



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112703785 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 22

(21) 申请号 201980057688.8

(22) 申请日 2019.07.03

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 112703785 A

(43) 申请公布日 2021.04.23

(30) 优先权数据  
62/694,405 2018.07.05 US  
62/696,687 2018.07.11 US  
16/460,894 2019.07.02 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2021.03.03

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2019/040556 2019.07.03

(87) PCT国际申请的公布数据  
WO2020/010232 EN 2020.01.09

(73) 专利权人 高通股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 J·纳达库杜蒂 鲁林  
P·古科基安 蔡明明 韩军生  
U·费南多 R·查拉

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所  
11256

专利代理师 李春辉

(51) Int.Cl.  
H04W 52/36 (2006.01)  
H04W 52/38 (2006.01)

(56) 对比文件  
INTERDIGITAL, INC..Power Sharing Mechanisms with LTE-NR DC and NR.3GPP TSG RAN WG1#90 R1-1714118.2017,第4.1.3节.

INTERDIGITAL, INC..Power Sharing Mechanisms with LTE-NR DC and NR.3GPP TSG RAN WG1#90 R1-1714118.2017,第4.1.3节.

ICNIRP.ICNIRP GUIDELINES FOR LIMITING EXPOSURE TO TIME-VARYING ELECTRIC, MAGNETIC AND ELECTROMAGNETIC FIELDS (UP TO 300 GHZ).INTERNATIONAL COMMISSION ON NON-IONIZING RADIATION PROTECTION.1998, 509-513页.

审查员 白芳芳

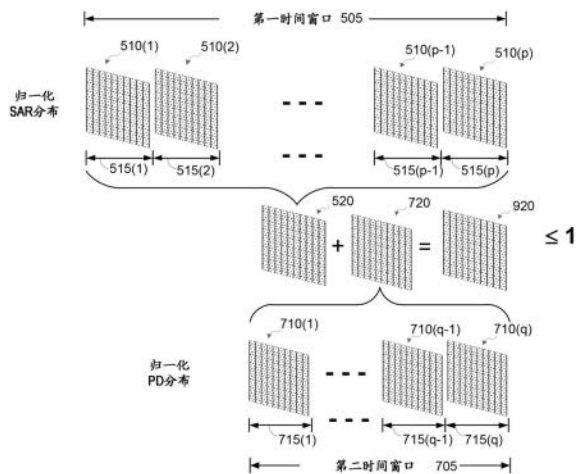
权利要求书5页 说明书32页 附图17页

(54) 发明名称

实时估计射频(RF)暴露

(57) 摘要

在某些方面,一种在无线设备中实施的方法包括:确定针对第一无线通信技术的比吸收率(SAR)分布,确定针对第二无线通信技术的功率密度(PD)分布,以及组合SAR分布和PD分布以生成组合RF暴露分布。该方法还包括:基于组合RF暴露分布确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平,基于至少一个第一最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限,以及基于至少一个第二最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第二发射器的至少一个发射功率极限。



1. 一种无线设备,包括:
  - 第一发射器,被配置为根据第一无线通信技术发射第一信号;
  - 第二发射器,被配置为根据第二无线通信技术发射第二信号;以及
  - 处理器,耦合到所述第一发射器和所述第二发射器,其中所述处理器被配置为:
    - 确定针对所述第一无线通信技术的比吸收率SAR分布,其中所述SAR分布包括一组SAR值,其中每个SAR值对应于不同位置;
    - 确定针对所述第二无线通信技术的功率密度PD分布,其中所述PD分布包括一组PD值,其中每个PD值对应于所述不同位置;
    - 组合所述SAR分布和所述PD分布,以生成组合RF暴露分布;
    - 基于所述组合RF暴露分布,确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平;
    - 基于所述至少一个第一最大可允许功率电平,设置所述未来时隙中用于所述第一发射器的至少一个发射功率极限;以及
    - 基于所述至少一个第二最大可允许功率电平,设置所述未来时隙中用于所述第二发射器的至少一个发射功率极限。
2. 根据权利要求1所述的无线设备,其中所述SAR分布包括与第一时间平均窗口相对应的时间平均SAR分布。
3. 根据权利要求2所述的无线设备,其中所述第一时间平均窗口被划分为多个时隙,并且所述处理器被配置为通过以下来确定所述时间平均SAR分布:
  - 针对所述多个时隙中的每个时隙,基于针对所述时隙的发射场景和一个或多个发射功率电平,确定相应SAR分布;以及
  - 针对所述多个时隙的SAR分布求平均,以生成所述时间平均SAR分布。
4. 根据权利要求3所述的无线设备,其中所述第一时间平均窗口的所述多个时隙之一对应于所述未来时隙。
5. 根据权利要求2所述的无线设备,其中所述PD分布包括与第二时间平均窗口相对应的时间平均PD分布。
6. 根据权利要求5所述的无线设备,其中所述第一时间平均窗口和所述第二时间平均窗口具有不同长度。
7. 根据权利要求5所述的无线设备,其中所述第二时间平均窗口被划分为多个时隙,并且所述处理器被配置为通过以下来确定所述时间平均PD分布:
  - 针对所述多个时隙中的每个时隙,基于针对所述时隙的发射场景和一个或多个发射功率电平,确定相应PD分布;以及
  - 针对所述多个时隙的PD分布求平均,以生成所述时间平均PD分布。
8. 根据权利要求7所述的无线设备,其中所述第二时间平均窗口的所述多个时隙之一对应于所述未来时隙。
9. 根据权利要求5所述的无线设备,其中所述时间平均SAR分布相对于SAR极限被归一化,并且所述时间平均PD分布相对于PD极限被归一化。
10. 根据权利要求1所述的无线设备,其中所述组合RF暴露分布是所述未来时隙中的发射功率电平的函数,并且所述处理器被配置为通过确定用于所述发射功率电平的功率电平

来确定所述至少一个第一最大可允许功率电平和所述至少一个第二最大可允许功率电平,用于所述发射功率电平的所述功率电平导致所述组合RF暴露分布的峰值等于或小于极限值。

11. 根据权利要求10所述的无线设备,其中所述SAR分布相对于SAR极限被归一化,所述PD分布相对于PD极限被归一化,并且所述极限值等于1。

12. 根据权利要求1所述的无线设备,其中所述第二发射器被配置为在多个发射频带处发射所述第二信号,所述多个发射频带中的每个发射频带对应于多个时间平均窗口中的相应时间平均窗口,所述PD分布包括组合时间平均PD分布,并且所述处理器被配置为通过以下来确定所述组合时间平均PD分布:

针对所述多个发射频带中的每个发射频带,确定针对与所述相应时间平均窗口相对应的所述发射频带的时间平均PD分布;以及

组合针对所述发射频带的所述时间平均PD分布,以获得所述组合时间平均PD分布。

13. 根据权利要求12所述的无线设备,其中所述多个时间平均窗口具有不同长度。

14. 根据权利要求1所述的无线设备,其中所述第一发射器被配置为在低于10GHz的频率处发射所述第一信号,并且所述第二发射器被配置为在高于10GHz的频率处发射所述第二信号。

15. 一种在无线设备中实施的方法,包括:

确定针对第一无线通信技术的比吸收率SAR分布,其中所述SAR分布包括一组SAR值,其中每个SAR值对应于不同位置;

确定针对第二无线通信技术的功率密度PD分布,其中所述PD分布包括一组PD值,其中每个PD值对应于所述不同位置;

组合所述SAR分布和所述PD分布,以生成组合RF暴露分布;

基于所述组合RF暴露分布,确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平;

基于所述至少一个第一最大可允许功率电平,设置所述未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限,所述第一发射器被配置为根据第一无线通信技术来进行信号发射;以及

基于所述至少一个第二最大可允许功率电平,设置所述未来时隙中用于第二发射器的至少一个发射功率极限,所述第二发射器被配置为根据第二无线通信技术来进行信号发射。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中所述SAR分布包括与第一时间平均窗口相对应的时间平均SAR分布。

17. 根据权利要求16所述的方法,其中所述第一时间平均窗口被划分为多个时隙,并且确定所述SAR分布包括:

针对所述多个时隙中的每个时隙,基于针对所述时隙的发射场景和一个或多个发射功率电平,确定相应SAR分布;以及

针对所述多个时隙的SAR分布求平均,以生成所述时间平均SAR分布。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中所述第一时间平均窗口的所述多个时隙之一对应于所述未来时隙。

19. 根据权利要求16所述的方法,其中所述PD分布包括与第二时间平均窗口相对应的时间平均PD分布。

20. 根据权利要求19所述的方法,其中所述第一时间平均窗口和所述第二时间平均窗口具有不同长度。

21. 根据权利要求19所述的方法,其中所述第二时间平均窗口被划分为多个时隙,并且确定所述PD分布包括:

针对所述多个时隙中的每个时隙,基于针对所述时隙的发射场景和一个或多个发射功率电平,确定相应PD分布;以及

针对所述多个时隙的PD分布求平均,以生成所述时间平均PD分布。

22. 根据权利要求21所述的方法,其中所述第二时间平均窗口的所述多个时隙之一对应于所述未来时隙。

23. 根据权利要求19所述的方法,其中所述时间平均SAR分布相对于SAR极限被归一化,并且所述时间平均PD分布相对于PD极限被归一化。

24. 根据权利要求15所述的方法,其中所述组合RF暴露分布是所述未来时隙中的发射功率电平的函数,并且确定所述至少一个第一最大可允许功率电平和所述至少一个第二最大可允许功率电平包括:确定导致所述组合RF暴露分布的峰值等于或小于极限值的用于所述发射功率电平的功率电平。

25. 根据权利要求24所述的方法,其中所述SAR分布相对于SAR极限被归一化,所述PD分布相对于PD极限被归一化,并且所述极限值等于1。

26. 根据权利要求15所述的方法,其中所述第二发射器被配置为在多个发射频带处发射信号,所述多个发射频带中的每个发射频带对应于多个时间平均窗口中的相应时间平均窗口,所述PD分布包括组合时间平均PD分布,并且确定所述PD分布包括:

针对所述多个发射频带中的每个发射频带,确定针对与所述相应时间平均窗口相对应的所述发射频带的时间平均PD分布;以及

组合针对所述发射频带的所述时间平均PD分布,以获得所述组合时间平均PD分布。

27. 根据权利要求26所述的方法,其中所述多个时间平均窗口具有不同长度。

28. 一种计算机可读介质,包括存储在其上的指令,所述指令在由处理器执行时使得所述处理器:

确定针对第一无线通信技术的比吸收率SAR分布,其中所述SAR分布包括一组SAR值,其中每个SAR值对应于不同位置;

确定针对第二无线通信技术的功率密度PD分布,其中所述PD分布包括一组PD值,其中每个PD值对应于所述不同位置;

组合所述SAR分布和所述PD分布,以生成组合RF暴露分布;

基于所述组合RF暴露分布,确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平;

基于所述至少一个第一最大可允许功率电平,设置所述未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限,所述第一发射器被配置为根据第一无线通信技术来进行信号发射;以及

基于所述至少一个第二最大可允许功率电平,设置所述未来时隙中用于第二发射器的

至少一个发射功率极限,所述第二发射器被配置为根据第二无线通信技术来进行信号发射。

29.一种无线设备,包括:

发射器;

处理器,耦合到所述发射器,其中所述处理器被配置为:

确定针对第一无线通信技术的比吸收率SAR分布,其中所述SAR分布包括一组SAR值,其中每个SAR值对应于不同位置;

确定针对第二无线通信技术的功率密度PD分布,其中所述PD分布包括一组PD值,其中每个PD值对应于所述不同位置;

组合所述SAR分布和所述PD分布,以生成组合RF暴露分布;

基于所述组合RF暴露分布,确定针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平,其中所述未来时隙包括多个子时隙;

基于针对所述未来时隙的所述最大可允许时间平均功率电平,确定针对所述多个子时隙中的每个子时隙的最大可允许功率电平;以及

基于相应最大可允许功率电平,设置所述子时隙中的每个子时隙中用于所述发射器的发射功率极限。

30.根据权利要求29所述的无线设备,其中所述处理器被配置为:针对所述子时隙中的一个子时隙,还基于所述子时隙中在时间上在所述子时隙中的所述一个子时隙之前的一个或多个子时隙中所述发射器的先前发射功率电平,确定所述最大可允许功率电平。

31.一种无线设备,包括:

发射器;

处理器,耦合到所述发射器,其中所述处理器被配置为:

确定针对第一无线通信技术的比吸收率SAR分布,其中所述SAR分布包括一组SAR值,其中每个SAR值对应于不同位置;

确定针对第二无线通信技术的功率密度PD分布,其中所述PD分布包括一组PD值,其中每个PD值对应于所述不同位置;

组合所述SAR分布和所述PD分布,以生成组合RF暴露分布;

基于所述组合RF暴露分布,确定针对未来时隙的PD极限,其中所述未来时隙包括多个子时隙;

基于针对所述未来时隙的所述PD极限,确定针对所述多个子时隙中的每个子时隙的最大可允许功率电平;以及

基于相应最大可允许功率电平,设置所述子时隙中的每个子时隙中用于所述发射器的发射功率极限。

32.根据权利要求31所述的无线设备,其中所述处理器被配置为:

基于所述PD极限,确定针对所述未来时隙的PD分配;以及

针对所述子时隙中的一个子时隙,基于由所述子时隙中在所述子时隙中的所述一个子时隙之前的一个或多个子时隙用尽的所述PD分配的部分,确定所述最大可允许功率电平。

33.根据权利要求32所述的无线设备,其中所述处理器被配置为:

保留所述PD分配的部分,以用于所述子时隙中在所述子时隙中的所述一个子时隙之后

的一个或多个子时隙;以及

还基于所述PD分配的保留的所述部分,确定针对所述子时隙中的所述一个子时隙的所述最大可允许功率电平。

## 实时估计射频 (RF) 暴露

### [0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求于2019年7月2日在美国专利商标局提交的非临时申请号16/460,894、于2018年7月5日在美国专利商标局提交的临时申请号62/694,405和于2018年7月11日在美国专利商标局提交的临时申请号62/696,687的优先权和权益,它们的全部内容通过引用并入本文,如同在下文中对它们整体并且出于所有适用目的而充分阐述一样。

### 技术领域

[0003] 本公开的方面总体上涉及无线设备,并且更具体地涉及评估来自无线设备的射频 (RF) 暴露。

### 背景技术

[0004] 现代无线设备(例如,蜂窝电话)通常需要根据由国内外监管机构设置的RF暴露极限,来限制用户暴露于射频 (RF) 辐射。为了确保无线设备符合RF暴露极限,已经开发了使得无线设备能够实时评估来自无线设备的RF暴露并且相应地调节无线设备的发射功率以符合RF暴露极限的技术。

### 发明内容

[0005] 以下呈现了一个或多个实施例的简化概要,以便提供对这样的实施例的基本理解。该概要不是所有预期实施例的广泛概述,并且既不旨在标识所有实施例的关键或重要元素,也不旨在界定任何或所有实施例的范围。其唯一目的是以简化的形式呈现一个或多个实施例的一些概念,作为稍后呈现的更详细描述的前言。

[0006] 第一方面涉及一种无线设备。该无线设备包括:被配置为根据第一无线通信技术发射第一信号的第一发射器、被配置为根据第二无线通信技术发射第二信号的第二发射器、和耦合到第一发射器和第二发射器的处理器。处理器被配置为:确定针对第一无线通信技术的比吸收率 (SAR) 分布,确定针对第二无线通信技术的功率密度 (PD) 分布,组合SAR分布和PD分布以生成组合RF暴露分布,基于组合RF暴露分布确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平,基于至少一个第一最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限,并且基于至少一个第二最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第二发射器的至少一个发射功率极限。

[0007] 第二方面涉及一种在无线设备中实施的方法。该方法包括:确定针对第一无线通信技术的比吸收率 (SAR) 分布,确定针对第二无线通信技术的功率密度 (PD) 分布,以及组合SAR分布和PD分布以生成组合RF暴露分布。该方法还包括:基于组合RF暴露分布确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平,基于至少一个第一最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限,以及基于至少一个第二最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第二发射器的至少一个发射功率极限。

[0008] 第三方面涉及一种计算机可读介质。该计算机可读介质包括存储在其上的指令，该指令用于：确定针对第一无线通信技术的比吸收率(SAR)分布，确定针对第二无线通信技术的功率密度(PD)分布，并且组合SAR分布和PD分布以生成组合RF暴露分布。该计算机可读介质还包括存储在其上的用于以下的指令：基于组合RF暴露分布确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平，基于至少一个第一最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限，并且基于至少一个第二最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第二发射器的至少一个发射功率极限。

[0009] 第四方面涉及一种无线设备。该无线设备包括发射器和耦合到该发射器的处理器。处理器被配置为：确定针对第一无线通信技术的比吸收率(SAR)分布，确定针对第二无线通信技术的功率密度(PD)分布，组合SAR分布和PD分布以生成组合RF暴露分布，并且基于组合RF暴露分布确定针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平，其中未来时隙包括多个子时隙。处理器还被配置为：基于针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平确定针对多个子时隙中的每个子时隙的最大可允许功率电平，并且基于相应最大可允许功率电平设置子时隙中的每个子时隙中用于发射器的发射功率极限。

[0010] 第五方面涉及一种无线设备。该无线设备包括发射器和耦合到该发射器的处理器。处理器被配置为：确定针对第一无线通信技术的比吸收率(SAR)分布，确定针对第二无线通信技术的功率密度(PD)分布，组合SAR分布和PD分布以生成组合RF暴露分布，并且基于组合RF暴露分布确定针对未来时隙的PD极限，其中未来时隙包括多个子时隙。处理器还被配置为：基于针对未来时隙的PD极限确定针对多个子时隙中的每个子时隙的最大可允许功率电平，并且基于相应最大可允许功率电平设置子时隙中的每个子时隙中用于发射器的发射功率极限。

[0011] 第六方面涉及一种无线设备。该无线设备包括发射器和耦合到该发射器的处理器。处理器被配置为：确定针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平，基于所确定的最大可允许时间平均功率电平和最大可允许功率电平确定针对未来时隙的最大可允许发射占空比，并且基于最大可允许发射占空比设置未来时隙中用于发射器的发射占空比极限。

[0012] 第七方面涉及一种无线设备。该无线设备包括发射器和耦合到该发射器的处理器。处理器被配置为：确定针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平，基于所确定的最大可允许时间平均功率电平和最大可允许占空比确定针对未来时隙的最大可允许峰功率电平，并且基于最大可允许峰功率电平设置未来时隙中用于发射器的峰功率极限。

[0013] 为了实现前述和相关目的，一个或多个实施例包括下文中充分描述并且在权利要求中特别指出的特征。以下描述和附图详细阐述了一个或多个实施例的某些说明性方面。然而，这些方面仅指示可以采用各种实施例的原理的各种方式中的几种，并且所描述的实施例旨在包括所有这些方面及其等同物。

## 附图说明

[0014] 图1示出了可以在其中实施本公开的方面的无线设备的一个示例。

[0015] 图2示出了根据本公开的某些方面的与归一化功率密度(PD)分布组合的归一化比吸收率(SAR)分布的一个示例。

[0016] 图3是图示根据本公开的某些方面的用于确定发射功率电平的示例性方法的流程图,该发射功率电平符合针对使用多种无线通信技术的同时发射的RF暴露极限。

[0017] 图4是图示根据本公开的某些方面的用于确定符合PD极限的发射功率电平的示例性方法的流程图。

[0018] 图5示出了根据本公开的某些方面的时间平均SAR分布的一个示例。

[0019] 图6是图示根据本公开的某些方面的用于确定符合时间平均SAR极限的、针对未来时隙的发射功率电平的示例性方法的流程图。

[0020] 图7示出了根据本公开的某些方面的时间平均PD分布的一个示例。

[0021] 图8是图示根据本公开的某些方面的用于确定符合时间平均PD极限的发射功率电平的示例性方法的流程图。

[0022] 图9示出了根据本公开的某些方面的与时间平均PD分布组合的时间平均SAR分布的一个示例。

[0023] 图10是图示根据本公开的某些方面的用于确定符合时间平均RF暴露极限的发射功率电平的示例性方法的流程图。

[0024] 图11示出了根据本公开的某些方面的一个示例,其中针对不同频带使用多个时间平均窗口来确定时间平均PD分布。

[0025] 图12示出了根据本公开的某些方面的一个示例,其中针对不同频带处的同时发射确定时间平均PD分布。

[0026] 图13示出了根据本公开的某些方面的与PD分布组合的时间平均SAR分布的一个示例。

[0027] 图14是示出根据本公开的某些方面的在无线设备中实施的方法的一个示例的流程图。

[0028] 图15示出了根据本公开的某些方面的一个示例,其中针对不同技术以不同速率确定最大可允许功率电平。

[0029] 图16示出了根据本公开的某些方面的针对内循环的PD随时间的一个示例。

[0030] 图17示出了根据本公开的某些方面的PD分配的已使用部分、和为未来发射而保留的PD分配的部分的一个示例。

[0031] 图18示出了根据本公开的某些方面的用于将允许PD转换为最大可允许功率电平的示例性表。

### 具体实施方式

[0032] 以下结合附图阐述的详细描述旨在作为各种配置的描述,而非旨在表示可以实践本文中描述的概念的唯一配置。出于提供对各种概念的透彻理解的目的,详细描述包括具体细节。然而,对于本领域技术人员而言将明显的是,可以在没有这些具体细节的情况下实践这些概念。在一些实例中,以框图形式示出了公知的结构和组件,以避免使这些概念模糊。

[0033] 图1示出了可以在其中实施本文中描述的本公开的方面的无线设备100的一个示例。无线设备100可以包括移动无线设备(例如,蜂窝电话)、膝上型计算机、无线接入点或某种其他无线设备。

[0034] 无线设备100包括处理器110和耦合到处理器110的存储器115。存储器115可以存储指令,指令在由处理器110执行时使得处理器110执行本文中描述的操作中的一个或多个操作。处理器110可以用被配置为执行本文中描述的操作中的一个或多个操作的以下项来实施:通用处理器、数字信号处理器(DSP)、基带调制解调器、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(PLD)、分立门逻辑、分立硬件组件、或其任何组合。

[0035] 无线设备100还包括第一发射器120、耦合到第一发射器120的第一多个天线122-1至122-N、和第一总线140,第一总线140耦合在第一发射器120与处理器110之间。在某些方面,第一发射器120被配置为使用一种或多种无线通信技术经由第一多个天线122-1至122-N中的一个或多个来发射信号,该一种或多种无线通信技术包括但不限于:第三代(3G)技术(例如,CDMA)、第四代(4G)技术(还称为长期演进(LTE))、第五代(5G)技术、基于一种或多种IEEE 802.11协议(例如,IEEE 802.11ac、IEEE 802.11n、IEEE802.11ad、IEEE 802.11ax、IEEE 802.11ay等)的一种或多种技术、和/或一种或多种其他技术。在一些方面,第一发射器120可以被配置为使用多输入多输出(MIMO)发射经由多个天线122-1至122-N发射信号,以增加无线设备100与另一无线设备(未示出)之间的无线电链路的容量。在一些方面,第一发射器120可以被配置为使用波束成形经由多个天线122-1至122-N发射信号,以将发射指向另一无线设备(未示出)。在这些方面,可以通过针对不同天线122-1至122-N调节发射信号的相对相位和/或幅度,来对发射进行电操纵。

