

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101978618 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 04

(21) 申请号 200980109293. 4

(22) 申请日 2009. 03. 17

(30) 优先权数据

61/037, 139 2008. 03. 17 US

12/404, 994 2009. 03. 16 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 09. 16

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/037421 2009. 03. 17

(87) PCT申请的公布数据

W02009/117431 EN 2009. 09. 24

(73) 专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚

(72) 发明人 I·拉基斯

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英 刘炳胜

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

EP 1267501 A2, 2002. 12. 18, 全文.

EP 1701466 A1, 2006. 09. 13, 全文.

CN 1878025 A, 2006. 12. 13, 全文.

US 7180956 B1, 2007. 02. 20, 全文.

审查员 刘心蕾

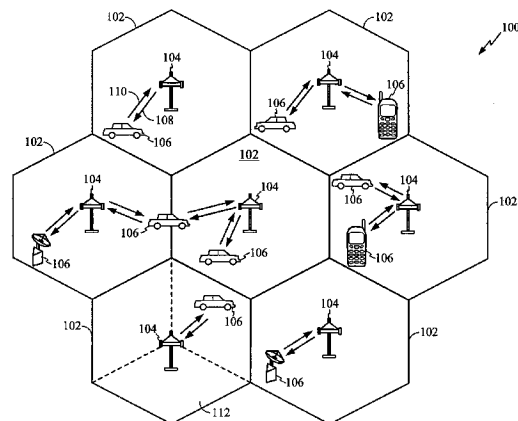
权利要求书7页 说明书23页 附图39页

(54) 发明名称

MIMO系统中的具有反馈的多分辨率波束形成

(57) 摘要

本发明的某些方面涉及用于实现波束形成优化准则的波束形成方法。所提出的一些波束形成技术基于具有多个分辨率的天线方向。该方法包括:接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;从所述第一发射方向集导出优选发射方向;以及,向所述设备提供所述优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中,所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。



1. 一种用于无线通信的方法,包括:  
接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;  
从所述第一发射方向集导出优选发射方向;  
向所述设备提供所述优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中,所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。
2. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:  
在每一次数据会话之前,都与所述设备交换用于该次数据会话的一个或多个波束形成层级的数量的有关信息。
3. 根据权利要求 1 所述的方法,还包括:  
在与微微网控制器 PNC 进行关联期间或之后,从所述 PNC 接收关于所述设备的波束形成能力的信息。
4. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,接收从所述设备发射的训练信号包括:  
使用所有接收方向接收从一个发射方向发射的每一个训练信号。
5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,从所述设备接收训练信号包括:  
使用一个接收方向接收从所述发射方向集发射的所有训练信号;  
对于所有接收方向,重复上述过程。
6. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,每一个训练信号中的至少一部分基于格雷序列。
7. 一种用于无线通信的装置,包括:  
接收机,用于接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;  
导出电路,用于从所述第一发射方向集导出优选发射方向;  
提供电路,用于向所述设备提供所述优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中,所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。
8. 根据权利要求 7 所述的装置,还包括:  
交换电路,用于在每一次数据会话之前,都与所述设备交换用于该次数据会话的一个或多个波束形成层级的数量的有关信息。
9. 根据权利要求 7 所述的装置,还包括:  
用于在与微微网控制器 PNC 进行关联期间或之后,从所述 PNC 接收关于所述设备的波束形成能力的信息的接收机。
10. 根据权利要求 7 所述的装置,其中,接收从所述设备发射的训练信号的接收机包括:  
使用所有接收方向接收从一个发射方向发射的每一个训练信号的电路。
11. 根据权利要求 7 所述的装置,其中,从所述设备接收训练信号的接收机包括:  
使用一个接收方向接收从所述发射方向集发射的所有训练信号并对于所有接收方向重复上述过程的电路。
12. 根据权利要求 7 所述的装置,其中,每一个训练信号中的至少一部分基于格雷序列。
13. 一种用于无线通信的装置,包括:  
接收模块,用于接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;  
导出模块,用于从所述第一发射方向集导出优选发射方向;

提供模块,用于向所述设备提供所述优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中,所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。

14. 根据权利要求 13 所述的装置,还包括:

交换模块,用于在每一次数据会话之前,都与所述设备交换用于该次数据会话的一个或多个波束形成层级的数量的有关信息。

15. 根据权利要求 13 所述的装置,还包括:

用于在与微微网控制器 PNC 进行关联期间或之后,从所述 PNC 接收关于所述设备的波束形成能力的信息的模块。

16. 根据权利要求 13 所述的装置,其中,接收从所述设备发射的训练信号的模块包括:使用所有接收方向接收从一个发射方向发射的每一个训练信号的模块。

17. 根据权利要求 13 所述的装置,其中,从所述设备接收训练信号的模块包括:

使用一个接收方向接收从所述发射方向集发射的所有训练信号并对于所有接收方向重复上述过程的模块。

18. 根据权利要求 13 所述的装置,其中,每一个训练信号中的至少一部分基于格雷序列。

19. 一种接入点,包括:

至少一付天线;

接收机,用于经由所述至少一付天线接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;

导出电路,用于从所述第一发射方向集导出优选发射方向;

提供电路,用于向所述设备提供所述优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中,所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。

20. 一种用于无线通信的方法,包括:

使用第一发射方向集,向一个设备发射训练信号;

从所述设备接收至少一个第一优选发射方向的指示,其中,所述至少一个第一优选发射方向是从所述第一发射方向集导出的;

使用第二发射方向集,向所述设备发射训练信号,其中,所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的;

从所述设备接收至少一个第二优选发射方向的指示,其中,所述至少一个第二优选发射方向是从所述第二发射方向集导出的;

使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信。

21. 根据权利要求 20 所述的方法,还包括:

在每一次数据会话之前,与所述设备交换用于该次数据会话的一个或多个波束形成层级的数量的有关信息。

22. 根据权利要求 21 所述的方法,其中,如果所述波束形成层级的数量大于一,则所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的。

23. 根据权利要求 22 所述的方法,还包括:

从所述至少一个第二优选发射方向导出至少第三发射方向集;

从所述设备接收至少第三优选发射方向的指示,其中,至少所述第三优选发射方向是

从至少所述第三发射方向集导出的；

其中，如果所述波束形成层级的数量大于二，则至少所述第三发射方向集是从所述至少一个第二优选发射方向导出的。

24. 根据权利要求 20 所述的方法，还包括：

向所述设备发射波束形成能力信息，其中，所述波束形成能力信息包括：所支持的波束形成层级的最大数量、所述第一发射方向集的发射方向的数量、第一接收方向集的接收方向的数量。

25. 根据权利要求 20 所述的方法，其中：

所述至少一个第一优选发射方向是基于第一信号质量度量从所述第一发射方向集导出的；

所述至少一个第二优选发射方向是基于第二信号质量度量从所述第二发射方向集导出的。

26. 根据权利要求 20 所述的方法，还包括：

通过对所述第二发射方向集的发射方向进行分组，形成至少一个发射方向聚群，其中，每一个聚群包括所述第二发射方向集的一个优选发射方向；

提供包括以下各项的信息，以作为对所述设备的反馈：聚群的数量、每一个聚群中属于所述第二发射方向集的发射方向的数量、每一个聚群中属于所述第二发射方向集的发射方向的码字标识符、关于哪个发射方向属于哪个聚群的信息。

27. 根据权利要求 26 所述的方法，还包括：

使用一个发射方向聚群中的一个发射方向来发射多个跟踪分组；

接收关于一对优选方向的信息；

其中，与所述训练信号相比，所述多个跟踪分组是按较低的速率发射的。

28. 根据权利要求 20 所述的方法，其中，每一个训练信号中的至少一部分基于格雷序列。

29. 一种用于无线通信的装置，包括：

使用第一发射方向集，向一个设备发射训练信号的电路；

从所述设备接收至少一个第一优选发射方向的指示的电路，其中，所述至少一个第一优选发射方向是从所述第一发射方向集导出的；

使用第二发射方向集，向所述设备发射训练信号的电路，其中，所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的；

从所述设备接收至少一个第二优选发射方向的指示的电路，其中，所述至少一个第二优选发射方向是从所述第二发射方向集导出的；

使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信的电路。

30. 根据权利要求 29 所述的装置，还包括：

交换电路，用于在每一次数据会话之前，都与所述设备交换用于该次数据会话的一个或多个波束形成层级的数量的有关信息。

31. 根据权利要求 30 所述的装置，其中，如果所述波束形成层级的数量大于一，则所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的。

32. 根据权利要求 31 所述的装置，还包括：

从所述至少一个第二优选发射方向导出至少第三发射方向集的电路；

从所述设备接收至少第三优选发射方向的指示的接收机，其中，至少所述第三优选发射方向是从至少所述第三发射方向集导出的；

其中，如果所述波束形成层级的数量大于二，则至少所述第三发射方向集是从所述至少一个第二优选发射方向导出的。

33. 根据权利要求 29 所述的装置，还包括：

向所述设备发射波束形成能力信息的电路，其中，所述波束形成能力信息包括：所支持的波束形成层级的最大数量、所述第一发射方向集的发射方向的数量、第一接收方向集的接收方向的数量。

34. 根据权利要求 29 所述的装置，其中：

所述至少一个第一优选发射方向是基于第一信号质量度量从所述第一发射方向集导出的；

所述至少一个第二优选发射方向是基于第二信号质量度量从所述第二发射方向集导出的。

35. 根据权利要求 29 所述的装置，还包括：

通过对所述第二发射方向集的发射方向进行分组，形成至少一个发射方向聚群的电路，其中，每一个聚群包括所述第二发射方向集的一个优选发射方向；

将包括以下各项的信息作为反馈提供给所述设备的电路：聚群的数量、每一个聚群中属于所述第二发射方向集的发射方向的数量、每一个聚群中属于所述第二发射方向集的发射方向的码字标识符、关于哪个发射方向属于哪个聚群的信息。

36. 根据权利要求 35 所述的装置，还包括：

使用一个发射方向聚群中的一个发射方向来发射多个跟踪分组的电路；

接收关于一对优选方向的信息的电路；

其中，与所述训练信号相比，所述多个跟踪分组是按较低的速率发射的。

37. 根据权利要求 29 所述的装置，其中，每一个训练信号中的至少一部分基于格雷序列。

38. 一种用于无线通信的装置，包括：

使用第一发射方向集，向一个设备发射训练信号的模块；

从所述设备接收至少一个第一优选发射方向的指示的模块，其中，所述至少一个第一优选发射方向是从所述第一发射方向集导出的；

使用第二发射方向集，向所述设备发射训练信号的模块，其中，所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的；

从所述设备接收至少一个第二优选发射方向的指示的模块，其中，所述至少一个第二优选发射方向是从所述第二发射方向集导出的；

使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信的模块。

39. 根据权利要求 38 所述的装置，还包括：

交换模块，用于在每一次数据会话之前，与所述设备交换用于该次数据会话的一个或多个波束形成层级的数量的有关信息。

40. 根据权利要求 39 所述的装置，其中，如果所述波束形成层级的数量大于一，则所述

第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的。

41. 根据权利要求 40 所述的装置,还包括:

从所述至少一个第二优选发射方向导出至少第三发射方向集的模块;

从所述设备接收至少第三优选发射方向的指示的模块,其中,至少所述第三优选发射方向是从至少所述第三发射方向集导出的;

其中,如果所述波束形成层级的数量大于二,则至少所述第三发射方向集是从所述至少一个第二优选发射方向导出的。

42. 根据权利要求 38 所述的装置,还包括:

向所述设备发射波束形成能力信息的模块,其中,所述波束形成能力信息包括:所支持的波束形成层级的最大数量、所述第一发射方向集的发射方向的数量、第一接收方向集接收方向的数量。

43. 根据权利要求 38 所述的装置,其中:

所述至少一个第一优选发射方向是基于第一信号质量度量从所述第一发射方向集导出的;

所述至少一个第二优选发射方向是基于第二信号质量度量从所述第二发射方向集导出的。

44. 根据权利要求 38 所述的装置,还包括:

通过对所述第二发射方向集的发射方向进行分组,形成至少一个发射方向聚群的模块,其中,每一个聚群包括所述第二发射方向集的一个优选发射方向;

将包括以下各项的信息作为反馈提供给所述设备的模块:聚群的数量、每一个聚群中属于所述第二发射方向集的发射方向的数量、每一个聚群中属于所述第二发射方向集的发射方向的码字标识符、关于哪个发射方向属于哪个聚群的信息。

45. 根据权利要求 44 所述的装置,还包括:

使用一个发射方向聚群中的一个发射方向来发射多个跟踪分组的模块;

接收关于一对优选方向的信息的模块;

其中,与所述训练信号相比,所述多个跟踪分组是按较低的速率发射的。

46. 根据权利要求 38 所述的装置,其中,每一个训练信号中的至少一部分基于格雷序列。

47. 一种接入点,包括:

至少一付天线;

使用第一发射方向集经由所述至少一付天线向一个设备发射训练信号的电路;

经由所述至少一付天线从所述设备接收至少一个第一优选发射方向的指示的电路,其中,所述至少一个第一优选发射方向是从所述第一发射方向集导出的;

使用第二发射方向集经由所述至少一付天线向所述设备发射训练信号的电路,其中,所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的;

经由所述至少一付天线从所述设备接收至少一个第二优选发射方向的指示的电路,其中,所述至少一个第二优选发射方向是从所述第二发射方向集导出的;

使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信的电路。

48. 一种用于无线通信的方法,包括:

接收从一个设备使用一组扇区发射的训练信号；

从所述一组扇区导出至少一个优选扇区；

向所述设备提供所述至少一个优选扇区的指示，以作为对所述设备的反馈，其中，所述反馈是通过扫描与扇区相关的发射方向集而提供的；

接收从所述设备使用至少一组波束发射的训练信号，其中，所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的；

从所述至少一组波束导出至少一个优选波束；

向所述设备提供所述至少一个优选波束的指示，以作为对所述设备的反馈，其中，所述反馈是通过使用所述至少一个优选扇区而提供的；

其中：扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图；与扇区覆盖的空间区域相比，波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

49. 一种用于无线通信的装置，包括：

接收从一个设备使用一组扇区发射的训练信号的电路；

从所述一组扇区导出至少一个优选扇区的电路；

将所述至少一个优选扇区的指示作为对所述设备的反馈而提供给所述设备的电路，其中，所述反馈是通过扫描与扇区相关的发射方向集而提供的；

接收从所述设备使用至少一组波束发射的训练信号的电路，其中，所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的；

从所述至少一组波束导出至少一个优选波束的电路；

将所述至少一个优选波束的指示作为对所述设备的反馈而提供给所述设备的电路，其中，所述反馈是通过使用所述至少一个优选扇区而提供的；

其中：扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图；与扇区覆盖的空间区域相比，波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

50. 一种用于无线通信的装置，包括：

接收从一个设备使用一组扇区发射的训练信号的模块；

从所述一组扇区导出至少一个优选扇区的模块；

将所述至少一个优选扇区的指示作为对所述设备的反馈而提供给所述设备的模块，其中，所述反馈是通过扫描与扇区相关的发射方向集而提供的；

接收从所述设备使用至少一组波束发射的训练信号的模块，其中，所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的；

从所述至少一组波束导出至少一个优选波束的模块；

将所述至少一个优选波束的指示作为对所述设备的反馈而提供给所述设备的模块，其中，所述反馈是通过使用所述至少一个优选扇区而提供的；

其中：扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图；与扇区覆盖的空间区域相比，波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

51. 一种用于无线通信的方法，包括：

使用一组扇区向一个设备发射训练信号；

从所述设备接收至少一个优选扇区的指示，其中，所述至少一个优选扇区是从所述一组扇区导出的；

使用至少一组波束向所述设备发射训练信号,其中,所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的;

从所述设备接收至少一个优选波束的指示,其中,所述至少一个优选波束是从所述至少一组波束导出的;

使用所述至少一个优选波束与所述设备进行通信;

其中:扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图;与扇区覆盖的空间区域相比,波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

52. 一种用于无线通信的装置,包括:

使用一组扇区向一个设备发射训练信号的电路;

从所述设备接收至少一个优选扇区的指示的电路,其中,所述至少一个优选扇区是从所述一组扇区导出的;

使用至少一组波束向所述设备发射训练信号的电路,其中,所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的;

从所述设备接收至少一个优选波束的指示的电路,其中,所述至少一个优选波束是从所述至少一组波束导出的;

使用所述至少一个优选波束与所述设备进行通信的电路;

其中:扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图;与扇区覆盖的空间区域相比,波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

53. 一种用于无线通信的装置,包括:

使用一组扇区向一个设备发射训练信号的模块;

从所述设备接收至少一个优选扇区的指示的模块,其中,所述至少一个优选扇区是从所述一组扇区导出的;

使用至少一组波束向所述设备发射训练信号的模块,其中,所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的;

从所述设备接收至少一个优选波束的指示的模块,其中,所述至少一个优选波束是从所述至少一组波束导出的;

使用所述至少一个优选波束与所述设备进行通信的模块;

其中:扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图;与扇区覆盖的空间区域相比,波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

## MIMO 系统中的具有反馈的多分辨率波束形成

[0001] 基于 35U. S. C. § 119 要求优先权

[0002] 本申请要求享受 2008 年 3 月 17 日提交的、代理人案卷号为 082841P1、申请号为 61/037, 139 的美国临时专利申请的优先权, 该临时专利申请已转让给本申请的受让人, 故明确地以引用方式并入本申请。

### 技术领域

[0003] 概括地说, 本发明的某些方面涉及无线通信, 具体地说, 本发明的某些方面涉及传输信号的波束形成。

### 背景技术

[0004] 支持单载波和正交频分复用 (OFDM) 调制的双模式超宽带 (UWB) 物理层 (PHY) 可以使用共同模式。UWB PHY 可以用于毫米波 (例如, 载波频率为 60GHz) 通信。共同模式是单载波设备和 OFDM 设备针对信标、网络控制信令以及基速率数据通信所使用的单载波模式。一般情况下, 共同模式是不同的设备和不同的网络之间进行交互操作所必需的。

[0005] 为了提供空间分集和阵列增益, 毫米波通信还可以在一个或多个天线上使用波束形成。诸如单一天线单元、扇区化天线 (sectorized antenna)、转换式天线 (switched antenna) 以及一维 (1-D) 和二维 (2-D) 天线阵列之类的众多天线配置都可以支持波束形成。诸如特征波束形成 (Eigen-beamforming) 之类的常规波束形成需要信道状态信息矩阵或波束形成矩阵, 以反馈给发射阵列。电气和电子工程师协会 (IEEE) 802. 11n 标准详细说明了包括以下各项的反馈信息: 反馈矩阵的行和列大小、子载波分组大小 (例如, 聚群大小)、量化比特大小以及从最低子载波索引开始到最高子载波索引的实际量化数据单元的数组。为了使用预编码矩阵进行波束形成, 通过将波束形成矩阵的内容替换为预编码矩阵码本的索引来减少反馈信息。

[0006] 考虑两种类型的波束形成协议: 按需波束形成 (on-demand beamforming) 和主动波束形成 (pro-active beamforming)。按需波束形成可以用在两个设备 (DEV) 之间或用在微微网 (piconet) 控制器 (PNC) 和设备 (DEV) 之间, 按需波束形成可以在为了进行波束形成而向 DEV 分配的信道时间分配 (CTA) 时期发生。当 PNC 是一个或多个 DEV 的数据源时, 可以使用主动波束形成。该协议使得多个 DEV 能够训练它们自己的接收机天线, 以便在较低开销情况下从 PNC 进行优选接收。

[0007] 考虑两种波束形成优化准则: 适用于所有天线配置的波束转换 (导向, steering) 和跟踪 (BST) 准则, 以及用于 1-D 线性天线阵列和 2-D 平面天线阵列的方向图 (Pattern) 估计和跟踪 (PET) 选项。支持 PET 方法的所有 DEV 都可以支持 BST 准则。如果构成通信链路的两个 DEV 都支持 PET 准则, 则可以仅使用 PET 准则。BST 基于从给定的一组波束中选择优选波束, 而 PET 则基于寻找波束形成器和组合器向量 (即, 天线权重), 其中, 这些向量不是必须落入给定的一组波束方向中。

[0008] 因此, 在本领域中需要高效地实现波束形成优化准则的方法。

## 发明内容

[0009] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。概括地说,该方法包括:接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;从所述第一发射方向集导出优选发射方向;向所述设备提供优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。

[0010] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说,该装置包括:接收机,用于接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;导出电路,用于从所述第一发射方向集导出优选发射方向;提供电路,向所述设备提供优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。

