

[0082] 在操作S650中,可以执行请求降低分量载波的数量数的操作。例如,用户设备100和基站200可以通过载波聚合无线地通信,并且随着用于载波聚合的分量载波的数量增加,可能需要更高的信号处理能力。因此,控制器152可以请求对方无线通信设备即基站200减少用于载波聚合的分量载波的数量。

[0083] 在操作S670中,可以执行请求减少有效载荷的操作。例如,控制器152可以请求主处理器170减少有效载荷,即发送有效载荷TX_PL,以减少经由无线通信的传输即经由上行链路的传输所需的信号处理。响应于控制器152的请求,下面将参考图14描述由主处理器170执行的减少发送有效载荷TX_PL的操作的示例。

[0084] 在操作S690中,可以执行低复杂度的信号处理算法。例如,信号处理器150可以基于多种信号处理算法中被选择的一种来处理信号,并且控制器152可以通过允许执行相对低复杂度的信号处理算法而不是高性能的高复杂度的信号处理算法来执行热缓解操作。下面将参考图15描述操作S690的示例。

[0085] 图12是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图,并且图13是根据本发明构思的示例实施例的信号处理器的框图。具体地,图12的流程图示出了图11的操作S610的示例,并且图13的框图示出了执行图12的操作S610'的信号处理器900。如上面参考图11所述,可以通过在图12的操作S610'中控制RI来执行热缓解操作。

[0086] 参考图13,信号处理器900可以包括第一接收链920_1到第p接收链920_p和控制器940(其中p是大于1的整数)。每个接收链可以独立地处理从收发器(例如,图1的收发器130)提供的接收基带信号。例如,如图13中所示,第一接收链920_1可以接收第一接收基带信号RX_BB1,并且可以包括用于处理第一接收基带信号RX_BB1的模数转换器A1和MIMO检测器MD1。类似地,第p接收链920_p可以包括用于处理第p接收基带信号RX_BBp的模数转换器Ap和MIMO检测器MDp。用于接收的接收链的数量可以取决于MIMO秩。

[0087] 返回参考图12,操作S610'可以包括操作S612和操作S614。在操作S612中,可以执行请求降低MIMO秩的操作。例如,控制器940可以请求对方无线通信设备(例如,图1的基站200)降低MIMO秩。在一些示例实施例中,控制器940可以直接请求降低MIMO秩,并且还可以提供使得对方无线通信设备降低MIMO秩的信息。例如,控制器940可以提供指示低质量信道的信息。

[0088] 在操作S614中,可以执行禁用多个接收链中的至少一个的操作。例如,当根据操作S612的请求MIMO秩降低时,控制器940可以禁用第一接收链920_1到第p接收链920_p中的至少一个。因此,可以降低信号处理器900的功耗和热量产生。

[0089] 图14是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图。具体地,图14的流程图示出了由信号处理器142执行的图11的操作S670的示例和主处理器144的操作的示例,并且如上面参考图11所述,信号处理器142可以请求主处理器144减少有效载荷。

[0090] 参考图14,在操作S670a中,信号处理器142可以请求主处理器144减少有效载荷。在一些示例实施例中,信号处理器142可以通过IPC向主处理器144提供请求。然后,在操作S671a中,主处理器144可以延迟产生超过上限的有效载荷。例如,主处理器144可以延迟产生有效载荷的多个应用中的至少一个的运行。

[0091] 在操作S670b中,信号处理器142可以请求主处理器144减少有效载荷。然后,在操作S671b中,主处理器144可以进入低功率模式。例如,来自信号处理器142的有效载荷减少请求可能是由于包括信号处理器142和主处理器144的无线通信设备(例如,图1中的用户设备100)的表面温度的增加。在这种情况下,主处理器144可以进入低功率模式以降低无线通信设备的表面温度,并且可以触发对应于低功率模式的操作。

[0092] 图15是示出根据本发明构思的示例实施例的用于热管理的方法的流程图。具体地,图15的流程图示出了图11的操作S690的示例,并且如上面参考图11所述,可以在图15的操作S690'中执行低复杂度的信号处理算法。如图15中所示,操作S690'可以包括操作S692和操作S694。在一些示例实施例中,不同于图15中所示,操作S690'可以仅包括操作S692和

S694中的一个。在一些示例实施例中,操作S690'可以由图1的信号处理器150执行,并且现在将参考图1描述图15。

[0093] 在操作S692中,可以执行降低基于最大似然 (ML) 的解调中的附近星座点 (near constellation point) 的数量的操作。例如,信号处理器150可以包括基于ML算法操作的MIMO检测器,并且控制器152可以通过控制MIMO检测器减少接近星座图上的测量度的候选星座点的数量来减少MIMO检测器的功耗和热量产生。例如,信号处理器150可以按照最接近的接近度 (nearest proximity) 的顺序对接近测量度的候选星座点进行排序,并且可以选择之前使用的候选星座点的一半。

[0094] 在操作S694中,可以执行使用匹配滤波器 (matched filter, MF) 和/或最小均方误差 (minimum mean squared error, MMSE) 来代替ML的操作。例如,信号处理器150可以包括基于从ML、MF和MMSE中所选择的算法来操作的MIMO检测器,并且控制器152可以通过控制MIMO检测器使得具有低于ML的复杂度的MF和/或MMSE被使用,来减少MIMO检测器的功耗和热量产生。

[0095] 图16示出了根据本发明构思的示例实施例的执行用于热管理的方法的状态机SM。如图16中所示,状态机SM可以包括四种状态,即安全状态S10、警告状态S20、过热状态S30和后退 (fallback) 状态S40,并且可以基于估计的表面温度 T_{SUR} 和第一阈值THR1到第四阈值THR4在这四种状态之间发生状态转换。在一些示例实施例中,状态机SM可以在图1的控制器152中实施,并且图16的第一阈值THR1到第四阈值THR4可以对应于图8的第一阈值至第四阈值。如上面参考图8所述,可以在表面温度 T_{SUR} 和第一阈值THR1到第四阈值THR4之间的比较中提供滞后。

[0096] 在安全状态S10 (可以被称为第一状态) 中,由于低的表面温度 T_{SUR} ,无线通信可以被执行,而不限操作。例如,可以允许EN-DC,并且可以允许使用信号处理器150提供的所有秩。然而,如图16中所示,当表面温度 T_{SUR} 高于第二阈值THR2 ($T_{SUR} > THR2$) 时,可能发生向警告状态S20的转换。此外,当在安全状态S10中表面温度 T_{SUR} 高于第三阈值THR3 ($T_{SUR} > THR3$) 时,可能发生向过热状态S30的转换。如图16中所示,当发生从安全状态S10向警告状态S20或过热状态S30的转换时,指示在警告状态S20或过热状态S30中的连续停留时间的时间“t”可以被重置 ($t=0$)。当在安全状态S10中表面温度 T_{SUR} 高于第四阈值THR4 ($T_{SUR} > THR4$) 时,可以发生向后退状态S40的转换。