[0036] 处理器110经由第一总线140与第一发射器120接口。第一总线140可以包括在处理器110与第一发射器120之间的一个或多个信号线。为了发射数据,处理器110可以将数据处理成一个或多个信号(例如,基带信号或中频信号)。由处理器110执行的处理可以包括对数据进行编码和对编码数据进行调制(例如,使用各种不同调制方案中的任何一种,包括BPSK、QPSK、QAM等)。处理器110可以经由第一总线140向第一发射器120输出该一个或多个信号。然后,第一发射器120可以将来自处理器110的一个或多个信号处理成一个或多个RF信号,以经由天线122-1至122-N中的一个或多个来发射。由第一发射器120执行的处理可以包括频率上转换、功率放大等。

[0037] 在某些方面,处理器110可以调节用于天线122-1至122-N中的一个或多个的发射功率。例如,第一发射器120可以包括多个放大器(未示出),其中放大器中的每个放大器耦合到天线中的相应天线。对于每个放大器,处理器110可以经由第一总线140向放大器输出相应控制信号,以控制放大器的增益。在该示例中,处理器110可以通过相应地调节相应放大器的增益,来调节用于天线的发射功率。在另一示例中,处理器110可以向第一发射器120输出一个或多个信号,其中该一个或多个信号中的每个信号对应于天线122-1至122-N中的相应天线。在该示例中,处理器110可以通过相应地调节相应信号的幅度,来调节用于天线的发射功率。应当理解,本公开不限于以上示例,并且处理器110可以采用其他技术来调节发射功率。

[0038] 在某些方面,处理器110可以使用功率控制开环和/或功率控制闭环,来调节用于天线122-1至122-N中的一个或多个的发射功率。对于功率控制开环的示例,无线设备100可以经由接收器(未示出)从另一无线设备(未示出)接收导频信号。在该示例中,处理器110基于所接收的导频信号估算无线设备100与该另一无线设备之间的信道条件,并且基于所估

算的信道条件来调节用于天线122-1至122-N中的一个或多个的发射功率。对于功率控制闭环的示例,无线设备100经由接收器(未示出)从另一无线设备接收反馈信号,其中该反馈信号指示无线设备100与该另一无线设备之间的信道条件。在该示例中,处理器110基于所指示的信道条件来调节用于天线122-1至122-N中的一个或多个的发射功率。

[0039] 处理器110还可以基于数据速率来调节用于天线122-1至122-N中的一个或多个的发射功率。例如,处理器110可以增加(提升)发射功率以发射短数据突发。

[0040] 此外,如下面进一步讨论的,处理器110可以调节用于天线122-1至122-N中的一个或多个的发射功率,以将来自无线设备100的RF暴露保持在由监管机构(例如,FCC)设置的RF暴露极限内。在这种情况下,发射功率受到RF暴露极限的约束。

[0041] 无线设备100还包括第二发射器130、耦合到第二发射器130的第二多个天线132-1至132-M、和第二总线150,第二总线150耦合在第二发射器130与处理器110之间。在某些方面,第二发射器130被配置为使用一种或多种无线通信技术经由第二多个天线132-1至132-M中的一个或多个来发射信号,该一种或多种无线通信技术包括但不限于3G技术、4G技术、5G技术、基于一种或多种IEEE 802.11协议(例如,IEEE 802.11ac、IEEE 802.11n、IEEE 802.11ad、IEEE 802.11ax、IEEE 802.11ay等)的一种或多种技术、和/或一种或多种其他技术。第二发射器130可以使用MIMO发射、波束成形和/或其他方法,经由多个天线132-1至132-M发射信号。在某些方面,如下面进一步讨论的,第一发射器120和第二发射器130可以使用不同无线通信技术同时发射信号。

[0042] 处理器110经由第二总线150与第二发射器130接口,第二总线150可以包括在处理器110与第二发射器130之间的一个或多个信号线。为了发射数据,处理器110可以将数据处理成一个或多个信号(例如,基带信号或中频信号)。由处理器110执行的处理可以包括对数据进行编码和对编码数据进行调制(例如,使用各种不同调制方案中的任何一种,包括BPSK、QPSK、QAM等)。处理器110可以经由第二总线150向第二发射器130输出该一个或多个信号。然后,第二发射器130可以将来自处理器110的一个或多个信号处理成一个或多个RF信号,以经由天线132-1至132-M中的一个或多个来发射。由第二发射器130执行的处理可以包括频率上转换、功率放大等。

[0043] 处理器110可以调节用于天线132-1至132-M中的一个或多个的发射功率。例如,第二发射器130可以包括多个放大器(未示出),其中放大器中的每个放大器耦合到天线132-1至132-M中的相应天线。对于每个放大器,处理器110可以经由第二总线150向放大器输出相应控制信号,以控制放大器的增益。在该示例中,处理器110可以通过相应地调节相应放大器的增益,来调节用于天线的发射功率。在另一示例中,处理器110可以向第二发射器130输出一个或多个信号,其中该一个或多个信号中的每个信号对应于天线132-1至132-M中的相应天线。在该示例中,处理器110可以通过相应地调节相应信号的幅度,来调节用于天线的发射功率。应当理解,本公开不限于以上示例,并且处理器110可以采用其他技术来调节发射功率。

[0044] 如上面所讨论的,处理器110可以使用功率控制开环和/或功率控制闭环,来调节用于天线132-1至132-M中的一个或多个的发射功率。如下面进一步讨论的,处理器110还可以调节用于天线132-1至132-M中的一个或多个的发射功率,以将来自无线设备100的RF暴露保持在由监管机构设置的RF暴露极限内。

[0045] 应当理解,除了图1所示的第一发射器120和第二发射器130,无线设备100还可以包括一个或多个附加发射器。尽管在图1所示的示例中,第一发射器120和第二发射器130耦合到单独的天线组,但是应当理解,第一发射器120和第二发射器130可以共享一个或多个天线。而且,在一些实施方式中,第一发射器120可以仅在一个天线上发射,和/或第二发射器130可以仅在一个天线上发射。

[0046] 现代无线设备(例如,蜂窝电话)通常需要根据由国内外监管机构设置的暴露极限,来限制用户暴露于射频(RF)辐射。RF暴露可以用比吸收率(SAR)表示,比吸收率(SAR)测量人体组织每单位质量的能量吸收,并且其单位可以为瓦特/千克(W/kg)。RF暴露还可以用功率密度(PD)表示,功率密度(PD)测量每单位面积的能量吸收,并且其单位可以为 $\text{mW}/\text{cm}^2$ 。

[0047] SAR可以用于评估针对小于10GHz的发射频率的RF暴露,该发射频率涵盖诸如3G(例如,CDMA)、4G、IEEE 802.11ac等无线通信技术。PD可以用于评估针对高于10GHz的发射频率的RF暴露,该发射频率涵盖诸如IEEE 802.11ad、5G等无线通信技术。因此,可以使用不同度量来评估针对不同无线通信技术的RF暴露。

[0048] 无线设备100可以使用多种无线通信技术同时发射信号。例如,无线设备100可以使用低于10GHz操作的第一无线通信技术(例如,3G、4G等)和高于10GHz操作的第二无线通信技术(例如,5G、IEEE 802.11ad),同时发射信号。由于无线设备100使用第一技术和第二技术同时发射信号,因此设备的用户暴露于来自使用这两种技术的发射的RF辐射。相应地,针对无线设备100使用多种无线通信技术同时发射信号的情况,需要用于确定RF暴露合规的技术。

[0049] 如下面进一步讨论的,针对无线设备100使用多种无线通信技术同时发射信号的情况,本公开的方面使得无线设备100能够实时评估RF暴露。

[0050] 在某些方面,无线设备100可以使用第一无线通信技术(例如,3G、4G、IEEE 802.11ac等)和第二无线通信技术(例如,5G、IEEE 802.11ad等)同时发射信号,在第一无线通信技术中,在SAR方面来测量RF暴露,在第二无线通信技术中,在PD方面来测量RF暴露。在这些方面,第一发射器120可以根据第一无线通信技术发射第一信号,并且第二发射器130可以根据第二无线通信技术发射第二信号。如下面进一步讨论的,当无线设备100分别使用第一技术和第二技术同时发射第一信号和第二信号时,处理器110可以评估来自第一技术和第二技术的组合RF暴露,以确保符合RF暴露极限。

[0051] 为了评估来自使用第一技术(例如,3G、4G、IEEE 802.11ac等)的发射的RF暴露,无线设备100可以包括存储在存储器115中的针对第一技术的多个SAR分布。SAR分布中的每个SAR分布可以对应于由无线设备100针对第一技术而支持的多个发射场景中的相应发射场景。如下面进一步讨论的,发射场景可以对应于天线122-1至122-N、频带、信道和/或身体位置的各种组合。

[0052] 可以基于在测试实验室中使用人体模型执行的测量(例如,电场测量),来生成针对每个发射场景的SAR分布(还称为SAR图)。如下面进一步讨论的,在生成SAR分布之后,将SAR分布存储在存储器115中,以使得处理器110能够实时评估RF暴露。每个SAR分布包括一组SAR值,其中每个SAR值可以对应于(例如,在人体模型上的)不同位置。每个SAR值可以包括在相应位置处在1g或10g的质量之上求平均的SAR值。

[0053] 每个SAR分布中的SAR值对应于特定发射功率电平(例如,在测试实验室中测量SAR

值的发射功率电平)。由于SAR随着发射功率电平而缩放,因此处理器110可以通过将SAR分布中的每个SAR值乘以以下发射功率缩放因子,来缩放针对任何发射功率电平的SAR分布:

$$[0054] \quad \frac{T_{x_c}}{T_{x_{SAR}}} \quad (1)$$

[0055] 其中 $T_{x_c}$ 是针对相应发射场景的当前发射功率电平,并且 $T_{x_{SAR}}$ 是与所存储的SAR分布中的SAR值相对应的发射功率电平(例如,在测试实验室中测量SAR值的发射功率电平)。

[0056] 如上面所讨论的,无线设备100可以针对第一技术支持多个发射场景。在某些方面,发射场景可以通过一组参数来指定。该组参数可以包括以下中的一项或多项:指示用于发射的一个或多个天线(即,活动天线)的天线参数、指示用于发射的一个或多个频带(即,活动频带)的频带参数、指示用于发射的一个或多个信道(即,活动信道)的信道参数、指示无线设备100相对于用户的身体位置的位置(头部、躯干、远离身体等)的身体位置参数、和/或其他参数。在无线设备100支持大量发射场景的情况下,在测试设置(例如,测试实验室)中针对每个发射场景执行测量可能非常耗时且昂贵。为了减少测试时间,可以针对发射场景子集执行测量,以生成针对发射场景子集的SAR分布。在该示例中,如下面进一步讨论的,可以通过组合SAR分布中针对发射场景子集的两个或更多SAR分布,来生成针对每个其余发射场景的SAR分布。

[0057] 例如,可以针对天线122-1至122-N中的每个天线执行SAR测量,以生成针对天线122-1至122-N中的每个天线的SAR分布。在该示例中,针对其中天线122-1至122-N中的两个或更多天线活动的发射场景,可以通过组合针对该两个或更多活动天线的SAR分布,来生成针对该发射场景的SAR分布。

[0058] 在另一示例中,可以针对多个频带中的每个频带执行SAR测量,以生成针对多个频带中的每个频带的SAR分布。在该示例中,针对其中两个或更多频带活动的发射场景,可以通过组合针对该两个或更多活动频带的SAR分布,来生成针对该发射场景的SAR分布。

[0059] 在某些方面,可以通过将SAR分布中的每个SAR值除以SAR极限,来相对于SAR极限对SAR分布进行归一化。在这种情况下,当归一化SAR值大于1时,归一化SAR值超过SAR极限,并且当归一化SAR值小于1时,归一化SAR值低于SAR极限。在这些方面,可以相对于SAR极限,来对存储在存储器115中的每个SAR分布进行归一化。

[0060] 在某些方面,可以通过组合两个或更多归一化SAR分布,来生成针对发射场景的归一化SAR分布。例如,针对其中两个或更多天线活动的发射场景,可以通过组合针对该两个或更多活动天线的归一化SAR分布,来生成针对该发射场景的归一化SAR分布。对于针对活动天线使用不同发射功率电平的情况,在组合针对活动天线的归一化SAR分布之前,可以通过相应发射功率电平来缩放针对每个活动天线的归一化SAR分布。针对来自多个活动天线的同时发射的归一化SAR分布可以由下式给出:

$$[0061] \quad SAR_{norm\_combined} = \sum_{i=1}^{i=K} \frac{T_{x_i}}{T_{x_{SAR_i}}} \cdot \frac{SAR_i}{SAR_{lim}} \quad (2)$$

[0062] 其中 $SAR_{lim}$ 是SAR极限, $SAR_{norm\_combined}$ 是针对来自活动天线的同时发射的组合归一化SAR分布, $i$ 是针对活动天线的索引, $SAR_i$ 是针对第*i*活动天线的SAR分布, $T_{x_i}$ 是用于第*i*活

动天线的发射功率电平,  $T_{x_{SARi}}$  是针对第  $i$  活动天线的 SAR 分布的发射功率电平, 并且  $K$  是活动天线的数目。方程式 (2) 可以重写如下:

$$[0063] \quad SAR_{norm\_combined} = \sum_{i=1}^{i=K} \frac{T_{x_i}}{T_{x_{SARi}}} \cdot SAR_{norm\_i} \quad (3a)$$

[0064] 其中  $SAR_{norm\_i}$  是针对第  $i$  活动天线的归一化 SAR 分布。在使用多个活动天线以相同发射频率进行同时发射 (例如, 多入多出 (MIMO)) 的情况下, 通过对个体归一化 SAR 分布的平方根求和、并且计算总和的平方, 来获得组合归一化 SAR 分布, 如下式给出:

$$[0065] \quad SAR_{norm\_combined\_MIMO} = \left[ \sum_{i=1}^{i=K} \sqrt{\frac{T_{x_i}}{T_{x_{SARi}}} \cdot SAR_{norm\_i}} \right]^2 \quad (3b)。$$

[0066] 在另一示例中, 可以将针对不同频带的归一化 SAR 分布存储在存储器 115 中。在该示例中, 针对其中两个或更多频带活动的发射场景, 可以通过组合针对该两个或更多活动频带的归一化 SAR 分布, 来生成针对该发射场景的归一化 SAR 分布。对于针对活动频带的发射功率电平不同的情况, 可以在组合针对活动频带的归一化 SAR 分布之前, 通过相应发射功率电平来缩放针对每个活动频带的归一化 SAR 分布。在该示例中, 还可以使用方程式 (3a) 来计算组合 SAR 分布, 其中  $i$  是针对活动频带的索引,  $SAR_{norm\_i}$  是针对第  $i$  活动频带的归一化 SAR 分布,  $T_{x_i}$  是针对第  $i$  活动频带的发射功率电平, 并且  $T_{x_{SARi}}$  是针对第  $i$  活动频带的归一化 SAR 分布的发射功率电平。

[0067] 为了评估来自使用第二技术 (例如, 5G、IEEE 802.11ad 等) 的发射的 RF 暴露, 无线设备 100 可以包括存储在存储器 115 中的针对第二技术的多个 PD 分布。PD 分布中的每个 PD 分布可以对应于由无线设备 100 针对第二技术而支持的多个发射场景中的相应发射场景。如下面进一步讨论的, 发射场景可以对应于天线 132-1 至 132-M、频带、信道和/或身体位置的各种组合。

[0068] 可以基于在测试实验室中使用人体模型执行的测量 (例如, 电场测量), 来生成针对每个发射场景的 PD 分布 (还称为 PD 图)。如下面进一步讨论的, 在生成 PD 分布之后, 将 PD 分布存储在存储器 115 中, 以使得处理器 110 能够实时评估 RF 暴露。每个 PD 分布包括一组 PD 值, 其中每个 PD 值可以对应于 (例如, 在人体模型上的) 不同位置。

[0069] 每个 PD 分布中的 PD 值对应于特定发射功率电平 (例如, 在测试实验室中测量 PD 值的发射功率电平)。由于 PD 随着发射功率电平而缩放, 因此处理器 110 可以通过将 PD 分布中的每个 PD 值乘以以下发射功率缩放因子, 来缩放针对任何发射功率电平的 PD 分布:

$$[0070] \quad \frac{T_{x_c}}{T_{x_{PD}}} \quad (4)$$

[0071] 其中  $T_{x_c}$  是针对相应发射场景的当前发射功率电平, 并且  $T_{x_{PD}}$  是与 PD 分布中的 PD 值相对应的发射功率电平 (例如, 在测试实验室中测量 PD 值的发射功率电平)。

[0072] 如上面所讨论的, 无线设备 100 可以针对第二技术支持多个发射场景。在某些方面, 发射场景可以通过一组参数来指定。该组参数可以包括以下中的一项或多项: 指示用于发射的一个或多个天线 (即, 活动天线) 的天线参数、指示用于发射的一个或多个频带 (即,

活动频带)的频带参数、指示用于发射的一个或多个信道(即,活动信道)的信道参数、指示无线设备100相对于用户的身体位置的位置(头部、躯干、远离身体等)的身体位置参数、和/或其他参数。在无线设备100支持大量发射场景的情况下,在测试设置(例如,测试实验室)中针对每个发射场景执行测量可能非常耗时且昂贵。为了减少测试时间,可以针对发射场景子集执行测量,以生成针对发射场景子集的PD分布。在该示例中,如下面进一步讨论的,可以通过组合PD分布中针对发射场景子集的两个或更多PD分布,来生成针对每个其余发射场景的PD分布。

[0073] 例如,可以针对天线132-1至132-M中的每个天线执行PD测量,以生成针对天线132-1至132-M中的每个天线的PD分布。在该示例中,针对其中天线132-1至132-M中的两个或更多天线活动的发射场景,可以通过组合针对该两个或更多活动天线的PD分布,来生成针对该发射场景的PD分布。

[0074] 在另一示例中,可以针对多个频带中的每个频带执行PD测量,以生成针对多个频带中的每个频带的PD分布。在该示例中,针对其中两个或更多频带活动的发射场景,可以通过组合针对该两个或更多活动频带的PD分布,来生成针对该发射场景的PD分布。

[0075] 在某些方面,可以通过将PD分布中的每个PD值除以PD极限,来相对于PD极限对PD分布进行归一化。在这种情况下,当归一化PD值大于1时,归一化PD值超过PD极限,并且当归一化PD值小于1时,归一化PD值低于PD极限。在这些方面,可以相对于PD极限来对存储在存储器115中的每个PD分布进行归一化。

[0076] 在某些方面,可以通过组合两个或更多归一化PD分布,来生成针对发射场景的归一化PD分布。例如,针对其中两个或更多天线活动的发射场景,可以通过组合针对该两个或更多活动天线的归一化PD分布,来生成针对该发射场景的归一化PD分布。对于针对活动天线使用不同发射功率电平的情况,在组合针对活动天线的归一化PD分布之前,可以通过相应发射功率电平来缩放针对每个活动天线的归一化PD分布。针对来自多个活动天线的同时发射的归一化PD分布可以由下式给出:

$$[0077] \quad PD_{\text{norm\_combined}} = \sum_{i=1}^{i=L} \frac{Tx_i}{Tx_{PDi}} \cdot \frac{PD_i}{PD_{\text{lim}}} \quad (5)$$

[0078] 其中 $PD_{\text{lim}}$ 是PD极限, $PD_{\text{norm\_combined}}$ 是针对来自活动天线的同时发射的组合归一化PD分布, $i$ 是针对活动天线的索引, $PD_i$ 是针对第*i*活动天线的PD分布, $Tx_i$ 是针对第*i*活动天线的发射功率电平, $Tx_{PDi}$ 是针对第*i*活动天线的PD分布的发射功率电平,并且*L*是活动天线的数目。方程式(5)可以重写如下:

$$[0079] \quad PD_{\text{norm\_combined}} = \sum_{i=1}^{i=L} \frac{Tx_i}{Tx_{PDi}} \cdot PD_{\text{norm\_i}} \quad (6a)$$

[0080] 其中 $PD_{\text{norm\_i}}$ 是针对第*i*活动天线的归一化PD分布。在使用多个活动天线以相同发射频率进行同时发射(例如,MIMO)的情况下,通过对个体归一化PD分布的平方根求和、并且计算总和的平方,来获得组合归一化PD分布,如下式给出:

$$[0081] \quad PD_{\text{norm\_combined\_MIMO}} = \left[ \sum_{i=1}^{i=L} \sqrt{\frac{Tx_i}{Tx_{PDi}} \cdot PD_{\text{norm}_i}} \right]^2 \quad (6b)。$$

[0082] 在另一示例中,可以将针对不同频带的归一化PD分布存储在存储器115中。在该示例中,针对其中两个或更多频带活动的发射场景,可以通过组合针对该两个或更多活动频带的归一化PD分布,来生成针对该发射场景的归一化PD分布。对于用于活动频带的发射功率电平不同的情况,可以在组合针对活动频带的归一化PD分布之前,通过相应发射功率电平,来缩放针对每个活动频带的归一化PD分布。在该示例中,还可以使用方程式(6a)来计算组合PD分布,其中*i*是针对活动频带的索引,PD<sub>norm\_i</sub>是针对第*i*活动频带的归一化PD分布,Tx<sub>i</sub>是针对第*i*活动频带的发射功率电平,并且Tx<sub>PDi</sub>是针对第*i*活动频带的归一化PD分布的发射功率电平。

[0083] 如上面所讨论的,无线设备100可以使用第一技术(例如,3G、4G、IEEE 802.11ac等)和第二技术(例如,5G、IEEE 802.11ad等)同时发射信号,其中针对第一技术和第二技术使用不同度量来测量RF暴露(例如,针对第一技术的SAR和针对第二技术的PD)。在这种情况下,处理器110可以确定:用于在未来时隙中进行符合RF暴露极限的发射的、针对第一技术的第一最大可允许功率电平和针对第二技术的第二最大可允许功率电平。如下面进一步所述,在未来时隙期间,针对第一技术和第二技术的发射功率电平分别受到所确定的第一最大可允许功率电平和第二最大可允许功率电平的约束(即,束缚),以确保符合RF暴露极限。在本公开中,除非另外说明,否则术语“最大可允许功率电平”是指由RF暴露极限施加的“最大可允许功率电平”。应当理解,“最大可允许功率电平”不一定等于符合RF暴露极限的绝对最大功率电平,并且可以小于符合RF暴露极限的绝对最大功率电平(例如,以提供安全裕度)。“最大可允许功率电平”可以用于对发射器处的发射设置功率电平极限,使得发射的功率电平不允许超过“最大可允许功率电平”以确保RF暴露合规。

[0084] 处理器110可以如下确定第一最大可允许功率电平和第二最大可允许功率电平。处理器可以确定针对第一技术在第一发射功率电平处的归一化SAR分布,确定针对第二技术在第二发射功率电平处的归一化PD分布,并且组合归一化SAR分布和归一化PD分布以生成组合归一化RF暴露分布(以下简称为组合归一化分布)。组合归一化分布中每个位置处的值可以通过组合该位置处的归一化SAR值与该位置处的归一化PD值或另一种技术来确定。