[0011] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说,该装置包括:接收模块,用于接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;导出模块,用于从所述第一发射方向集导出优选发射方向;提供模块,用于向所述设备提供优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。

[0012] 某些方面提供了一种用于无线通信的计算机程序产品。所述计算机程序产品包括计算机可读介质,其编码有用于执行以下操作的可执行指令:接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;从所述第一发射方向集导出优选发射方向;向所述设备提供优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。

[0013] 某些方面提供了一种接入点。概括地说,所述接入点包括:至少一付天线;接收机,用于经由所述至少一付天线接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号;导出电路,用于从所述第一发射方向集导出优选发射方向;提供电路,用于向所述设备提供优选发射方向的指示,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过扫描第二发射方向集而提供的。

[0014] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。概括地说,该方法包括:使用第一发射方向集向一个设备发射训练信号;从所述设备接收从所述第一发射方向集导出的至少一个第一优选发射方向的指示;使用第二发射方向集向所述设备发射训练信号,其中所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的;从所述设备接收从所述第二发射方向集导出的至少一个第二优选发射方向的指示;使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信。

[0015] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说,该装置包括:使用第一发射方向集向一个设备发射训练信号的电路;从所述设备接收从所述第一发射方向集导出的至少一个第一优选发射方向的指示的电路;使用第二发射方向集向所述设备发射训练信号的电路,其中所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的;从所述设备接收从所述第二发射方向集导出的至少一个第二优选发射方向的指示的电路;使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信的电路。

[0016] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说,该装置包括:使用第一发射方向集向一个设备发射训练信号的模块;从所述设备接收从所述第一发射方向集导出的至少一个第一优选发射方向的指示的模块;使用第二发射方向集向所述设备发射训练信号的

模块,其中所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的;从所述设备接收从所述第二发射方向集导出的至少一个第二优选发射方向的指示的模块;使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信的模块。

[0017] 某些方面提供了一种用于无线通信的计算机程序产品。所述计算机程序产品包括计算机可读介质,其编码有用于执行以下操作的可执行指令:使用第一发射方向集向一个设备发射训练信号;从所述设备接收从所述第一发射方向集导出的至少一个第一优选发射方向的指示;使用第二发射方向集向所述设备发射训练信号,其中所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的;从所述设备接收从所述第二发射方向集导出的至少一个第二优选发射方向的指示;使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信。

[0018] 某些方面提供了一种接入点。概括地说,所述接入点包括:至少一付天线;使用第一发射方向集经由所述至少一付天线向一个设备发射训练信号的电路;经由所述至少一付天线从所述设备接收从所述第一发射方向集导出的至少一个第一优选发射方向的指示的电路;使用第二发射方向集经由所述至少一付天线向所述设备发射训练信号的电路,其中所述第二发射方向集是从所述至少一个第一优选发射方向导出的;经由所述至少一付天线从所述设备接收从所述第二发射方向集导出的至少一个第二优选发射方向的指示的电路;使用所述至少一个第二优选发射方向与所述设备进行通信的电路。

[0019] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。概括地说,该方法包括:接收从一个设备使用一组扇区发射的训练信号;从所述一组扇区导出至少一个优选扇区;向所述设备提供所述至少一个优选扇区的指示,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过扫描与扇区相关的发射方向集而提供的;接收从所述设备使用至少一组波束发射的训练信号,其中所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的;从所述至少一组波束导出至少一个优选波束;向所述设备提供所述至少一个优选波束的指示,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过使用所述至少一个优选扇区而提供的;其中,扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图,与扇区覆盖的空间区域相比,波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

[0020] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说,该装置包括:接收从一个设备使用一组扇区发射的训练信号的电路;从所述一组扇区导出至少一个优选扇区的电路;向所述设备提供所述至少一个优选扇区的指示的电路,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过扫描与扇区相关的发射方向集而提供的;接收从所述设备使用至少一组波束发射的训练信号的电路,其中所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的;从所述至少一组波束导出至少一个优选波束的电路;向所述设备提供所述至少一个优选波束的指示的电路,以作为对所述设备的反馈,其中所述反馈是通过使用所述至少一个优选扇区而提供的;其中,扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图,与扇区覆盖的空间区域相比,波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

[0021] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说,该装置包括:接收从一个设备使用一组扇区发射的训练信号的模块;从所述一组扇区导出至少一个优选扇区的模块;向所述设备提供所述至少一个优选扇区的指示以作为对所述设备的反馈的模块,其中所述反馈是通过扫描与扇区相关的发射方向集来提供的;从所述设备接收使用至少一组波束发射的训练信号的模块,其中所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的;从所

述至少一组波束导出至少一个优选波束的模块；向所述设备提供所述至少一个优选波束的指示以作为对所述设备的反馈的模块，其中所述反馈是通过使用所述至少一个优选扇区而提供的；其中，扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图，与扇区覆盖的空间区域相比，波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

[0022] 某些方面提供了一种用于无线通信的方法。概括地说，该方法包括：使用一组扇区向一个设备发射训练信号；从所述设备接收从所述一组扇区导出的至少一个优选扇区的指示；使用至少一组波束向所述设备发射训练信号，其中所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的；从所述设备接收从所述至少一组波束导出的至少一个优选波束的指示；使用所述至少一个优选波束与所述设备进行通信；其中，扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图，与扇区覆盖的空间区域相比，波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

[0023] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说，该装置包括：使用一组扇区向一个设备发射训练信号的电路；从所述设备接收从所述一组扇区导出的至少一个优选扇区的指示的电路；使用至少一组波束向所述设备发射训练信号的电路，其中所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的；从所述设备接收从所述至少一组波束导出的至少一个优选波束的指示的电路；使用所述至少一个优选波束与所述设备进行通信的电路；其中，扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图，与扇区覆盖的空间区域相比，波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

[0024] 某些方面提供了一种用于无线通信的装置。概括地说，该装置包括：使用一组扇区向一个设备发射训练信号的模块；从所述设备接收从所述一组扇区导出的至少一个优选扇区的指示的模块；使用至少一组波束向所述设备发射训练信号的模块，其中所述至少一组波束是从所述至少一个优选扇区导出的；从所述设备接收从所述至少一组波束导出的至少一个优选波束的指示的模块；使用所述至少一个优选波束与所述设备进行通信的模块；其中，扇区是覆盖一定空间区域的天线方向图，与扇区覆盖的空间区域相比，波束是覆盖较小空间区域的天线方向图。

## 附图说明

[0025] 为了详细地理解本发明的上述各个特征的实现方式，本申请通过针对一些方面进行说明，给出了上面简要概括的更具体描述，这些方面中的一些在附图中给予了说明。但是，应当注意的是，由于本发明的描述准许其它等同的有效方面，因此这些附图仅仅描绘了本发明的某些典型方面，其不应被认为限制本发明的保护范围。

[0026] 图 1 描绘了根据本发明的某些方面的示范性无线通信系统。

[0027] 图 2 描绘了根据本发明的某些方面，可以用在无线设备中的各种组件。

[0028] 图 3 描绘了根据本发明的某些方面的非对称天线系统 (AAS) 的框图。

[0029] 图 4 描绘了根据本发明的某些方面的波束形成术语。

[0030] 图 5 描绘了根据本发明的某些方面，以聚群方式组织的波束。

[0031] 图 6 描绘了根据本发明的某些方面，从接收机的角度进行波束形成的示范性操作。

[0032] 图 6A 描绘了能够执行图 6 中示出的操作的示范性组件。

[0033] 图 7 描绘了根据本发明的某些方面，更新波束形成和组合向量的示范性操作。

- [0034] 图 7A 描绘了能够执行图 7 中示出的操作的示例性组件。
- [0035] 图 8A-8C 分别描绘了根据本发明的某些方面,四单元天线阵列的四个、六个和八个波束方向图。
- [0036] 图 9A 描绘了根据本发明的某些方面,包括由一维六单元阵列生成的六个波束方向图的波束方向图。
- [0037] 图 9B 描绘了根据本发明的某些方面的一对扇区波束方向图。
- [0038] 图 10 描绘了根据本发明的某些方面的波束形成能力信息单元 (IE) 的结构。
- [0039] 图 11 描绘了根据本发明的某些方面,用于进行多分辨率波束形成的示例性操作。
- [0040] 图 11A 描绘了能够执行图 11 中示出的操作的示例性组件。
- [0041] 图 12 描绘了根据本发明的某些方面,用于进行扇区层级训练的示例性操作。
- [0042] 图 12A 描绘了能够执行图 12 中示出的操作的示例性组件。
- [0043] 图 13 描绘了根据本发明的某些方面,在非对称天线系统 (AAS) 中确定优选扇区的示例性操作。
- [0044] 图 13A 描绘了能够执行图 13 中示出的操作的示例性组件。
- [0045] 图 14A-14D 描绘了根据本发明的某些方面,用于在 AAS 中确定优选扇区的帧结构。
- [0046] 图 15 描绘了根据本发明的某些方面,在对称天线系统 (SAS) 中确定优选扇区的示例性操作。
- [0047] 图 15A 描绘了能够执行图 15 中示出的操作的示例性组件。
- [0048] 图 16A-16B 描绘了根据本发明的某些方面,用于在 SAS 中确定优选扇区的帧结构。
- [0049] 图 17 描绘了根据本发明的某些方面,包括多个波束的一对聚群的例子。
- [0050] 图 18 描绘了根据本发明的某些方面,将优选扇区划分为波束聚群的示例性操作。
- [0051] 图 18A 描绘了能够执行图 18 中示出的操作的示例性组件。
- [0052] 图 19 描绘了根据本发明的某些方面,进行波束层级训练的示例性操作。
- [0053] 图 19A 描绘了能够执行图 19 中示出的操作的示例性组件。
- [0054] 图 20 描绘了根据本发明的某些方面,在 AAS 中确定优选波束的示例性操作。
- [0055] 图 20A 描绘了能够执行图 20 中示出的操作的示例性组件。
- [0056] 图 21A-21D 描绘了根据本发明的某些方面,用于在 AAS 中确定优选波束的帧结构。
- [0057] 图 22 描绘了根据本发明的某些方面,在 SAS 中确定优选波束的示例性操作。
- [0058] 图 22A 描绘了能够执行图 22 中示出的操作的示例性组件。
- [0059] 图 23A-23B 描绘了根据本发明的某些方面,用于在 SAS 中确定优选波束的帧结构。
- [0060] 图 24 描绘了根据本发明的某些方面,用于进行波束跟踪的示例性操作。
- [0061] 图 24A 描绘了能够执行图 24 中示出的操作的示例性组件。
- [0062] 图 25 描绘了根据本发明的某些方面,具有跟踪能力的分组的数据分组的结构。
- [0063] 图 26 描绘了根据本发明的某些方面,从发射机的角度进行波束形成的示例性操作。
- [0064] 图 26A 描绘了能够执行图 26 中示出的操作的示例性组件。
- [0065] 图 27 描绘了根据本发明的某些方面,从发射机的角度确定优选发射方向的示例性操作。
- [0066] 图 27A 描绘了能够执行图 27 中示出的操作的示例性组件。

[0067] 图 28 描绘了根据本发明的某些方面,从接收机的角度确定优选发射方向的示例性操作。

[0068] 图 28A 描绘了能够执行图 28 中示出的操作的示例性组件。

### 具体实施方式

[0069] 下面结合附图更全面地描述本发明的各个方面。但是,本发明可以以多种不同的形式来实现,并且,其不应被解释为限于贯穿本发明给出的任何特定结构或功能。相反,提供这些方面只是使得本发明变得透彻和完整,并将向本领域的普通技术人员完整地传达本发明的保护范围。根据本申请内容,本领域普通技术人员应当理解的是,本发明的保护范围旨在覆盖本申请所公开内容的任何方面,无论其是独立实现的还是结合本发明的任何其它方面实现的。例如,使用本申请阐述的任意数量的方面可以实现装置或可以实现方法。此外,本发明的保护范围旨在覆盖这种装置或方法,这种装置或方法可以通过使用其它结构、功能、或者除本申请阐述的结构和功能或不同于本申请阐述的结构和功能来实现。应当理解的是,本申请所公开内容的任何方面可以通过本发明的一个或多个组成部分来体现。

[0070] 本申请使用的“示例性的”一词意味着“用作例子、例证或说明”。本申请中被描述为“示例性”的任何方面不应被解释为比其它方面更优选或更具优势。

[0071] 因此,可以容易地对本发明的这些方面做出各种修改和替代性的形式,本文在附图中以示例的方式示出了本发明的特定示例性方面并进行了详细描述。但是,应当理解的是,本文并不旨在将本发明限制于所公开的特定形式,相反,本发明旨在覆盖落入本发明保护范围中的所有修改、等同物以及替代物。贯穿附图的描述中的相同标记标识相同的单元。

[0072] 还应当注意的是,在一些替代性的实现方案中,在模块中标注的功能/动作可以不按流程图中说明的顺序发生。例如,根据涉及的功能和过程,连续示出的两个模块实际上可以基本同时执行或者这些模块有时可以以相反的顺序执行。

[0073] 示例性的无线通信系统

[0074] 本申请描述的技术可以用于各种宽带无线通信系统,后者包括基于单载波传输或基于正交频分复用 (OFDM) 的通信系统。本申请所公开方面对于使用超宽带 (UWB) 信号 (其包括毫米波信号) 的系统特别有益,其中通过使用共同模式 (即,使用单载波) 可以实现波束形成。但是,本发明并不旨在限于这些系统,其它编码的信号也可以从类似优点中获益。

[0075] 图 1 描绘了一个无线通信系统 100 的例子,在该系统 100 中可以使用本发明的方面。无线通信系统 100 可以是宽带无线通信系统。无线通信系统 100 可以为多个小区 102 提供通信,每一个小区 102 都由基站 104 进行服务。基站 104 可以是与用户终端 106 进行通信的固定站。基站 104 也可以称为微微网控制器 (PNC)、接入点、节点 B 或某种其它术语。

[0076] 图 1 描绘了分散于系统 100 中的各种用户终端 106。用户终端 106 可以是固定的 (即,静止的) 或移动的。用户终端 106 也可以称为远程站、接入终端、终端、用户单元、移动站、站、用户设备等等。用户终端 106 可以是无线设备,例如蜂窝电话、个人数字助理 (PDA)、手持设备、无线调制解调器、膝上型计算机、个人计算机等等。

[0077] 多种算法和方法可以用于无线通信系统 100 中基站 104 和用户终端 106 之间的传输。例如,可以根据 UWB 技术在基站 104 和用户终端 106 之间发送和接收信号。如果是这种情况,则无线通信系统 100 可以称作为 UWB 系统。

[0078] 有助于实现从基站 104 到用户终端 106 的传输的通信链路可以称为下行链路 (DL) 108, 有助于实现从用户终端 106 到基站 104 的传输的通信链路可以称为上行链路 (UL) 110。或者, 下行链路 108 可以称为前向链路或前向信道, 上行链路 110 可以称为反向链路或反向信道。

[0079] 可以将小区 102 细分为多个扇区 112。扇区 112 是小区 102 中的物理覆盖区域。无线通信系统 100 中的基站 104 可以使用多付天线, 将小区 102 的特定扇区 112 中的功率流进行集中。这些天线可以称为定向天线。

[0080] 图 2 描绘了可以用在无线设备 202 中的各种组件, 其中无线设备 202 用在无线通信系统 100 中。无线设备 202 是可以用于实现本申请所述各种方法的设备的一个例子。无线设备 202 可以是基站 104 或用户终端 106。

[0081] 无线设备 202 可以包括处理器 204, 后者控制无线设备 202 的操作。处理器 204 还可以称为中央处理单元 (CPU)。可以包括只读存储器 (ROM) 和随机存取存储器 (RAM) 的存储器 206 向处理器 204 提供指令和数据。存储器 206 的一部分还可以包括非易失性随机存取存储器 (NVRAM)。一般情况下, 处理器 204 根据存储在存储器 206 中的程序指令执行逻辑和算术操作。可以执行存储器 206 中的指令以实现本申请所述的方法。

[0082] 无线设备 202 还可以包括壳体 208, 后者可以包括发射机 210 和接收机 212, 以便使得无线设备 202 和远程位置之间能够进行数据的发射和接收。可以将发射机 210 和接收机 212 组合到收发机 214 中。可以将单一或多个发射天线 216 连接到壳体 208 和电耦接至收发机 214。无线设备 202 还可以包括 (没有示出的) 多个发射机、多个接收机和多个收发机。

[0083] 无线设备 202 还可以包括信号检测器 218, 后者用于尽力检测和量化收发机 214 所接收信号的电平。信号检测器 218 可以检测诸如全部能量、每子载波每符号的能量、功率谱密度之类的信号和其它信号。无线设备 202 还可以包括用于处理信号的数字信号处理器 (DSP) 220。

[0084] 可以通过总线系统 222 将无线设备 202 的各个组件耦合在一起, 其中总线系统 222 除包括数据总线之外还包括电源总线、控制信号总线和状态信号总线。

[0085] 波束形成系统模型

[0086] 对于发射和接收均采用相同天线的收发机来说, 当多径信道对于另一个收发机是互易的 (reciprocal) 时, 其称为对称天线系统 (SAS)。使用一组天线进行发射和另一组天线进行接收的收发机或者多径信道对于另一收发机不是互易的时, 其称为非对称天线系统 (AAS)。图 3 描绘了 AAS 的框图。第一收发机 302 使用  $M_T$  个发射天线和  $M_R$  个接收天线。第二收发机 304 使用  $N_T$  个发射天线和  $N_R$  个接收天线。

[0087] 当第一收发机 302 向第二收发机 304 发射信号时, 可以使用信道模型  $H_{1 \rightarrow 2}$  来表示传播环境。同样, 当收发机 304 发射收发机 302 所接收的信号时, 可以使用信道模型  $H_{2 \rightarrow 1}$  来表示传播环境。可以使用信道模型来表示在相关领域中使用的任何可能的天线配置。此外, 信道模型还可以用于表示不同的传输协议。在本发明的一个方面, 具有循环前缀和  $N$  个子载波的快速傅里叶变换 (FFT) 的 OFDM 信令可以使用与以下传输相同的信道模型, 即: 该传输是具有突发长度为  $N$  的循环前缀的单载波 (SC)。在这种情况下, 与任意一对发射-接收天线单元之间的多径时延扩展相比, 一般假设循环前缀较长。

[0088] 第一收发机 302 生成的 OFDM 符号流或 SC 突发  $x(t)$  可以表示成：

$$[0089] \quad x(t) = \sum_{k=0}^{N-1} s_k \delta(t - kT_c) \quad (1)$$

[0090] 其中,  $T_c$  是采样 (或码片) 持续时间,  $s_k$  表示复数据。在将符号流发射到通信信道之前, 可以用权重为  $\mathbf{w} = [w_{1,1}, w_{1,2}, \dots, w_{1,M_T}]^T$  的波束形成向量对符号流进行调制。

[0091] 多输入多输出 (MIMO) 信道可以由在任意第  $n$  个频段的频域信道状态信息 (CSI) 来表示, 例如：

$$[0092] \quad \mathbf{H}_{1 \rightarrow 2}(n) \in C^{M_T \times N_R} \quad (2)$$

[0093]

$$\mathbf{H}_{1 \rightarrow 2}(n) = \begin{bmatrix} h_{1,1}^{1 \rightarrow 2}(n) & h_{1,2}^{1 \rightarrow 2}(n) & \dots & h_{1,N_R}^{1 \rightarrow 2}(n) \\ h_{2,1}^{1 \rightarrow 2}(n) & h_{2,2}^{1 \rightarrow 2}(n) & \dots & h_{2,N_R}^{1 \rightarrow 2}(n) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{M_T,1}^{1 \rightarrow 2}(n) & h_{M_T,2}^{1 \rightarrow 2}(n) & \dots & h_{M_T,N_R}^{1 \rightarrow 2}(n) \end{bmatrix} \quad (3)$$

[0094] 其中,  $h_{i,j}(n)$  项可以包括发射和接收滤波, 以及第一收发机 302 的第  $j$  个发射天线和第二收发机 304 的第  $i$  个接收天线之间的信道冲激响应,  $j = 1, 2, \dots, M_T$  且  $i = 1, 2, \dots, N_R$ 。

[0095] 为了生成由下式表示的组合基带信号, 第二收发机 304 接收的信号可以用权重为  $\mathbf{c}_2 = [c_{2,1} \quad c_{2,2} \quad \dots \quad c_{2,N_R}]^T$  的组合向量进行处理：

$$[0096] \quad y(t) = \mathbf{c}_2^H \left[ \sum s_k \delta(t - kT_c) \otimes \mathbf{H}_{1 \rightarrow 2}(t) \mathbf{w}_1 + \mathbf{b}(t) \right] \quad (4)$$