[0097] 在警告状态S20 (其可以被称为第二状态) 中,无线通信可以被临时地执行,而不限操作。然而,如图16中所示,当在警告状态S20或过热状态S30中的连续停留时间超过阈值 THR_T ($t > THR_T$) 时,可以发生向后退状态S40的转换。此外,当在警告状态S20中表面温度 T_{SUR} 高于第三阈值THR3 ($T_{SUR} > THR3$) 时,可能发生向过热状态S30的转换。另一方面,当在警告状态S20中表面温度 T_{SUR} 低于第二阈值THR2 ($T_{SUR} < THR2$) 时,可能发生向安全状态S10的转换。

[0098] 在过热状态S30 (其可以被称为第三状态) 中,可以执行一些热缓解操作。例如,尽管可以暂时允许EN-DC之时,但可以减少可用的秩,并且可以使用低复杂度的信号处理算法。如图16中所示,当在过热状态S30中表面温度 T_{SUR} 高于第四阈值THR4或者在警告状态S20或者过热状态S30中的连续停留时间超过阈值 THR_T ($t > THR_T$) 时,可能发生向后退状态S40的转换。另一方面,当在过热状态S30中表面温度 T_{SUR} 低于第三阈值THR3时,可以发生

向警告状态S20的转换。

[0099] 在后退状态S40 (其可以被称为第四状态) 中,可以执行最有效的热缓解操作。例如,EN-DC可能不被允许,并且可能发生向传统RAT (例如,LTE) 的切换。在一些示例实施例中,可以允许在后退状态S40中使用根据传统RAT的所有秩。如图16中所示,当表面温度 T_{SUR} 低于第一阈值 $THR1$ 时,可能发生向安全状态S10的转换。

[0100] 图17示出了根据本发明构思的示例实施例执行用于热管理的方法的状态机。具体地,图17示出了图16的后退状态S40的示例,并且如图17中所示,后退状态S40' 可以包括紧急状态S42和冷却状态S44。

[0101] 参考图17,当估计的表面温度 T_{SUR} 高于第四阈值 $THR4$ 时,可能立即发生向紧急状态S42的状态转换。例如,当在图16的安全状态S10、警告状态S20和过热状态S30中表面温度 T_{SUR} 高于第四阈值 $THR4$ ($T_{SUR} > THR4$) 时,可能发生向紧急状态S42的转换。在紧急状态S42中,可能立即执行向传统RAT的切换。例如,可以停止通过5G NR的无线通信,并且可能发生或保持通过LTE的无线电通信。然后,如图17中所示,可能发生从紧急状态S42向冷却状态S44的转换。

[0102] 即使估计的表面温度 T_{SUR} 不高于第四阈值 $THR4$,当保持相对高的表面温度 T_{SUR} 的时间长时,也可能发生向冷却状态S44的转换。例如,当在图16的警告状态S20或过热状态S30中的连续停留时间超过阈值 ($t > THR_T$) 时,可以发生向冷却状态S44的转换。在冷却状态S44中,可能发生向传统RAT的切换,并且可能不允许EN-DC,同时可以使用根据传统RAT的所有秩。如图17中所示,当在冷却状态S44中表面温度 T_{SUR} 低于第一阈值 $THR1$ 时,可能发生向安全状态S10的转换。

[0103] 图18是示出根据基于本发明构思的示例实施例的热管理方法的表面温度 T_{SUR} 随时间的变化的曲线图。详细地,表面温度 T_{SUR} 可以与第一阈值 $THR1$ 到第四阈值 $THR4$ 进行比较。如图18中虚线所指示的,可以施加滞后。然而,在下文中,为了描述方便,图18将被描述为表面温度 T_{SUR} 高于或低于第一阈值 $THR1$ 到第四阈值 $THR4$,并且将参考图16的状态机SM来描述。

[0104] 在时间 $t1$,表面温度 T_{SUR} 可能高于第二阈值 $THR2$ 。因此,可能发生从安全状态S10向警告状态S20的转换。此外,可以开始警报定时器来测量在警告状态S20或过热状态S30中的连续停留时间。

[0105] 在时间 $t2$,表面温度 T_{SUR} 可以高于第三阈值 $THR3$ 。因此,可能发生从警告状态S20向过热状态S30的转换,并且可以限制MIMO秩。此外,可以执行低复杂度的信号处理算法,并且在时间 $t1$ 开始的警报定时器可以继续工作。如图18中所示,从时间 $t2$ 到时间 $t3$,发生表面温度低于或高于第三阈值 $THR3$ 的事件,但是由于滞后 (由图8中的第三上升的阈值 $THR3_R$ 和第三下降的阈值 $THR3_F$ 定义),可以防止状态转换的发生。

[0106] 在时间 $t3$,表面温度 T_{SUR} 可以低于第三阈值 $THR3$ 。因此,可以发生从过热状态S30向警告状态S20的转换,并且可以移除对MIMO秩的限制。此外,可以执行高复杂度的信号处理算法,并且在时间 $t1$ 开始的警报定时器可以继续工作。

[0107] 在时间 $t4$,警报定时器可能到期。因此,可能发生从警告状态S20向后退状态S40的转换,并且可能发生向传统RAT (诸如LTE) 的转换。此外,虽然EN-DC可能不被允许,但根据传统RAT的所有秩都可能被允许。

[0108] 在时间 t_5 ,表面温度 T_{SUR} 可能低于第一阈值 THR_1 。因此,可能发生从后退状态 S_{40} 向安全状态 S_{10} 的转换,并且可以允许EN-DC,即,可以执行无线通信,而不限制操作。

[0109] 上述方法的各种操作可以通过能够执行操作的任何合适的方式来执行。

[0110] 例如,包括在其中的包括控制器、编码器、解码器、调制器、滤波器和/或模数转换器的信号处理器可以使用包括逻辑电路的处理电路、硬件/软件组合(诸如运行软件的处理器的组合)或者它们的组合来实施。例如,处理电路可以包括但不限于CPU、算术逻辑单元(arithmetic logic unit,ALU)、数字信号处理器、微型计算机、现场可编程门阵列(field programmable gate array,FPGA)、片上系统(System-on-Chip,SoC)、可编程逻辑单元、微处理器或专用集成电路(application-specific integrated circuit,ASIC)等。处理电路可以被配置为专用计算机,以基于所感测的内部温度估计表面温度,并基于表面温度和由温度阈值定义的多个温度范围选择性地执行至少一个热缓解操作。因此,专用处理电路可以通过预测表面温度和执行为多个温度范围中的每一个定制的热缓解操作来改善信号处理器和/或包括信号处理器的用户设备的功能,从而实现更有效的热管理。