[0085] 然后,处理器110可以通过将组合归一化分布中的峰值与1进行比较,来确定第一发射功率电平和第二发射功率电平是否符合RF暴露极限。如果峰值等于或小于1(即,满足条件≤1),则处理器110可以确定第一发射功率电平和第二发射功率电平符合RF暴露极限(例如,SAR极限和PD极限),并且在未来时隙期间,分别使用第一发射功率电平和第二发射功率电平作为第一最大可允许功率电平和第二最大可允许功率电平。如果峰值大于1,则处理器110可以确定第一发射功率电平和第二发射功率电平不符合RF暴露极限。为了避免在未来时隙期间不合规,处理器110可以减小第一发射功率电平和第二发射功率电平中的一个或多个,使得组合归一化分布中的峰值等于或小于1。在这种情况下,处理器110可以在未来时隙期间,分别使用符合RF暴露极限的第一发射功率电平和第二发射功率电平作为第一最大可允许功率电平和第二最大可允许功率电平。使用第一技术和第二技术进行同时发射

的RF暴露合规条件可以由下式给出：

$$\begin{aligned} [0086] \quad & \text{SAR}_{\text{norm}} + \text{PD}_{\text{norm}} \leq 1 \\ [0087] \quad & \end{aligned} \quad (7)。$$

[0088] 在未来时隙期间,处理器110通过第一最大可允许功率电平来限制(约束)第一发射器120的发射功率电平。例如,如果将功率控制环路用于第一技术,则允许功率控制环路将第一发射器120的发射功率电平设置为等于或低于第一最大可允许功率电平的功率电平,但不是设置为超过第一最大可允许功率电平的功率电平。在未来时隙期间,处理器110还通过第二最大可允许功率电平来限制(约束)第二发射器130的发射功率电平。例如,如果将功率控制环路用于第二技术,则允许功率控制环路将第二发射器130的发射功率电平设置为等于或低于第二最大可允许功率电平的功率电平,但不是设置为超过第二最大可允许功率电平的功率电平。

[0089] 图2示出了归一化SAR分布210和归一化PD分布220的视觉表示,其中归一化SAR分布210和归一化PD分布220被组合以生成组合归一化分布230。图2还示出了组合归一化分布230中的峰值等于或小于1以实现RF暴露合规的条件。尽管在图2中将分布210、220和230中的每个描绘为二维分布,但是应当理解,本公开不限于该示例。

[0090] 如上面所讨论的,方程式(7)中的归一化SAR分布可以通过组合两个或更多归一化SAR分布来生成(例如,针对使用多个活动天线的发射场景)。类似地,如上面所讨论的,方程式(7)中的归一化PD分布可以通过组合两个或更多归一化PD分布来生成(例如,针对使用多个活动天线的发射场景)。在这种情况下,方程式(7)中的RF暴露合规的条件可以使用方程式(3a)和(6a)重写如下：

$$[0091] \quad \sum_{i=1}^{i=K} \frac{\text{Tx}_i}{\text{Tx}_{\text{SAR}_i}} \cdot \text{SAR}_{\text{norm}_j} + \sum_{i=1}^{i=L} \frac{\text{Tx}_i}{\text{Tx}_{\text{PD}_i}} \cdot \text{PD}_{\text{norm}_j} \leq 1 \quad (8)。$$

[0092] 对于MIMO情况,代替地,可以组合方程式(3b)和(6b)。如方程式(8)所示,组合归一化分布可以是针对第一技术的发射功率电平和针对第二技术的发射功率电平的函数。组合归一化分布中的所有点都应当满足方程式(8)中为1的归一化极限。此外,当组合SAR和PD分布时,SAR和PD分布应当在空间上对准或利用其峰位置对准,使得由方程式(8)给出的组合分布表示针对人体给定位置的组合RF暴露。

[0093] 对于无线设备100使用第一技术和第二技术同时发射信号的情况,处理器110可以如下确定用于在未来时隙中进行发射的、针对第一技术的一个或多个最大可允许功率电平和针对第二技术的一个或多个最大可允许功率电平。

[0094] 处理器110基于未来时隙中针对第一技术的发射场景从存储器115中取回针对第一技术的一个或多个归一化SAR分布,并且基于未来时隙中针对第二技术的发射场景从存储器115中取回针对第二技术的一个或多个归一化PD分布。例如,如果针对第一技术的发射场景使用多个活动天线,则处理器110可以取回针对每个活动天线的归一化SAR分布。类似地,如果针对第二技术的发射场景使用多个活动天线,则处理器110可以取回针对每个活动天线的归一化PD分布。

[0095] 然后,处理器110可以通过执行图3所图示的示例性方法,来确定符合RF暴露极限(例如,SAR极限和PD极限)的针对第一技术和第二技术的最大可允许功率电平。

[0096] 在框310处,处理器110根据未来时隙中针对第一技术和第二技术的发射场景,来对针对第一技术和第二技术的发射功率电平进行初始化。如果针对第一技术的发射场景使用多个活动天线,则发射功率电平可以包括用于第一技术的每个活动天线的发射功率电平。类似地,如果针对第二技术的发射场景使用多个活动天线,则发射功率电平可以包括用于第二技术的每个活动天线的发射功率电平。

[0097] 可以根据一个或多个功率控制环路、一个或多个期望数据速率、一个或多个期望波束方向或扇区等,来对针对第一技术和第二技术的发射功率电平进行初始化。在一个示例中,可以将发射功率电平初始化为一组默认发射功率电平。

[0098] 在框320处,处理器110基于框310中的发射功率电平、所取回的归一化SAR分布、和所取回的归一化PD分布,来确定组合归一化分布(例如,根据上面讨论的方程式(8))。

[0099] 在框330处,处理器110将组合归一化分布中的峰值与1进行比较。如果组合归一化分布中的峰值等于或小于1(即,满足条件 $\leq 1$ ),则处理器110确定发射功率电平符合RF暴露极限。在这种情况下,方法300在框350处结束,并且处理器110使用发射功率电平作为用于未来时隙的最大可允许功率电平。

[0100] 如果组合归一化分布中的峰值大于1,则处理器110在框340处调节发射功率电平。例如,处理器110可以通过减小发射功率电平中的一个或多个发射功率电平,来调节发射功率电平。

[0101] 然后,处理器110使用经调节的发射功率电平来重复框320和330(即,使用经调节的发射功率电平在框320中确定组合归一化分布)。处理器110可以重复框340、320和330,直到组合归一化分布中的峰值等于或小于1,这时,发射功率电平符合RF暴露极限。然后,使用符合RF暴露极限的发射功率电平作为用于未来时隙的最大可允许功率电平。最大可允许功率电平包括针对第一技术的一个或多个最大可允许功率电平和针对第二技术的一个或多个最大可允许功率电平。对于其中针对第一技术使用多个活动天线(例如,天线122-1至122-N中的两个或更多天线)的示例,最大可允许功率电平包括用于每个活动天线的最大可允许功率电平。对于其中针对第二技术使用多个活动天线(例如,天线132-1至132-M中的两个或更多天线)的示例,最大可允许功率电平包括用于每个活动天线的最大可允许功率电平。

[0102] 在处理器110确定最大可允许功率电平之后,处理器110通过针对第一技术的所确定的一个或多个最大可允许功率电平,来约束未来时隙期间第一发射器120的发射功率。对于其中第一发射器120在未来时隙期间使用多个天线(例如,天线122-1至122-N中的两个或更多天线)发射信号的示例,最大可允许功率电平包括用于每个活动天线的最大可允许功率电平。在该示例中,处理器110通过相应最大可允许功率电平来约束用于每个活动天线的发射功率电平。处理器110还通过针对第二技术的所确定的一个或多个最大可允许功率电平,来约束未来时隙期间第二发射器130的发射功率。对于其中第二发射器130在未来时隙期间使用多个天线(例如,天线132-1至132-M中的两个或更多天线)发射信号的示例,最大可允许功率电平包括用于每个活动天线的最大可允许功率电平。在该示例中,处理器110通过相应最大可允许功率电平来约束用于每个活动天线的发射功率电平。

[0103] 应当理解,本公开不限于图3所图示的示例性方法300,并且可以采用其他方法来确定符合RF暴露极限的针对第一技术和第二技术的最大可允许功率电平。例如,处理器110

可以确定导致组合归一化分布中的峰值等于或小于比1小的值的最大可允许功率电平,以进行保守近似分析,从而以较少计算来确定最大可允许功率电平。因此,小于1的值可以用作评估RF暴露合规的条件。

[0104] 在一些情况下,当第一技术不活动时,无线设备100可以使用第二技术(例如,5G、IEEE 802.11ad等)来发射信号。在这些情况下,不需要考虑来自第一技术的RF暴露,以评估RF暴露合规。

[0105] 在这些情况下,处理器110可以如下确定符合PD极限的未来时隙中针对第二技术的最大可允许功率电平。首先,处理器110可以基于未来时隙中针对第二技术的发射场景,从存储器115中取回针对第二技术的归一化PD分布。例如,如果在未来时隙中针对第二技术的发射场景使用多个活动天线,则处理器110可以取回针对每个活动天线的归一化PD分布。在该示例中,可以针对由无线设备100在未来时隙中进行的发射,例如基于期望波束方向或扇区,来选择活动天线。

[0106] 然后,处理器110可以通过执行图4所图示的示例性方法,来确定符合PD极限的针对第二技术的最大可允许功率电平。

[0107] 在框410处,处理器110根据针对第二技术的发射场景,来对针对第二技术的发射功率电平进行初始化。如果针对第二技术的发射场景使用多个活动天线,则发射功率电平可以包括用于每个活动天线的发射功率电平。可以根据功率控制环路、期望数据速率、期望波束方向或扇区等,来对发射功率电平进行初始化。在一个示例中,可以将发射功率电平初始化为的一组默认发射功率电平。

[0108] 在框420处,处理器110基于框410中的发射功率电平和取回的归一化PD分布,(例如,根据上面讨论的方程式(6a)或(6b))来确定组合归一化PD分布。

[0109] 在框430处,处理器110将组合归一化PD分布中的峰值与1进行比较。如果组合归一化PD分布中的峰值等于或小于1(即,满足条件 $\leq 1$ ),则处理器110确定发射功率电平符合PD极限。在这种情况下,方法400在框450处结束,并且处理器110使用发射功率电平作为用于第二发射器130的最大可允许功率电平。

[0110] 如果组合归一化PD分布中的峰值大于1,则处理器110在框440处调节发射功率电平。例如,处理器110可以通过减小在框410中初始化的发射功率电平中的一个或多个发射功率电平,来调节发射功率电平。

[0111] 然后,处理器110使用经调节的发射功率电平来重复框420和430(即,使用经调节的发射功率电平在框420中确定组合归一化PD分布)。处理器110可以重复框440、420和430,直到组合归一化PD分布中的峰值等于或小于1,这时,发射功率电平符合PD极限。然后,处理器110使用符合PD极限的发射功率电平作为用于第二发射器130的最大可允许功率电平。在处理器110确定符合PD极限的最大可允许功率电平之后,处理器110根据所确定的最大可允许功率电平,来约束未来时隙期间用于第二发射器130的发射功率。对于其中第二发射器130在未来时隙期间使用多个活动天线(例如,天线132-1至132-M中的两个或更多天线)发射信号的示例,针对第二技术的最大可允许功率电平包括用于每个活动天线的最大可允许功率电平。在该示例中,处理器110通过相应最大可允许功率电平来约束用于每个活动天线的发射功率电平。

[0112] 应当理解,本公开不限于图4所图示的示例性方法400,并且可以采用其他方法来

确定符合PD极限的最大可允许功率电平。例如,处理器110可以确定导致峰值等于或小于比1小的值的最大可允许功率电平,以进行保守近似分析,从而以较少计算来确定最大可允许功率电平。

[0113] 在某些情况下,RF暴露规定要求在时间窗口内的时间平均RF暴露不超过RF暴露极限。这允许无线设备100短暂地超过RF暴露极限,只要时间平均RF暴露不超过极限。

[0114] 在这点上,针对第一技术活动并且第二技术不活动的情况,处理器110可以如下确定RF暴露合规。处理器110可以计算第一时间窗口(例如,6分钟)内的时间平均归一化SAR分布,并且将时间平均归一化SAR分布中的峰值与1进行比较,以评估RF暴露合规。如果峰值等于或小于1(即,满足条件 $\leq 1$ ),则处理器110可以确定RF暴露合规。

[0115] 在这点上,图5图示了其中处理器110计算第一时间窗口505(例如,6分钟)内的时间平均归一化SAR分布的一个示例。在该示例中,第一时间窗口505被划分为多个时隙(即,时间间隔)。例如,6分钟的时间窗口可以划分为5秒的时隙。在图5所示的示例中,存在数目 $p$ 个时隙515(1)-515( $p$ )和数目 $p$ 个归一化SAR分布510(1)-510( $p$ )。尽管在图5中将分布510(1)-510( $p$ )中的每个描绘为二维分布,但是应当理解,本公开不限于该示例。

[0116] 处理器110可以确定针对每个时隙的归一化SAR分布(例如,根据方程式(3a)或(3b))。可以通过组合两个或更多SAR分布,来生成针对时隙的归一化SAR分布。例如,如果两个或更多天线在该时隙期间是活动的,则处理器110可以组合针对两个或更多活动天线的归一化SAR分布,以生成针对该时隙的归一化SAR分布。对于针对活动天线使用不同发射功率电平的情况,处理器110可以通过用于天线的发射功率电平来缩放针对每个活动天线的归一化SAR分布。

[0117] 在某些方面,针对第一技术的发射场景和/或发射功率电平可以在第一时间窗口505内变化。在这些方面,发射场景可以在一个时隙内近似恒定,但是可以在第一时间窗口505内在时隙之间变化。处理器110可以基于针对时隙的发射场景和时间平均发射功率电平,来确定针对每个时隙的归一化SAR分布(例如,根据方程式(3a)或3(b))。

[0118] 处理器110可以对第一时间窗口505内的归一化SAR分布510(1)-510( $p$ )求平均,以生成时间平均归一化SAR分布520。例如,处理器110可以通过组合针对时隙515(1)-515( $p$ )的归一化SAR分布510(1)-510( $p$ )、并且将所得到的组合归一化SAR分布除以时隙数目,来计算时间平均归一化SAR分布520,如由下式给出:

$$[0119] \quad \frac{1}{p} \sum_{j=1}^{j=p} SAR_{\text{norm}_j} \leq 1 \quad (9a)$$

[0120] 其中 $SAR_{\text{norm}_j}$ 表示针对第 $j$ 时隙510( $j$ )的归一化SAR分布。如上面所讨论的,针对时隙的归一化SAR分布可以是针对该时隙的多个SAR分布的组合(例如,对于多个活动天线的情况)。然后,处理器110可以将时间平均归一化SAR分布520中的峰值与1进行比较,以评估RF暴露合规。如果峰值等于或小于1(即,满足条件 $\leq 1$ ),则处理器110可以确定RF暴露合规。

[0121] 在某些方面,处理器110可以确定针对未来时隙的最大可允许功率电平,以确保时间平均RF暴露合规。在这点上,图5中的时隙515(1)-515( $p-1$ )可以对应于无线设备100的先前发射,并且时隙515( $p$ )可以对应于未来时隙。在这点上,时隙515( $p$ )在下面被称为未来时隙。方程式(9a)可以书写如下:

$$[0122] \quad \frac{1}{p} \left[ \left( \sum_{j=1}^{j=p-1} SAR_{\text{norm}_j} \right) + SAR_{\text{norm}_p} \right] \leq 1 \quad (9b)$$

[0123] 其中  $SAR_{\text{norm}_p}$  是针对未来时隙 515 (p) 的 SAR 分布。

[0124] 在该示例中,假定针对归一化 SAR 分布 510 (1) - 510 (p-1) 的发射功率电平是处理器 110 已知的,因为它们对应于无线设备 100 的先前发射。例如,处理器 110 可以将针对时隙 515 (1) - 515 (p-1) 中的每个时隙的发射功率电平和发射场景记录在存储器 115 中,并且使用所记录的针对时隙 515 (1) - 515 (p-1) 的发射功率电平和发射场景,来确定针对这些时隙的归一化 SAR 分布 510 (1) - 510 (p-1)。针对时隙 515 (1) - 515 (p-1),针对在第 j 时隙 515 (j) 期间活动的所有发射场景和功率电平,可以使用方程式 (3a) 或 (3b) 确定针对第 j 时隙 515 (j) 的归一化 SAR 分布。

[0125] 在该示例中,针对与未来时隙 515 (p) 相对应的归一化 SAR 分布 510 (p) 的发射功率电平是要由处理器 110 求解的变量。为了确定针对未来时隙 515 (p) 的最大可允许功率电平,处理器 110 可以计算时间平均归一化 SAR 分布 520,其中针对未来时隙 515 (p) 的发射功率电平是时间平均归一化 SAR 分布 520 中的变量(即,时间平均归一化 SAR 分布是针对未来时隙 515 (p) 的发射功率电平的函数)。然后,处理器 110 可以确定针对未来时隙 515 (p) 的发射功率电平,使得时间平均归一化 SAR 分布中的峰值等于或小于 1 (即,满足方程式 (9b) 中的条件  $\leq 1$ )。处理器 110 使用满足 RF 暴露合规的条件的发射功率电平,作为针对未来时隙 515 (p) 的最大可允许功率电平,并且根据所确定的最大可允许功率电平,来设置针对未来时隙 515 (p) 的发射功率极限。处理器 110 可以在时隙 515 (p-1) 期间确定针对未来时隙 515 (p) 的最大可允许功率电平,使得在未来时隙 515 (p) 开始时,针对未来时隙 515 (p) 的最大可允许功率电平准备好,以用于处理器 110 强制执行最大可允许功率电平。

[0126] 处理器 110 可以根据图 6 所图示的示例性方法 600,来确定针对未来时隙 515 (p) 的最大可允许功率电平。在框 610 处,处理器 110 根据针对未来时隙 515 (p) 的发射场景,来对针对未来时隙 515 (p) 的发射功率电平进行初始化。可以根据功率控制环路、期望数据速率、期望波束方向或扇区等,来对发射功率电平进行初始化。在一个示例中,可以将发射功率电平初始化为的一组默认发射功率电平。

[0127] 在框 620 处,处理器 110 基于针对未来时隙 515 (p) 的框 610 处的发射功率电平和发射场景,来确定时间平均归一化 SAR 分布。注意,如上面所讨论的,针对先前时隙 515 (1) - 515 (p-1) 的发射功率电平是已知的。

[0128] 在框 630 处,处理器 110 将时间平均归一化 SAR 分布中的峰值与 1 进行比较,以评估 RF 暴露合规。如果峰值等于或小于 1,则方法 600 在框 650 处结束。在这种情况下,处理器 110 使用在框 610 处初始化的发射功率电平作为针对未来时隙 515 (p) 的最大可允许功率电平。

[0129] 如果峰值大于 1,则处理器 110 在框 640 处调节针对未来时隙的发射功率电平。处理器 110 可以通过减小针对未来时隙的发射功率电平中的一个或多个发射功率电平,来调节针对未来时隙的发射功率电平。然后,处理器 110 使用经调节的发射功率电平来重复框 620 和 630。处理器 110 可以重复框 640、620 和 630,直到时间平均归一化 SAR 分布中的峰值等于或小于 1,这时,发射功率电平符合 SAR 极限,并且处理器 110 使用符合 SAR 极限的发射功率电平作为针对未来时隙 515 (p) 的最大可允许功率电平。

[0130] 对于其中第一发射器120在未来时隙515 (p) 期间使用多个活动天线 (例如, 天线122-1至122-N中的两个或更多天线) 发射信号的示例, 最大可允许功率电平可以包括用于每个活动天线的最大可允许功率电平。在该示例中, 处理器110通过相应最大可允许功率电平来限制 (约束) 用于每个活动天线的发射功率电平。

[0131] 应当理解, 本公开不限于图6所图示的示例性方法600, 并且可以采用其他方法来确定针对未来时隙515 (p) 的发射功率电平, 使得时间平均归一化SAR分布符合SAR极限。例如, 处理器110可以确定导致时间平均归一化SAR分布的峰值等于或小于比1小的值的最大可允许功率电平, 以进行保守近似分析, 从而以较少计算来确定最大可允许功率电平。

[0132] 在某些情况下, 监管机构可能要求针对第二技术的时间平均PD分布不超过针对第二技术的PD极限。这允许无线设备100短暂地超过PD极限, 只要时间平均PD分布不超过PD极限。

[0133] 在这点上, 针对第二技术活动并且第一技术不活动的情况, 处理器110可以如下确定RF暴露合规。处理器110可以计算第二时间窗口 (例如, 2分钟) 内的时间平均归一化PD分布, 并且将时间平均归一化PD分布中的峰值与1进行比较, 以评估RF暴露合规。如果峰值等于或小于1 (即, 满足条件 $\leq 1$ ), 则处理器110可以确定RF暴露合规。

[0134] 在这点上, 图7图示了其中处理器110计算第二时间窗口705 (例如, 2分钟) 内的时间平均归一化PD分布的一个示例。在该示例中, 第二时间窗口705被划分为多个时隙 (即, 时间间隔)。例如, 2分钟的时间窗口可以划分为5秒的时隙。在图7所示的示例中, 存在数目q个时隙715 (1) - 715 (q) 和数目q个归一化PD分布710 (1) - 710 (q)。尽管在图7中将分布710 (1) - 710 (q) 中的每个描绘为二维分布, 但是应当理解, 本公开不限于该示例。

[0135] 处理器110可以确定针对每个时隙的归一化PD分布 (例如, 根据方程式 (6a) 或 (6b))。可以通过组合两个或更多PD分布来生成针对时隙的归一化PD分布。例如, 如果两个或更多天线在该时隙期间是活动的, 则处理器110可以组合针对该两个或更多活动天线的归一化PD分布, 以生成针对该时隙的归一化PD分布。对于针对活动天线使用不同发射功率电平的情况, 处理器110可以通过相应发射功率电平来缩放针对每个活动天线的归一化PD分布。

[0136] 在某些方面, 针对第二技术的发射场景和/或发射功率电平可以在第二时间窗口705内变化。在这些方面, 发射场景可以在一个时隙内近似恒定, 但是可以在第二时间窗口705内在时隙之间变化。处理器110可以基于时隙期间的发射场景和时间平均发射功率电平, 来确定针对每个时隙的归一化PD分布 (例如, 根据方程式 (6a) 或 (6b))。

[0137] 处理器110可以对第二时间窗口705内的归一化PD分布710 (1) - 710 (q) 求平均, 以生成时间平均归一化PD分布720。例如, 处理器110可以通过组合针对时隙715 (1) - 715 (q) 的归一化PD分布710 (1) - 710 (q)、并且将所得到的组合归一化PD分布除以时隙数目, 来计算时间平均归一化PD分布720, 如由下式给出:

$$[0138] \quad \frac{1}{q} \sum_{j=1}^{j=q} PD_{\text{norm}_j} \leq 1 \quad (10a)$$

[0139] 其中 $PD_{\text{norm}_j}$ 表示针对第j时隙710 (j) 的归一化PD分布。如上面所讨论的, 针对时隙的归一化PD分布可以是针对该时隙的多个归一化PD分布的组合 (例如, 对于多个活动天线

的情况)。然后,处理器110可以将时间平均归一化PD分布720中的峰值与1进行比较,以评估RF暴露合规。如果峰值等于或小于1(即,满足条件 $\leq 1$ ),则处理器110可以确定RF暴露合规。

[0140] 在某些方面,处理器110可以确定针对未来时隙的最大可允许功率电平,以确保时间平均RF暴露合规。在这点上,图7中的时隙715(1) - 715(q-1)可以对应于无线设备100的先前发射,并且时隙715(q)可以对应于未来发射。在这点上,时隙715(q)在下面被称为未来时隙。方程式(10a)可以重写如下:

$$[0141] \quad \frac{1}{q} \left[ \left( \sum_{j=1}^{q-1} PD_{\text{norm}_j} \right) + PD_{\text{norm}_q} \right] \leq 1 \quad (10b)$$