[0097] 其中,  $\mathbf{b}(t)$  是第二收发机 304 的接收天线中的加性高斯白噪声 (AWGN) 向量。

[0098] 第一收发机的发射机 306 和第二收发机的接收机 310 之间的离散信道模型可以由单输入单输出 (SISO) 信道表示成：

$$[0099] \quad y_r = \mathbf{c}_2^H \sum_{k=0}^{L-1} \mathbf{H}_k s_{r-k} \mathbf{w}_1 + \mathbf{c}_2 \mathbf{b}_i = \sum_{k=0}^{L-1} p_k s_{r-k} + b_i' \quad (5)$$

[0100] 其中,  $p_k = \mathbf{c}_2^H \mathbf{H}_k \mathbf{w}_1$ ,  $i$  表示 OFDM 采样 (或单载波突发) 中的采样 (或码片) 索引。可以用下式表示的频段  $n = 0, 1, \dots, N-1$  处的频率响应来描述 SISO 信道的特征：

$$[0101] \quad p_n = \mathbf{c}_2^H \mathbf{H}_{1 \rightarrow 2}(n) \mathbf{w}_1 \quad (6)$$

[0102] 离散 - 频率的接收信号模型可以表示成：

$$[0103] \quad Y_n = P_s S_n + B_n \quad (7)$$

[0104] 其中,  $[S_0, S_1, \dots, S_{N-1}]$  是 OFDM 数据符号 (或者 SC 数据突发的 FFT),  $[B_0, B_1, \dots, B_{N-1}]$  是 AWGN 向量。

[0105] 表示第二收发机 304 的发射机 312 到第一收发机 302 的接收机 308 之间信道的信道模型可以用下式来表示：

$$[0106] \quad Q_n = \mathbf{c}_2^H \mathbf{H}_{2 \rightarrow 1}(n) \mathbf{w}_2 \quad (8)$$

[0107] 对于 OFDM 和 SC 传输二者来说, AAS 的两个方向中的第  $n$  个子载波 ( $n = 0, 1, \dots, N-1$ ) 上的信噪比 (SNR) 可以用下式来表示：

$$[0108] \quad SNR_n^{1 \rightarrow 2} = \frac{E_s |P_n|^2}{N_0} = \frac{E_s |c_2^H H_{1 \rightarrow 2}(n) w_1|^2}{N_0},$$

$$SNR_n^{2 \rightarrow 1} = \frac{E_s |Q_n|^2}{N_0} = \frac{E_s |c_1^H H_{2 \rightarrow 1}(n) w_2|^2}{N_0} \quad (9)$$

[0109] 系统设计的一个目标是确定优选波束形成向量  $w_1$  和  $w_2$ 、优选组合向量  $c_1$  和  $c_2$ ，以使得由权重向量的符号集所约束的有效 SNR (ESNR) 最大。

[0110] 可以将 ESNR 定义为从由公式 (9) 表示的子载波的瞬时 SNR 到 (考虑到系统中使用的前向纠错 (FEC) 时的) 等同 SNR 的映射。目前存在用于计算 ESNR 的不同方法, 例如: 计算多个子载波上的 SNR 的均值、诸如在第三代合作伙伴计划 2 (3GPP2) 和 1xEV-DV/DO (演进数据和视频 / 数据优化) 通信系统中共用的准静态方法、也使用在 3GPP2 和 1xEV-DV/DO 系统中的容量有效信号与干扰加噪声比 (SINR) 映射 (CESM)、可以使用在 3GPP2 和 1xEV-DV/DO 系统中的基于凸起度量的 CESM 技术、以及用在 3GPP2 中的指数有效 SINR 映射 (EESM)。

[0111] 对于 SC 和 OFDM 系统可以使用不同的 ESNR 计算方法。例如, 一般情况下, 基于最小均方误差 (MMSE) 的 SC 均衡器具有通过对不同突发上的 SNR 进行平均来近似出的 ESNR。但是, OFDM 趋向于具有通过对不同的子载波上的 SNR 使用几何平均来最佳近似的 ESNR。为了计算其它参数 (例如, FEC、接收机非理想性和 / 或误比特率 (BER)), 还可以使用各种其它 ESNR 计算方法。

[0112] 波束形成术语

[0113] 当描述两个设备之间的波束形成时, 可以使用下列符号。进行通信的两个设备可以称作为 DEV 1 和 DEV 2, 例如, DEV 1 可以是微微网控制器 (PNC), DEV 2 可以是用户站。对于 DEV 1, 设备编号  $d$  可以是 1, 对于 DEV 2, 设备编号  $d$  是 2。

[0114] 通常, 术语“准全向方向图”与覆盖设备 (DEV) 周围的目标空间范围的非常宽区域的最低分辨率方向图相关。PNC 可以使用尽可能小的准全向方向图 (可能重叠) 集来覆盖目标空间区域。等于 1 的集大小指出 PNC 能够使用仅仅一个准全向方向图来覆盖目标空间区域, 这说明 PNC 是具有全向能力的。编号为  $d$  的 DEV 的相关准全向发射和接收方向图的总数量可以分别表示成  $I^{(d,t)}$  和  $I^{(d,r)}$ 。相应的准全向发射和接收方向图可以表示成:  $Q_n^{(d,t)}$ , 其中  $n = 0, 1, \dots, I^{(d,t)} - 1$  (对于发射方向图来说);  $Q_n^{(d,r)}$ , 其中  $n = 0, 1, \dots, I^{(d,r)} - 1$  (对于接收方向图来说)。当 DEV  $d$  与其它 DEV 进行通信时, 用于 DEV  $d$  的一对优选准全向发射和接收方向图分别由索引  $i^{(d,t)}$  和  $i^{(d,r)}$  来标识。相应的准全向发射和接收方向图可以分别表示成  $Q_{i^{(d,t)}}^{(d,t)}$  和  $Q_{i^{(d,r)}}^{(d,r)}$ 。如果这两个设备都是 SAS 设备, 那么由于发射和接收使用相同的天线阵列, 因此可以省略上标  $t$  和  $r$ 。图 4A 描绘了用于 SAS 设备的两个准全向方向图  $Q_0$  和  $Q_1$  的例子。

[0115] 在本申请中, 术语“扇区”通常是指覆盖多个波束的相对宽区域的第二层级分辨率方向图。一个扇区可以覆盖一组连续的或非连续的波束, 并且, 不同的扇区可以重叠。可以将编号为  $d$  的 DEV 的相关发射和接收扇区的总数量分别表示成  $J^{(d,t)}$  和  $J^{(d,r)}$ 。相应的发射和接收扇区可以表示成:  $S_n^{(d,t)}$ , 其中  $n = 0, 1, \dots, J^{(d,t)} - 1$  (对于发射扇区);  $S_n^{(d,r)}$ , 其中  $n = 0, 1, \dots, J^{(d,r)} - 1$  (对于接收扇区)。当 DEV  $d$  与其它 DEV 进行通信时, 用于 DEV  $d$  的一对优

选发射和接收扇区可以分别由索引  $j^{(d,t)}$  和  $j^{(d,r)}$  来标识。相应的发射和接收扇区可以分别表示成  $S_{j^{(d,t)}}^{(d,t)}$  和  $S_{j^{(d,r)}}^{(d,r)}$ 。如果这两个设备都是 SAS 设备,则可以省略上标  $t$  和  $r$ 。图 4B 描绘了用于 SAS 设备的四个重叠扇区  $S_0, S_1, S_2, S_3$  的例子。

[0116] 可以将扇区细分成如更高层级分辨率方向图的波束。可以将编号为  $d$  的 DEV 的相关发射和接收波束的总数量分别表示成  $K^{(d,t)}$  和  $K^{(d,r)}$ 。相应的发射和接收波束可以表示成:  $B_n^{(d,t)}$ , 其中  $n = 0, 1, \dots, K^{(d,t)} - 1$  (对于发射波束);  $B_n^{(d,r)}$ , 其中  $n = 0, 1, \dots, K^{(d,r)} - 1$  (对于接收波束)。当 DEV  $d$  与其它 DEV 进行通信时,用于 DEV  $d$  的一对优选发射和接收波束可以分别由索引  $k^{(d,t)}$  和  $k^{(d,r)}$  来标识。相应的发射和接收波束可以分别表示成  $B_{k^{(d,t)}}^{(d,t)}$  和  $B_{k^{(d,r)}}^{(d,r)}$ 。如果这两个设备都是 SAS 设备,则可以省略上标  $t$  和  $r$ 。图 4C 描绘了用于 SAS 设备的具有八个豆瓣  $B_0, B_1, \dots, B_7$  的 8 单元线性天线阵列的例子。

[0117] 还可以进一步将波束细分成如最高层级分辨率方向图的高分辨率 (HRS) 波束。可以将编号为  $d$  的 DEV 的相关发射和接收 HRS 波束的总数量分别表示成  $L^{(d,t)}$  和  $L^{(d,r)}$ 。相应的发射和接收 HRS 波束可以表示成:  $H_n^{(d,t)}$ , 其中  $n = 0: L^{(d,t)} - 1$  (对于发射 HRS 波束);  $H_n^{(d,r)}$ , 其中  $n = 0: L^{(d,r)} - 1$  (对于接收 HRS 波束)。当 DEV  $d$  与其它 DEV 进行通信时,用于 DEV  $d$  的一对优选发射和接收 HRS 波束可以分别由索引  $l^{(d,t)}$  和  $l^{(d,r)}$  来标识。相应的发射和接收 HRS 波束可以分别表示成  $H_{l^{(d,t)}}^{(d,t)}$  和  $H_{l^{(d,r)}}^{(d,r)}$ 。如果这两个设备都是 SAS 设备,则可以省略上标  $t$  和  $r$ 。图 4D 描绘了用于 SAS 设备的具有 16 个 HRS 波束  $H_0, H_1, \dots, H_{15}$  的 8 单元线性天线阵列的例子。

[0118] 通常而言,准全向方向图、扇区、波束和 HRS 波束的多分辨率定义就变成了多层级定义,其中每一层级使用一种天线方向图集。因此,准全向方向图表示第一天线方向图集,扇区表示第二天线方向图集,波束表示优选从第二天线方向图集导出的第三天线方向图集,HRS 波束表示优选从第三天线方向图集导出的第四层级的天线方向图。

[0119] 对于在  $x$  轴上具有  $K_x$  个波束和在  $z$  轴上具有  $K_z$  个波束的二维 (2-D) 天线阵列来说,沿着  $x$  轴的  $K_x$  个波束可以以渐增的极角方向由索引零到  $K_x - 1$  来标识,其可以与来自选定的  $x$  波束码本中的波束向量 0 到  $K_x - 1$  一一对应。沿着  $z$  轴的  $K_z$  个波束可以以渐增的极角方向由索引零到  $K_z - 1$  来标识,其可以与来自选定的  $z$  波束码本中的波束向量 0 到  $K_z - 1$  一一对应。对于在每一方向具有八个波束的 2-D 天线阵列,在图 5 中做出了进一步说明。

[0120] 在本申请中,“聚群 (cluster)”通常是指一个中心波束周围的一组波束。为了便于跟踪优选波束方向或者在通常情况下便于跟踪优选天线方向图 (方向),引入了聚群的概念。每一个扇区的聚群数量可由实现者来决定。图 5 描绘了不同大小的聚群的例子。聚群编码可以用于支持方向图估计和跟踪 (PET) 选项的 DEV。对于执行波束转换和控制选项的 DEV 来说,不需要支持聚群编码。聚群可以由 8 比特字段 `c7c6c5c4c3c2c1c0` 进行编码。参见图 5,前三个最低有效比特 (即, `c2c1c0`) 可以对极角方向中的波束进行编码,而第二组的三个比特 (即, `c5c4c3`) 可以对方位角方向中的波束进行编码。最后一组的两个比特 (`c7c6`) 指定三种不同的 2-D 击穿图案 (即,不同聚群几何形状)。

[0121] 计算和跟踪优选波束形成和组合向量

[0122] 本发明的某些方面给出了用于选择天线权重 ( $w_1$  和  $w_2$ ) 的波束形成向量和天线权重 ( $c_1$  和  $c_2$ ) 的组合向量的一种或多种波束形成算法,其中选择的这些向量使至少一个信号

质量参数（例如，ESNR）最大化。在一般的 AAS 情况下，第一收发机 302 向第二收发机 304 发射已知信息，随后，第二收发机 304 导出描述信道状态信息（CSI）特征的矩阵。这样就能够计算  $w_1$  和  $c_2$  的估计量。为了提供能用来对  $w_2$  和  $c_1$  的估计量进行计算的 CSI，第二收发机 304 可以向第一收发机 302 发射已知信息。本发明的一些方面使用将要发射的已知数据符号、导频信号或其它训练信息来获得 CSI。本发明的替代性方面可以使用未知的发射数据采用盲自适应处理或其它技术来导出 CSI。

[0123] 在 AAS 的情况下，为了对向量  $w_1$ 、 $w_2$ 、 $c_2$  和  $c_1$  进行估计，链路的两个方向均需要投入使用。在 SAS 的情况下，特定方向中的波束形成向量  $w_1$  和  $w_2$  以及组合向量  $c_2$  和  $c_1$  是相等的。因此， $w_1 = w_2$  和  $c_2 = c_1$ ，并且仅使用链路的一个方向来计算向量  $w_1$ 、 $w_2$ 、 $c_2$  和  $c_1$ 。

[0124] 图 6 描绘了从接收机角度在第一收发机和第二收发机之间进行波束形成的示例性操作 600。例如，一个收发机可以是微微网控制器（PNC），另一个收发机可以是微微网用户设备。在 610，第二收发机（或者第二设备）从第一收发机（或者第一设备）接收波束形成码本的一个子集。在 620，第二设备可以使用组合码本的一个子集来获得第一 CSI 矩阵，该矩阵可以用于估计第一设备的优选波束形成向量  $w_1$  和第二设备的优选组合向量  $c_2$ 。

[0125] 码本是包括一列或多列的矩阵，其中每一列表示一个波束形成向量或一个组合向量。因此，每一列可以与一个特定的波束方向图和 / 或波束方向相对应。一般情况下，这组列的跨度为整个空间（即，360 度）。

[0126] 在 630，可以估计并生成优选波束形成向量  $w_1$  和优选组合向量  $c_2$ 。应当理解的是，术语“优选波束形成向量”和“优选组合向量”表示优选值的估计量，对于这些估计量的优化受到一个或多个处理约束条件以及有限的处理时间（其限制了迭代计算的次数）的限制，其中，这些处理约束条件包括（但不限于）由于量化而引起的信息损失，其简化了假设，以便为了降低计算复杂度而牺牲一些精确性和 / 或精度。还可以应用其它约束条件。例如，在本发明的一些方面中，相对于可用向量的子集来说，可以认为导致信号质量度量在预定的门限之上的波束形成和 / 或组合向量是优选的。因此，在本申请中，术语“优选波束形成向量”等同于优选波束形成向量。同样，术语“优选组合向量”等同于优选波束形成向量。估计步骤 630 可以使用任意的不同优化准则，例如 EESM 或者均值 SNR。

[0127] 在 640，可以将优选波束形成向量  $w_1$ （和（可选的）优选组合向量  $c_2$ ）发送回第一设备。对于 AAS 来说，可以重复步骤 610 到 640，其中可以交换“第一设备”和“第二设备”的指定。因此，还可以估计优选波束形成向量  $w_2$  和优选组合向量  $c_1$ 。对于 SAS 来说， $w_1 = w_2$  且  $c_2 = c_1$ 。

[0128] 图 26 描绘了从发射机角度在第一收发机和第二收发机之间进行波束形成的示例性操作 2600。在 2610，第一收发机（或第一设备）可以向第二收发机（或第二设备）发射波束形成码本的一个子集。在 2620，一旦在第二设备确定了优选波束形成向量  $w_1$ ，第一设备就可以从第二设备接收作为反馈的优选波束形成向量  $w_1$ 。在 2630，第一设备可以使用波束形成向量  $w_1$  在发射方向集的一个发射方向（例如，波束方向）上与第二设备进行通信。

[0129] 图 7 描绘了用于更新波束形成和组合向量的示例性操作 700。在 710，第二设备按与获得操作 610-640 期间使用的速率相比而言较低的速率来接收波束形成码本的一个子集。在 720，可以更新优选波束形成向量  $w_1$  和优选组合向量  $c_2$ 。在 730，更新后的波束形成向量  $w_1$ （和（可选的）更新后的组合向量  $c_2$ ）可以反馈给第一设备。对于 AAS 来说，可以重

复步骤 710 到 730,其中可以交换“第一设备”和“第二设备”的指定。因此,还可以更新优选波束形成向量  $w_2$  和优选组合向量  $c_1$  的估计量。对于 SAS 来说,  $w_1 = w_2$  且  $c_2 = c_1$ 。

[0130] 波束形成码本和波束方向图

[0131] 对于具有  $N$  个单元的均匀间隔的线性天线阵列来说,阵列因子可以定义为:

$$[0132] \quad A(\theta) = \sum_{n=1}^N w_n e^{j2\pi m(d/\lambda)\cos\theta} \quad (10)$$

[0133] 其中,  $d$  是阵列单元之间的间距,  $\theta$  表示与线性阵列的轴的角度,  $\lambda$  是波长,  $w_n$  是第  $n$  个阵列单元的阵列单元权重。天线阵列方向可以用下式来表示:

$$[0134] \quad D = \frac{\max |A(\theta)|^2}{\mathbf{w}^H \cdot \mathbf{K} \cdot \mathbf{w}} \quad (11)$$

[0135] 其中,

$$[0136] \quad K_{n,m} = \frac{\sin[2\pi(d/\lambda)(n-m)]}{2\pi(d/\lambda)(n/m)}, \quad n, m = 0, 1, \dots, N-1 \quad (12)$$

[0137] 最大可能方向性是  $D_{\max} = N$ 。

[0138] 二维阵列的阵列因子可以用下式来表示:

$$[0139] \quad A(\theta, \phi) = \sum_{m=1}^{N_x} \sum_{n=1}^{N_z} w_{m,n} e^{j2\pi[m(d_x/\lambda)\sin\theta\cos\phi + n(d_y/\lambda)\sin\theta\sin\phi]} \quad (13)$$

[0140] 其中,  $d_x$  表示沿  $x$  轴的阵列间距,  $d_z$  表示沿  $z$  轴的阵列间距,  $N_x$  是沿  $x$  轴的单元的数量,  $N_y$  是沿  $z$  轴的单元的数量,  $\phi$  是与  $x$  轴的旋转角度。天线权重  $w_{m,n}$  可以表示成  $w_{m,n} = w_{x,m} \cdot w_{z,n}$ , 其中  $m = 0:N_x-1$  且  $n = 0:N_z-1$ 。因此,天线权重矩阵可以用  $\mathbf{W}_{xz} = \mathbf{w}_x \cdot \mathbf{w}_z^T$  表示。

[0141] 在本发明的一个方面中,二维天线阵列可以通过使用沿  $x$  轴和  $z$  轴的码本来进行训练。可以将二维阵列的阵列因子分成一维 ( $x$  轴和  $z$  轴) 阵列分量,其表示为:

$$[0142] \quad A(\theta, \phi) = A_x(\theta, \phi) \cdot A_z(\theta, \phi), \quad (14)$$

[0143] 其中,

$$[0144] \quad A_x(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^{N_x} w_{x,n} e^{j2\pi[m(d_x/\lambda)\sin\theta\cos\phi]}, \quad (15)$$

$$[0145] \quad A_z(\theta, \phi) = \sum_{n=1}^{N_z} w_{z,n} e^{j2\pi n(d_z/\lambda)\sin\theta\sin\phi}。 \quad (16)$$

[0146] 具体而言,为了进行训练,可以使用从一维码本(例如,  $x$  轴和  $z$  轴码本)导出的二维码本。例如,二维码本  $\mathbf{W}_{xz} \in \mathbb{C}^{N_x \times N_z}$  可以使用沿  $x$  轴的一维天线阵列的码本  $\mathbf{w}_x \in \mathbb{C}^{N_x \times 1}$  和沿  $z$  轴的一维天线阵列的码本  $\mathbf{w}_z \in \mathbb{C}^{N_z \times 1}$  来表示。例如,二维天线权重可以根据  $x$  轴和  $z$  轴天线权重算出,如:

$$[0147] \quad w_{m,n} = w_{x,m} \cdot w_{z,n}, \quad \text{其中 } m = 0:N_x-1 \text{ 且 } n = 0:N_z-1 \quad (17)$$