[0111] 虽然已经参考本发明构思的一些示例实施例具体示出和描述了本发明构思,但是将会理解,在不脱离所附权利要求的精神和范围的情况下,可以在形式和细节上做出各种改变。

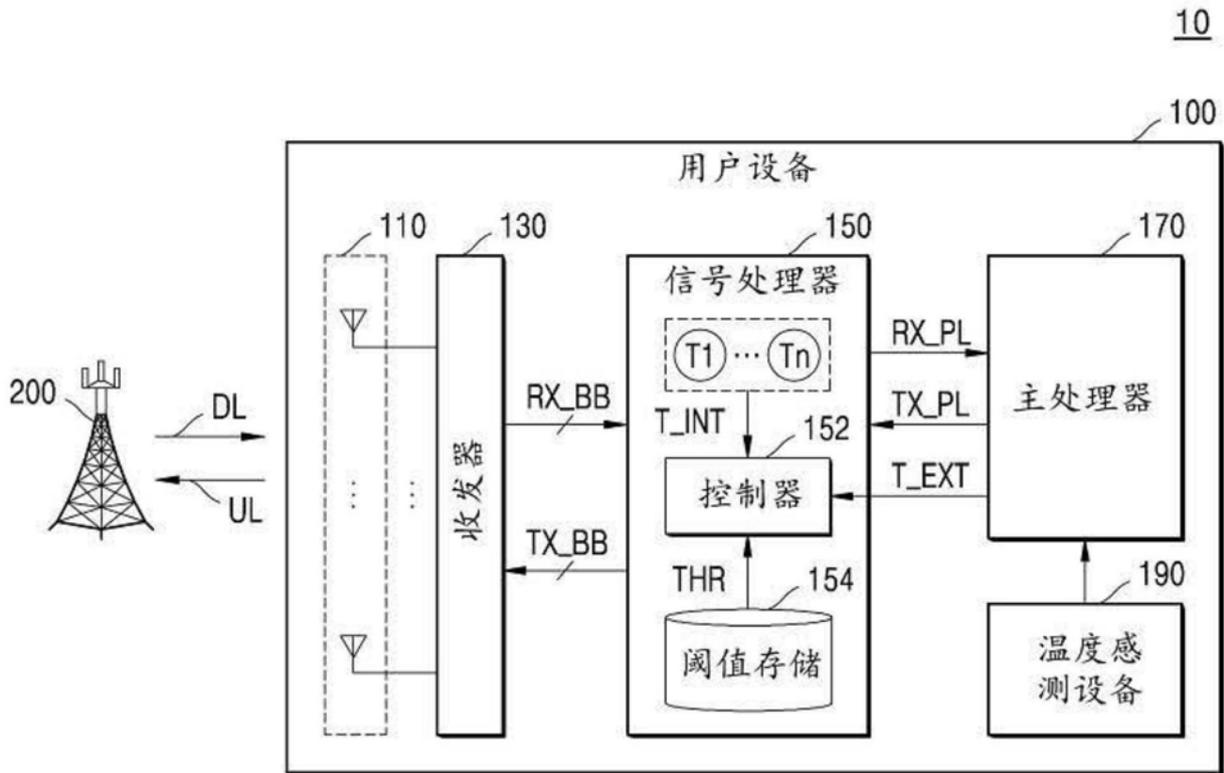


图1

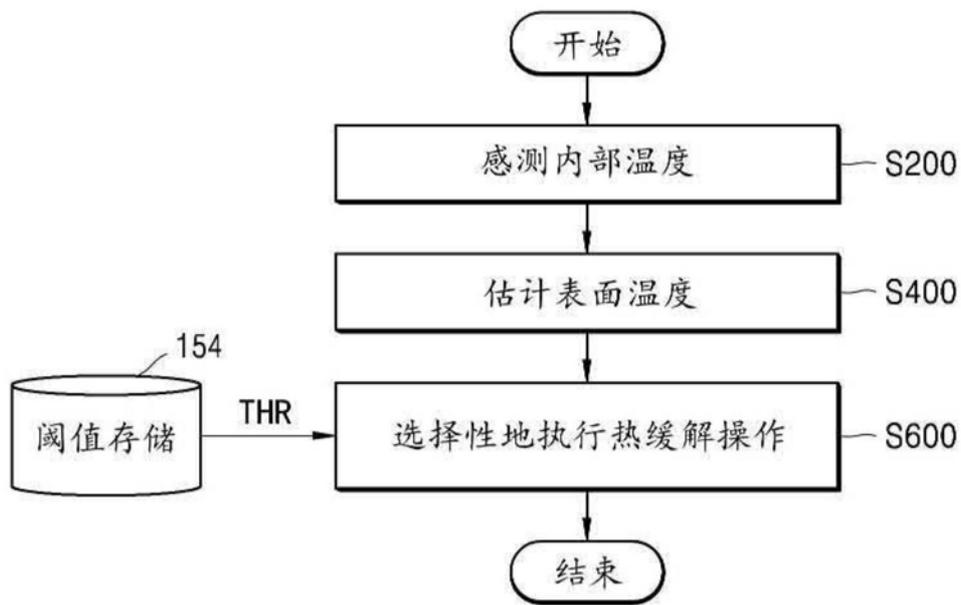


图2