[0142] 其中 $PD_{\text{norm}_q}$ 是针对未来时隙715(q)的归一化PD分布。

[0143] 在该示例中,假定针对归一化PD分布710(1) - 710(q-1)的发射功率电平是处理器110已知的,因为它们对应于无线设备100的先前发射。例如,处理器110可以将针对时隙715(1) - 715(q-1)中的每个时隙的发射功率电平和发射场景记录在存储器115中,并且使用所记录的针对时隙715(1) - 715(q-1)的发射功率电平和发射场景,来确定针对这些时隙的归一化PD分布710(1) - 710(q-1)。针对时隙715(1) - 715(q-1),针对在第j时隙715(j)期间活动的所有发射场景和功率电平,可以使用方程式(6a)或(6b)确定针对第j时隙715(j)的归一化PD分布710(j)。

[0144] 在该示例中,针对与未来时隙715(q)相对应的归一化PD分布710(q)的发射功率电平是要由处理器110求解的变量。为了确定针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平,处理器110可以计算时间平均归一化PD分布720,其中针对未来时隙715(q)的发射功率电平是时间平均归一化PD分布720中的变量(即,时间平均归一化PD分布720是针对未来时隙715(q)的发射功率电平的函数)。然后,处理器110可以确定针对未来时隙715(q)的发射功率电平,使得时间平均归一化PD分布中的峰值等于或小于1(即,满足方程式(10b)中的条件 $\leq 1$ )。所确定的符合RF暴露水平的发射功率电平被用作针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平。在这点上,处理器110根据所确定的最大可允许功率电平,来设置针对未来时隙715(q)的发射功率极限。处理器110可以在时隙715(q-1)期间确定针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平,使得在未来时隙715(q)开始时,针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平准备好,以用于处理器110强制执行最大可允许功率电平。

[0145] 处理器110可以根据图8所图示的示例性方法800,来确定针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平。在框810处,处理器110根据针对未来时隙715(q)的发射场景,来对针对未来时隙715(q)的发射功率电平进行初始化。例如,可以根据功率控制环路、期望数据速率、期望波束方向或扇区等,来对发射功率电平进行初始化。在一个示例中,可以将发射功率电平初始化为的一组默认发射功率电平。

[0146] 在框820处,处理器110基于针对未来时隙715(q)的框810处的发射功率电平和发射场景,来确定时间平均归一化PD分布。注意,如上面所讨论的,针对先前时隙715(1) - 715(q-1)的发射功率电平是已知的。

[0147] 在框830处,处理器110将时间平均归一化PD分布中的峰值与1进行比较,以评估RF暴露合规。如果峰值等于或小于1,则方法800在框850处结束。在这种情况下,处理器110使用在框810处初始化的发射功率电平作为针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平。

[0148] 如果峰值大于1,则处理器110在框840处调节针对未来时隙的发射功率电平810。处理器110可以通过减少针对未来时隙715(q)的发射功率电平中的一个或多个发射功率电平,来调节针对未来时隙715(q)的发射功率电平。然后,处理器110使用经调节的发射功率电平来重复框820和830。处理器110可以重复框840、820和830,直到时间平均PD分布中的峰值等于或小于1,这时,发射功率电平符合PD极限,并且处理器110使用发射功率电平作为针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平。

[0149] 对于其中第二发射器130在未来时隙715(q)期间使用多个活动天线(例如,天线132-1至132-M中的两个或更多天线)发射信号的一个示例,最大可允许功率电平可以包括用于每个活动天线的最大可允许功率电平。在该示例中,处理器110通过相应最大可允许功率电平来限制(约束)用于每个活动天线的发射功率电平。

[0150] 应当理解,本公开不限于图8所图示的示例性方法800,并且可以采用其他方法来确定针对未来时隙715(q)的发射功率电平,使得时间平均归一化PD分布符合PD极限。例如,处理器110可以确定针对未来时隙715(q)的如下的最大可允许功率电平,该最大可允许功率电平导致时间平均归一化PD分布中的峰值近似等于或小于比1小的值。

[0151] 对于其中第一技术和第二技术两者都活动(即,无线设备使用第一技术和第二技术同时发射信号)的情况,处理器110还可以确定时间平均RF暴露合规。为此,如图9所图示的,处理器110可以组合时间平均归一化SAR分布520和时间平均归一化PD分布720,以生成组合时间平均归一化分布920。然后,处理器110可以将组合时间平均归一化分布920中的峰值与1进行比较,以评估时间平均RF暴露合规。如果峰值等于或小于1(即,满足条件 $\leq 1$ ),则处理器110可以确定无线设备100是合规的。合规条件可以通过如下组合方程式(9b)和(10b)来给出:

$$[0152] \quad \frac{1}{p} \left[ \left( \sum_{j=1}^{p-1} SAR_{norm,j} \right) + SAR_{norm,p} \right] + \frac{1}{q} \left[ \left( \sum_{j=1}^{q-1} PD_{norm,j} \right) + PD_{norm,q} \right] \leq 1$$

(11)。

[0153] 用于时间平均归一化SAR分布的第一时间窗口505和用于时间平均归一化PD分布的第二时间窗口705的长度可以不同。在这点上,图9示出了其中第一时间窗口505比第二时间窗口705长的一个示例。例如,第一时间窗口505的长度可以是近似6分钟,并且第二时间窗口705的长度可以是近似2分钟。第一时间窗口和第二时间窗口的长度可以由(例如,由FCC或其他监管部门建立的)相应RF暴露规定来指定。注意,时间窗口505和705的长度在图9中未按比例绘制。

[0154] 在某些方面,处理器110可以确定第一技术和第二技术的针对未来时隙515(p)和715(q)的最大可允许功率电平,以确保时间平均RF暴露合规。在这些方面,如图9中的示例所示,未来时隙515(p)和715(q)可以在时间上近似地对准。为了确定针对未来时隙515(p)和715(q)的最大可允许功率电平,处理器110可以计算组合时间平均归一化分布920,其中针对未来时隙515(p)和715(q)的发射功率电平是组合时间平均归一化分布920中的变量(即,组合时间平均归一化分布920是针对未来时隙515(p)和715(q)的发射功率电平的函数)。然后,处理器110可以确定针对未来时隙515(p)和715(q)的最大可允许功率电平,使得组合时间平均归一化分布920中的峰值等于或小于1(即,满足方程式(11)中的条件 $\leq 1$ )。然后,处理器110可以根据所确定的最大可允许功率电平,来设置针对未来时隙515(p)和715

(q)的发射功率极限。

[0155] 处理器110可以根据图10所图示的示例性方法1000,来确定针对未来时隙515(p)和715(q)的最大可允许功率电平。最大可允许功率电平可以包括针对第一技术的第一最大可允许功率电平和针对第二技术的第二最大可允许功率电平。

[0156] 在框1010处,处理器110根据针对未来时隙515(p)和715(q)的发射场景,来对针对未来时隙515(p)和715(q)的发射功率电平进行初始化。如果针对第一技术的未来时隙515(p)的发射场景使用多个活动天线,则发射功率电平可以包括用于每个活动天线的发射功率电平。类似地,如果针对第二技术的未来时隙715(q)的发射场景使用多个活动天线,则发射功率电平可以包括用于每个活动天线的发射功率电平。

[0157] 可以根据一个或多个功率控制环路、一个或多个期望数据速率、一个或多个期望波束方向或扇区等,来对发射功率电平进行初始化。在一个示例中,可以将发射功率电平初始化为的一组默认发射功率电平。

[0158] 在框1020处,处理器110基于针对未来时隙515(p)和715(q)的发射功率电平,来确定组合时间平均归一化分布920。注意,如上面所讨论的,针对第一技术的先前时隙515(1) - 515(p-1)中的发射功率电平和针对第二技术的先前时隙715(1) - 715(q-1)中的发射功率电平是已知的。

[0159] 在框1030处,处理器110将组合时间平均归一化分布中的峰值与1进行比较,以评估RF暴露合规。如果峰值等于或小于1,则方法1000在框1050处结束。在这种情况下,处理器110使用在框1010处初始化的发射功率电平作为针对未来时隙515(p)和715(q)的最大可允许功率电平。

[0160] 如果峰值大于1,则处理器110在框1040处调节针对未来时隙的发射功率电平。处理器110可以通过减小针对未来时隙的发射功率电平中的一个或多个发射功率电平,来调节针对未来时隙的发射功率电平。然后,处理器110使用经调节的发射功率电平来重复框1020和1030。处理器110可以重复框1040、1020和1030,直到组合时间平均归一化分布中的峰值等于或小于1,这时,针对未来时隙的发射功率电平是合规的,并且处理器110使用发射功率电平作为最大可允许功率电平。所确定的最大可允许功率电平包括针对第一技术的第一最大可允许功率电平和针对第二技术的第二最大可允许功率电平。在这点上,处理器110根据第一最大可允许功率电平来设置用于第一发射器120的发射功率极限,并且根据第二最大可允许功率电平来设置用于第二发射器130的发射功率极限。

[0161] 应当理解,本公开不限于图10所图示的示例性方法1000,并且可以采用其他方法来确定针对未来时隙515(p)和715(q)的最大可允许功率电平,使得组合时间平均归一化分布920符合RF暴露极限。

[0162] 在某些方面,用于PD的时间平均窗口取决于发射频率(例如,在28GHz带中为~2分钟,并且在60GHz中为~1分钟)。在这些方面,当第二发射器130在多个频带处发射信号时,可以针对每个频带使用不同时间窗口来计算时间平均PD分布。例如,如果第二发射器130在第一频带(例如,28GHz)和第二频带(例如,60GHz)处发射信号,则时间平均PD分布可以由下式给出:

$$[0163] \quad \frac{1}{q} \sum_{j=1}^{j=q} PD_{\text{norm}_j} + \frac{1}{r} \sum_{j=1}^{j=r} PD_{\text{norm}_j} \quad (12)$$

[0164] 其中q是针对第一频带(例如,28GHz带)的时隙数目,并且r是针对第二频带(例如,60GHz带)的时隙数目。由于针对第一频带和第二频带使用不同时间窗口,所以针对频带的时隙数目与针对第二频带的时隙数目不同(即,q和r不同)。

[0165] 图11示出了其中针对PD使用两个时间平均窗口的一个示例。在该示例中,上面讨论的第二时间窗口705用于第一频带(例如,28GHz带),并且第三时间窗口1105用于第二频带(例如,60GHz带),其中第三时间窗口1105比第二时间窗口705短。例如,第二时间窗口705可以具有近似两分钟的长度,并且第三时间窗口1105可以具有近似一分钟的长度。

[0166] 如图11所示,第三时间窗口1105被划分为数目r个时隙1115(1)至1115(r)。对于第二频带,存在数目r个归一化PD分布1110(1)至1110(r),其中每个归一化PD分布对应于时隙1115(1)至1115(r)中的相应时隙。在该示例中,时隙1115(1)至1115(r-1)对应于先前时隙,并且时隙1115(r)对应于与未来时隙515(p)和715(q)近似对准的未来时隙。

[0167] 在该示例中,可以基于时隙期间针对第一频带的发射场景和发射功率电平,来确定针对第二时间窗口705中先前时隙715(1)至715(q-1)中的每个时隙的归一化PD分布。针对未来时隙715(q)的归一化PD分布是未来时隙715(q)中针对第一频带的发射功率电平的函数。类似地,可以基于时隙期间针对第二频带的发射场景和发射功率电平,来确定针对第三时间窗口1105中先前时隙1115(1)至1115(r-1)中的每个时隙的归一化PD分布。针对未来时隙1115(r)的归一化PD分布是未来时隙1115(r)中针对第二频带的发射功率电平的函数。

[0168] 可以根据上面的方程式(12)来计算时间平均归一化PD分布720,其中时间平均归一化PD分布是未来时隙715(q)中针对第一频带的发射功率电平和未来时隙1115(r)中针对第二频带的发射功率电平的函数。

[0169] 在该示例中,时间平均归一化PD分布720是与第二时间窗口705相对应的针对第一频带的时间平均归一化PD分布和与第三时间窗口1105相对应的针对第二频带的时间平均归一化PD分布的组合。在这点上,时间平均PD分布720可以被认为组合时间平均PD分布。

[0170] 对于其中无线设备100还使用第一技术来发射信号的示例,可以将时间平均归一化PD分布与时间平均归一化SAR分布组合,以获得上面讨论的组合时间平均归一化分布。在该示例中,组合时间平均归一化分布是以下项的函数:未来时隙515(p)中针对第一技术的发射场景和发射功率电平、未来时隙715(q)中针对第一频带的发射场景和发射功率电平、以及未来时隙1115(r)中针对第二频带的发射场景和发射功率电平。可以通过确定导致组合时间平均归一化分布的峰值等于或小于1的发射功率电平,来确定最大可允许功率电平(例如,根据图10所图示的方法1000)。在该示例中,最大可允许功率电平包括:针对第一技术的最大可允许功率电平、针对第一频带的最大可允许功率电平、和针对第二频带的最大可允许功率电平。在未来时隙515(p)、715(q)和1115(r)期间,处理器110根据针对第一技术的最大可允许功率电平来设置针对第一技术的发射功率极限,根据针对第一频带的最大可允许功率电平来设置针对第一频带的发射功率极限,并且根据针对第二频带的最大可允许功率电平来设置针对第二频带的发射功率极限。

[0171] 尽管在以上示例中针对PD使用两个时间平均窗口705和1105,但是应当理解,取决

于活动的高于10GHz的不同频带的数目,可以使用多于两个的时间平均窗口。通常,用于PD的时间平均窗口的数目可以等于高于10GHz的活动频带的数目,其中每个时间平均窗口对应于活动频带中的相应活动频带。

[0172] 在某些方面,当第一技术不活动时,无线设备110可以在第一频带和第二频带(例如,28GHz和60GHz)处同时发射信号。在这种情况下,处理器110可以如下确定针对第一频带和第二频带的最大可允许功率电平。处理器可以根据方程式(12)确定时间平均归一化PD分布,其中时间平均归一化PD分布是未来时隙715(q)中针对第一频带的发射功率电平和未来时隙1115(r)中针对第二频带的发射功率电平的函数。这种情况的一个示例在图12中图示出,其中针对RF暴露合规的条件是时间平均归一化PD分布720等于或小于1。注意,由于第一技术在这种情况下是不活动的,所以在这种情况下,时间平均归一化PD分布不与时间平均归一化SAR分布520组合。

[0173] 然后,处理器110可以:确定导致时间平均归一化PD分布中的峰值等于或小于1的、针对第一频带和第二频带的发射功率电平,并且使用所确定的发射功率电平作为最大可允许功率电平。在该示例中,最大可允许功率电平包括针对第一频带的最大可允许功率电平和针对第二频带的最大可允许功率电平。在未来时隙715(q)和1115(r)期间,处理器110根据针对第一频带的最大可允许功率电平来设置针对第一频带的发射功率极限,并且根据针对第二频带的最大可允许功率电平来设置针对第二频带的发射功率极限。应当理解,以上技术可以扩展到三个或更多频带,以确定针对三个或更多频带的最大可允许功率电平。

[0174] 一些RF暴露规定可能不要求PD的时间平均,或者当前可能未指定针对PD的时间平均(这可以改变)。在这些情况下,可以将时间平均SAR分布与归一化PD分布组合,以评估RF暴露合规。这种情况的一个示例在图13中图示出,其中将时间平均归一化SAR分布520与针对未来时隙715(q)的归一化PD分布组合,以获得组合归一化分布920。

[0175] 在该示例中,处理器110可以如下确定针对第一技术和第二技术的最大可允许功率电平。处理器110将时间平均归一化SAR分布520与针对未来时隙715(q)的归一化PD分布710组合,以获得组合归一化分布920,其中组合归一化分布920是未来时隙515(p)中针对第一技术的发射功率电平和未来时隙715(q)中针对第二技术的发射功率电平的函数。

[0176] 然后,处理器110可以:确定导致归一化分布920中的峰值等于或小于1的、针对第一技术和第二技术的发射功率电平,并且使用所确定的发射功率电平作为最大可允许功率电平。在该示例中,最大可允许功率电平包括针对第一技术的最大可允许功率电平和针对第二技术的最大可允许功率电平。在未来时隙515(p)和715(q)期间,处理器110根据针对第一技术的最大可允许功率电平来设置用于第一发射器120的发射功率极限,并且根据针对第二技术的最大可允许功率电平来设置用于第二发射器130的发射功率极限。

[0177] 应当理解,上面讨论的时隙515(1)-515(p)的长度可以相等,或者时隙515(1)-515(p)中的两个或更多时隙可以具有不同长度。未来时隙515(p)还可以被称为时间间隔,并且可以具有等于或小于第一时间窗口505的长度的十分之一的长度。在一个示例中,未来时隙515(p)的长度为近似5秒,并且第一时间窗口505的长度为近似6分钟。

[0178] 应当理解,上面讨论的时隙715(1)-715(q)的长度可以相等,或者时隙715(1)-715(q)中的两个或更多时隙可以具有不同长度。未来时隙715(q)还可以被称为时间间隔,并且可以具有等于或小于第二时间窗口705的长度的五分之一的长度。在一个示例中,未来时隙

715(q) 的长度为近似5秒,并且第二时间窗口705的长度为近似2分钟。

[0179] 应当理解,上面讨论的时隙1115(1) - 1115(r) 的长度可以相等,或者时隙1115(1) - 1115(r) 中的两个或更多时隙可以具有不同长度。未来时隙1115(r) 还可以被称为时间间隔,并且可以具有等于或小于第三时间窗口1105的长度的五分之一的长度。在一个示例中,未来时隙1115(r) 的长度为近似5秒,并且第三时间窗口1105的长度为近似一分钟。

[0180] 第一时间窗口505的长度可以比第二时间窗口705的长度长至少50%。在一个示例中,第一时间窗口505的长度为近似6分钟,并且第二时间窗口705的长度为近似2分钟,其中第一时间窗口和第二时间窗口的长度可以由监管部门设置。应当理解,由监管部门设置的第一时间窗口505和第二时间窗口705的长度可以随时间改变,并且可以在不同监管部门之间变化。如上面所讨论的,监管部门可以定义取决于发射频率的时间窗口,例如,对于28GHz带,时间窗口长度为2分钟,并且对于60GHz带,时间窗口长度为1分钟。在那种情况下,还应当理解,对于SAR可能存在一个时间窗口,并且对于PD可能存在两个或更多时间窗口,其中针对PD的每个时间窗口对应于给定发射频带。

[0181] 如本文中使用的,术语“先前时隙”是指在相应未来时隙之前的时隙。例如,图5中的时隙515(1) - 515(p-1) 是先前时隙,它们在未来时隙515(p) 之前。

[0182] 如本文中使用的,术语“未来时隙”是指相对于确定相应最大可允许功率电平的时间而言的、在未来的时隙(即,时间间隔或持续时间)。在未来时隙之前确定针对未来时隙的最大可允许功率电平有助于确保在未来时隙期间的RF暴露合规。由于上面讨论的未来时隙515(p)、715(q) 和1115(r) 在时间上近似对准,因此它们可以集体被认为是一个未来时隙。

[0183] 应当理解,上面讨论的时间窗口(例如,时间窗口505、705和1105) 可以是移动时间平均窗口。在这种情况下,每次确定针对新的未来时隙的最大可允许功率电平时,每个时间窗口移位一个时隙。例如,在以上时间窗口505的讨论中,时隙515(p) 被给出作为未来时隙。为了确定针对下一未来时隙515(p+1) 的最大可允许功率电平,处理器110将时间窗口505移位一个时隙,以覆盖时隙515(2) 至515(p+1)。注意,先前确定最大可允许功率电平中的第一时隙515(1) 从时间窗口505中被丢弃,并且先前确定最大可允许功率电平中的未来时隙515(p) 成为时间窗口505中的先前时隙中的最后一个。

[0184] 应当理解,上面讨论的第一通信技术可以包括其中使用SAR来评估RF暴露合规的多种通信技术。例如,第一技术可以包括WWAN、WLAN、蓝牙等。在这点上,应当理解,第一发射器120可以包括多个发射器。同样,应当理解,SAR可以具有来自多种低于6GHz的通信技术(例如,WWAN、WLAN和蓝牙的同时发射) 的贡献。

[0185] 应当理解,上面讨论的第二通信技术可以包括其中使用PD来评估RF暴露合规的多种通信技术。例如,第二技术可以包括毫米波/5G和毫米波/802.11ad。在这点上,应当理解,第二发射器130可以包括多个发射器。同样,应当理解,PD可以具有来自多种通信技术(例如,毫米波/5G和毫米波/802.11ad的同时发射) 的贡献。

[0186] 在以上给出的示例中的一些示例中,将归一化分布与1进行比较以评估RF暴露合规。然而,应当理解,本公开不限于这些示例。例如,可以相对于任何值来对分布(例如,SAR分布、PD分布、组合RF暴露分布等) 进行归一化,使得可以使用除1之外的极限值来定义RF暴露合规的条件。在该示例中,RF合规的条件是归一化分布等于或小于极限值。同样,如上面所讨论的,可以将极限值设置为小于1的值。

[0187] 如上面所讨论的,处理器110可以确定针对未来时隙用于发射器(例如,第一发射器120或第二发射器130)的最大可允许功率电平(例如,根据本文中描述的方法中的任何方法),并且基于所确定的最大可允许功率电平来设置用于发射器的发射功率极限。在某些方面,基于所确定的最大可允许功率电平来设置发射功率极限防止发射器的功率电平在未来时隙期间的任何时间超过最大可允许功率电平。在某些方面,基于所确定的最大可允许功率电平来设置发射功率极限防止在未来时隙内发射器的功率电平的时间平均超过最大可允许功率电平。这允许功率电平在未来时隙内暂时超过最大可允许功率电平,只要未来时隙内功率电平的时间平均不超过最大可允许功率电平。在这些方面,功率电平可以超过最大可允许功率电平达比未来时隙短的时间间隔。在这些方面,最大可允许功率电平是未来时隙内的最大可允许时间平均功率电平。

[0188] 图14图示了根据本公开的某些方面的在无线设备(例如,无线设备100)中实施的示例性方法1400。

[0189] 在框1410处,确定针对第一无线通信技术的比吸收率(SAR)分布。例如,SAR分布可以包括与时间平均窗口(例如,时间窗口505)相对应的时间平均SAR分布。第一无线通信技术可以包括以下中的一个或多个:WWAN、WLAN、3G、4G、蓝牙等。

[0190] 在框1420处,确定针对第二无线通信技术的功率密度(PD)分布。例如,PD分布可以包括与一个或多个时间平均窗口(例如,时间窗口705和/或1105)相对应的时间平均PD分布。第二无线通信技术可以包括以下中的一个或多个:5G、IEEE 802.11ad等。

[0191] 在框1430处,组合SAR分布和PD分布,以生成组合RF暴露分布。

[0192] 在框1440处,基于组合RF暴露分布,确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平。例如,组合RF暴露分布可以是未来时隙中的发射功率电平的函数。在该示例中,可以通过确定如下的用于发射功率电平的功率电平来确定至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平:该用于发射功率电平的功率电平导致组合RF暴露分布的峰值等于或小于极限值(例如,为1的极限值),该极限值确保RF暴露合规。