[0148] 本发明的某些方面支持生成和/或使用波束码本和扇区码本。在本申请中,“波束码本”表示一种在其中波束的数量大于或等于天线数量的码本。在本申请中,“扇区码本”表示准全向码本,其包括可以数量小于天线数量的波束。

[0149] 对于在本发明的某些方面中使用波束码本进行训练而言,使用一对一维波束码本来替代二维码本是足够的。在本发明的一个方面中,用于  $N$  个天线和  $M$  个波束的波束码本

矩阵可以表示成：

$$[0150] \quad W(n, m) = j^{\text{fix}\left[\frac{n \times \text{mod}(m + (M/2), M)}{(M/4)}\right]}, \text{其中 } n = 0:N-1 \text{ 且 } m = 0:M-1 \quad (18)$$

[0151] 其中,  $\text{fix}(\cdot)$  是返回其参数的整数部分的函数。在一个替代性的方面, 函数  $\text{fix}(\cdot)$  可以用函数  $\text{round}(\cdot)$  来替代, 其中函数  $\text{round}(\cdot)$  将其参数取整为最接近的整数。应当理解的是, 可以使用替代性的公式和函数来计算波束码本矩阵中的元素, 并且本申请描述的方面旨在说明本发明的示例而不是限制本发明。

[0152] 图 8A 描绘了由与下面码本矩阵相对应的四单元线性阵列生成的四种波束方向图 801-804：

$$[0153] \quad \mathbf{W} = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 \\ -1 & -j & +1 & +j \\ +1 & -1 & +1 & -1 \\ -1 & +j & +1 & -j \end{bmatrix} \quad (19)$$

[0154] 图 8B 描绘了由使用下面码本矩阵的四单元线性阵列生成的六种波束方向图 811-816：

$$[0155] \quad \mathbf{W} = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ -1 & -1 & -j & +1 & +1 & +j \\ +1 & +j & -1 & +1 & +j & -1 \\ -1 & +1 & -1 & +1 & -1 & +1 \end{bmatrix} \quad (20)$$

[0156] 使用图 8B 中示出的波束方向图的好处在于：如果四单元阵列处于接收模式, 并且最强的接收信号方向是  $45^\circ$ , 那么波束方向图 813 (并因此, 阵列增益) 可以在最强的接收信号方向达到最大值。如果使用了图 8A 中的四种波束方向图, 那么最强的接收信号在波束方向图 801 和 802 之间到达, 而在此处阵列增益非常低。

[0157] 相同的四单元阵列可以使用能够使其生成其它波束方向图的替代性码本。例如, 图 8C 描绘了由使用下面码本矩阵的四单元线性阵列生成的八种波束方向图 821-828：

$$[0158] \quad \mathbf{W} = \begin{bmatrix} +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 & +1 \\ -1 & -1 & -j & -j & +1 & +1 & +j & +j \\ +1 & +j & -1 & -j & +1 & +j & -1 & -j \\ -1 & -j & +j & -1 & +1 & +j & -j & +1 \end{bmatrix} \quad (21)。$$

[0159] 为了提供不同的角度分辨率, 天线阵列可以使用提供变化数量的波束方向图的多码本。在本发明的一个方面中, 训练可以首先使用低分辨率 (即, 宽) 波束, 接着使用高分辨率 (即, 窄) 波束。在一些方面, 宽波束可以包括多个窄波束。

[0160] 当使用波束码本进行二维阵列的训练时, 可以使用  $x$  轴和  $z$  轴的一维阵列的波束码本来计算二维阵列的波束码本。如果  $x$  轴码本包括  $K_x$  个波束,  $z$  轴码本包括  $K_z$  个波束, 那么二维阵列就具有  $K_x \cdot K_z$  个波束。

[0161] 对于本发明的某些方面中使用扇区码本而言, 用于  $N$  个天线 (其中,  $N$  是偶数) 和  $M = N/2$  个扇区的扇区码本矩阵可以用下式来表示：

$$[0162] \quad W(n, m) = \begin{cases} (-j)^{\text{mod}(n,2)} & m = 0 \\ (-1)^{\text{fix}\left[\frac{n \times \text{mod}(m+(M/2),M)}{(M/2)}\right]} & n = 0 : N-1 \quad m = 1 : M-1 \end{cases}, \quad (22)$$

[0163] 其中,每一个扇区可以包括具有 N 个波束的波束码本中的两个波束。本发明的替代性方面可以提供用于生成扇区码本矩阵的公式和函数的变型。例如,公式 (22) 中的  $\text{fix}(\cdot)$  函数可以用函数  $\text{round}(\cdot)$  来替代。根据替代性的应用和方面,还可以进行其它变化,这些都是本领域的普通技术人员所能理解的。

[0164] 图 9A 描绘了包括由一维六个单元阵列生成的六种波束方向图 901-906 的波束方向图。扇区波束方向图可以通过组合波束对来生成。例如,第一扇区可以包括波束方向图 901 和 904,第二扇区可以包括波束方向图 902 和 905,第三扇区可以包括波束方向图 903 和 906。因此,扇区可以包括相邻的或非相邻的波束方向图。此外,扇区还可以重叠。

[0165] 图 9B 描绘了线性六单元天线阵列的一对扇区波束方向图 911 和 912。相应的两个扇区码本可以用下式来表示:

$$[0166] \quad \mathbf{W} = \begin{bmatrix} +1 & +1 \\ +1 & -1 \\ -j & -j \\ -1 & +1 \\ +1 & +1 \\ -1 & +1 \end{bmatrix} \quad (23)$$

[0167] 在本发明的替代性方面,还可以针对  $M \neq N/2$  的情况来提供扇区码本。

[0168] 波束形成优化准则

[0169] 在本发明中提出了两种波束形成优化准则:适用于所有天线配置的波束转换(导向, steering)和跟踪(BST)准则;仅适用于一维(1-D)线性天线阵列和二维(2-D)平面天线阵列的方向图估计和跟踪(PET)准则。支持 PET 方法的所有设备(DEV)还都支持 BST。如果构成通信链路的两个 DEV 都支持这种特定的 PET 准则,那么就只能使用 PET。

[0170] BST 准则独立于所使用的天线配置,即, BST 可以应用于转换式天线、扇区化天线、以及使用多输入多输出(MIMO)发射/接收的天线阵列。应当注意的是, BST 不需要关于特定设备(DEV)使用的码本的任何信息,即, DEV 2 不需要知道 DEV 1 使用的码本, DEV 2 也不需要知道 DEV 1 使用多少天线。因此, BST 表示适用于任何天线配置和关于其它 DEV 的任何数量可用信息的波束形成准则。BST 准则基于在波束形成的每一个层级选择优选方向图集,以及基于在跟踪阶段期间跟踪优选方向图。另一方面, PET 准则基于寻找优选波束形成器和组合器向量(即,天线权重),这些向量不必落入给定的波束方向图集。

[0171] 波束形成协议

[0172] 本发明的某些方面支持两种波束形成协议:按需波束形成协议和主动波束形成协议。按需波束形成可以在向 DEV 分配的信道时间分配时期(CTAP)发生。DEV 1 可以保留一个 CTAP,以专门用于与另一个设备 DEV2 的波束形成获取。在主动波束形成中,扇区层级训练发生在超帧的信标部分中的扇区训练段。例如,如图 10 所示, DEV 的扇区数量可以在波束形成能力信息单元(IE)中指定。DEV 可以在关联过程期间或之后,向微微网控制器(PNC)发送其波束形成能力 IE。PNC 可以广播波束形成能力 IE 或将其中继给愿意与该 DEV 进行

通信的任何其它设备。跟在扇区层级训练和波束层级训练之后,消息交换可以在向 PNC 和向 DEV 分配的波束形成 CTAP 中发生。

[0173] 在按需波束形成的情况下,DEV 1 为了与 DEV 2 执行波束形成,其可以请求服务周期 (SP)。可以为该 SP 分配专用的流索引。可以在波束形成能力信息单元 (IE) 中,与 DEV 1 和 DEV 2 波束形成能力一起广播 SP 分配。在图 10 中示出了波束形成能力 IE 结构的一个示例。

[0174] 波束形成能力 IE 可以指定发射和接收设备的全向和扇区数量。对于本发明的某些方面来说,如果字段“#Tx 准全向”等于 1,那么设备能够进行全向发射。此外,如果字段“#Rx 准全向”等于 1,那么该设备能够进行全向接收。对于本发明的某些方面来说,如果“天线阵列类型”字段等于 0,那么可以使用转换式天线,如果“天线阵列类型”字段等于 1,那么可以使用扇区化天线,如果该字段等于 2,那么可以使用天线间距为波长一半的一维 (1-D) 线性天线阵列,如果该字段等于 3,那么可以使用天线间距为波长一半的二维 (2-D) 线性天线阵列。“天线阵列类型”字段的值 4 可以不指定,而值 5-7 保留。

[0175] 波束形成能力 IE 可以包括每一个设备能够支持的波束形成层级的最大数量的有关信息。波束形成能力 IE 还可以指定发射和接收设备的发射天线和接收天线数量。波束形成能力 IE 的“PET”字段指示不需要使用基于码本的方向图估计和跟踪程序来进行波束形成。如图 10 中所示,还可以提供跟踪支持。

[0176] 多分辨率波束形成

[0177] 一般情况下,具有例如  $8 \times 8 = 64$  个单元的二维发射机阵列在由  $8 \times 8$  个波束形成码本指定的 64 个不同的方向发射 64 个训练序列。具有例如  $6 \times 6 = 36$  个单元的二维接收机阵列在 36 个不同的组合方向接收 64 个发射序列中的每一个。因此,需要  $64 \times 36 = 2304$  个训练序列来识别优选发射/接收波束对。这个过程具有不可容许的大处理时延。本发明的某些方面支持一种波束形成的方法,该方法使用多分辨率,其降低了波束形成的计算复杂度和处理时延。

[0178] 对于本发明的某些方面来说,发射机可以使用沿着 x 轴和 z 轴中的每一个轴的多个扇区方向图。每一个扇区方向图可以包括多个更窄的 x 轴和 z 轴波束方向图。一旦确定了优选扇区方向图,就可以确定该扇区中优选窄波束。因此,可以大大减少识别优选发射/接收波束对而需要的训练序列数量。

[0179] 图 11 描绘了用于多分辨率波束形成的示例性操作 1100。在进行波束形成处理之前,第一设备和第二设备可以交换天线阵列信息(没有示出),例如:沿 z 轴的天线数量、沿 x 轴的天线数量、在粗粒度获取期间第一设备和第二设备将要使用的扇区数量、在波束层级训练期间要使用的码本标识(或波束数量)、在跟踪处理期间要使用的码本标识(或 HRS 波束数量)。此外,在每一次波束形成处理之前,即在每一次数据会话之前,第一设备和第二设备可以交换该次具体数据会话要使用的一个或多个波束形成层级的数量的有关信息。

[0180] 举一个示例性的情况,第一设备(例如,微微网控制器)和第二设备(例如,用户设备)均具有八个单元的 1-D 线性阵列,并使用相同的扇区化。当第二设备与 PNC 进行关联时,这两个设备可以交换下列信息:沿 z 轴的天线数量 ( $N_z = 8$ )、沿 x 轴的天线数量 ( $N_x = 1$ )、等于 2 的扇区数量、等于 8 的波束数量、等于 32 的用于跟踪的 HRS 波束数量、聚群信息(例如,一个聚群包括一个波束,一个波束等于四个 HRS 波束)。

[0181] 在 1110, 根据某种信号质量度量, 第一设备和第二设备可以选择至少一个优选扇区方向图, 以用于发射 / 接收。这种选择处理过程可以称为粗粒度获取处理过程。每一个扇区方向图可以包括多个波束方向图。例如, 可以将用于发射的一个或多个扇区识别为在接收机一侧提供 (由信号质量或性能度量的任意组合所衡量的) 最佳信号。

[0182] 可以将每一个选定的扇区中的波束方向图分组成多个聚群。这样, 每一个聚群可以包括多个沿着 x 轴和 z 轴的相邻波束方向图, 每一个扇区包括一个或多个聚群。聚群可以包括通过信号质量或性能度量的任意组合而选定的扇区中的波束。

[0183] 在 1120, 第一设备和第二设备可以选择用于发射和用于接收的至少一个优选波束方向图。该选择处理过程可以称为精获取处理过程, 其还可以包括通过信号质量或性能度量的任意组合来选择一个或多个优选聚群。通过信号质量或性能度量 (例如, ESNR) 的任意组合来选择一个或多个波束, 以用于数据通信。对于本发明的某些方面来说, 为了在正通信的设备之间提供一个以上的不同路径, 可以故意地在非相邻聚群中选择优选波束。这在以下情况尤其有利, 即: 优选波束方向突然经历强烈的损失, 并且, 为了维持信号质量需要替代的路径。

[0184] 在 1130, 第一设备和第二设备跟踪用于发射和接收的至少一个优选波束方向图。跟踪还可以使用 HRS 波束码本提供的波束, 其中, 与常规波束相比, HRS 波束能提供较高的分辨率。可以向每一个选定聚群分配 HRS 波束, 以用于低速率跟踪。可以使用性能标准的任何组合来更新对使用哪个 HRS 波束的选择, 可以按与数据传输相比而言较低的速率定期地进行这种重新估计处理过程。

[0185] 图 27 描绘了根据本发明的某些方面, 从发射机角度确定优选发射方向的示例性操作。在 2710, 可以使用第一发射方向集向一个设备发射训练信号。在 2720, 可以从该设备接收至少一个第一优选发射方向的指示, 其中, 所述至少一个第一优选发射方向是从第一发射方向集导出的。在 2730, 可以使用第二发射方向集向该设备发射训练信号, 其中第二发射方向集是从至少一个第一优选发射方向导出的。在 2740, 可以从该设备接收至少一个第二优选发射方向的指示, 其中, 所述至少一个第二优选发射方向是从第二发射方向集导出的。在 2750, 使用所述至少一个第二发射优选方向来与该设备进行通信。

[0186] 图 28 描绘了根据本发明的某些方面, 从接收机角度确定优选发射方向的示例性操作。在 2810, 可以接收从一个设备使用第一发射方向集发射的训练信号。在 2820, 可以从第一发射方向集导出优选发射方向。在 2830, 向该设备提供优选发射方向的指示, 以作为对该设备的反馈, 其中该反馈是通过扫描第二发射方向集来提供的。

[0187] 操作 2700 和 2800 是多分辨率波束形成的通用例子。在本发明的下文中描述多分辨率波束形成的更具体示例。

[0188] 图 12 描绘了根据本发明的某些方面, 进行四阶段扇区层级训练的示例性操作 1200。在 1210, 可以执行扇区的训练, 以确定至少一个优选扇区。在 1220, 可以向另一个设备发送关于至少一个优选扇区的反馈信息。之后, 在 1230, 可以执行扇区 - 波束映射, 将所述至少一个优选扇区映射到波束。例如, 可以通过将所述至少一个优选扇区切分成一些波束来实现映射。发送到另一个设备的映射消息可以包括关于该特定设备在波束层级训练中使用的发射和接收波束方向的数量。最后, 在 1240, 为了确认已经接收到映射消息, 可以从该设备反馈确认信息。

[0189] 应当注意的是,操作 1200 表示扇区层级训练阶段的逻辑划分,即:在物理无线信道上的通信期间可以将这些阶段中的一些组合在一起。例如,跟在从 DEV 1 到 DEV 2 的扇区层级训练阶段之后,可以将反馈和映射消息作为从 DEV 2 向 DEV 1 发射的训练序列的一部分(即,作为从 DEV 2 到 DEV 1 的扇区层级训练阶段 1210 的一部分)组合地从 DEV 2 发送到 DEV 1。

[0190] 图 13 描绘了在非对称天线系统(AAS)中确定优选扇区的示例性操作 1300,图 14A-14D 描绘了在训练和反馈阶段期间广播的帧结构。操作 1300 还可以与图 11 中的步骤 1110 相对应。步骤 1302-1312 可以与图 12 中的扇区训练阶段 1210 相对应,步骤 1314-1320 可以与反馈阶段 1220 相对应。在不失一般性的情况下,可以假设的是,设备可以使用二维天线阵列来进行发射和接收。编号为  $d$  的 DEV 的发射和接收天线单元的总数量分别等于  $M^{(d,t)}$  和  $M^{(d,r)}$ 。每一个设备可以选择其自己的扇区码本。每一个设备可以根据天线数量和波束的预定数量,选择其波束码本。

[0191] 在 1302,还如图 14A 所示,第一设备可以使用  $J^{(1,t)}$  个扇区在  $J^{(1,t)}$  个循环中发射训练序列集。对于第二设备来说,训练序列集的每一个训练序列都是已知的,这些序列可以基于一对格雷序列。每一个循环中的传输可以包括在第一设备的相同发射扇区中发送的  $J^{(2,r)}$  个训练序列,其与第二设备中的所有可能接收扇区相对应。在 1304,第二设备在每一个循环期间可以使用  $J^{(2,r)}$  个不同的扇区接收这些训练序列。在 1306,根据所接收的训练序列,可以确定第二设备的至少一个优选接收扇区方向,还可以确定第一设备的至少一个优选发射扇区方向。可以通过信号质量或性能度量的任意组合来确定优选扇区。对于本发明的某些方面来说,在 1302,可以使用每一个循环中的  $J^{(1,t)}$  个不同的发射扇区,从第一设备发射每一个循环中的  $J^{(1,t)}$  个训练序列。在 1304,第二设备可以使用  $J^{(2,r)}$  个不同接收扇区中的一个,接收一个循环中的所有  $J^{(1,t)}$  个训练序列。在每一个后续循环中,第二设备可以使用新的接收扇区,在  $J^{(2,r)}$  个循环之后,可以使用第二设备的所有  $J^{(2,r)}$  个接收扇区。

[0192] 在 1308,如图 14B 所示,第二设备可以使用  $J^{(2,t)}$  个扇区,在  $J^{(2,t)}$  个循环中发射训练序列集。训练序列集的每一个训练序列对于第一设备都是已知的,这些序列可以基于一对格雷序列。每一个循环中的传输可以包括在第二设备的相同发射扇区中发送的  $J^{(1,r)}$  个训练序列,其与第一设备中的所有可能接收扇区相对应。在 1310,第一设备在每一个循环期间可以使用  $J^{(1,r)}$  个不同的扇区接收这些训练序列。在 1312,根据所接收的训练序列,可以确定第一设备的至少一个优选接收扇区方向,还可以确定用于第二设备的至少一个优选发射扇区方向。可以通过信号质量或性能度量的任意组合来确定优选扇区。对于本发明的某些方面来说,在 1308,可以使用每一个循环中的  $J^{(2,t)}$  个不同的发射扇区,从第二设备发射每一个循环中的  $J^{(2,t)}$  个训练序列。在 1310,第一设备可以使用  $J^{(1,r)}$  个不同接收扇区中的一个,接收一个循环中的所有  $J^{(2,t)}$  个训练序列。在每一个后续循环中,第一设备可以使用新的接收扇区,在  $J^{(1,r)}$  个循环之后,可以使用第一设备的所有  $J^{(1,r)}$  个接收扇区。

[0193] 在 1314,还如图 14C 所示,第一设备可以通过使用  $J^{(1,t)}$  个扇区  $S_0^{(1,t)}, \dots, S_{j_0^{(1,t)}}^{(1,t)}, \dots, S_{j_{J^{(1,t)}-1}^{(1,t)}}^{(1,t)}$  来  $J^{(1,t)}$  次发射反馈消息,以反馈关于第二设备的至少一个优选发射扇区方向的信息。在 1316,如图 14C 所示,第二设备可以使用优选接收扇区  $S_{j_0^{(2,r)}}^{(2,r)}$ ,接收和译码关于至少一个优选发射扇区方向的信息。对于本发明的某些方面来说,当第一设备具有

全向能力时,可以不需要扫描所有发射扇区。在 1318,如图 14D 中所示,第二设备通过使用优选发射扇区 $S_{(a,r)}^{(2,t)}$ 发射反馈消息,来反馈关于第一设备的至少一个优选发射扇区方向的信息。在 1320,如图 14D 中所示,第一设备可以使用其优选接收扇区 $S_{(a,r)}^{(1,t)}$ ,来接收和译码关于至少一个优选发射扇区方向的信息。

[0194] 在反馈阶段结束后,两个设备均已知道它们的优选发射和接收扇区。如图 12 中的步骤 1230 所示,映射阶段可以跟在反馈阶段之后。在此阶段,一个设备可以将优选发射和接收扇区映射到波束,并向另一个设备发送相关的信息。在成功接收到该信息之后,另一个设备可以反馈确认消息,如图 12 中的步骤 1240 所示。