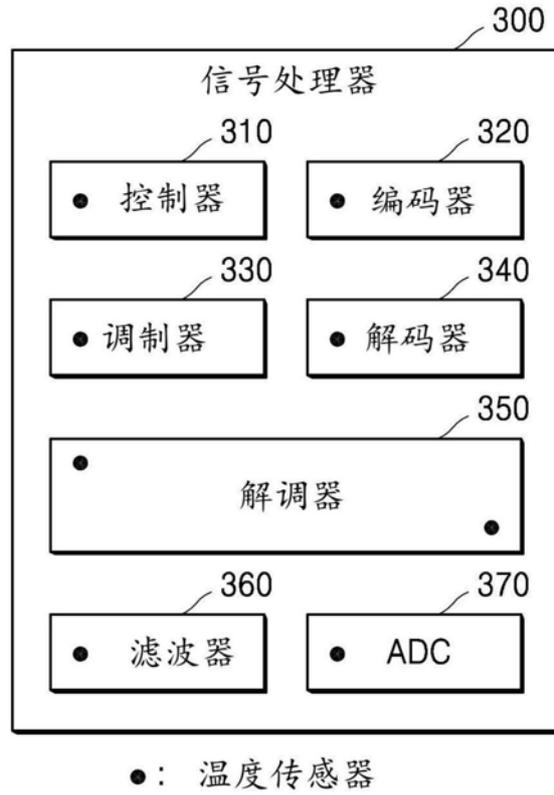


图3

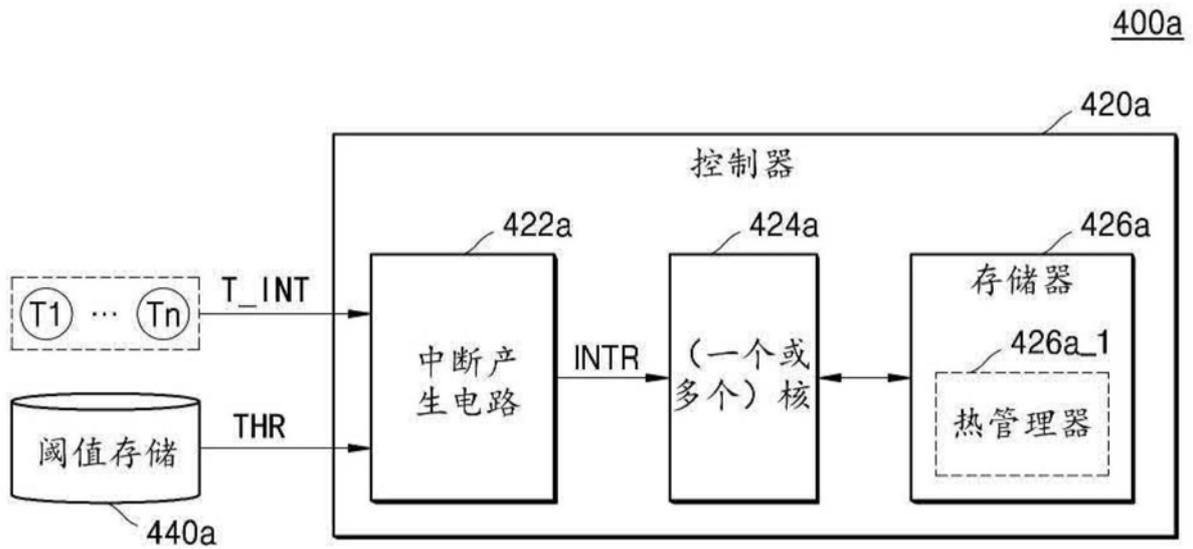


图4A

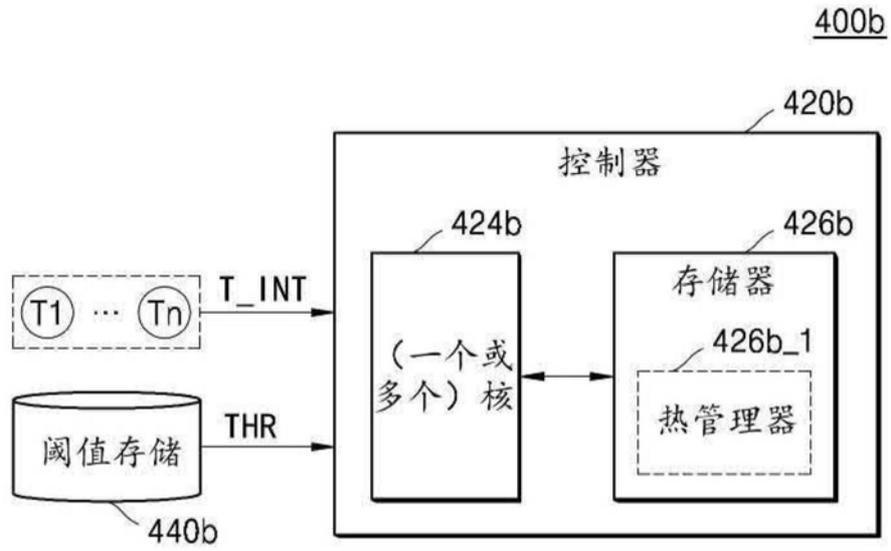


图4B

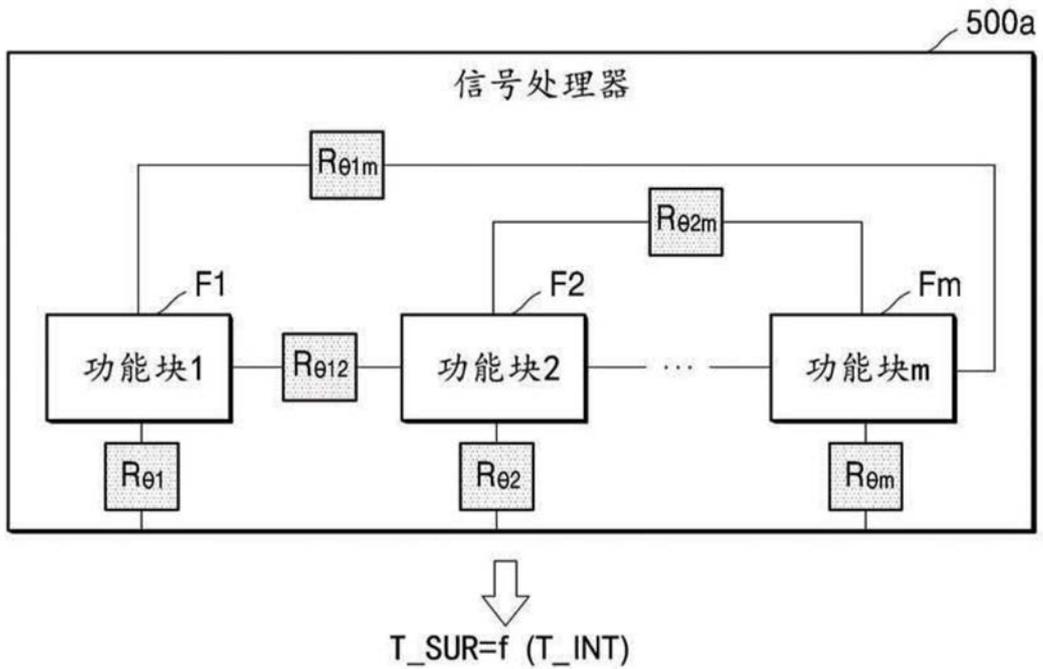