[0193] 在框1450处,基于至少一个第一最大可允许功率电平,来设置未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限。基于至少一个第一最大可允许功率电平来设置用于第一发射器(例如,第一发射器120)的至少发射功率极限可以:将未来时隙中第一发射器的发射功率电平限制为至少一个第一最大可允许功率电平,或者将未来时隙内第一发射器的时间平均发射功率电平限制为至少一个第一最大可允许功率电平。

[0194] 在框1460处,基于至少一个第二最大可允许功率电平,来设置未来时隙中用于第二发射器的至少一个发射功率极限。基于至少一个第二最大可允许功率电平来设置用于第二发射器(例如,第二发射器130)的至少发射功率极限可以:将未来时隙中第二发射器的发射功率电平限制为至少一个第二最大可允许功率电平,或者将未来时隙内第二发射器的时间平均发射功率电平限制为至少一个第二最大可允许功率电平。

[0195] 应当理解,方法1400不限于图14所示的示例性顺序。例如,框1420可以在框1410之前执行,或者框1410和1420两者可以同时执行。同样,框1460可以在框1450之前执行,或者框1450和1460两者可以同时执行。

[0196] 在以上参考图9讨论的示例性时间平均方法中,处理器110确定在第一时间窗口

505内针对第一技术的时间平均SAR分布505,并且确定在第二时间窗口705内针对第二技术的时间平均PD分布705,其中第一时间窗口505和第二时间窗口705具有不同持续时间(即,不同长度)。然后,处理器110组合时间平均SAR分布505和时间平均PD分布705以获得组合时间平均分布920,并且基于组合时间平均分布920,确定针对未来时隙的第一技术的最大可允许功率电平和第二技术的最大可允许功率电平。处理器110可以每 $\Delta t$ 秒进行这个确定,其中 $\Delta t$ 秒(例如,5秒)是一个时隙的持续时间。在这种情况下,处理器110每 $\Delta t$ 秒(例如,5秒)更新针对第一技术的最大可允许功率电平和针对第二技术的最大可允许功率电平,并且如上面所讨论的,第一时间窗口505和第二时间窗口705是移动时间平均窗口。在图9所示的示例中,针对第一技术和第二技术使用相同的时隙持续时间(例如,5秒)。

[0197] 未来时隙中针对每种技术的最大峰均比(PAR)可以由下式给出:

$$[0198] \quad PAR_{\max} = 10 * \log_{10}(\text{time\_window} / \Delta t) \quad (13)$$

[0199] 其中 $PAR_{\max}$ 是最大可允许PAR,time\_window是相应时间平均窗口(例如,针对第一技术的第一时间窗口505和针对第二技术的第二时间窗口705)的持续时间,并且 $\Delta t$ 是未来时隙的持续时间。在此,未来时隙中针对每种技术的平均发射功率电平由针对未来时隙而确定的相应最大可允许功率电平给出。

[0200] 例如,如果针对第一技术的第一时间窗口505是100秒并且 $\Delta t$ 是5秒,则针对第一技术的最大可允许PAR等于20dB。如果针对第二技术的第二时间窗口705是30秒并且 $\Delta t$ 是5秒,则针对第二技术的最大可允许PAR等于7.8dB。这样做的问题是,第二技术(例如,毫米波通信)可能要求高的PAR。例如,对于毫米波通信,平均发射功率可以为近似8dBm,并且可能需要超过23dBm的发射功率在小区边缘处维持无线电链路,这转化为超过15dB的PAR。

[0201] 通过减小 $\Delta t$ (即,一个时隙的持续时间),可以增加针对一种技术(例如,第二技术)的最大PAR。减小 $\Delta t$ 使得处理器110更频繁地更新针对第一技术的最大可允许功率电平和针对第二技术的最大可允许功率电平,这消耗更多计算资源以用于这两种技术。然而,对于已经满足其PAR要求的另一技术(例如,第一技术),可能不需要减小 $\Delta t$ 以便满足针对一种技术(例如,第二技术)的PAR要求。在这种情况下,减小 $\Delta t$ (即,一个时隙的持续时间)导致用于另一种技术(例如,第一技术)的计算资源的不必要的增加。

[0202] 为了解决这个问题,本公开的方面允许以不同速率更新针对不同技术的最大可允许功率电平,同时仍然满足总的RF暴露合规,如下面进一步讨论的。

[0203] 在某些方面,以比第一技术小的时间间隔更新针对第二技术的最大可允许功率电平,以便增加针对第二技术的最大可允许PAR,而无需增加针对第一技术的计算负荷。在这些方面,如图15所示,针对第二技术的未来时隙715(q)被进一步划分(分割)为较小时隙1515(1)至1515(N)。如下面进一步讨论的,处理器110可以确定针对较小时隙1515(1)至1515(N)中的每个的归一化PD分布1520(1)至1520(N)。在下面的描述中,为了便于讨论,将较小时隙1515(1)至1515(N)称为子时隙。

[0204] 在这些方面,处理器110在外循环中确定针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平。在外循环中,处理器110基于如上面所讨论的组合时间平均RF暴露分布920,来确定针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平,以确保总的RF暴露合规。如上面所讨论的,处理器110每 $\Delta t$ 秒(即,一个时隙的持续时间)更新针对未来时隙715(q)的最大可允许功率电平。例如,如果一个时隙的持续时间是5秒,则处理器110每5秒确定针对未来时隙715(q)的

最大可允许功率电平。注意,在外循环中相同的时隙持续时间被用于第一技术和第二技术,以满足总的RF暴露合规。上面参考图9根据某些方面更详细地讨论了外循环的操作。

[0205] 在内循环中,处理器110以近似每 $\Delta t/N$ 秒1个的速率,一次一个地确定针对子时隙1515(1)至1515(N)的最大可允许功率电平,其中N是未来时隙715(q)中的子时隙数目,并且 $\Delta t$ 是未来时隙715(q)的持续时间。例如,如果N等于50并且 $\Delta t$ 等于5秒,则处理器110近似每100毫秒确定针对子时隙1515(1)至1515(N)之一的最大可允许功率电平。因此,内循环将更新速率增加为N倍。如上面所讨论的,较高的更新速率增加了针对第二技术(例如,毫米波通信)的PAR。

[0206] 对于内循环,处理器110可以使用在外循环中针对未来时隙715(q)而计算的归一化PD分布,作为用于内循环的归一化PD极限。例如,在上面讨论的方程式(11)中,针对未来时隙715(q)的归一化PD分布由 $PD_{norm\_q}$ 给出, $PD_{norm\_q}$ 可以通过针对未来时隙715(q)而确定的最大可允许功率电平来缩放。

[0207] 在内循环中,处理器110可以基于下式确定针对第n子时隙的最大可允许功率电平:

$$[0208] \quad \frac{1}{N} \left[ \left( \sum_{i=1}^{n-1} PD_{norm\_i} \right) + PD_{norm\_n} \right] \leq PD_{norm\_lim} \quad (14)$$

[0209] 其中N是子时隙1515(1)至1515(N)的总数目,i是针对子时隙的索引, $PD_{norm\_i}$ 是针对第i子时隙的归一化PD分布, $PD_{norm\_n}$ 是针对第n子时隙的归一化PD分布,并且 $PD_{norm\_lim}$ 是用于内循环的PD极限。如上面所讨论的,用于内循环的PD极限可以由在外循环中针对未来时隙715(q)而计算的归一化PD分布来给出。

[0210] 在方程式(14)中,子时隙1515(1)至1515(1-n)是相对于子时隙1515(n)而言的过去子时隙(即,在时间上在子时隙1515(n)之前),并且因此,对应于第二发射器130的先前发射。子时隙1515(n)可以被认为相对于子时隙1515(1)至1515(1-n)而言的未来子时隙。由于子时隙1515(1)至1515(n-1)对应于先前发射,因此处理器110可以基于针对子时隙1515(1)至1515(n-1)的先前发射功率电平,来确定方程式(14)中的针对子时隙1515(1)至1515(n-1)的归一化PD分布。例如,处理器110可以记录针对子时隙1515(1)至1515(n-1)的发射功率电平,并且使用所记录的发射功率电平来确定针对子时隙1515(1)至1515(n-1)的归一化PD分布。

[0211] 然后,处理器110可以确定针对子时隙1515(n)的发射功率电平,使得方程式(14)左侧的表达式等于或小于 $PD_{norm\_lim}$ (即,满足条件 $\leq PD_{norm\_lim}$ )。例如,如果左侧表达式中的峰值等于或小于 $PD_{norm\_lim}$ 中的峰值,则处理器110可以确定条件满足。然后,处理器110可以使用所确定的针对子时隙1515(n)的发射功率电平,作为针对子时隙1515(n)的最大可允许功率电平。在这点上,处理器110可以基于针对子时隙1515(n)的最大可允许功率电平,来设置用于第二发射器130的发射功率极限,使得第二发射器130在子时隙1515(n)期间的发射功率电平受到针对子时隙1515(n)的最大可允许功率电平的约束。

[0212] 处理器110可以在子时隙1515(n)开始之前确定针对子时隙1515(n)的最大可允许功率电平,使得最大可允许功率电平及时准备好,以强制执行针对子时隙1515(n)的最大可允许功率电平(例如,通过基于最大可允许功率电平来设置第二发射器130的发射功率极限)。因此,在处理器110确定针对子时隙1515(n)的最大可允许功率电平的时间,子时隙

1515(n) 可以被认为是未来子时隙。

[0213] 处理器110可以基于方程式(14)确定针对每个子时隙1515(1)至1515(N)的最大可允许功率电平,其中对于第一子时隙1515(1), $n$ 为1,并且对于最后子时隙1515(N), $n$ 为N。在方程式(14)中,左侧的表达式是由针对子时隙1515(1)至1515(n)的归一化PD分布的组合除以N给出的累积平均。对于其中外循环中未来时隙715(q)的持续时间为5秒并且一个子时隙的持续时间为100毫秒的示例,N等于50。注意,随着 $n$ 从针对第一子时隙的1增加到针对最后子时隙的N(即,随着处理器110前进通过子时隙1515(1)至1515(N)),累积平均累积更多子时隙。

[0214] 因此,处理器110可以在内循环中执行以上操作,以比外循环更高的速率来更新针对第二技术的最大可允许功率电平(即,每 $\Delta t/N$ 秒更新针对第二技术的最大可允许功率电平)。处理器110可以完成这个操作而不必增加针对第一技术的更新速率,并且因此不必增加针对第一技术的计算负荷。例如,如果外循环中一个时隙的持续时间为5秒并且内循环中一个子时隙的持续时间为100毫秒,则针对第一技术的最大可允许功率电平每5秒更新,并且针对第二技术的最大可允许功率电平每100毫秒更新。因此,处理器110能够以不同速率(即,更新之间的不同时间间隔)更新针对第一技术和第二技术的最大可允许功率电平。

[0215] 现在将根据本公开的某些方面,讨论用于确定内循环中针对子时隙1515(1)至1515(N)的最大可允许功率电平的附加示例。

[0216] 图16图示了用于与外循环中的未来时隙715(q)相对应的内循环的时间平均窗口1605。时间平均窗口1605的持续时间等于外循环中一个时隙的持续时间(标记为“T1”)。时间平均窗口1605可以在时间上与外循环中的未来时隙715(q)对准。在一个示例中,外循环中一个时隙的持续时间T1等于0.5秒(即,T1=0.5秒)。时间平均窗口1605包括N个子时隙,其中每个子时隙的持续时间等于T1/N(标记为“T2”)。在一个示例中,N等于50并且T1等于0.5秒。在这个示例中,内循环中一个子时隙的持续时间等于10ms(即,T2=10ms)。

[0217] 在图16的示例中,内循环从外循环接收用于时间平均窗口1605的PD极限(标记为“PD<sub>lim</sub>”)。PD极限可以对应于上面讨论的针对未来时隙715(q)而确定的归一化PD分布PD<sub>norm\_lim</sub>中的PD峰值。在图16的示例中,PD极限大于1。这是可能的,因为外循环确定在包括多个时隙715(1)-715(q)的时间平均窗口705内的RF暴露合规。这允许PD极限超过1,只要外循环中时间平均窗口705内的平均RF暴露满足RF暴露合规。一般而言,来自外循环的PD极限可以大于或小于1。

[0218] 图16示出了如下时间点,其中在时间平均窗口1605内针对子时隙1620正在确定最大可允许功率电平。图16示出了时间平均窗口1605内在子时隙1620之前的子时隙(在下文中称为过去子时隙)的PD(例如,PD峰值)。过去子时隙对应于相对于图16所示的时间点而言的过去发射。时间平均窗口1605内在子时隙1620之后的子时隙的PD在图16中未示出,因为这些子时隙对应于相对于图16所示的时间点而言的未来发射。

[0219] 在该示例中,当在时间平均窗口1605内求平均的PD等于或低于PD极限时,PD极限满足。在图形上,当跨整个时间平均窗口1605在PD曲线1610下方的面积等于或小于跨整个时间平均窗口1605在PD极限线1630下方的面积时,这个条件满足。

[0220] 在某些方面,处理器110可以基于下式来确定针对时间平均窗口1605内第*i*子时隙的最大可允许功率电平:

$$[0221] \quad PD_{\text{allowed},i} = N \cdot PD_{\text{lim}} - (N - i) \cdot PD_R - \sum_{k=1}^{i-1} PD_k \quad (15)$$

[0222] 其中 $PD_{\text{allowed},i}$ 是针对时间平均窗口1605内第*i*子时隙的允许PD(例如,允许PD峰值),表达式 $N \cdot PD_{\text{lim}}$ 是用于时间平均窗口1605的PD分配, $PD_R$ 是保留PD,并且求和项对时间平均窗口1605内的过去子时隙的PD求和。方程式(15)可以重写为以下等效方程式:

$$[0223] \quad PD_{\text{allowed},i} = PD_{\text{lim}} + (N - i)(PD_{\text{lim}} - PD_R) + \sum_{k=1}^{i-1} (PD_{\text{lim}} - PD_k) \quad (16)。$$

[0224] 在方程式(15)中,过去子时隙的PD的总和表示针对时间平均窗口1605的PD分配的、已经用尽的部分。过去子时隙包括时间平均窗口1605中的第一子时隙到第*i*-1子时隙。PD分配的已经用尽的部分从针对时间平均窗口1605的PD分配中被减去,因为PD分配的已经用尽的部分对于第*i*子时隙不可用。

[0225] 项 $(N - i) \cdot PD_R$ 表示针对时间平均窗口1605的PD分配的、被保留用于未来子时隙(即,时间平均窗口1605内在第*i*子时隙之后的子时隙)的部分。所保留的 $PD_R$ 乘以 $(N - i)$ , $(N - i)$ 是在第*i*子时隙之后的未来子时隙的数目。PD分配的被保留用于未来子时隙的部分从针对时间平均窗口1605的PD分配中被减去,因为PD分配的被保留用于未来子时隙的部分对于第*i*子时隙是不可用的。在某些方面,所保留的 $PD_R$ 由下式给出:

$$[0226] \quad PD_R = PD_{\text{lim}} \cdot PD_{\text{reserve\_ratio}} \quad (17)$$

[0227] 其中 $PD_{\text{reserve\_ratio}}$ 是保留比率。因此,PD分配的被保留用于未来子时隙的部分可以通过设置保留比率来设置。下面根据某些方面进一步讨论用于设置保留比率的因素的示例。

[0228] 因此,当确定针对第*i*子时隙的允许PD时,处理器110考虑到针对时间平均窗口1605的PD分配的、已经被过去子时隙用尽的部分。处理器110还保留其余PD分配的部分以用于未来子时隙。图17示出了以下项的图形表示:PD分配的已经被过去子时隙1710用尽的部分、针对第*i*子时隙1720的允许PD、以及其余PD分配的被保留用于未来子时隙1730的部分。在图17中,针对时间平均窗口1605的PD分配由PD极限线1630下方的面积表示。

[0229] 如上面所讨论的,处理器110可以通过设置保留比率,来设置PD分配的被保留用于未来子时隙的部分。在一个示例中,处理器110可以基于无线设备100(例如,移动无线设备)与从无线设备100接收发射的另一无线设备(例如,基站)之间的信道条件,来设置保留比率。例如,如果信道条件良好(例如,低干扰和/或无线设备之间的短距离),则处理器110可以将保留比率设置为较高,以跨时间平均窗口1605更均匀地分散发射功率。在这种情况下,分散发射功率可以导致较高的吞吐量。将保留比率设置为较高通过保留PD分配的较大部分以用于未来子时隙,来更均匀地分散发射功率。

[0230] 如果信道条件不良(例如,高干扰和/或无线设备之间的长距离),则处理器110可以将保留比率设置为较低。将保留比率设置为较低会减少PD分配的被保留用于未来子时隙的部分。这放宽了由PD分配的被保留用于未来子时隙的部分所施加的、对当前子时隙的发射功率的约束,从而允许发射器130针对当前子时隙以较高功率进行发射。在这种情况下,以较高功率(例如,以短突发)进行发射可能是必要的,以确保从无线设备100发射的数据被另一无线设备成功接收。

[0231] 在另一示例中,处理器110可以基于数据业务模式来设置保留比率。例如,如果无线设备100被调度为朝着时间平均窗口1605的结尾发射数据,则处理器110可以将保留比率设置为较高,以保留足够量的PD分配以用于所调度的数据发射。这可以帮助防止发射器130在所调度的数据发射之前用尽所有或大部分PD分配,并且未留下足够的PD分配以用于所调度的数据发射。在另一示例中,如果无线设备100被调度为朝着时间平均窗口1605的开头发射数据达短的持续时间,而对于时间平均窗口1605的其余部分没有其他调度的数据发射,则处理器110可以将保留比率设置为较低,因为在该示例中保留PD分配的部分以用于另一数据发射可能不是必要的。在另一示例中,处理器110可以基于过去发射和/或上层信息来预测未来发射和/或频率。然后,处理器110可以基于预测的未来发射和/或频率来设置保留比率。例如,如果数据分组(例如,某个大小的数据分组)在过去以某个时间间隔进行发射,则处理器110可以使用该信息来预测数据分组将在未来以该时间间隔进行发射,并且相应地设置保留比率(例如,设置保留比率以在时间平均窗口1605内向所预测的数据分组发射提供足够的保留)。

[0232] 处理器110可以确定用于内循环的时间平均窗口1605内的每个子时隙的允许PD(例如,基于方程式(15))。对于第一子时隙,PD分配的已经用尽的部分为零,因为时间平均窗口1605内在第一子时隙之前没有子时隙。对于最后子时隙,PD分配的被保留用于未来子时隙的部分为零,因为时间平均窗口1605内在最后子时隙之后没有子时隙。在确定针对每个子时隙的允许PD之后,处理器110可以确定针对子时隙的最大可允许功率电平,并且基于所确定的最大可允许功率电平,来设置针对子时隙的发射器130的发射功率极限。

[0233] 在某些方面,处理器110可以使用表基于针对子时隙的允许PD来确定针对子时隙的最大可允许功率电平。在这点上,图18示出了用于将针对子时隙的允许PD转换成最大可允许功率电平的表1810的一个示例。表1810可以存储在存储器115中。

[0234] 在该示例中,表1810包括用于发射器130的n个不同发射场景的索引。n个发射场景可以对应于不同波束、相对于无线设备100的不同用户位置等。对于表1810中的每个发射场景,表1810包括参考PD处的对应发射功率电平(标记为“Tx<sub>1</sub>”至“Tx<sub>n</sub>”)。参考PD处的针对不同发射场景的发射功率电平可以通过对无线设备110执行仿真和/或测量来预先确定,并且可以预先存储在表1810中。

[0235] 为了基于对应允许PD来确定针对子时隙的最大可允许功率电平,处理器110可以确定针对子时隙的发射场景,并且取回表1810中的与所确定的发射场景相对应的发射功率电平。例如,如果表1810中的发射场景对应于不同波束,则处理器110可以确定针对子时隙的波束,并且取回表1810中的与所确定的波束相对应的发射功率电平。

[0236] 在从表1810中取回发射功率电平之后,处理器110可以通过基于针对子时隙的允许PD和参考PD对来自表1810的发射功率电平进行缩放(例如,通过允许PD与参考PD的比率来对来自表1810的发射功率电平进行缩放),来确定针对子时隙的最大可允许功率电平。例如,如果允许PD比参考PD小50%,则处理器110可以将来自表1810的发射功率电平降低50%,以获得针对子时隙的最大可允许功率电平。如果表1810中的发射功率电平以分贝(dB)为单位,则在该示例中,通过从表1810中的发射功率中减去3dB,来获得最大可允许功率电平。因此,可以通过基于允许PD和参考PD对表1810中的发射功率电平进行缩放,来获得针对任何允许PD的最大可允许功率电平。如上面所讨论的,这是可能的,因为PD随发射功率

而缩放。

[0237] 如上面所讨论的,当确定针对子时隙的允许PD时,处理器110可以考虑到PD分配的已经被过去子时隙用尽的部分。在方程式(15)的示例中,通过对过去子时隙的PD求和,来确定PD分配的已经被过去子时隙用尽的部分。在一个示例中,过去子时隙的PD可以对应于针对过去子时隙而确定的允许PD。在另一示例中,过去子时隙的PD可以对应于针对过去子时隙的实际PD。针对过去子时隙的实际PD可以是与在过去子时隙期间使用的实际发射功率电平相对应的PD,该实际发射功率电平可以等于或小于针对过去子时隙而确定的最大可允许功率电平。在该示例中,处理器110可以记录用于过去子时隙的实际发射功率电平,并且基于针对过去子时隙的实际发射功率电平来确定针对过去子时隙的实际PD。

[0238] 应当理解,本公开不限于一个内循环。例如,处理器110可以使用包括第一内循环和第二内循环的两个内循环,来确定最大可允许功率电平。在该示例中,上面讨论的内循环可以对应于第一内循环,该第一内循环从外循环接收针对未来时隙715(q)的PD极限,并且调节子时隙中的未来时隙内的PD,使得当在未来时隙内对PD求平均时,来自外循环的PD极限满足。

[0239] 在该示例中,第二内循环在第一内循环下面。第二内循环将第一内循环中的每个子时隙分割为较小子时隙。对于第一内循环的每个子时隙,第二内循环从第一内循环接收PD极限(例如,针对内循环的子时隙的允许PD),并且调节子时隙内的最大可允许功率电平,使得PD极限满足。在第一内循环的子时隙内,第二内循环确定在第一内循环的子时隙内的第二内循环的每个子时隙的最大可允许功率电平(例如,基于方程式(15),其中PD极限由第一内循环提供)。在该示例中,针对第二内循环的每个子时隙,确定最大可允许功率电平。

[0240] 在某些方面,处理器110可以使用上面讨论的技术中的任何技术,以不同速率确定针对不同的低于6GHz技术的最大可允许功率电平。例如,处理器110可以每100毫秒更新针对LTE的最大可允许功率电平,但是每5秒更新针对GSM的最大可允许功率电平,这取决于技术多么频繁或不频繁地改变。在该示例中,处理器110可以在外循环中每5秒确定针对LTE的最大可允许功率电平和针对GSM的最大可允许功率电平。对于LTE,处理器110可以进一步将外循环中的未来时隙划分为子时隙(例如,50个子时隙),并且确定针对内循环中的每个子时隙的最大可允许功率电平。处理器110可以使用针对外循环中的未来时隙的归一化SAR分布作为内循环中的归一化SAR极限,以用于确定针对内循环中的每个子时隙的最大可允许功率电平。