[0195] 图 15 描绘了在对称天线系统(SAS)中确定优选扇区的示例性操作,图 16A-16B 描绘了在训练和反馈阶段期间广播的帧结构。操作 1500 还可以与图 11 中的步骤 1110 相对应。步骤 1510-1530 可以与图 12 中的扇区训练阶段 1210 相对应,步骤 1540-1550 可以与反馈阶段 1220 相对应。在不失一般性的情况下,可以再次假设的是,设备可以使用二维天线阵列来进行发射和接收,而每一个设备使用相同的天线阵列来进行发射和接收。第一设备可以包括具有 $N_x \times N_z = M^{(1)}$ 个单元的二维天线阵列,第二设备包括具有 $M_x \times M_z = M^{(2)}$ 个单元的二维天线阵列。对于本发明的这个方面来说, $J^{(1)}$ 指示第一设备的扇区数量, $J^{(2)}$ 指示第二设备的扇区数量。每一个设备可以选择其自己的扇区码本。每一个设备可以根据天线数量和波束的预定数量,选择其波束码本。

[0196] 在 1510,如图 16A 所示,第一设备可以使用 $J^{(1)}$ 个扇区在 $J^{(1)}$ 个循环中发射训练序列集。训练序列集的每一个训练序列对于第二设备来说都是已知的,这些序列可以基于一对格雷序列。每一个循环中的传输可以包括在第一设备的相同扇区中发送的 $J^{(2)}$ 个训练序列,其与第二设备中的所有可能扇区相对应。在 1520,第二设备在每一个循环期间可以使用 $J^{(2)}$ 个不同的扇区接收这些训练序列。在 1530,根据所接收的训练序列,可以确定第二设备的至少一个优选扇区方向,还可以确定第一设备的至少一个优选扇区方向。可以通过信号质量或性能度量的任意组合来确定优选扇区。对于本发明的某些方面来说,在 1510,可以使用每一个循环中的 $J^{(1)}$ 个不同的扇区,从第一设备发射每一个循环中的 $J^{(1)}$ 个训练序列。在 1520,第二设备可以使用 $J^{(2)}$ 个扇区中的一个,接收一个循环中的所有 $J^{(1)}$ 个训练序列。在每一个后续循环中,第二设备可以使用新的接收扇区,在 $J^{(2)}$ 个循环之后,可以使用第二设备的所有 $J^{(2)}$ 个扇区。

[0197] 在 1540,如图 16B 所示,第二设备可以通过使用其优选扇区 $S_{(a,r)}^{(2)}$ 来 $J^{(1)}$ 次发射反馈消息,以反馈关于第一设备的至少一个先前确定的优选扇区方向的信息。在 1550,如图 16B 中所示,第一设备可以使用 $J^{(1)}$ 个扇区 $S_0^{(1)}, \dots, S_{j_0}^{(1)}, \dots, S_{j_0-1}^{(1)}$ ,接收和译码关于至少一个优选扇区方向的信息。

[0198] 在反馈阶段结束后,两个设备均已知道它们的优选扇区。如图 12 中的步骤 1230 所示,映射阶段可以跟在反馈阶段之后。在此阶段,一个设备可以将优选扇区映射到波束聚群以及映射到波束方向图,还可以向另一个设备发送相关的信息。在成功接收到该信息之后,另一个设备可以反馈确认消息,如图 12 中的步骤 1240 所示。

[0199] 图 17 描绘了一种示例性的情况,在此情况中,设备选择两个优选扇区,并将这些扇区划分成聚群 1710 和 1720。每一个聚群可以包括多个波束。如图 17 所示,本申请所使

用的“聚群”可以指一组相邻的波束。该设备还可以使用波束码本以将这些波束映射到扇区。

[0200] 图 18 描绘了作为图 12 中映射阶段 1230 的一部分,将优选扇区划分成波束聚群的示例性操作 1800。在 1810,一个设备可以将其优选发射和接收扇区划分成至少一个波束聚群。在 1820,该设备可以向其它设备发送反馈信息,其包括:聚群的数量、每一个聚群中波束的数量、每一个聚群中波束的码字标识符、哪个波束属于哪个聚群。

[0201] 在 1830,其它设备也可以将其优选发射和接收扇区划分成至少一个波束聚群,在 1840,其可以通知该设备关于以下的信息:在波束获取期间将使用的聚群的数量、每一个聚群的波束数量、在每一个聚群中的波束的码字标识符。

[0202] 图 19 描绘了根据本发明的某些方面,进行四阶段波束层级训练的示例性操作 1900。在 1910,可以执行波束训练以确定至少一个优选波束。在 1920,可以向另一个设备发送关于至少一个优选波束的反馈信息。之后,在 1930,可以执行波束-HRS 波束映射,将所述至少一个优选波束映射到 HRS 波束。例如,可以通过将所述至少一个优选扇区切分成一些波束来实现映射。发送到另一个设备的映射消息可以包括关于该特定设备在跟踪阶段期间可使用的发射和接收 HRS 波束方向的数量。最后,在 1940,为了确认已经接收到映射消息,可以从该设备反馈确认信息。

[0203] 应当注意的是,操作 1900 表示波束层级训练阶段的逻辑划分,即:在物理无线信道上的通信期间可以将这些阶段中的一些组合在一起。例如,跟在从 DEV 1 到 DEV 2 的波束层级训练阶段 1910 之后,可以将反馈和映射消息作为从 DEV 2 向 DEV 1 发射的训练序列的一部分(即,作为从 DEV2 到 DEV 1 的波束层级训练阶段 1910 的一部分)组合地从 DEV 2 发送到 DEV 1。

[0204] 图 20 描绘了用于在 AAS 中确定扇区中的优选波束的示例性操作 2000,图 21A-21D 描绘了在训练和反馈阶段期间广播的帧结构。操作 2000 还可以与图 11 中的步骤 1120 相对应。步骤 2002-2012 可以与图 19 中的波束训练阶段 1910 相对应,步骤 2014-2020 可以与反馈阶段 1920 相对应。

[0205] 在 2002,如图 21A 所示,第一设备可以使用  $K^{(1,t)}$  个波束在  $K^{(1,t)}$  个循环中发射训练序列集。训练序列集的每一个训练序列对于第二设备是已知的,这些序列可以基于一对格雷序列。每一个循环中的传输可以包括在第一设备的相同发射波束中发送的  $K^{(2,r)}$  个训练序列,其与第二设备中的所有可能接收波束相对应。在 2004,第二设备在每一个循环期间可以使用  $K^{(2,r)}$  个不同的波束接收这些训练序列。在 2006,根据所接收的训练序列,可以确定第二设备的至少一个优选接收波束,还可以确定第一设备的至少一个优选发射波束。可以通过信号质量或性能度量的任意组合来确定优选波束。对于本发明的某些方面来说,在 2002,可以使用每一个循环中的  $K^{(1,t)}$  个不同的扇区,从第一设备发射每一个循环中的  $K^{(1,t)}$  个训练序列。在 2004,第二设备可以使用  $K^{(2,r)}$  个接收波束中的一个,接收一个循环中的所有  $K^{(1,t)}$  个训练序列。在每一个后续循环中,第二设备可以使用新的接收波束,在  $K^{(2,r)}$  个循环之后,使用第二设备的所有  $K^{(2,r)}$  个接收波束。

[0206] 在 2008,如图 21B 所示,第二设备可以使用  $K^{(2,t)}$  个波束,在  $K^{(2,t)}$  个循环中发射训练序列集。训练序列集的每一个训练序列对于第一设备都是已知的,这些序列可以是基于一对格雷序列。每一个循环中的传输可以包括在第二设备的相同发射波束中发送的  $K^{(1,r)}$

训练序列,其与第一设备中的所有可能接收波束相对应。在 2010,第一设备在每一个循环期间可以使用  $K^{(1,r)}$  个不同的波束接收这些训练序列。在 2012,根据所接收的训练序列,可以确定第一设备的至少一个优选接收波束方向,还可以确定第二设备的至少一个优选发射波束方向。可以通过信号质量或性能度量的任意组合来确定优选波束。对于本发明的某些方面来说,在 2008,可以使用每一个循环中的  $K^{(2,t)}$  个不同的发射波束,从第二设备发射每一个循环中的  $K^{(2,t)}$  个训练序列。第一设备可以使用  $K^{(1,r)}$  个接收波束中的一个,接收一个循环中的所有  $K^{(2,t)}$  个训练序列。在每一个后续循环中,第一设备可以使用新的接收波束,在  $K^{(1,r)}$  个循环之后,可以使用第一设备的所有  $K^{(1,r)}$  个接收波束。

[0207] 在 2014,如图 21C 所示,第一设备可以通过使用在扇区层级训练中选择的优选发射扇区  $S_{j(a,r)}^{(1,r)}$  来发射反馈消息,以反馈关于第二设备的至少一个优选发射波束方向的信息。在 2016,如图 21C 中所示,第二设备可以使用优选接收扇区  $S_{j(b,r)}^{(2,r)}$ ,接收和译码关于至少一个优选发射波束方向的信息。在 2018,如图 21D 中所示,第二设备通过使用优选发射波束  $B_{k(c,t)}^{(2,t)}$  或者使用在扇区层级训练中选择的优选发射扇区  $S_{j(d,t)}^{(2,t)}$  发射反馈消息,来反馈关于第一设备的至少一个优选发射波束方向的信息。在 2020,第一设备可以使用如图 21D 所示的优选接收波束  $B_{k(e,r)}^{(1,r)}$  或者使用在扇区层级训练中选择的优选接收扇区  $S_{j(f,r)}^{(1,r)}$ ,来接收和译码关于至少一个优选发射波束方向的信息。

[0208] 在反馈阶段结束后,两个设备均已知道它们的优选发射和接收波束。如图 19 中的步骤 1930 所示,映射阶段可以跟在反馈阶段之后。在此阶段,一个设备可以将优选发射和接收波束映射到高分辨率波束,并向另一个设备发送相关的信息。在成功接收到该信息之后,另一个设备可以反馈确认消息,如图 19 中的步骤 1940 所示。

[0209] 除了在波束获取过程中在两个设备中确定优选波束之外,第一设备还可以调整一个或多个聚群中的波束的数量,并将这些变化发送给第二设备。例如,第一设备可以减少每一个聚群中波束的数量。第一设备可以使用其优选发射波束来发射该信息。第二设备可以使用其优选接收波束来接收该信息,并反馈确认消息。

[0210] 图 22 描绘了在 SAS 中确定用于发射 / 接收的优选波束的示例性操作,图 23A-23B 描绘了在训练和反馈阶段期间广播的帧结构。操作 2200 还可以与图 11 中的步骤 1120 相对应。步骤 2210-2230 可以与图 19 中的波束训练阶段 1910 相对应,步骤 2240-2250 可以与反馈阶段 1920 相对应。对于本发明的这个方面来说, $K^{(1)}$  指示用于第一设备的波束数量, $K^{(2)}$  指示用于第二设备的波束数量。

[0211] 在 2210,如图 23A 所示,第一设备可以使用  $K^{(1)}$  个波束在  $K^{(1)}$  个循环中发射训练序列集。训练序列集的每一个训练序列对于第二设备都是已知的,这些序列可以基于一对格雷序列。每一个循环中的传输可以包括在第一设备的相同波束中发送的  $K^{(2)}$  个训练序列,其与第二设备中的所有可能波束相对应。在 2220,第二设备在每一个循环期间可以使用  $K^{(2)}$  个不同的波束接收这些训练序列。在 2230,根据所接收的训练序列,可以确定第二设备的至少一个优选波束方向,还可以确定第一设备的至少一个优选波束方向。可以通过信号质量或性能度量的任意组合来确定优选波束。对于本发明的某些方面来说,在 2210,可以使用每一个循环中的  $K^{(1)}$  个不同的波束,从第一设备发射每一个循环中的  $K^{(1)}$  个训练序列。第二设

备可以使用  $K^{(2)}$  个波束中的一个,接收一个循环中的所有  $K^{(1)}$  个训练序列。在每一个后续循环中,第二设备可以使用新的波束,在  $K^{(2)}$  个循环之后,使用第二设备的所有  $K^{(2)}$  个波束。

[0212] 在 2240,如图 23B 所示,第二设备可以通过使用在扇区层级训练中选择的优选扇区  $S_{j_2}^{(2)}$  来发射反馈消息,以反馈关于第一设备的至少一个先前确定的优选波束方向的信息。

在 2250,如图 23B 所示,第一设备可以使用在扇区层级训练中选择的优选扇区  $S_{j_1}^{(1)}$ ,来接收和译码关于至少一个优选波束方向的信息。

[0213] 在反馈阶段结束后,两个设备均已知道它们的优选波束。如图 19 中的步骤 1930 所示,映射阶段可以跟在反馈阶段之后。在此阶段,一个设备可以将优选波束映射到高分辨率波束,并向另一个设备发送相关的信息。在成功接收到该信息之后,另一个设备可以反馈确认消息,如图 19 中的步骤 1940 所示。

[0214] 图 24 描绘了用于波束跟踪的示例性操作 2400,图 25 描绘了具有跟踪能力的分组的结构。操作 2400 还可以与图 11 中的步骤 1130 相对应。第一设备可以用于向第二设备发送数据分组,其中第一设备和第二设备均包括天线阵列。操作 2400 可以应用于 SAS 中的波束跟踪,以及 AAS 中第一设备和第二设备各自的优选发射波束和优选接收波束的跟踪。术语“第一设备”和“第二设备”在此情况下也可以交换,操作 2400 可以应用于第二设备和第一设备各自的优选发射波束和优选接收波束的跟踪。还可以在提供最高分辨率的高分辨率波束上执行跟踪程序,以更新用于发射和接收的优选方向。

[0215] 在 2410,第一设备可以构建多个跟踪分组,每一个跟踪分组中有一个波束跟踪比特,用以指示每一个跟踪分组包括用于进行跟踪的训练序列。例如,波束跟踪比特设为“1”的分组指出该分组是一个跟踪分组。图 25 示出了这种分组结构的一个例子。例如,包括波束跟踪比特的跟踪分组 2510 可以包括训练序列 (TS) 2512,接着是保护时间 (GT) 时隙 2514 以及数据分组 2516。

[0216] 在 2420,第一设备可以发射  $L^{(2,r)}$  个跟踪分组,其中  $L^{(2,r)}$  是第二设备一个聚群中的波束数量。可以使用优选波束  $B_{j_1}^{(1,r)}$  从第一设备发射所有  $L^{(2,r)}$  个数据分组 (图 25 中跟踪分组 2510 和 2520 各自的数据分组 2516 和 2526),使用第一设备一个聚群中的波束  $B_{j_1}^{(1,r)}$  来发射所有  $L^{(2,r)}$  个训练序列 (图 25 中的训练序列 2512 和 2522)。在 2430,第二设备可以使用优选波束  $B_{j_2}^{(2,r)}$  来接收  $L^{(2,r)}$  个数据分组,并使用该聚群中的所有  $L^{(2,r)}$  个波束来接收  $L^{(2,r)}$  个训练序列。

[0217] 可以针对第一设备的聚群中的每一个波束来重复上述处理过程。在  $L^{(1,t)}$  个循环之后,其中  $L^{(1,t)}$  是第一设备的聚群中波束的全部数量,在 2440,第一设备可以使用优选波束  $B_{j_1}^{(1,t)}$  来发射  $L^{(2,r)}$  个数据分组 (图 25 中跟踪分组 2530 和 2540 各自的数据分组 2536 和 2546),使用该聚群中的波束  $B_{j_1}^{(1,t)}$  来发射所有  $L^{(2,r)}$  个训练序列 (图 25 中的训练序列 2532 和 2542)。接着,在 2450,第二设备可以使用优选波束  $B_{j_2}^{(2,r)}$  来接收  $L^{(2,r)}$  个数据分组,并使用该聚群中的所有  $L^{(2,r)}$  个波束来接收  $L^{(2,r)}$  个训练序列。

[0218] 在 2460,第二设备可以确定一对优选波束,以用于第一设备和第二设备。如果与当前用于数据发射 / 接收的一对优选波束相比,这一对特定的波束具有较好的信号质量,那

么在 2470, 第二设备可以重整新优选波束周围的聚群, 并向第一设备发送关于这一对优选波束的反馈信息。在 2480, 第一设备可以接收关于该对优选波束的信息, 转换到新的优选波束以进行数据传输, 并重整新优选波束周围的聚群。在 2490, 第一设备可以通知第二设备在第一设备的重整的聚群中新的波束数量。对于多组跟踪分组, 可以重复步骤 2420-2490。

[0219] 本发明的保护范围不应被解释为受到本申请所示的阵列处理方面的限制。相反, 申请人预期的是, 替代性的方面可以包括: 沿特定的轴具有超过八个单元的天线阵列以及包括具有多种极化的天线的天线阵列, 并且这些天线阵列配置也落入本发明的保护范围中。在一个方面, 具有正交线性极化的两个偶极天线可以一起使用, 以生成准全向方向图。

[0220] 上文所述方法的各种操作可以由能够执行相应功能的任何适当方式来实现。这些方式可以包括各种硬件和 / 或软件组件和 / 或模块, 其包括但不限于: 电路、专用集成电路 (ASIC) 或处理器。通常, 在附图中示出有操作的地方的这些操作可以具有与相似编号相对应的配对模块功能组件。例如, 在图 6、7、11、12、13、15、18、19、20、22、24、26、27 和 28 中示出的模块 610-640、710-730、1110-1130、1210-1240、1302-1320、1510-1550、1810-1840、1910-1940、2002-2020、2210-2250、2410-2490、2610-2630、2710-2750 和 2810-2830 可以与图 6A、7A、11A、12A、13A、15A、18A、19A、20A、22A、24A、26A、27A 和 28A 中示出的电路模块 610A-640A、710A-730A、1110A-1130A、1210A-1240A、1302A-1320A、1510A-1550A、1810A-1840A、1910A-1940A、2002A-2020A、2210A-2250A、2410A-2490A、2610A-2630A、2710A-2750A 和 2810A-2830A 相对应。

[0221] 如本申请所使用的, 术语“确定”包括很多种动作。例如, “确定”可以包括计算、运算、处理、推导、调查、查询 (例如, 在表、数据库或其它数据结构中查询)、断定等等。此外, “确定”还可以包括接收 (例如, 接收信息)、存取 (例如, 访问存储器中的数据) 等等。此外, “确定”还可以包括求解、选定、选择、建立等等。

[0222] 上文所述方法的各种操作可以由能够实现这些操作的任何适当模块来执行, 例如各种硬件和 / 或软件组件、电路和 / 或模块。通常而言, 在各附图中示出的任意操作都可以由能够实现这些操作的相应功能模块执行。

[0223] 用于执行本申请所述功能的通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列信号 (FPGA) 或其它可编程逻辑器件 (PLD)、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件或者其任意组合, 可以实现或执行结合本申请所公开内容描述的各种示例性的逻辑框图、模块和电路。通用处理器可以是微处理器, 或者, 该处理器也可以是任何商业可用处理器、控制器、微控制器或者状态机。处理器还可以实现为计算设备的组合, 例如, DSP 和微处理器的组合、多个微处理器、一个或多个微处理器与 DSP 内核的结合, 或者任何其它此种结构。

[0224] 结合本申请所公开内容描述的方法或者算法的步骤可直接体现为硬件、由处理器执行的软件模块或二者组合。软件模块可以位于本领域已知的任何形式的存储介质中。可以使用的一些示例性存储介质包括: 随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、闪存、EPROM 存储器、EEPROM 存储器、寄存器、硬盘、移动磁盘、CD-ROM 等等。软件模块可以包括单一指令或多个指令, 并且这些指令可以分布在一些不同的代码段上、分布在不同的程序和分布在多个存储介质中。存储介质可以耦接至处理器, 从而使处理器能够从该存储介质读取信息, 且可向该存储介质写入信息。或者, 存储介质也可以是处理器的组成部分。

[0225] 本申请所公开方法包括一个或多个实现所述方法的步骤或动作。在不脱离本发明保护范围的基础上,这些方法步骤和 / 或动作可以相互交换。换言之,除非指定特定顺序的步骤或动作,否则在不脱离本发明保护范围的基础上,可以修改特定步骤和 / 或动作的顺序和 / 或使用。