图5A

500b

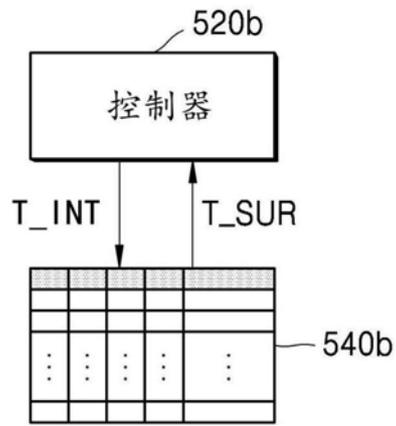


图5B

500c

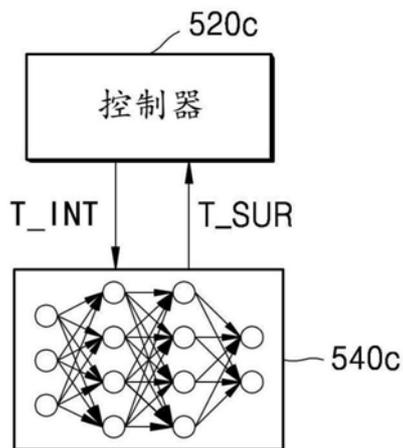


图5C

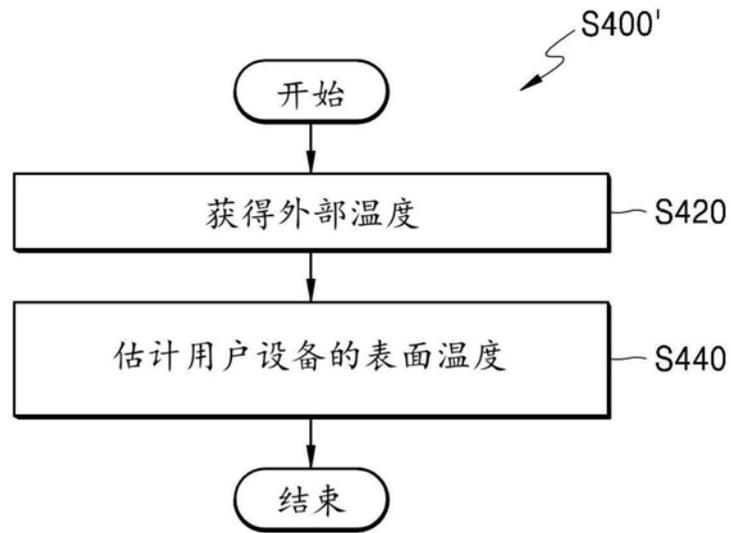


图6

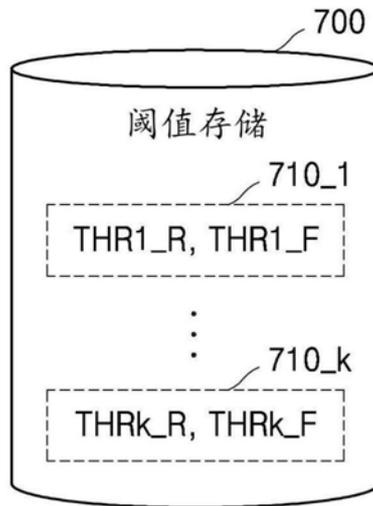