[0241] 在某些方面,可以将上面讨论的技术扩展为运行多于两个的不同时间间隔(即,以多于两个的不同更新速率,来更新针对不同技术的最大可允许功率电平)。为此,处理器110可以针对不同技术运行不同内循环,其中每个内循环中的一个子时隙的持续时间是不同的。在该示例中,用于每个内循环的一个子时隙的持续时间可以基于对应技术的期望时间间隔(即,更新速率)来选择。在一些情况下,每种技术可以以与其他技术不同的具体时间间隔来运行。

[0242] 如上面所讨论的,处理器110可以确定针对未来时隙的技术的最大可允许功率电平,并且基于所确定的最大可允许功率电平来设置对应发射器(例如,发射器120或130)的发射功率极限。未来时隙可以是外循环中的未来时隙(例如,5秒的未来时隙)或内循环中的未来子时隙(例如,100毫秒的未来子时隙)。在某些方面,上面讨论的最大可允许功率电平

被用作针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平,并且因此在这些方面,可以被认为是未来时隙的最大可允许时间平均功率电平。在下面的讨论中,上面讨论的最大可允许功率电平被称为最大可允许时间平均功率电平。

[0243] 在以上方面中,基于所确定的最大可允许时间平均功率电平来设置发射器的发射功率极限防止了:未来时隙内发射器的发射功率电平的时间平均超过最大可允许时间平均功率电平。允许发射器的瞬时发射功率电平在未来时隙期间超过最大可允许时间平均功率电平,只要未来时隙内的功率电平的时间平均不超过最大可允许时间平均功率电平。

[0244] 在上面的示例中,针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平用于设置对应发射器的最大功率极限,使得未来时隙内的发射功率电平的时间平均不超过最大可允许时间平均功率电平。

[0245] 在某些方面,处理器110可以如下将针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平转换为针对未来时隙的最大可允许占空比:

$$[0246] \quad \text{Max\_duty\_cycle} = \text{Max\_avg\_P} / P_{\text{max}} \quad (18)$$

[0247] 其中Max\_duty\_cycle是针对未来时隙的最大可允许占空比,Max\_avg\_P是针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平,并且 $P_{\text{max}}$ 是最大可允许功率电平。最大可允许功率 $P_{\text{max}}$ 可以是对应发射器的最大可允许瞬时功率电平或峰功率电平的极限。最大可允许功率 $P_{\text{max}}$ 可以由标准或监管部门定义。在该示例中,发射器可以在未来时隙期间,以近似等于最大可允许占空比的占空比、以近似等于 $P_{\text{max}}$ 的功率电平进行发射。最大占空比的值可以在0到1之间。

[0248] 在某些方面,在确定针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平之后(例如,使用上面讨论的任何方法),处理器110可以基于方程式(18)确定针对未来时隙的对应最大可允许占空比。然后,处理器110可以基于所确定的最大可允许占空比,来设置针对未来时隙的对应发射器(例如,发射器120或130)的发射占空比极限。在该示例中,基于所确定的最大可允许占空比来设置发射占空比极限防止了:发射器的发射占空比超过针对未来时隙的最大可允许占空比。换言之,针对未来时隙的发射器的发射占空比受到所确定的最大可允许占空比的约束。

[0249] 在某些方面,处理器110可以如下将针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平转换为针对未来时隙的最大可允许峰功率:

$$[0250] \quad \text{Max\_peak\_power} = \text{Max\_avg\_P} / \text{Max\_duty\_cycle} \quad (19)$$

[0251] 其中Max\_peak\_power是针对未来时隙的最大可允许峰功率,Max\_duty\_cycle是针对未来时隙的最大可允许占空比,并且Max\_avg\_P是针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平。最大可允许占空比可以由射频(RF)系统(例如,通过由网络提供的上行链路授权)提供、由标准定义等。

[0252] 在某些方面,在确定针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平之后(例如,使用上面讨论的任何方法),处理器110可以基于方程式(19)确定针对未来时隙的对应最大峰功率。然后,处理器110可以基于所确定的最大可允许峰功率,来设置针对未来时隙的对应发射器(例如,发射器120或130)的峰功率极限。在该示例中,基于所确定的最大可允许峰功率来设置针对未来时隙的发射器的峰功率极限防止了:发射器的峰功率超过最大可允许峰功率。换言之,未来时隙期间发射器的瞬时功率电平受到最大可允许峰功率的约束,使得未

来时隙期间的峰功率不超过最大可允许峰功率。

[0253] 处理器110还可以基于针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平,生成表,该表包括针对未来时隙的最大可允许占空比和最大可允许峰功率的不同组合。例如,处理器110可以通过将不同最大可允许占空比输入到方程式(19)中、并且针对每个不同最大可允许占空比确定最大可允许峰功率,来生成该表。在该示例中,处理器可以使用该表在未来时隙期间基于峰功率来动态地调节占空比,或者使用该表在未来时隙期间基于发射占空比来动态地调节峰功率。

[0254] 因此,处理器110可以将针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平转换为针对未来时隙的最大可允许占空比,并且基于最大可允许占空比来设置对应发射器的发射占空比极限。处理器110还可以将针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平转换为针对未来时隙的最大可允许峰功率,并且基于最大可允许峰功率来设置对应发射器的峰功率极限。针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平可以使用上面讨论的方法中的任何方法来确定。对于其中未来时隙是外循环中的未来时隙的示例,最大可允许时间平均功率电平可以对应于针对未来时隙而计算的最大可允许功率电平。对于其中未来时隙是内循环中的未来子时隙的示例,最大可允许时间平均功率电平可以对应于针对未来子时隙(例如,100毫秒子时隙)而计算的最大可允许功率电平。应当理解,本公开不限于这些示例,并且针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平可以使用其他方法来确定。

[0255] 例如,发射器(例如,发射器120和130)可以在被划分(离散化)为N个时隙(不要与图18中的子时隙数目混淆)的时间窗口内发射。在该示例中,针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平可以通过下式来确定:

$$[0256] \quad \frac{1}{N} \left[ \left( \sum_{k=1}^{N-1} \frac{avgP_{tk}}{P_{limit}} \right) + \frac{Max\_avgP_{tN}}{P_{limit}} \right] \leq 1 \quad (20)$$

[0257] 其中 $P_{limit}$ 是导致RF暴露对应于监管机构SAR极限或PD极限的时间平均发射功率, $avgP_{tk}$ 是第k时隙中的平均发射功率,第N时隙是未来时隙,并且 $Max\_avgP_{tN}$ 是针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平。在方程式(20)中,相对于 $P_{limit}$ 对平均发射功率电平进行归一化。时间窗口可以是移动时间平均窗口,其中每 $time\_window/N$ 秒更新针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平,其中 $time\_window$ 是时间窗口的持续时间。在该示例中,方程式(20)中的第一时隙至第k时隙对应于发射器的先前发射。因此,针对这些时隙的平均发射功率电平是已知的。在该示例中,处理器110可以通过确定满足方程式(20)中的条件的最大可允许时间平均功率电平 $Max\_avgP_{tk}$ ,来确定针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平 $Max\_avgP_{tk}$ 。处理器110可以通过确定导致方程式(20)的左侧的归一化时间平均功率等于或小于1的最大可允许时间平均功率电平 $Max\_avgP_{tk}$ ,来做到这一点。

[0258] 在以上示例中,处理器110可以将针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平 $Max\_avgP_{tk}$ 转换为针对未来时隙的最大可允许占空比(例如,基于方程式(18),将 $Max\_avgP_{tk}$ 用于方程式(18)中的 $Max\_avg\_P$ ),并且基于最大可允许占空比来设置对应发射器的发射占空比极限。处理器110还可以将针对未来时隙的最大可允许时间平均功率电平 $Max\_avgP_{tk}$ 转换为针对未来时隙的最大可允许峰功率(例如,基于方程式(19),将 $Max\_avgP_{tk}$ 用于方程式(19)中的 $Max\_avg\_P$ ),并且基于最大可允许峰功率设置对应发射器的峰功率极

限。

[0259] 在某些方面,存储器115可以包括计算机可读介质,该计算机可读介质包括存储在其上的指令,该指令在由处理器110执行时使得处理器110执行方法1400和/或本文中描述的任何其他方法。通过示例的方式,计算机可读介质可以包括RAM(随机存取存储器)、闪存、ROM(只读存储器)、PROM(可编程只读存储器)、EPROM(可擦除可编程只读存储器)、EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)、寄存器、磁盘、光盘、硬盘驱动器、或任何其他有形非瞬态存储介质、或其任何组合。

[0260] 在某些方面,一种装置可以包括用于执行方法1400的部件。该装置可以包括:用于确定针对第一无线通信技术的比吸收率(SAR)分布的部件、用于确定针对第二无线通信技术的功率密度(PD)分布的部件、以及用于组合SAR分布和PD分布以生成组合RF暴露分布的部件。该装置还可以包括:用于基于组合RF暴露分布确定针对未来时隙的至少一个第一最大可允许功率电平和至少一个第二最大可允许功率电平的部件、用于基于至少一个第一最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第一发射器的至少一个发射功率极限的部件、以及用于基于至少一个第二最大可允许功率电平设置未来时隙中用于第二发射器的至少一个发射功率极限的部件。

[0261] 应当理解,本公开不限于以上用于描述本公开的方面的示例性术语,并且本公开涵盖等同术语。例如,应当理解,分布还可以被称为图、扫描或另一术语。在另一示例中,应当理解,天线还可以被称为天线元件或另一术语。在又一示例中,应当理解,最大可允许功率电平还可以被称为功率电平极限或另一术语。

[0262] 如在本文中关于陈述值或特性而使用的术语“近似”旨在指示在陈述值或特性的10%内。

[0263] 在本文中诸如“第一”、“第二”等名称对元素的任何引用通常不限制那些元素的数量或顺序。而是,这些名称在本文中用作区分两个或更多元素或元素实例的便利方式。因此,对第一和第二元素的引用并不意指只能采用两个元素,或者第一元素必须在第二元素之前。

[0264] 在本公开内,词语“示例性”用于意指“用作一个示例、实例或说明”。本文中被描述为“示例性”的任何实施方式或方面不必被解释为比本公开的其他方面优选或有利。同样,术语“方面”并不要求本公开的所有方面都包括所讨论的特征、优点或操作模式。

[0265] 提供本公开的先前描述以使得本领域任何技术人员能够制作或使用本公开。对本公开的各种修改对于本领域技术人员将是显而易见的,并且在不脱离本公开的精神或范围的情况下,本文中定义的一般原理可以应用于其他变型。因此,本公开不旨在限于本文中描述的示例,但是要给予与本文中公开的原理和新颖特征一致的最宽范围。