[0226] 本申请所述功能可以用硬件、软件、固件或它们组合的方式来实现。当使用软件实现时,可以将这些功能作为一个或多个指令存储在计算机可读介质中。存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质。通过示例的方式而不是限制的方式,这种计算机可读介质可以包括 RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM 或其它光盘存储、磁盘存储介质或其它磁存储设备、或者能够用于携带或存储期望的指令或数据结构形式的程序代码并能够由计算机进行存取的任何其它介质。如本申请所使用的,盘和碟包括压缩光碟 (CD)、激光影碟、光碟、数字通用光碟 (DVD)、软盘和蓝光光碟,其中盘 (disk) 通常磁性地复制数据,而碟 (disc) 则用激光来光学地复制数据。

[0227] 因此,某些方面可以包括用于执行本申请所给出的这些操作的计算机程序产品。例如,这种计算机程序产品可以包括在其上有存储 (和 / 或编码的) 的指令的计算机可读介质,可以由一个或多个处理器执行这些指令以实现本申请所述的这些操作。对于某些方面而言,计算机程序产品可以包括封装材料。

[0228] 此外,软件或指令还可以在传输介质上进行传输。例如,如果软件是使用同轴电缆、光纤光缆、双绞线、数字用户线 (DSL) 或者诸如红外线、无线和微波之类的无线技术从网站、服务器或其它远程源传输的,那么同轴电缆、光纤光缆、双绞线、DSL 或者诸如红外线、无线和微波之类的无线技术包括在传输介质的定义中。

[0229] 此外,应当理解的是,用于执行本申请所述方法和技术的模块和 / 或其它适当方式可以通过用户终端和 / 或基站按需地进行下载和 / 或获得。例如,这种设备可以耦接至服务器,以便有助于实现传送执行本申请所述方法的模块。或者,本申请所述的各种方法可以通过存储模块 (例如, RAM、ROM、诸如压缩光盘 (CD) 或软盘之类的物理存储介质等等) 来提供,使得用户终端和 / 或基站将存储模块耦接至或提供给该设备时,可以获得各种方法。此外,还可以使用向设备提供本申请所述方法和技术的任何其它适当技术。

[0230] 应当理解的是,本发明并不受限于上文示出的精确配置和组件。在不脱离本发明保护范围基础上,可以对上文所述方法和装置的排列、操作和细节做出各种修改、改变和变化。

[0231] 本申请所提供的技术可以使用在多种应用中。对于某些方面而言,本申请给出的技术可以并入到接入点或其它类型的无线设备中,这些接入点或其它类型的无线设备具有用于执行本申请所提供技术的处理逻辑和单元。