图7

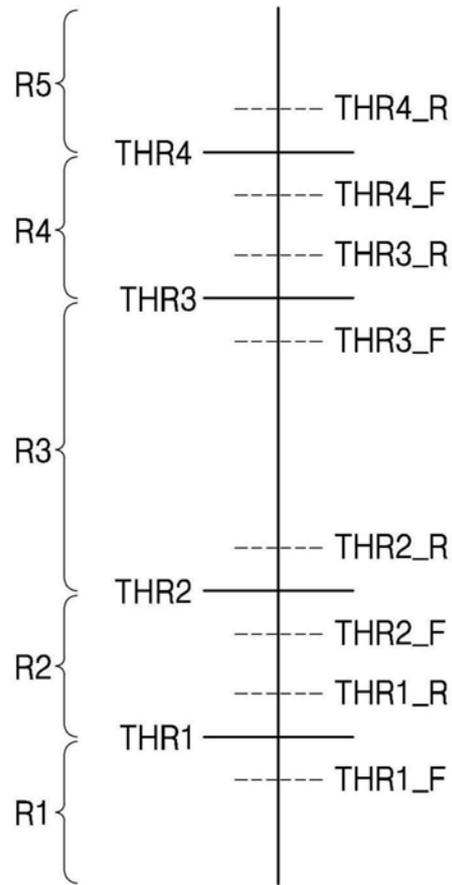


图8

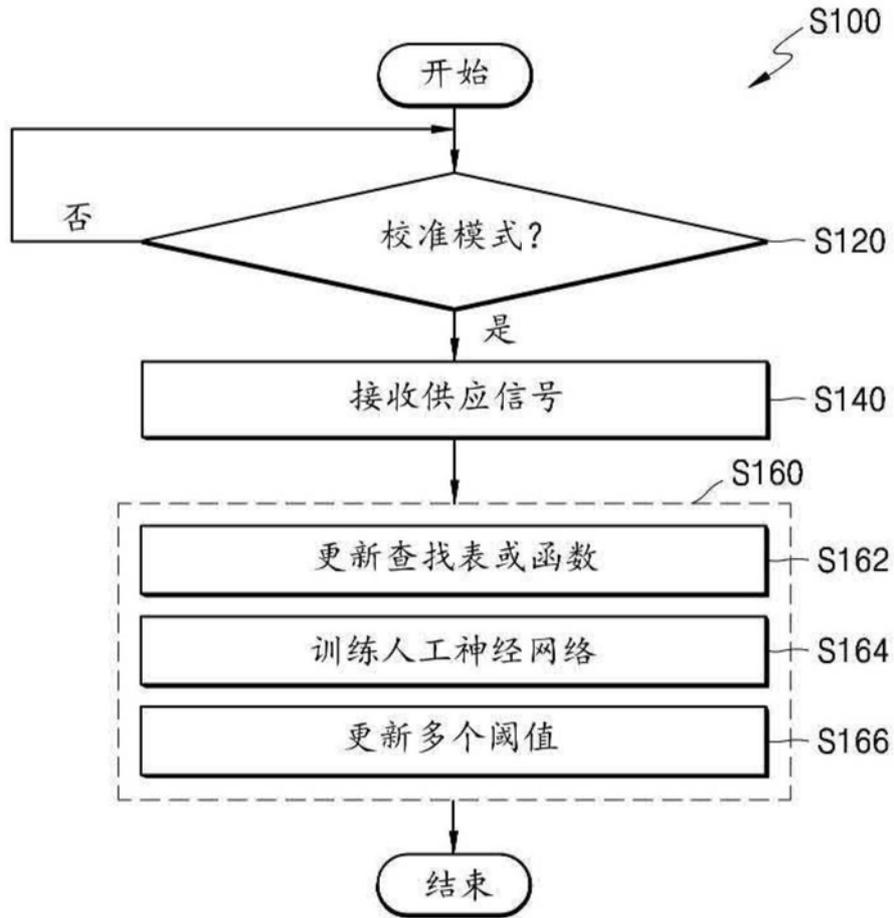


图9

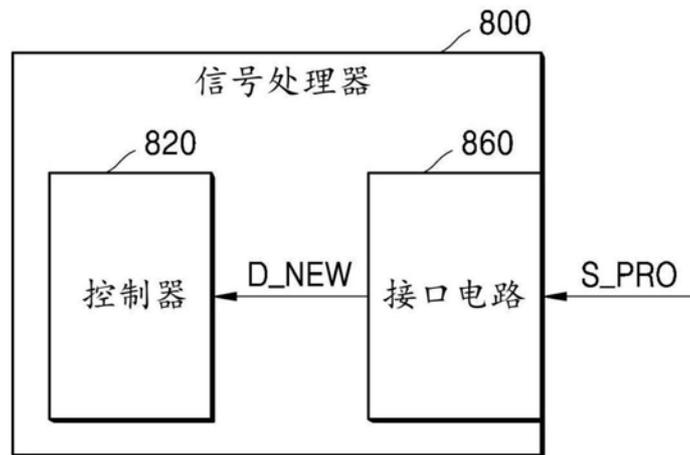


图10