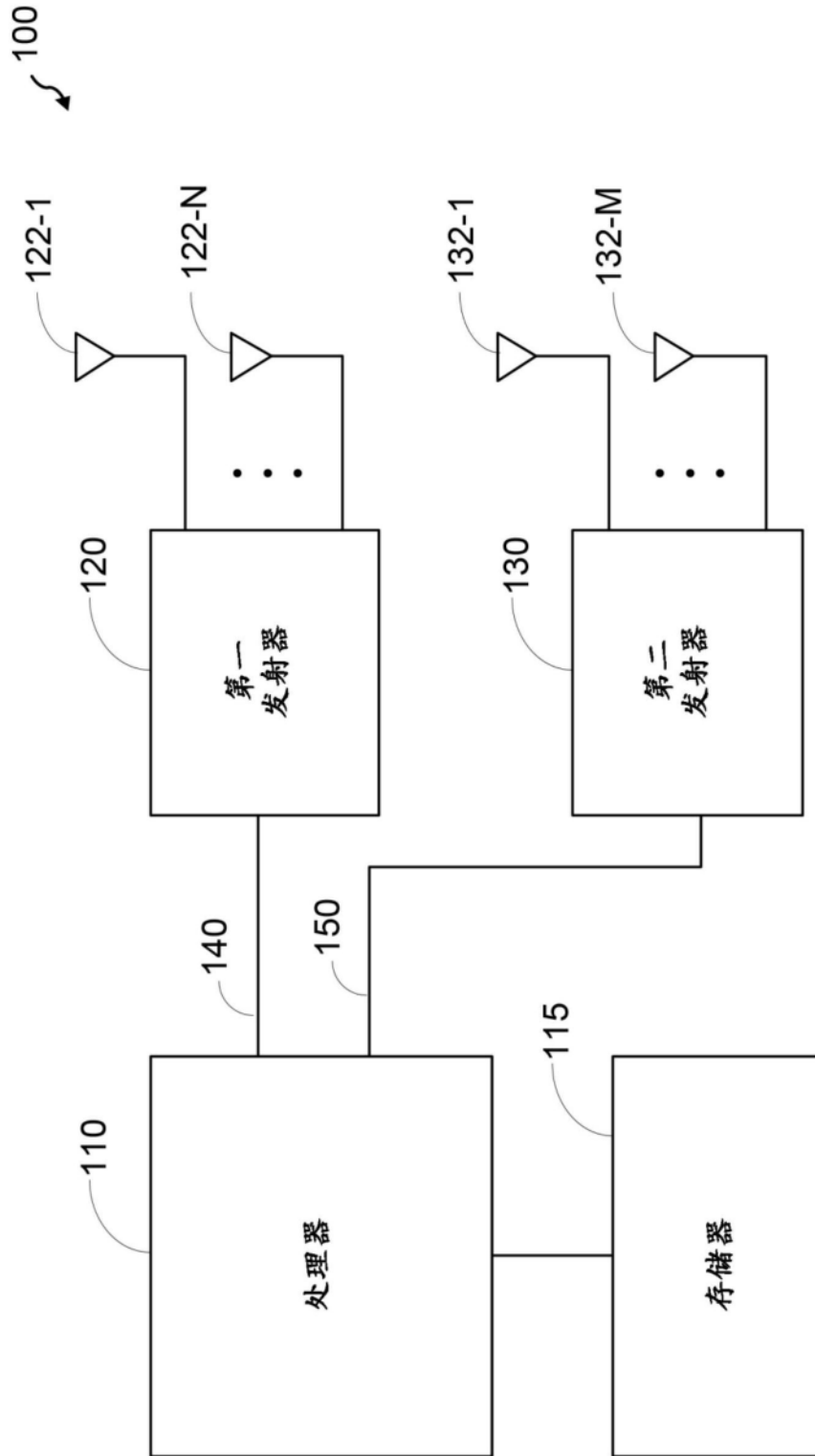


图1

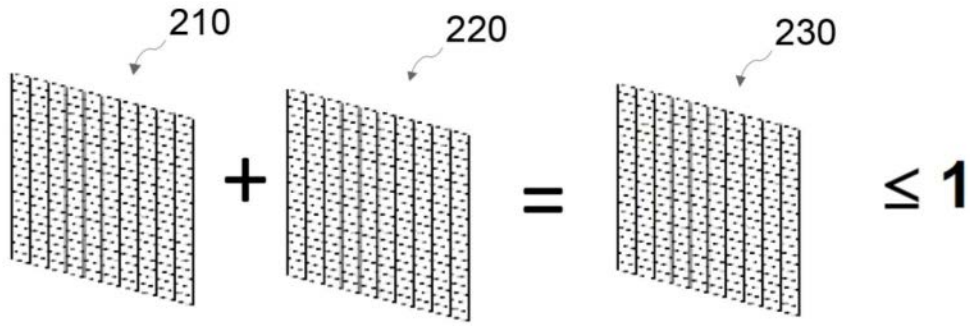


图2

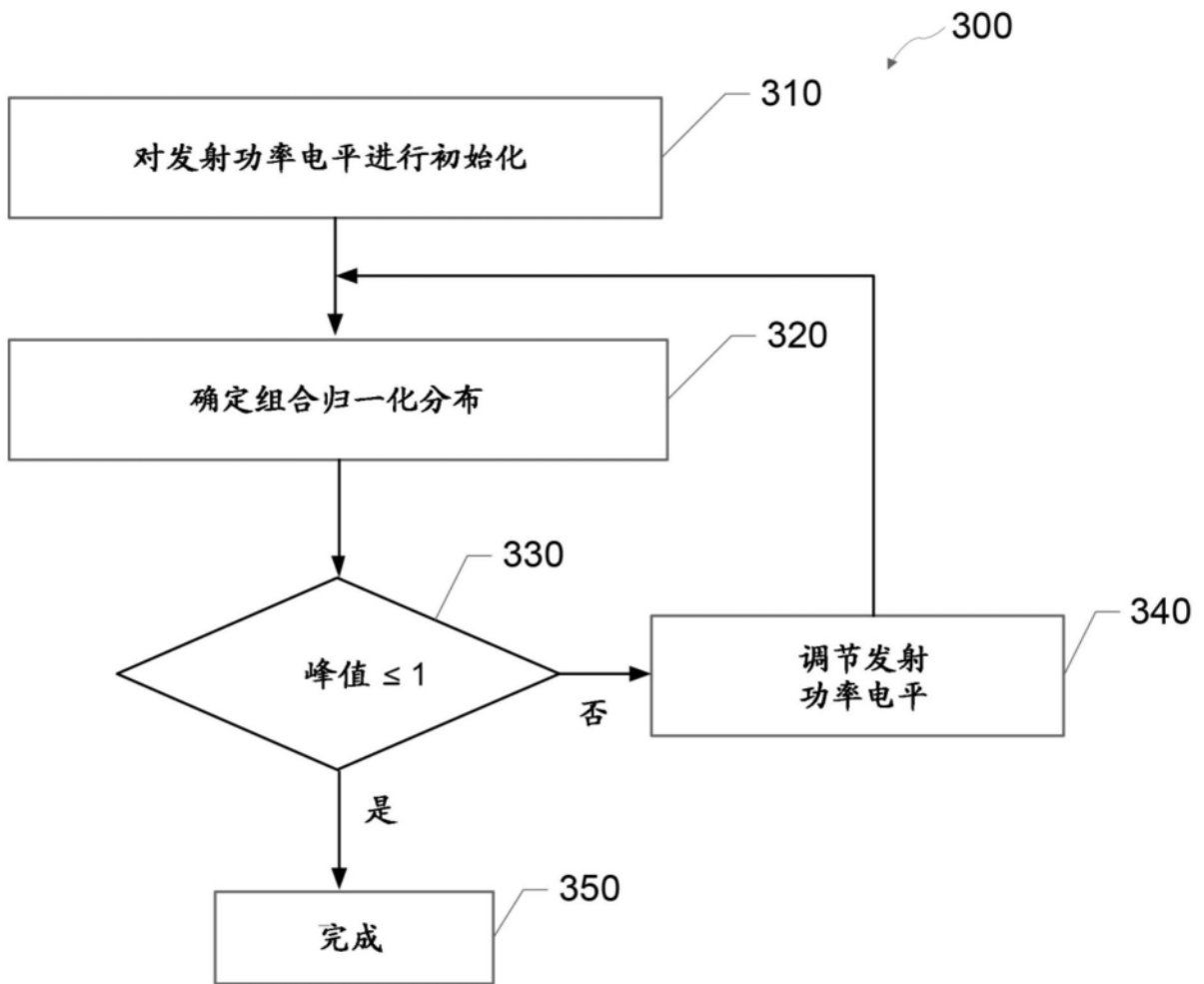


图3

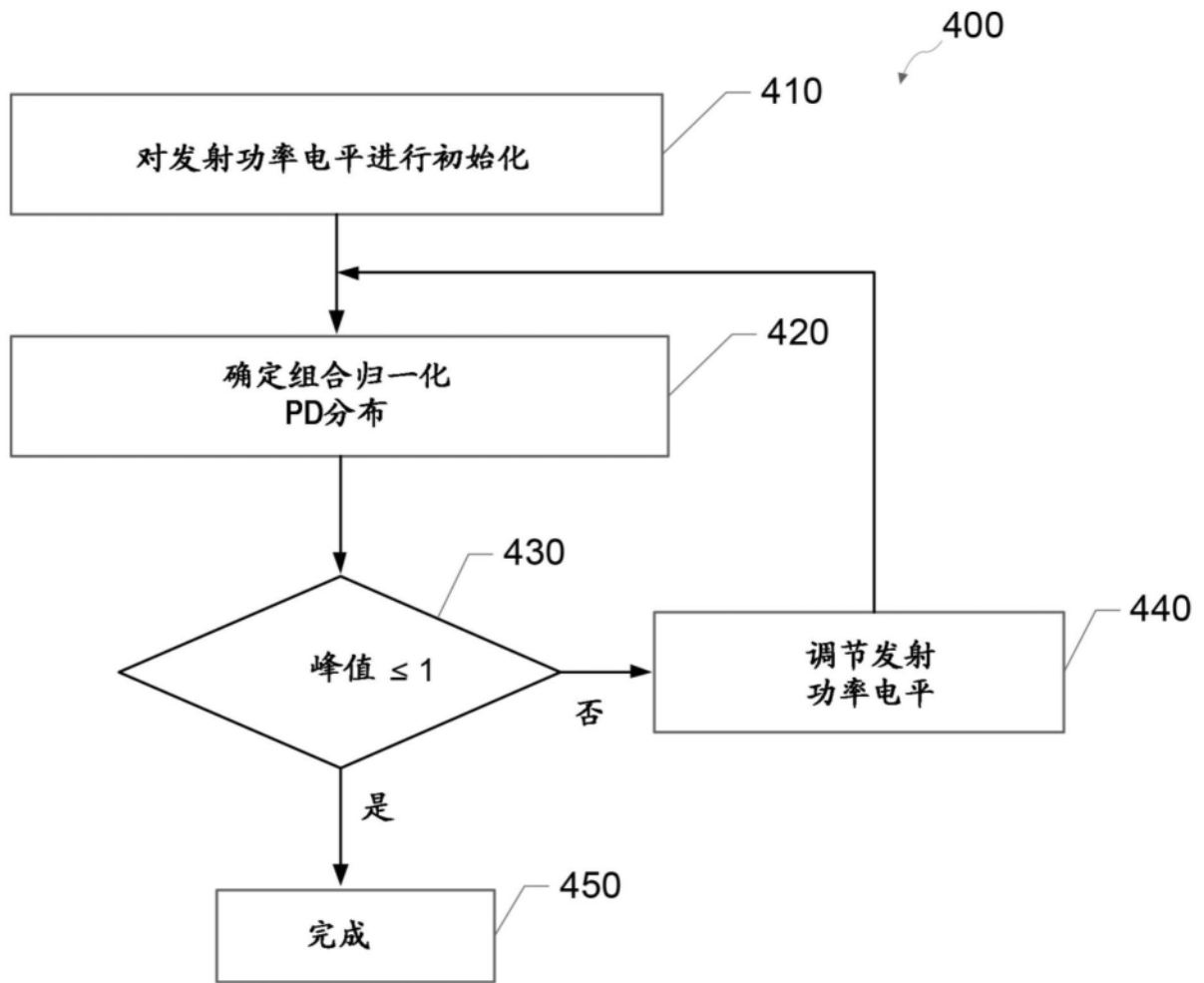


图4

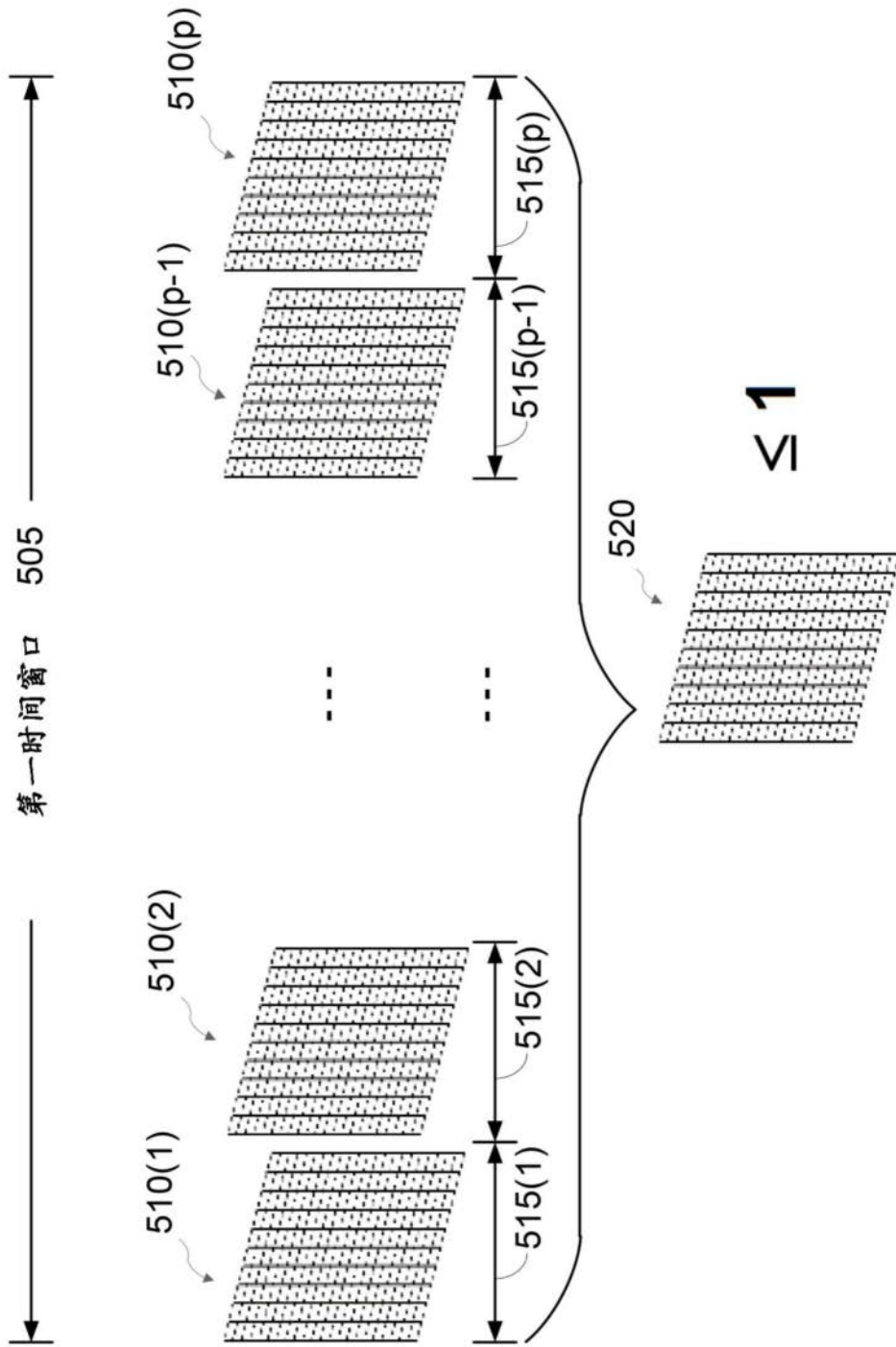


图5

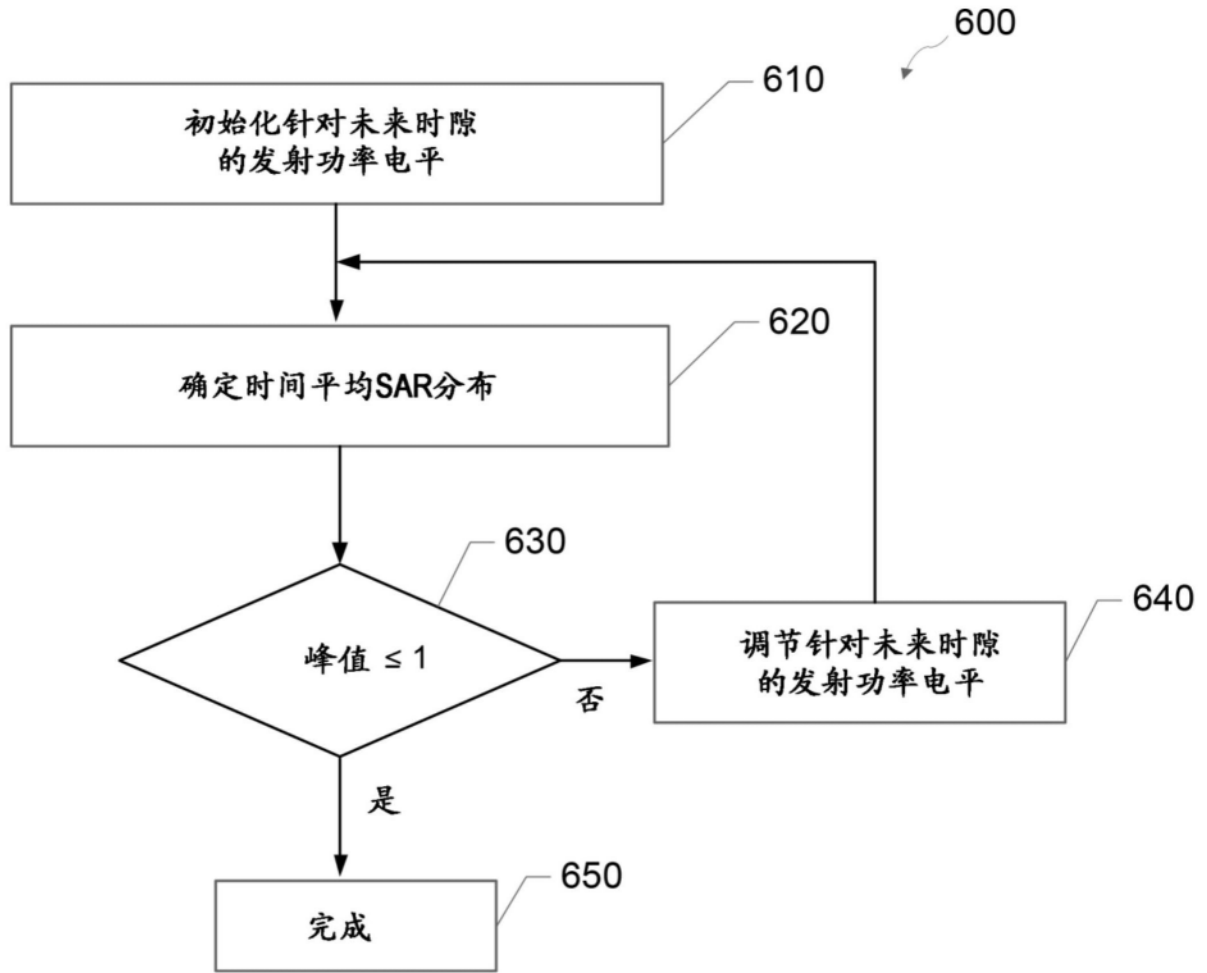


图6

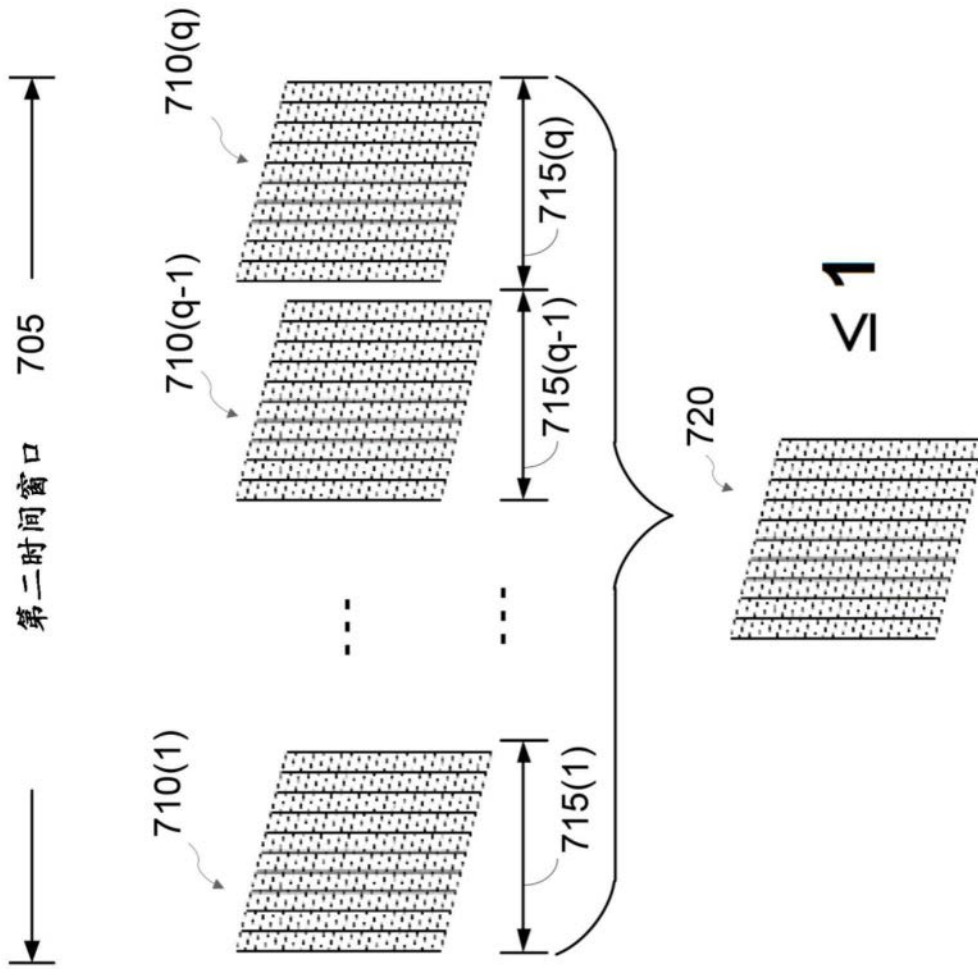


图7

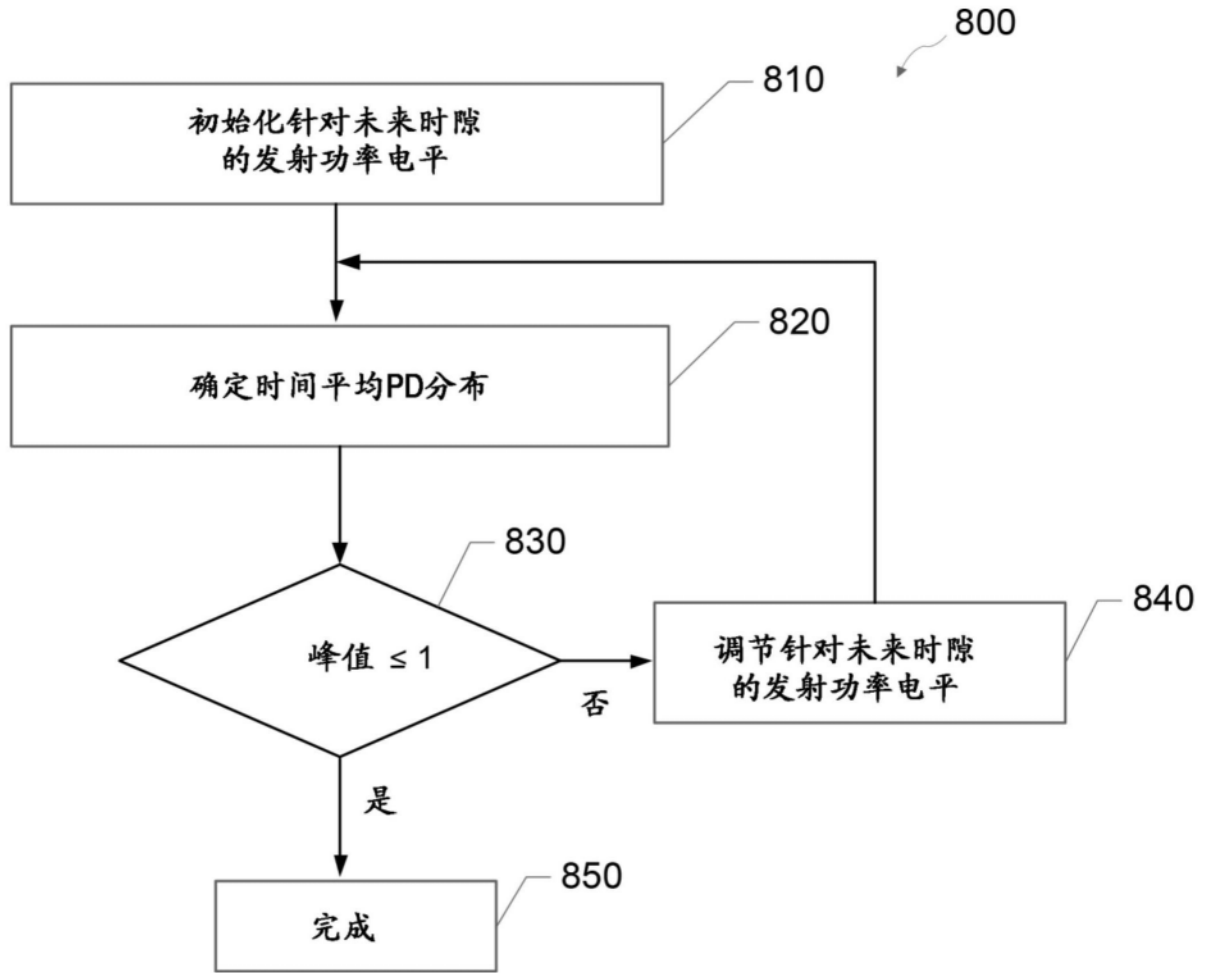


图8

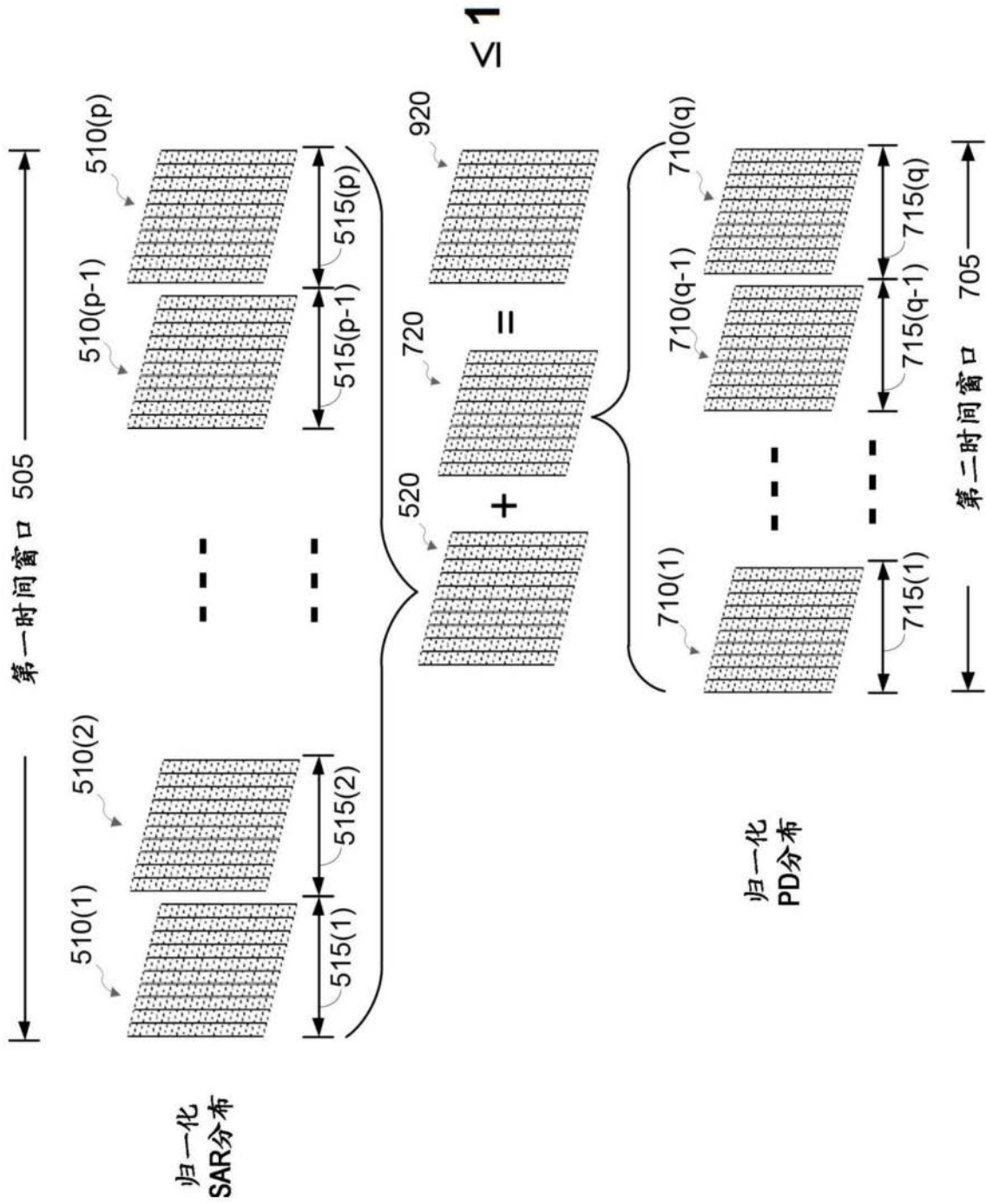


图9