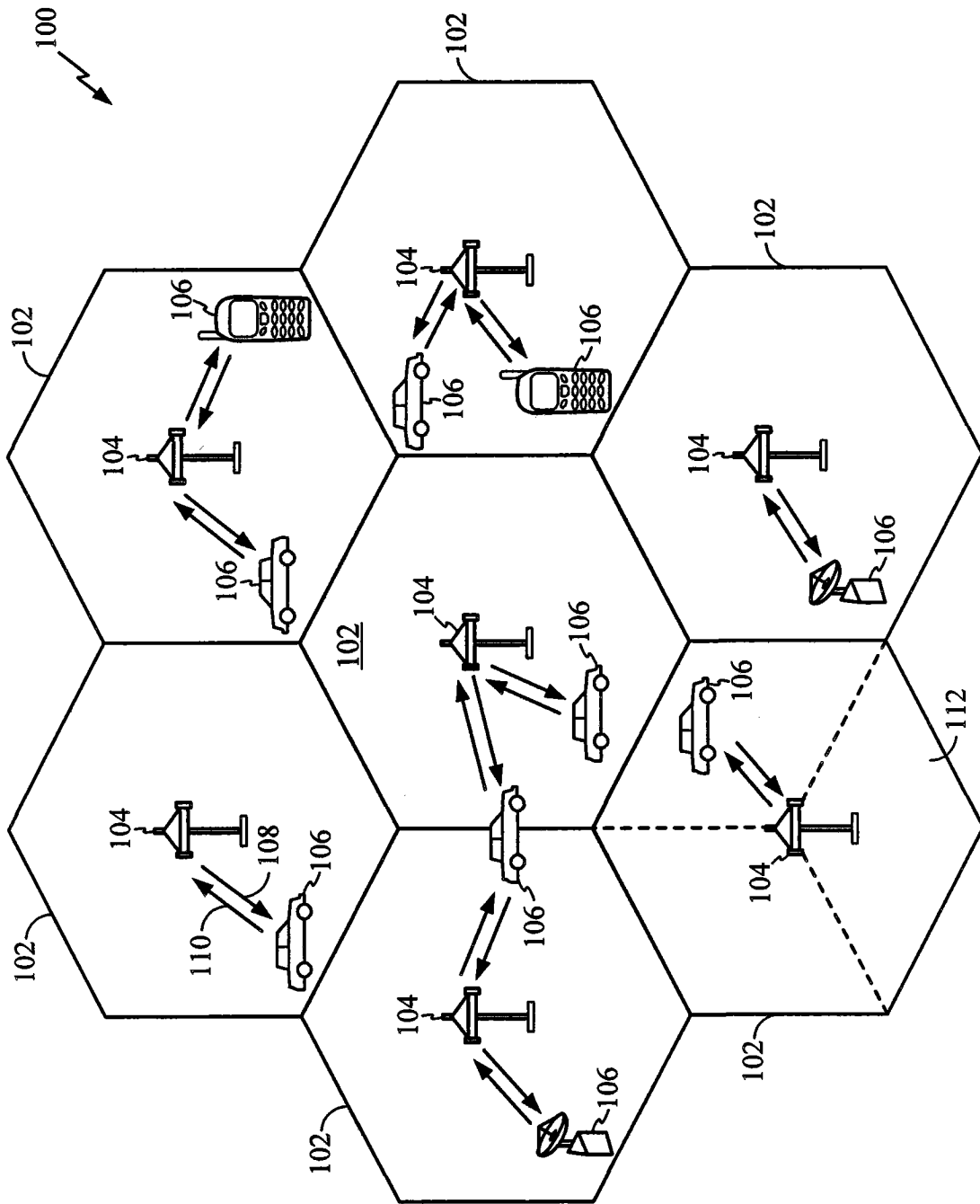


图 1

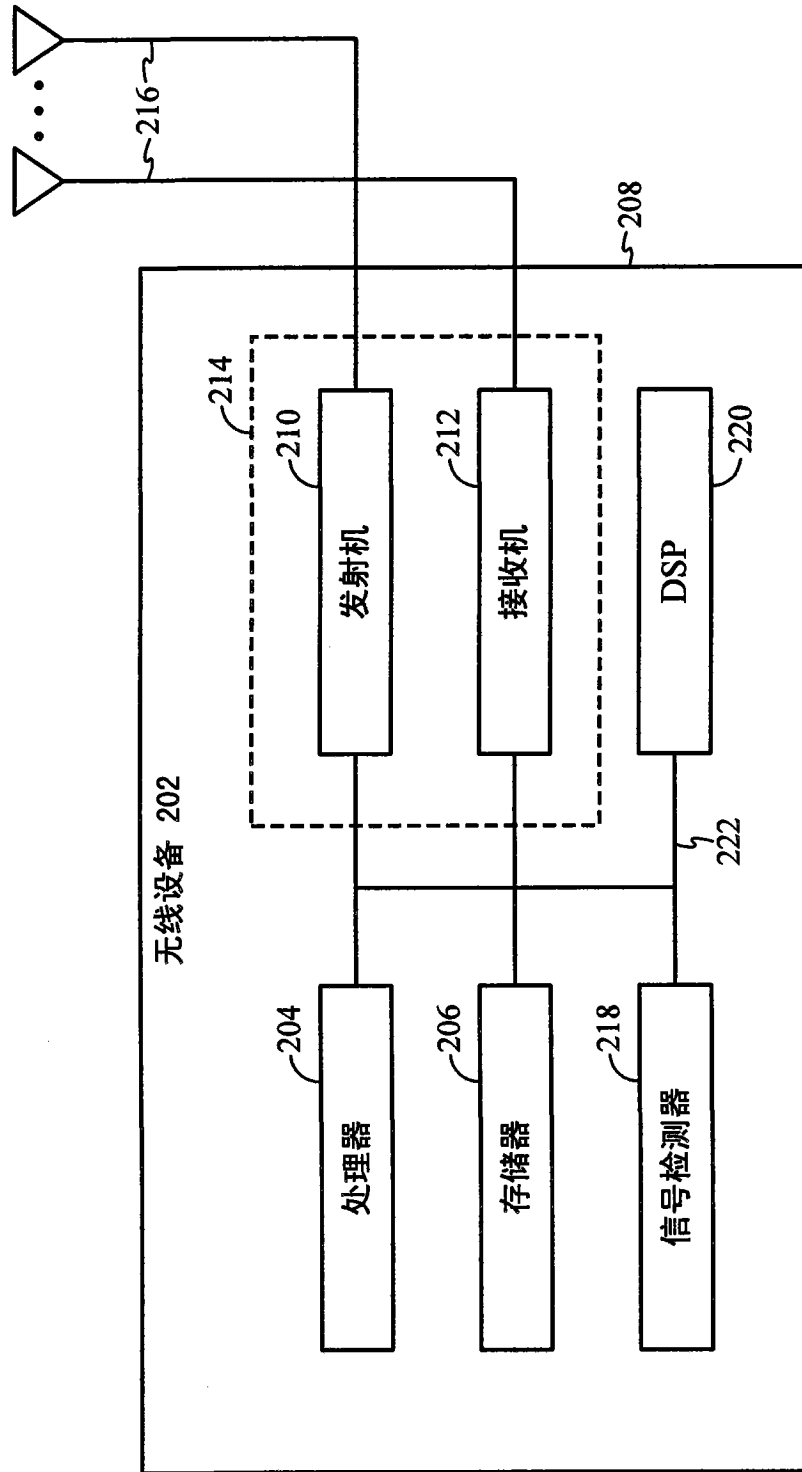


图 2

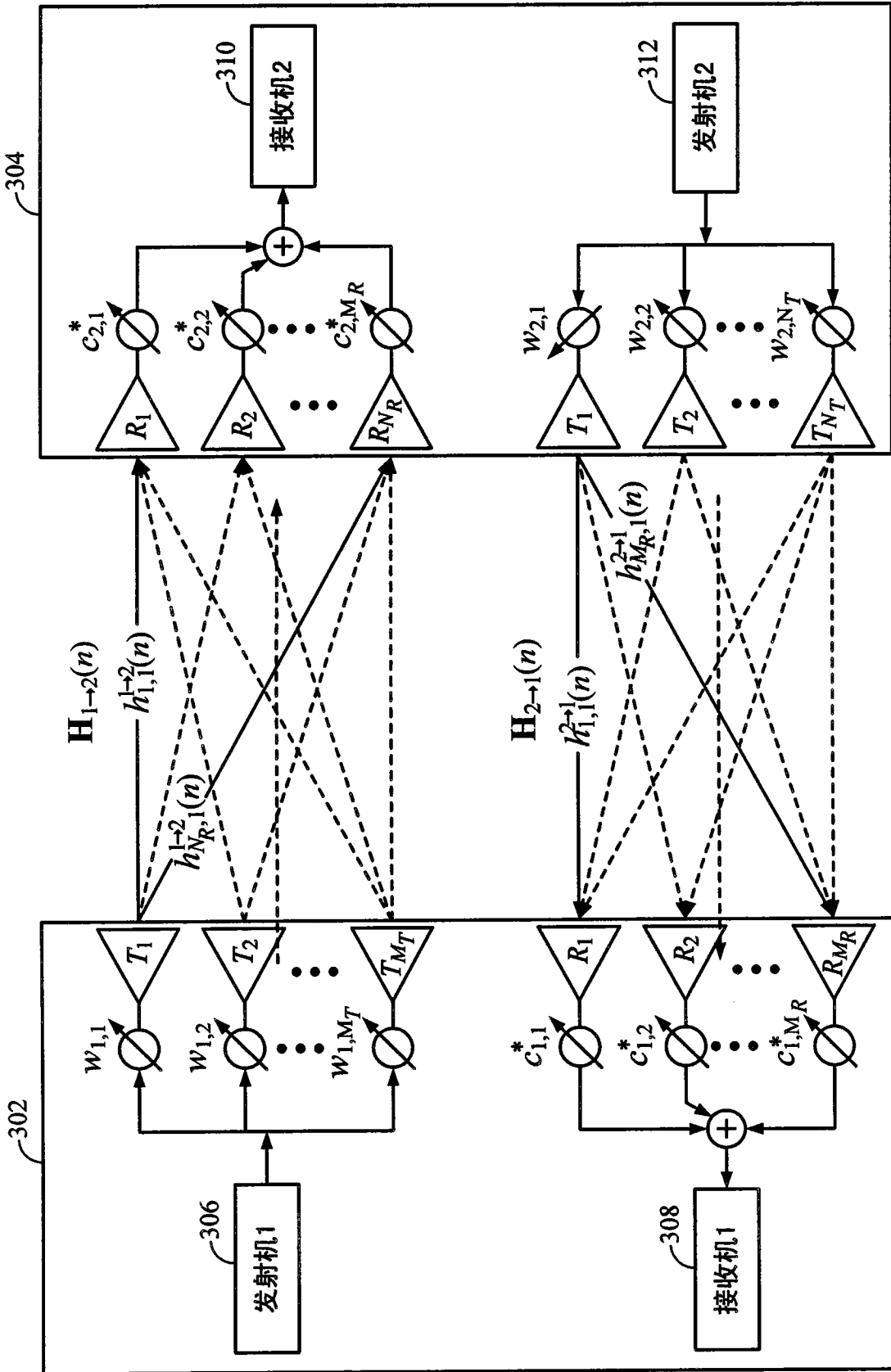


图 3

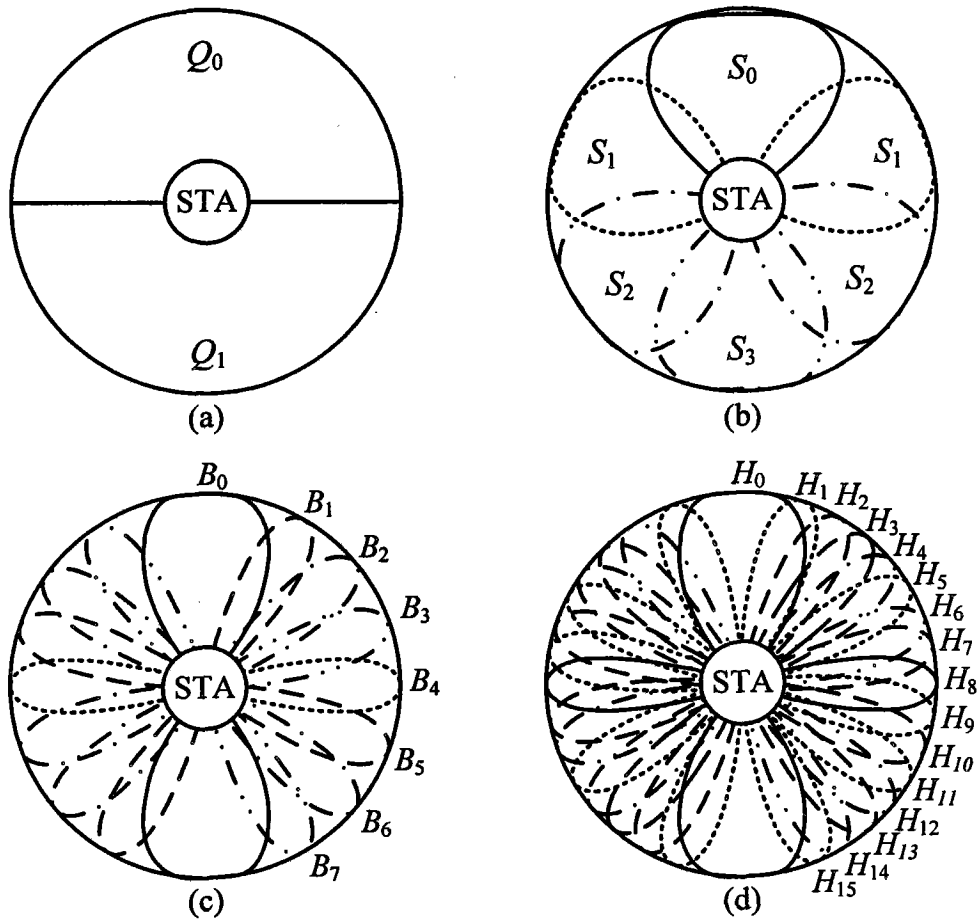


图 4

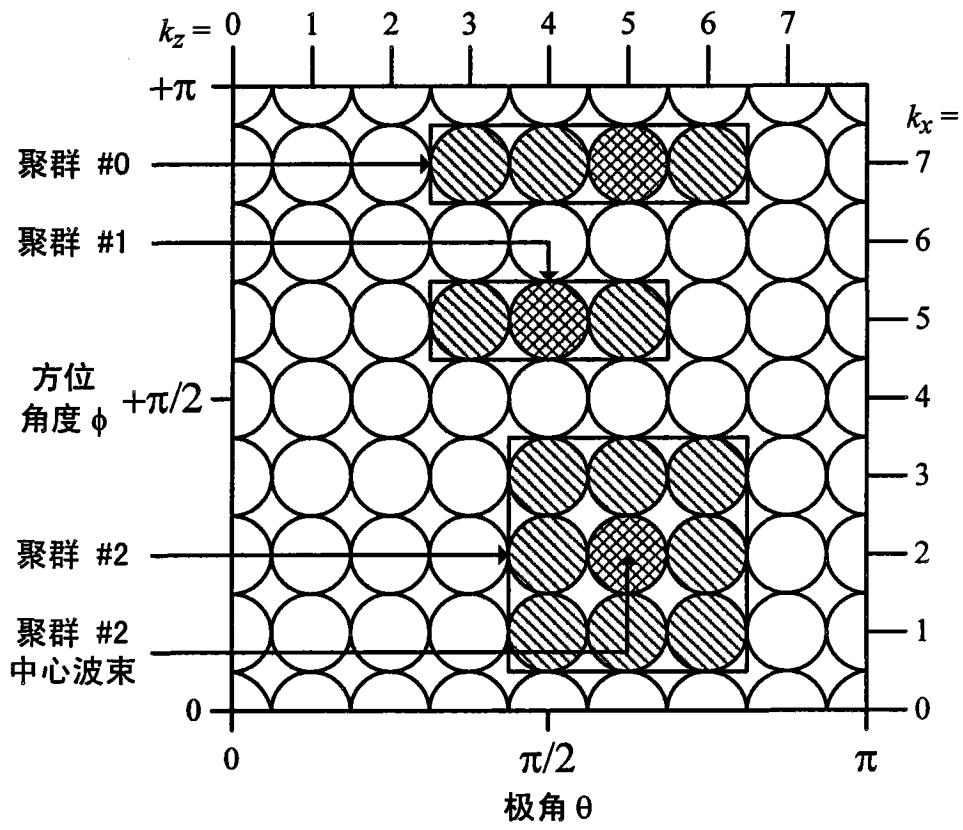


图 5

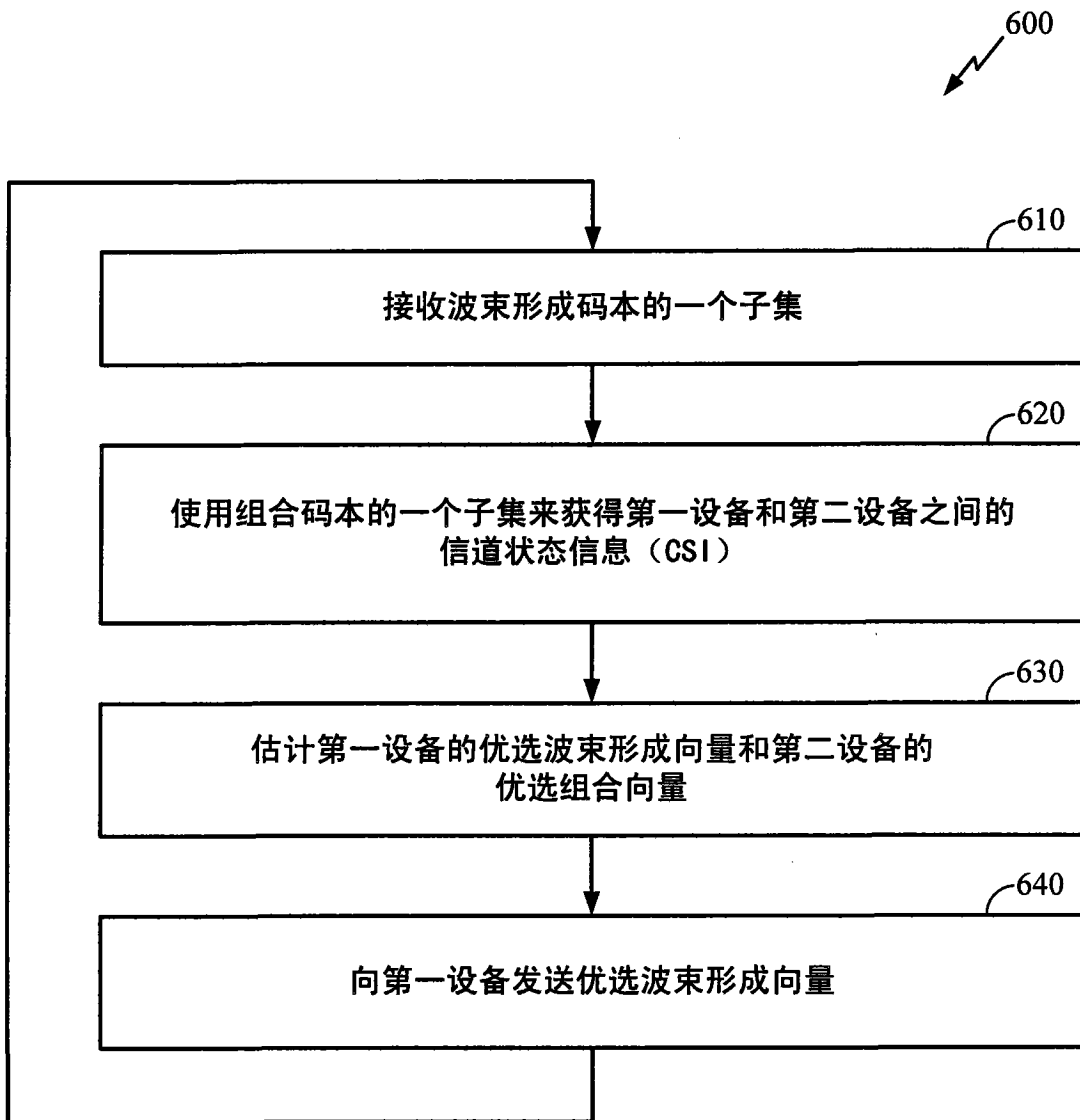


图 6

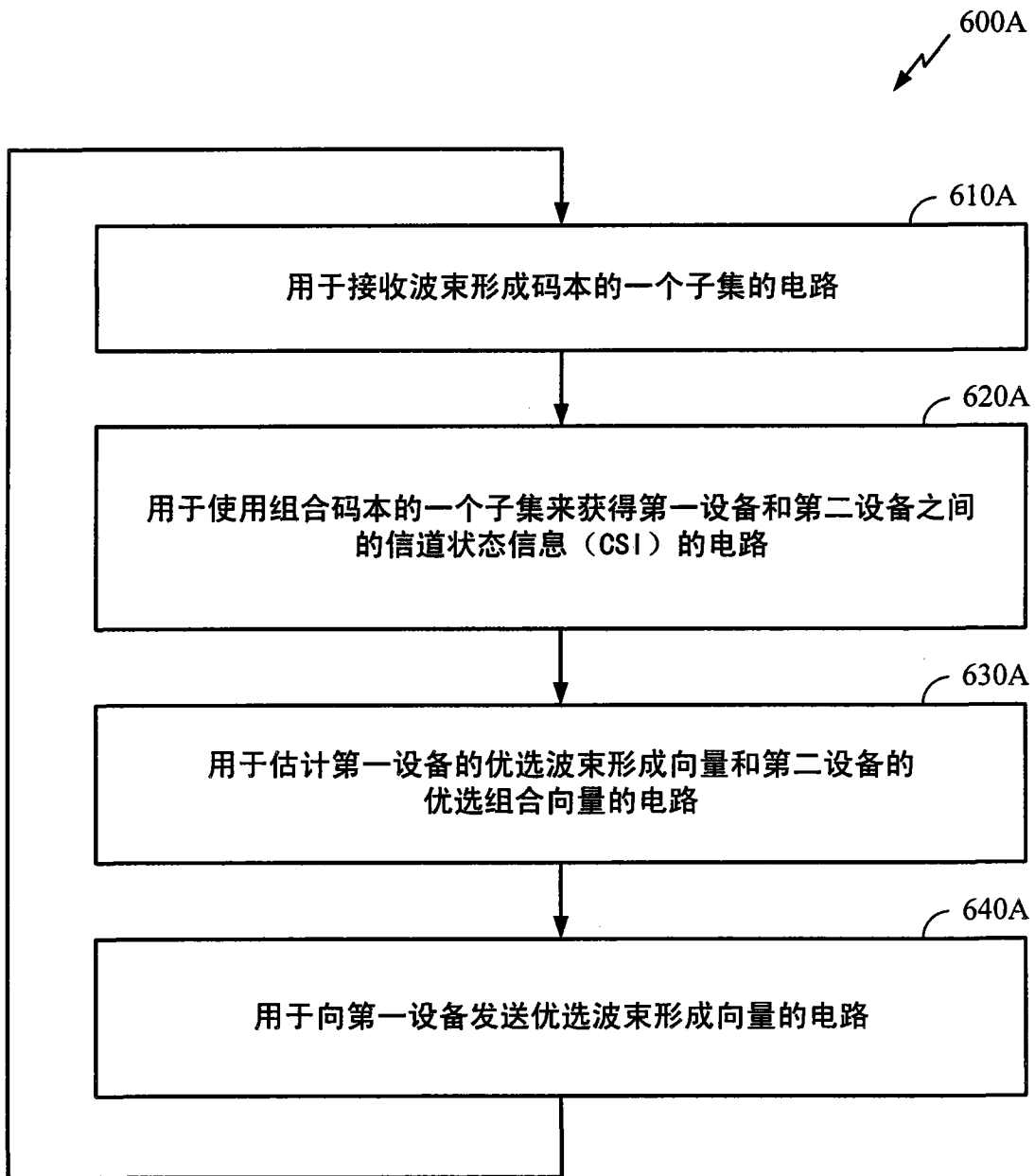


图 6A

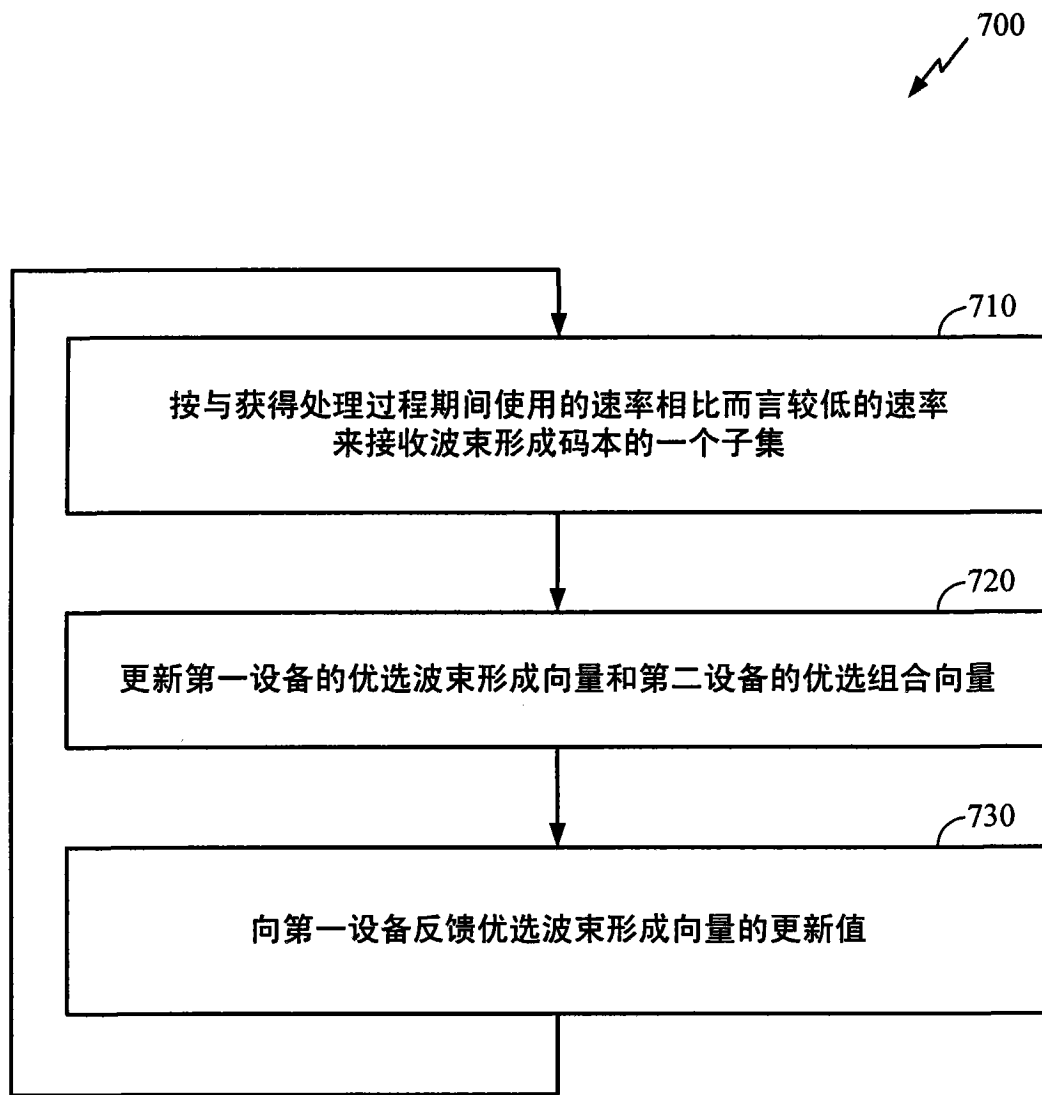


图 7

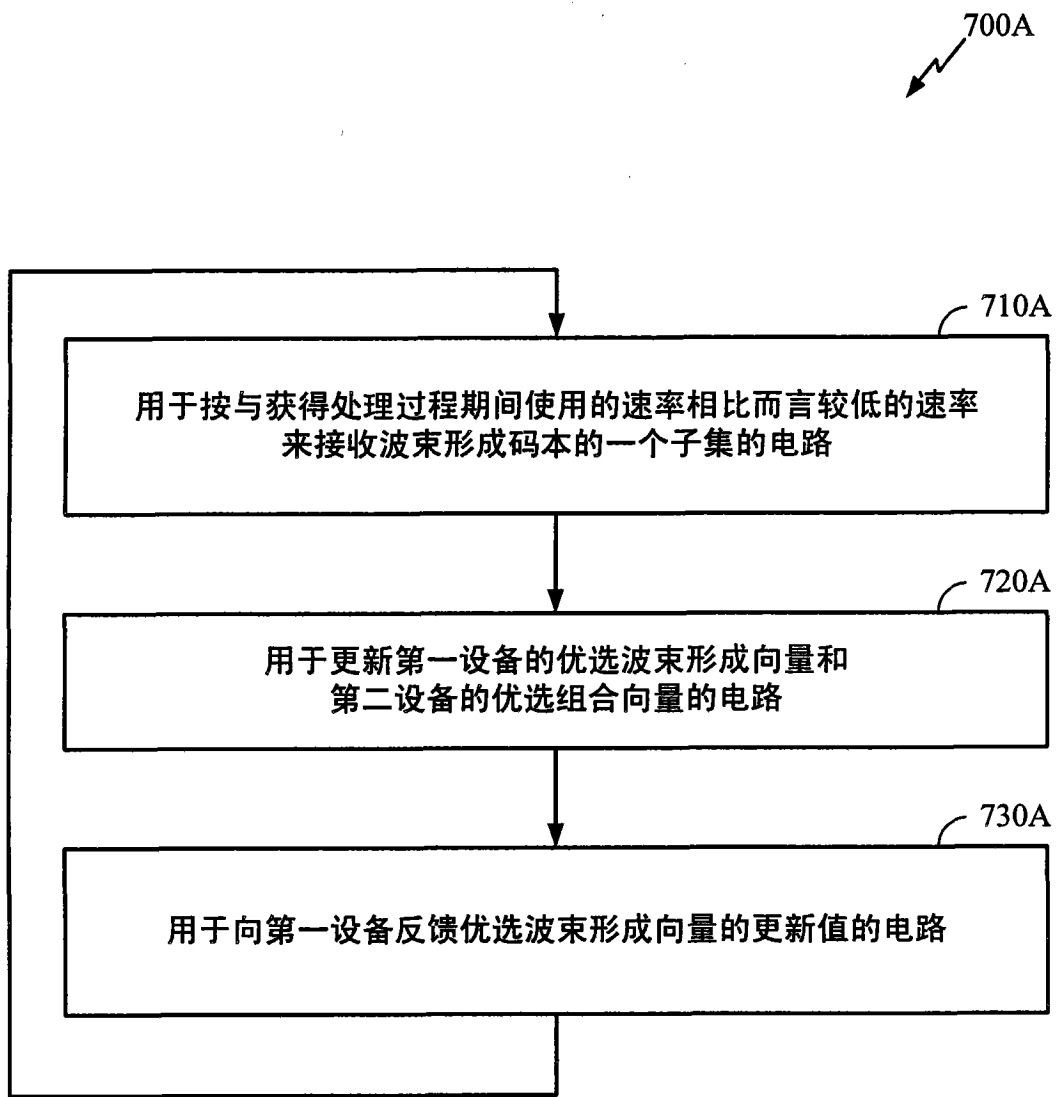


图 7A

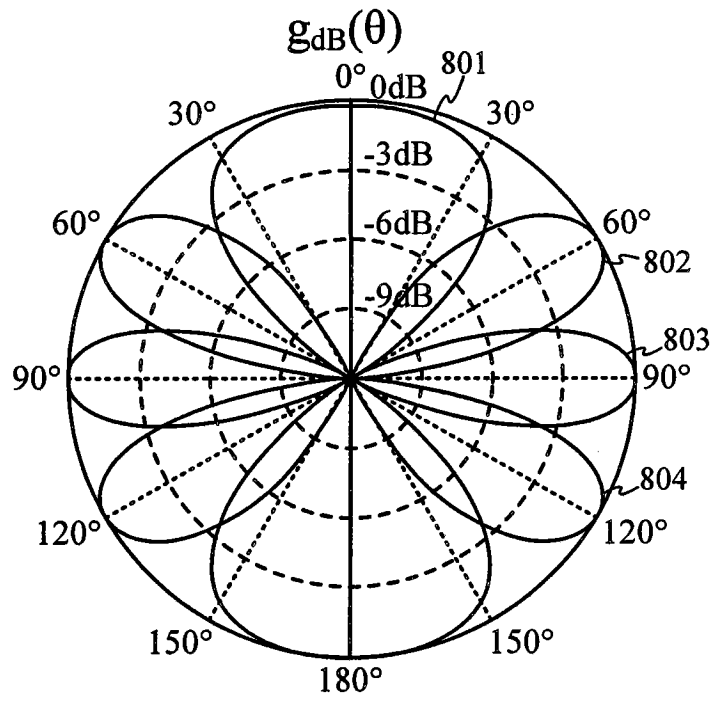


图 8A

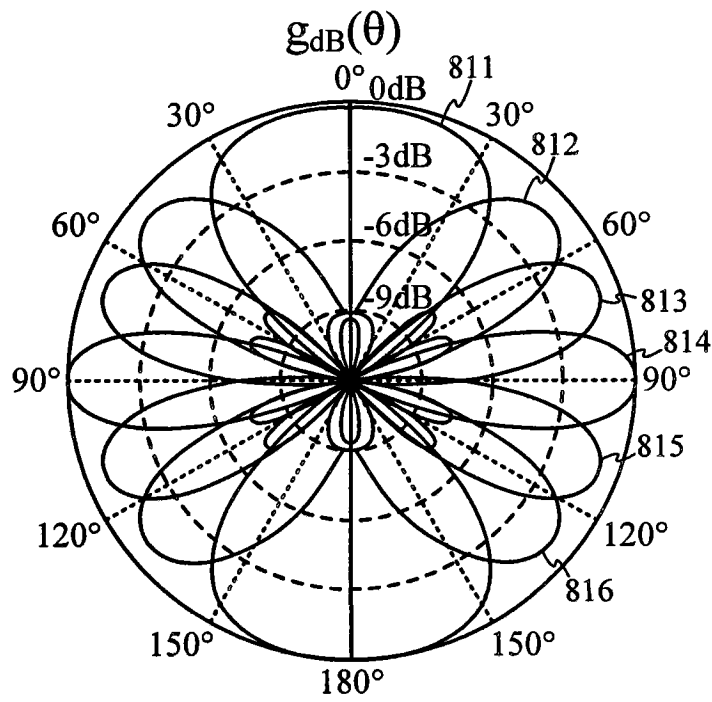


图 8B

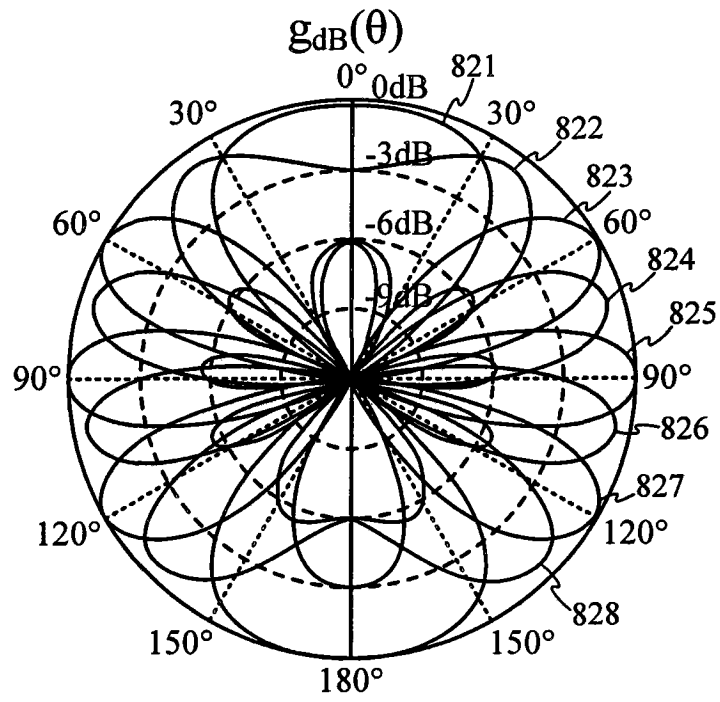


图 8C

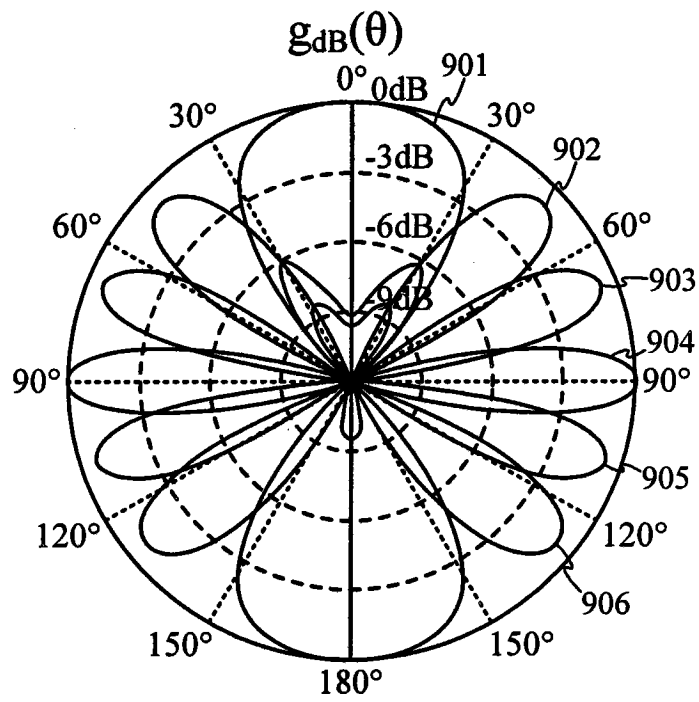


图 9A

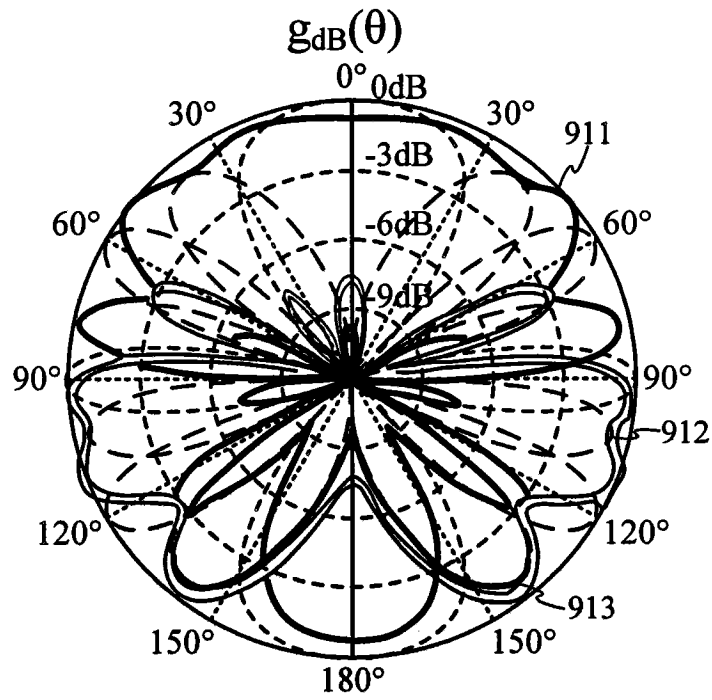


图 9B

|      |     |            |            |            |             |             |
|------|-----|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 1b   | 1b  | 2b         | 4b         | 4b         | 2b          | 2b          |
| 跟踪支持 | PET | 天线<br>阵列类型 | Rx扇区<br>数量 | Tx扇区<br>数量 | Rx准<br>全向数量 | Tx准<br>全向数量 |