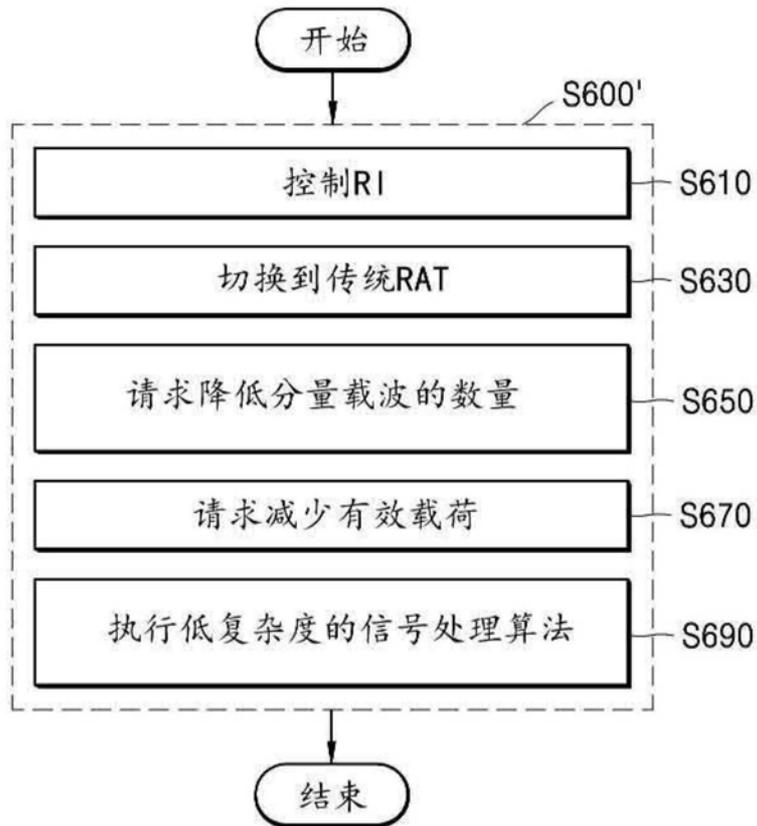


图11

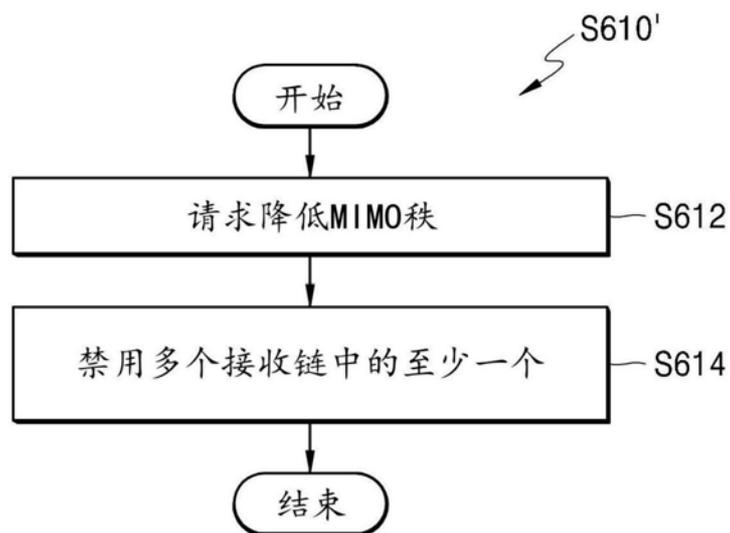


图12

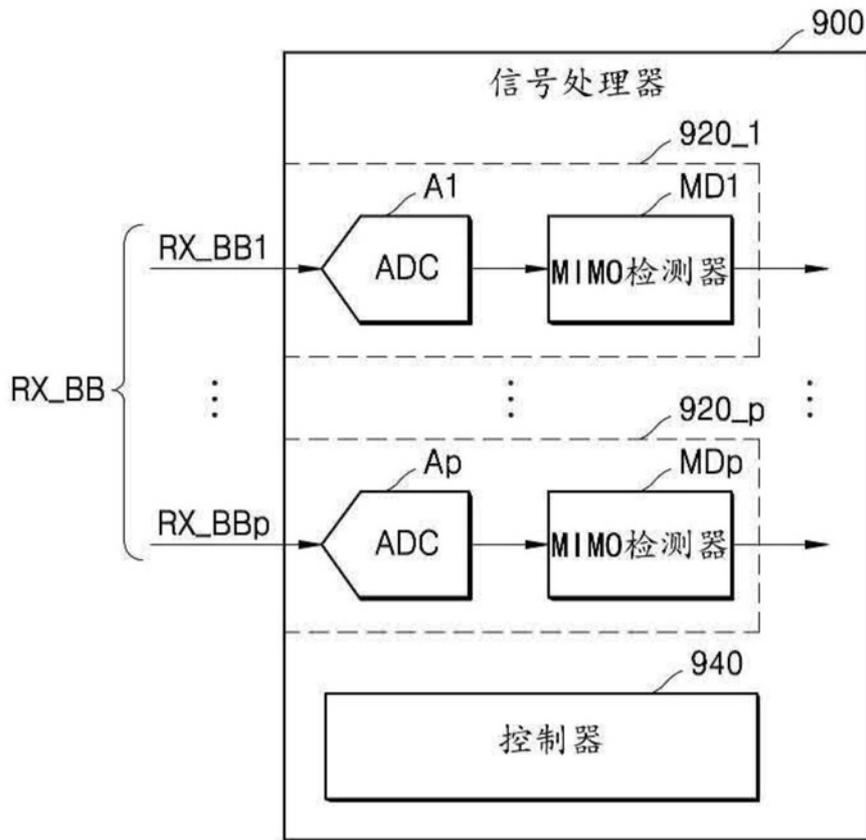


图13

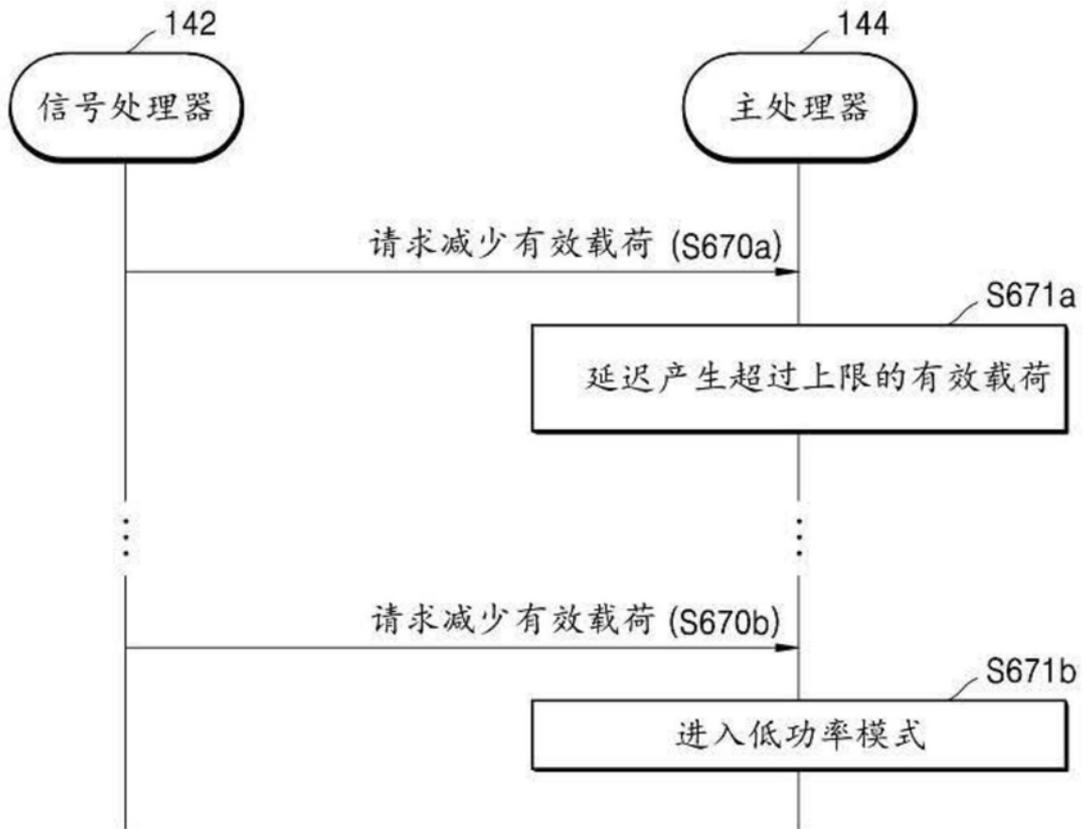


图14