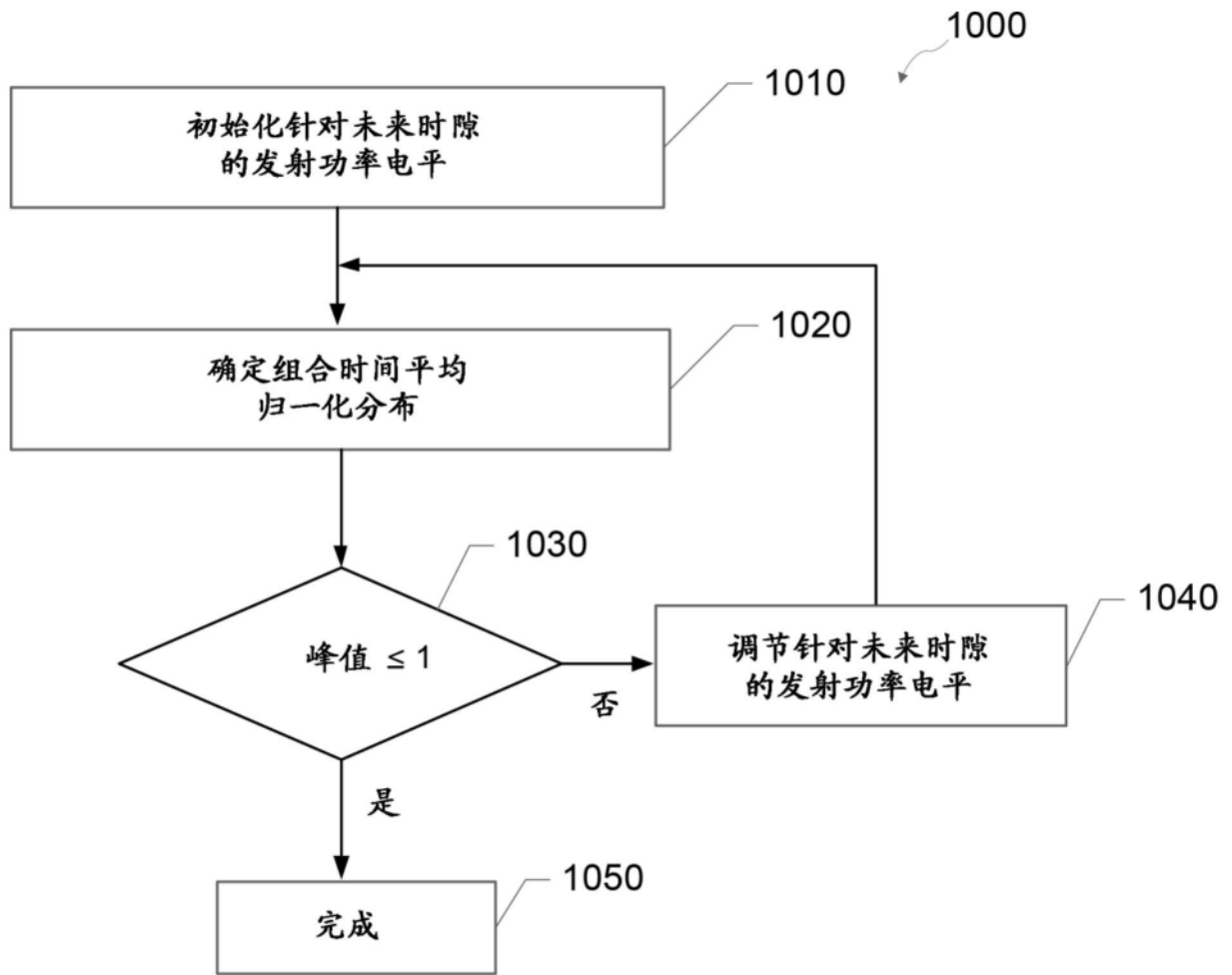


图10

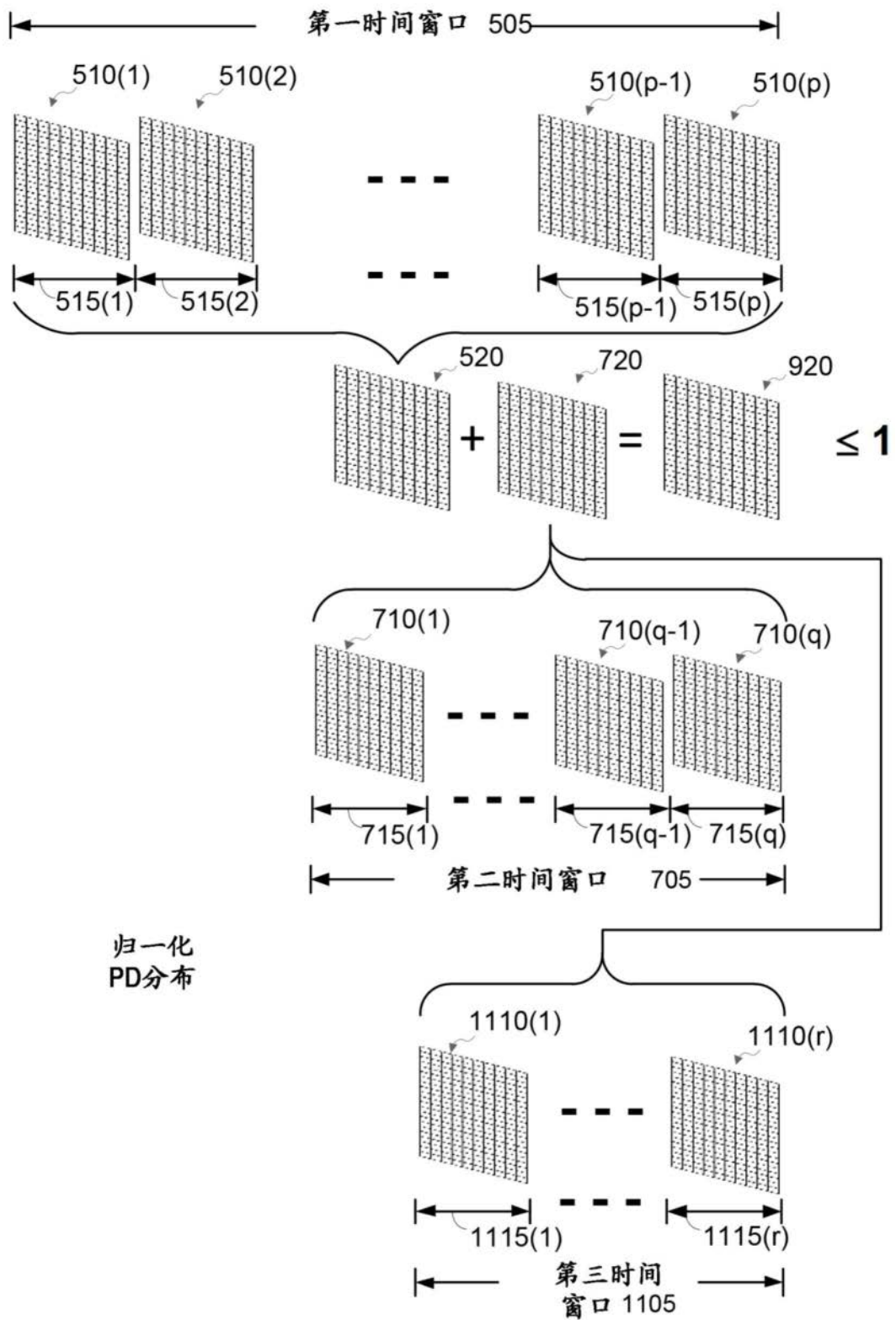


图11

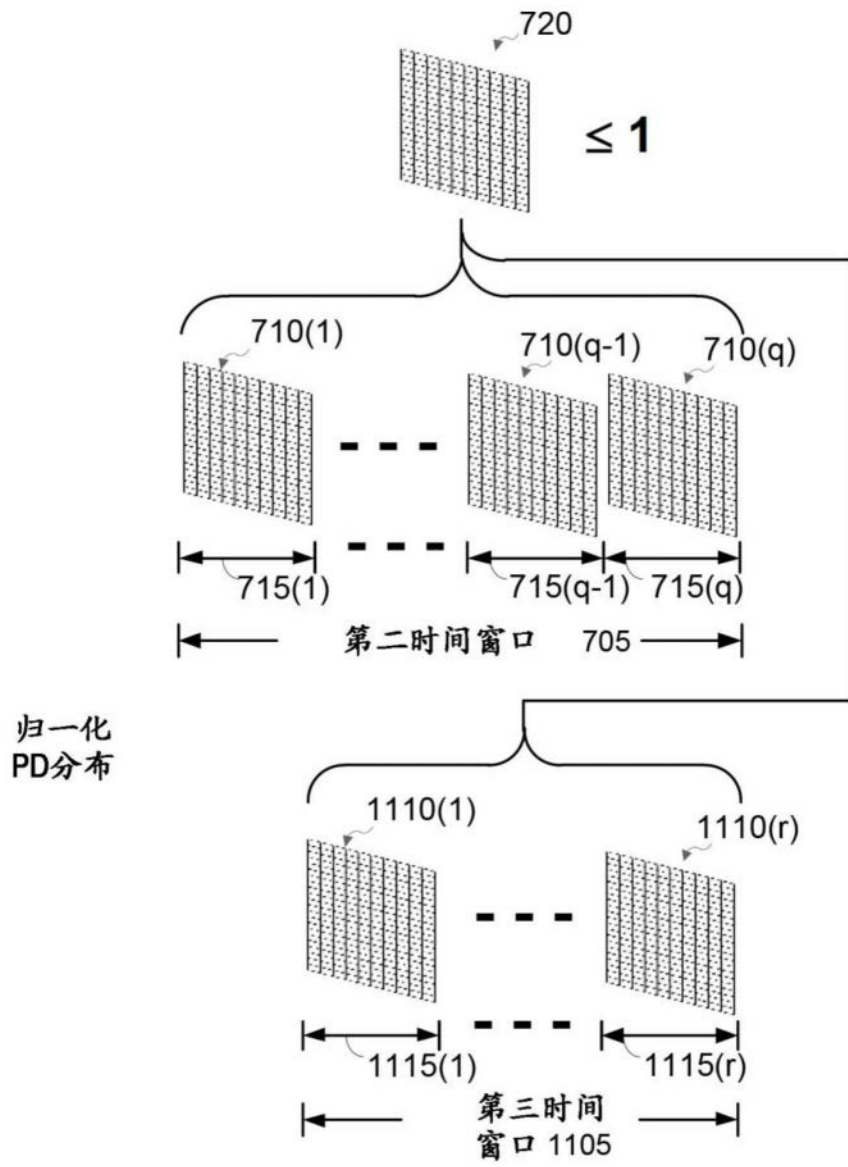


图12

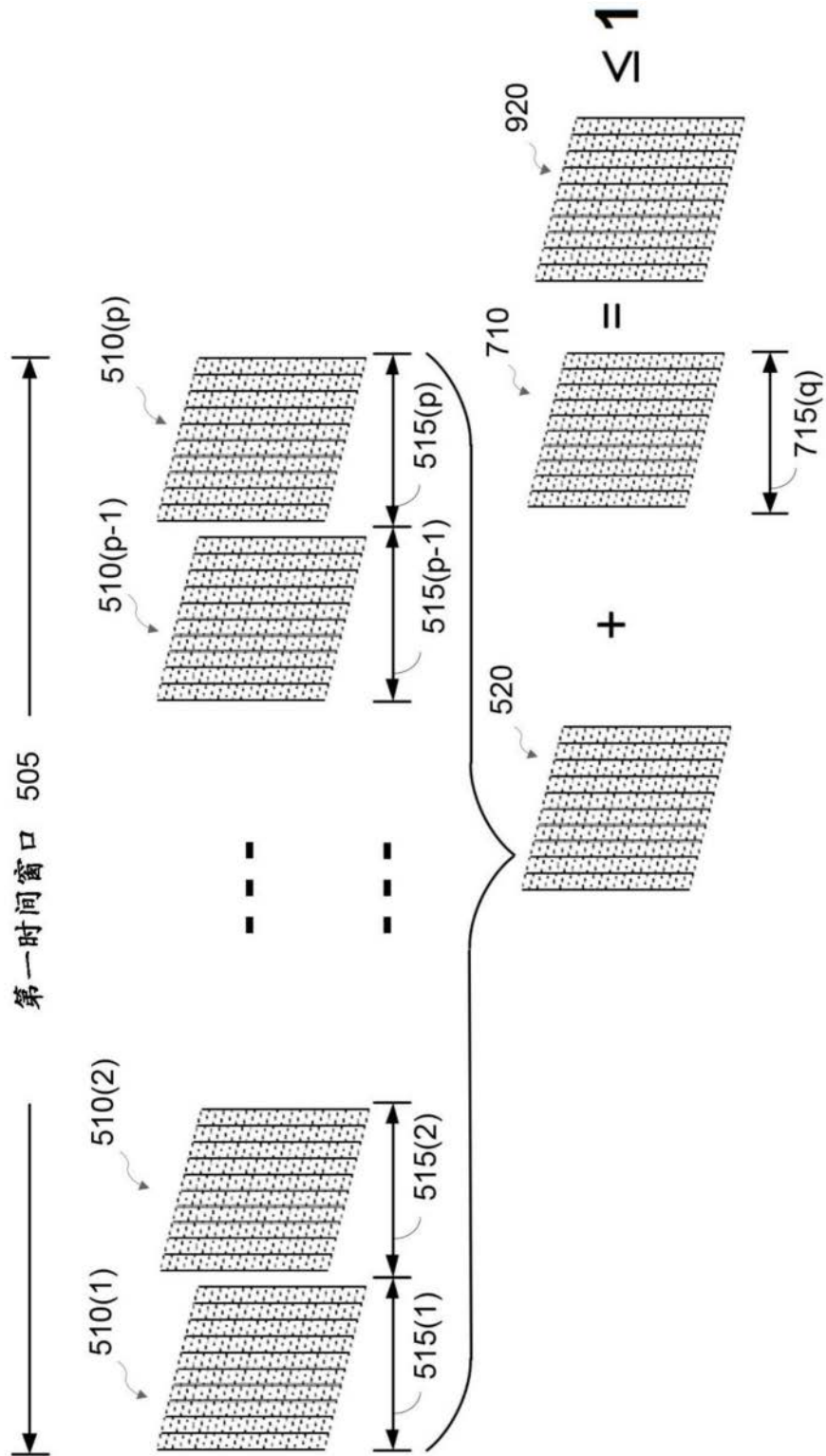


图13

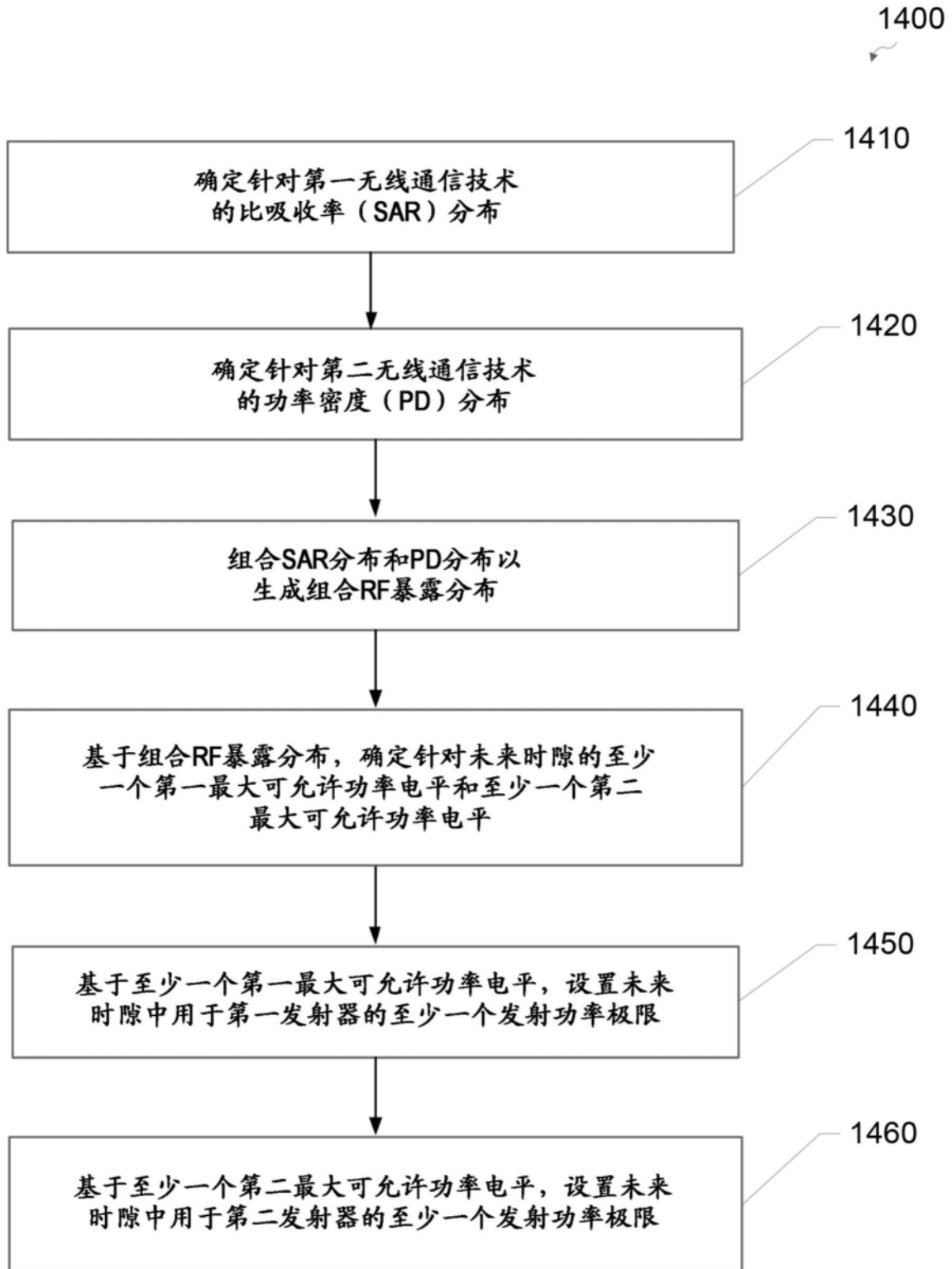


图14

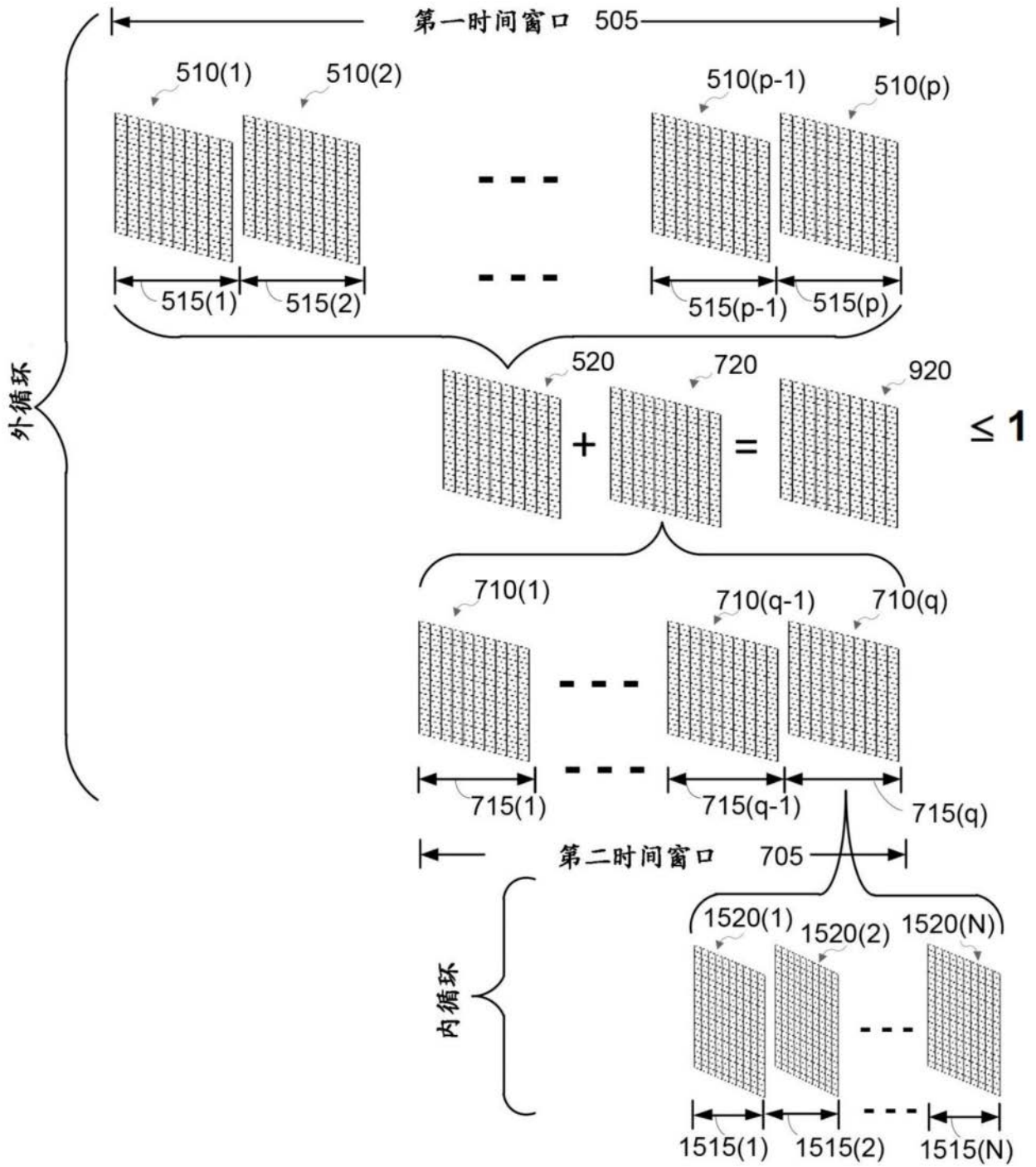


图15

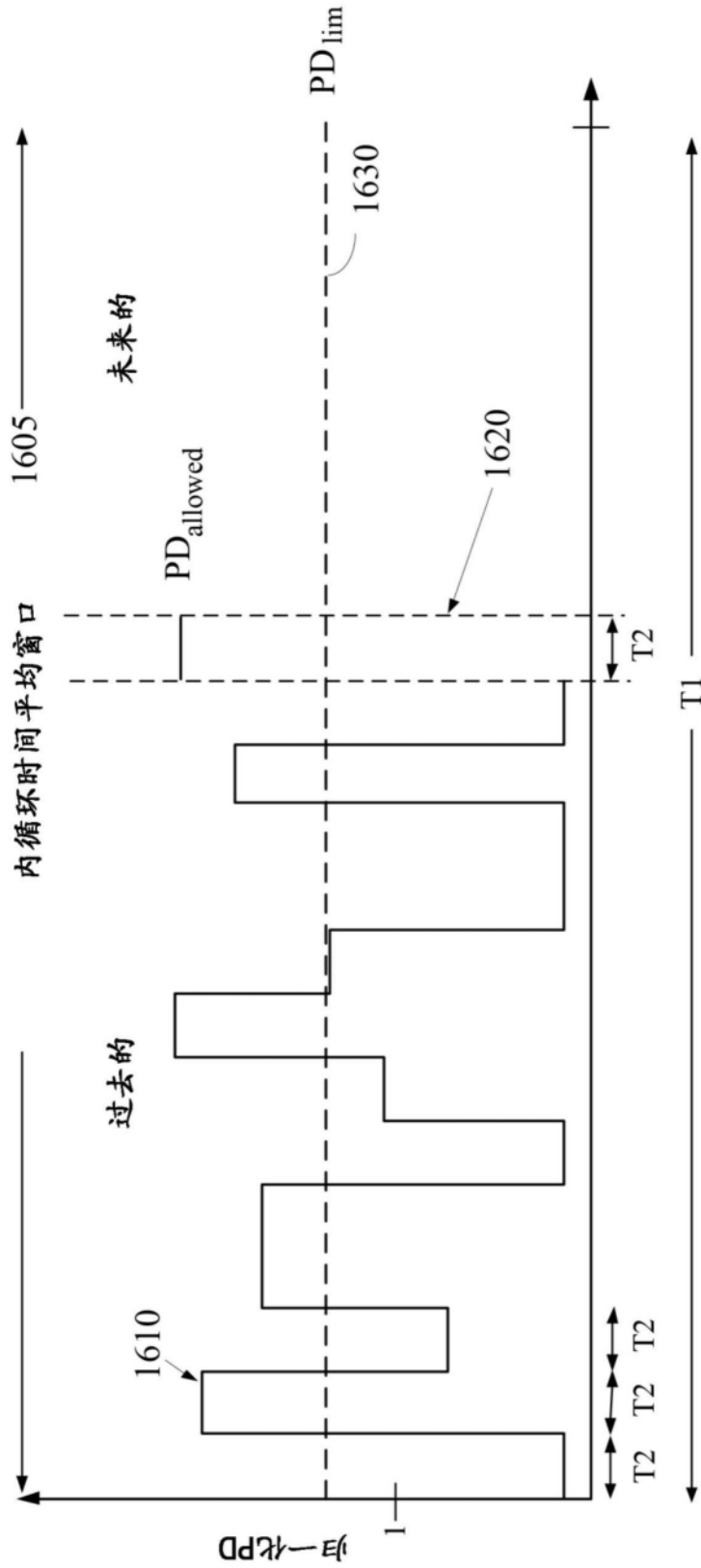


图16

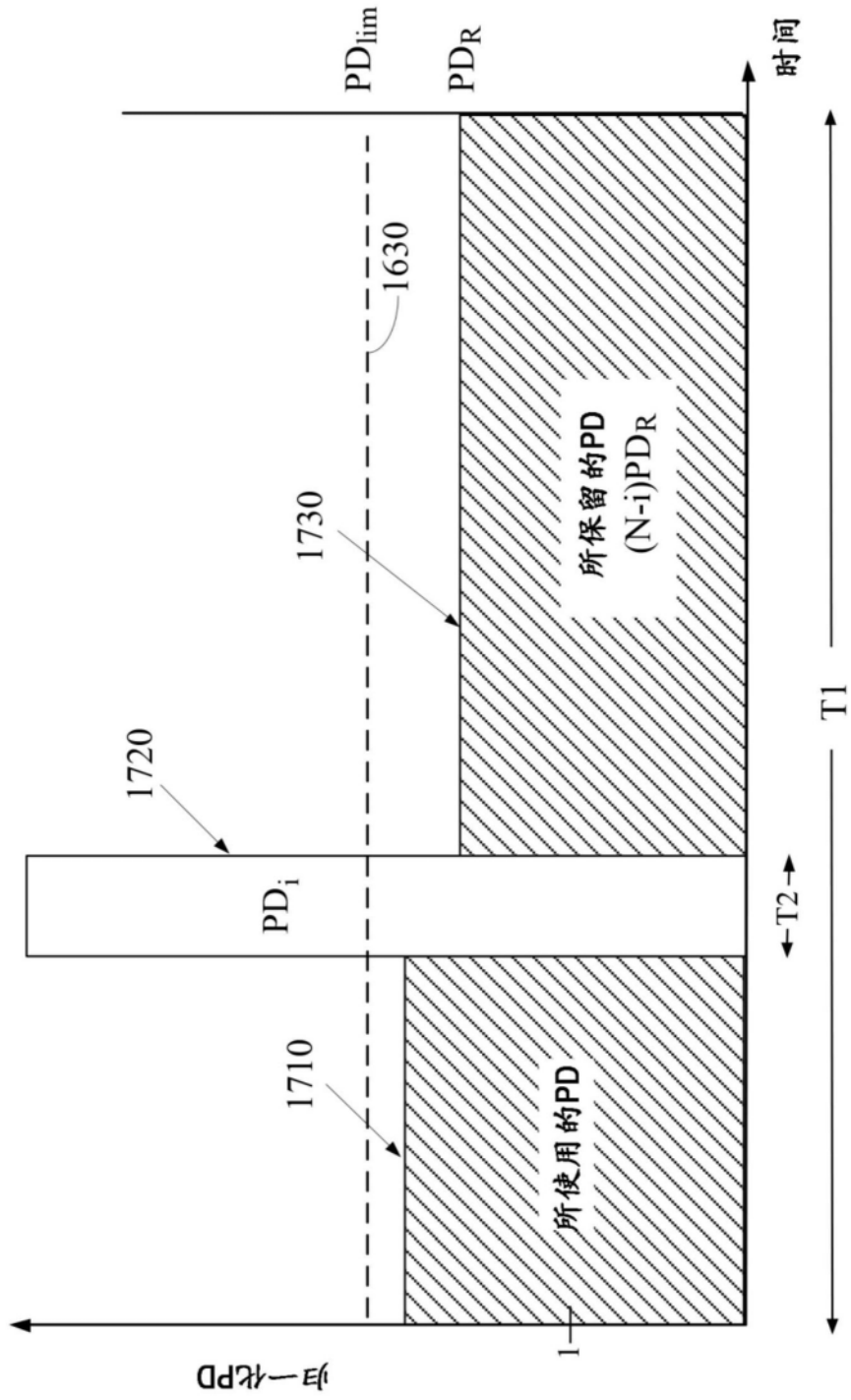


图17

1810

发射场景索引	参考PD处的发射功率
1	$TX_1$
2	$TX_2$
3	$TX_3$
● ● ●	● ● ●
n	$TX_n$

图18