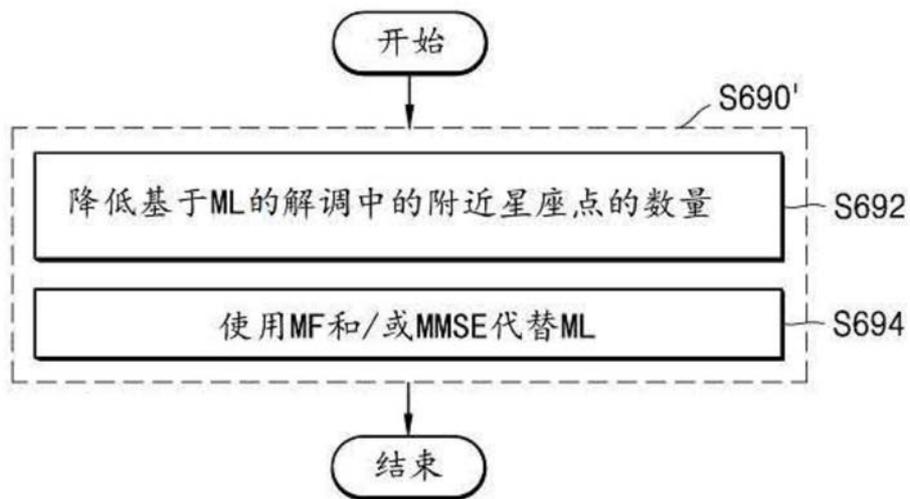


图15

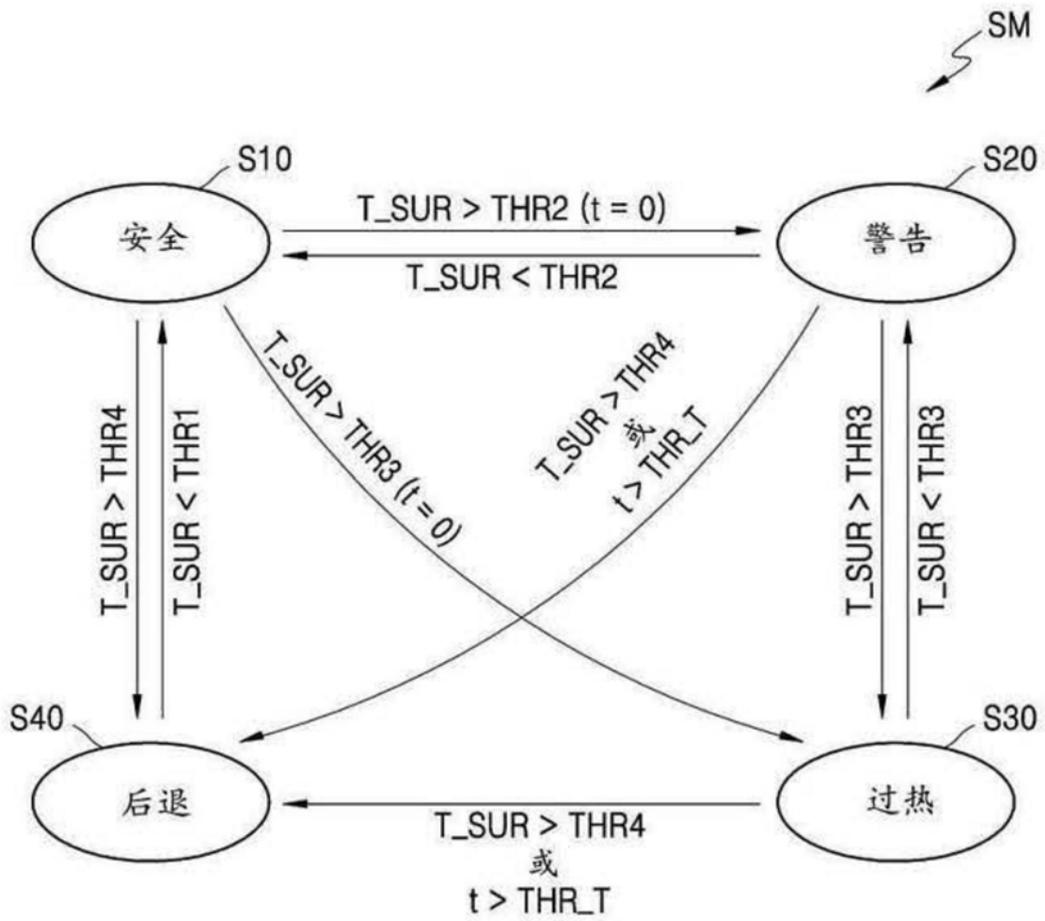


图16

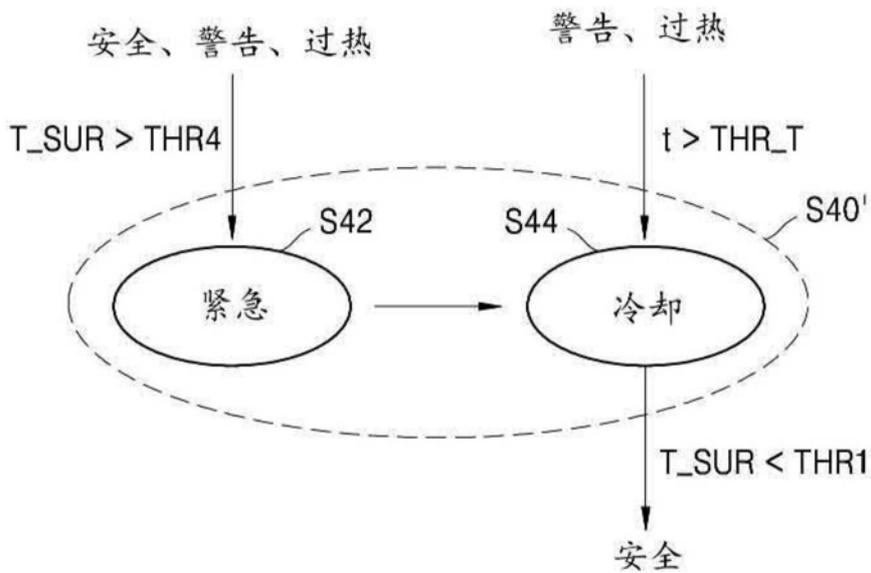


图17

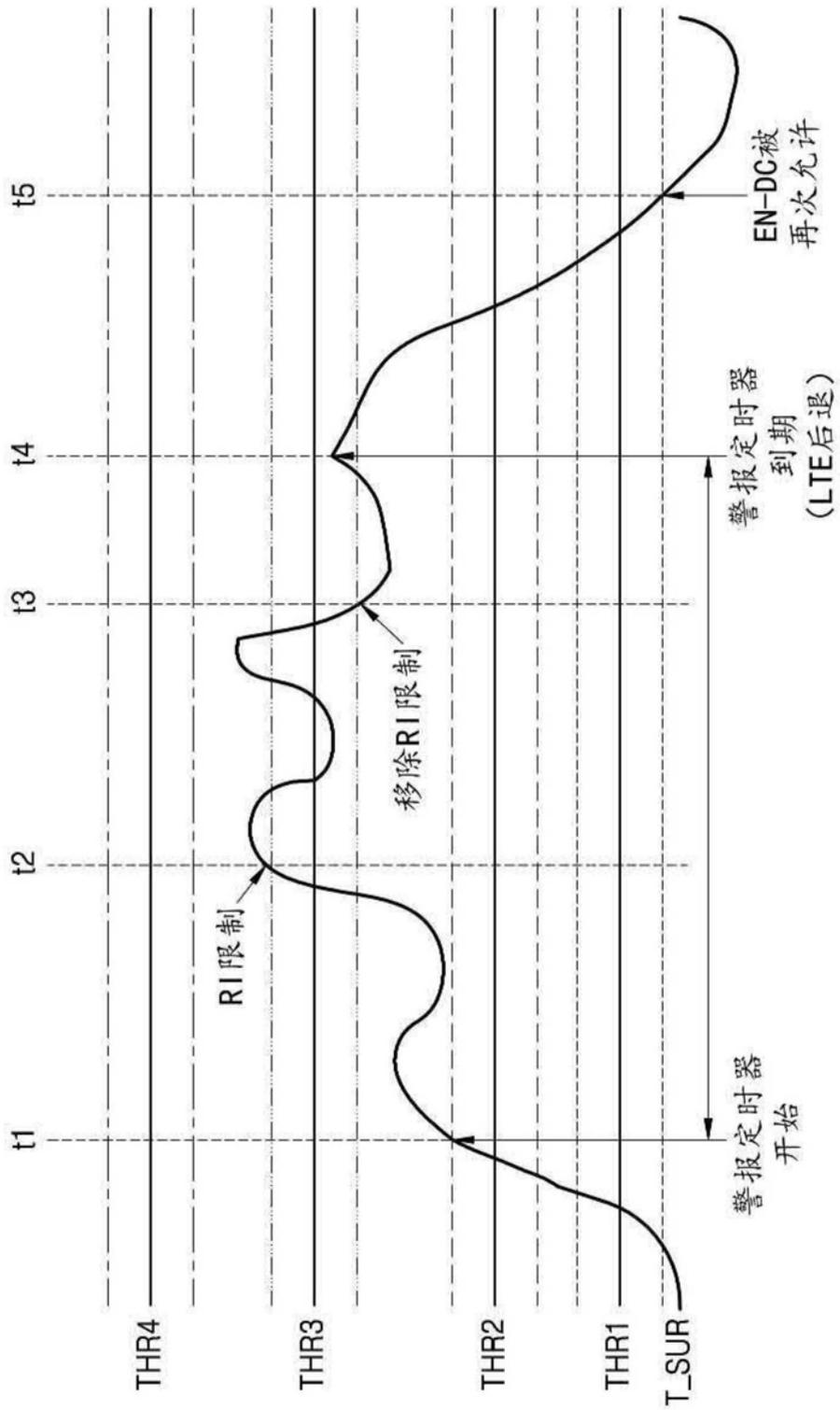


图18