图 10

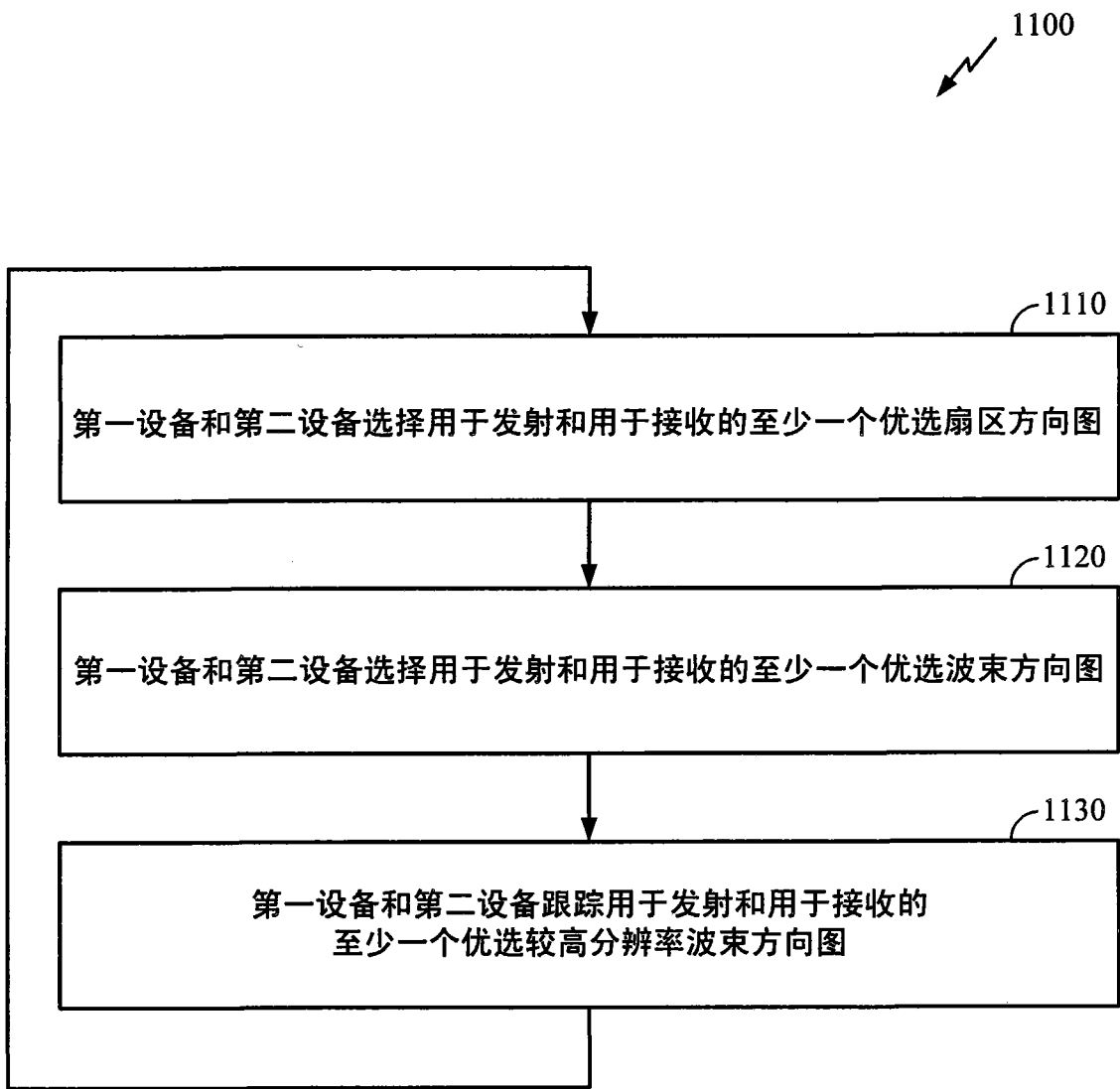


图 11

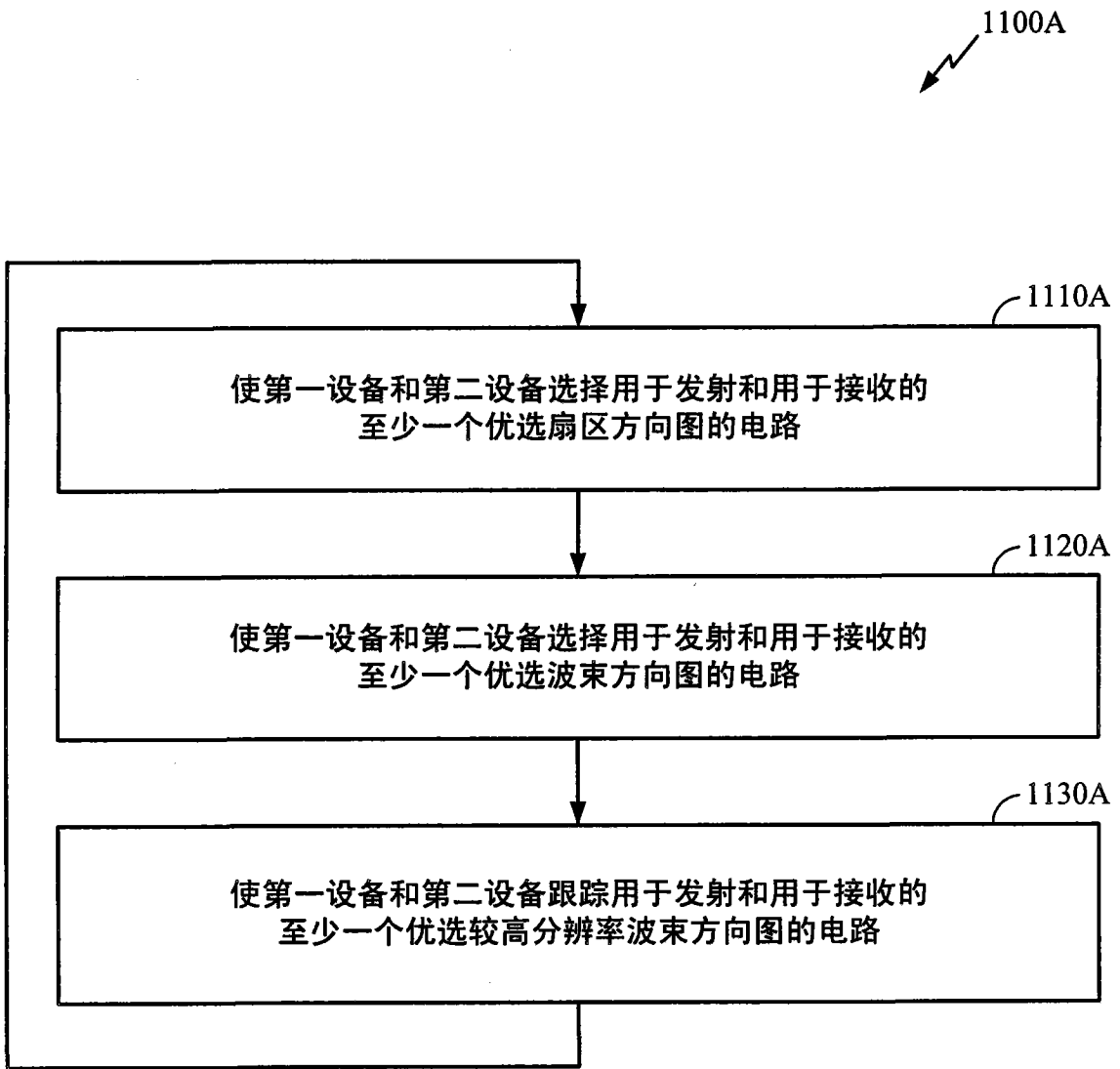


图 11A

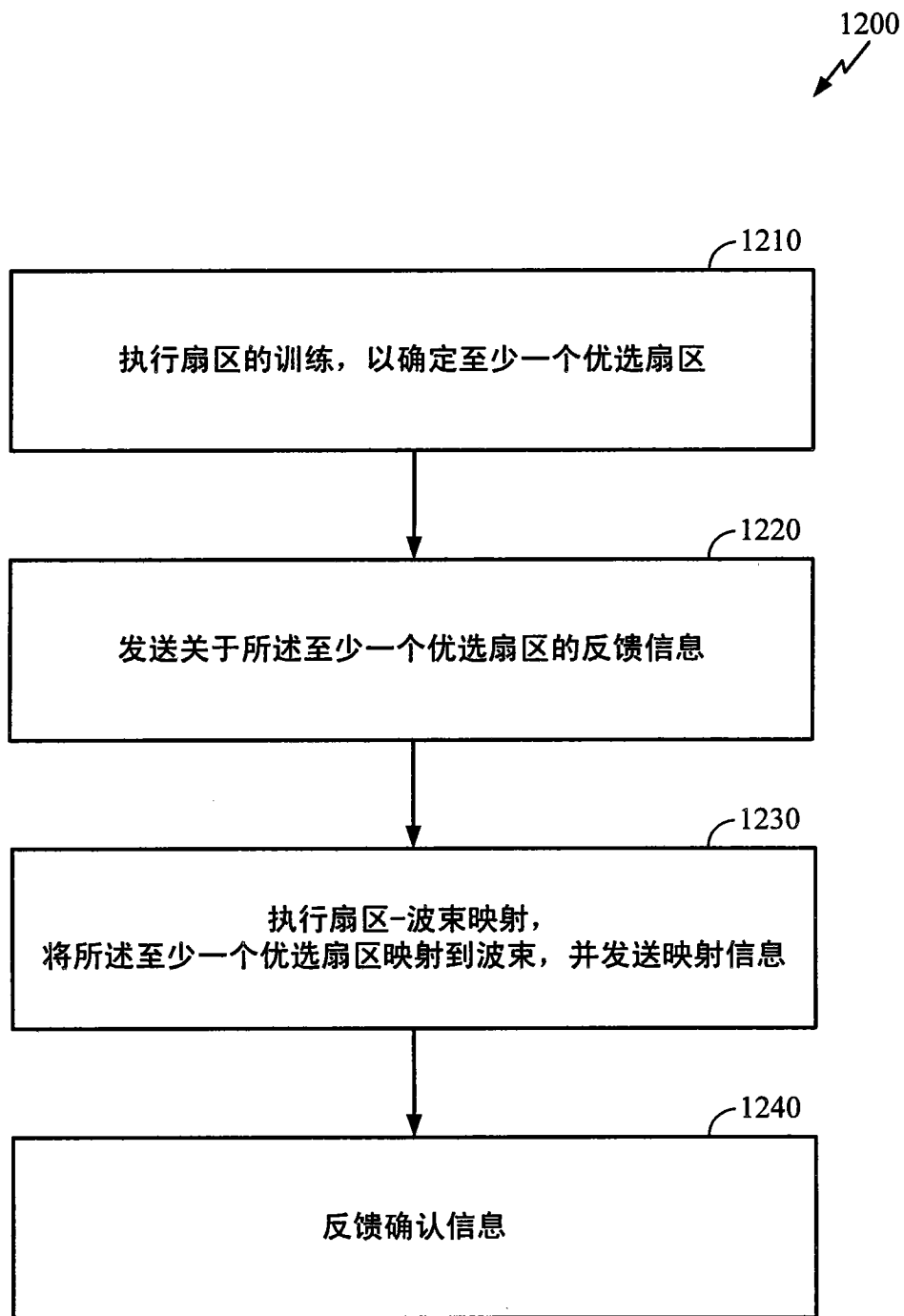


图 12

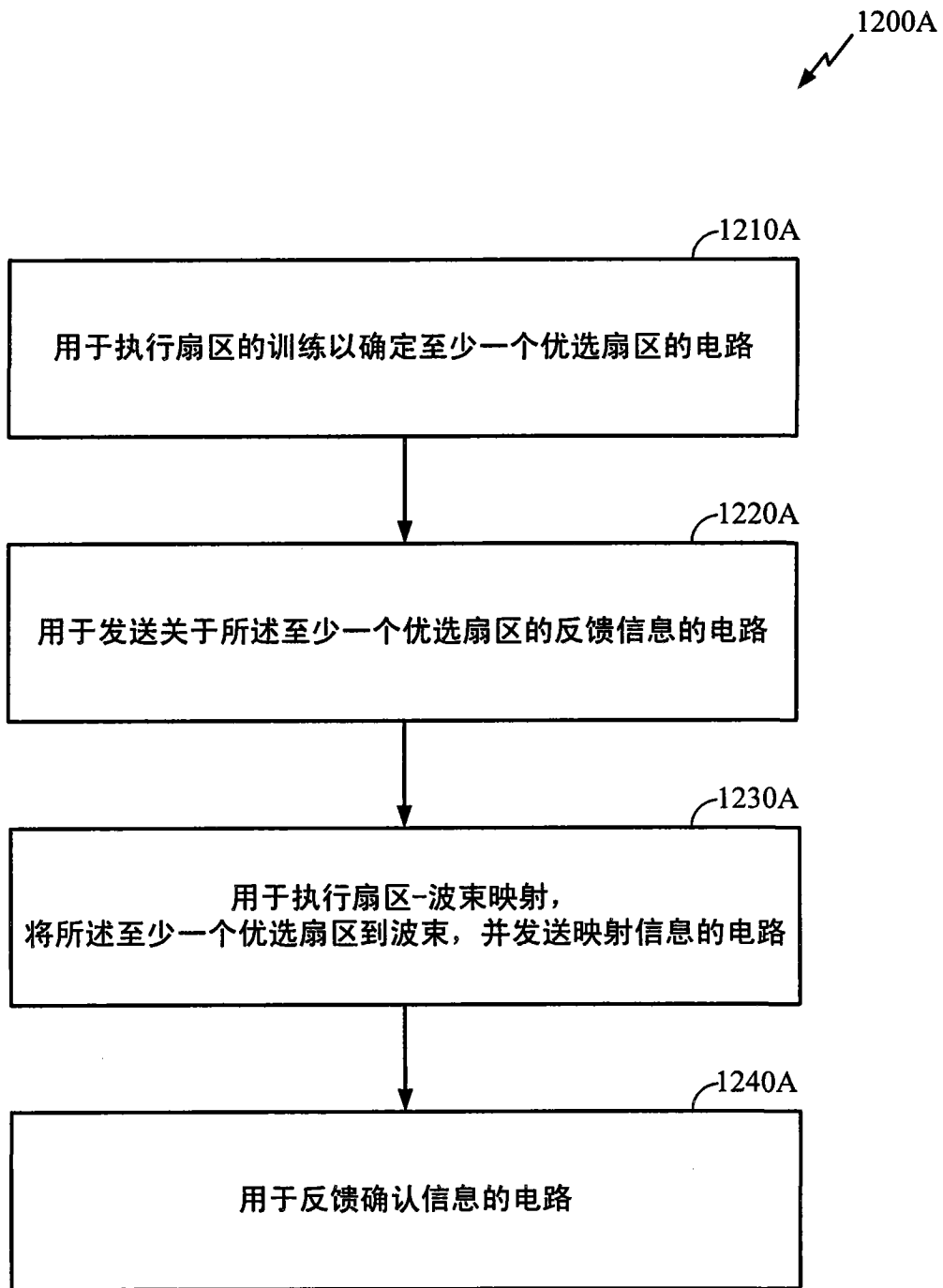


图 12A

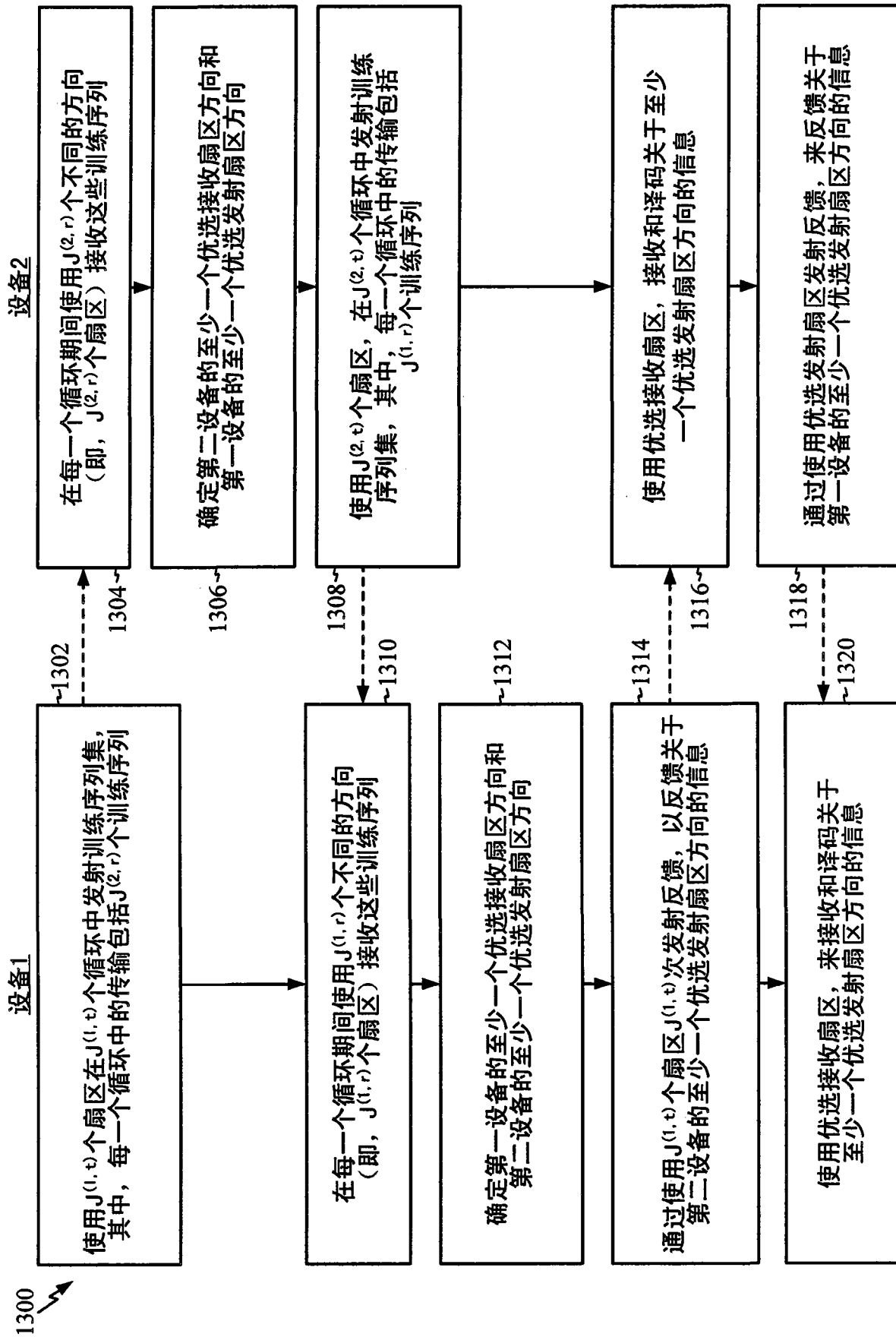


图 13

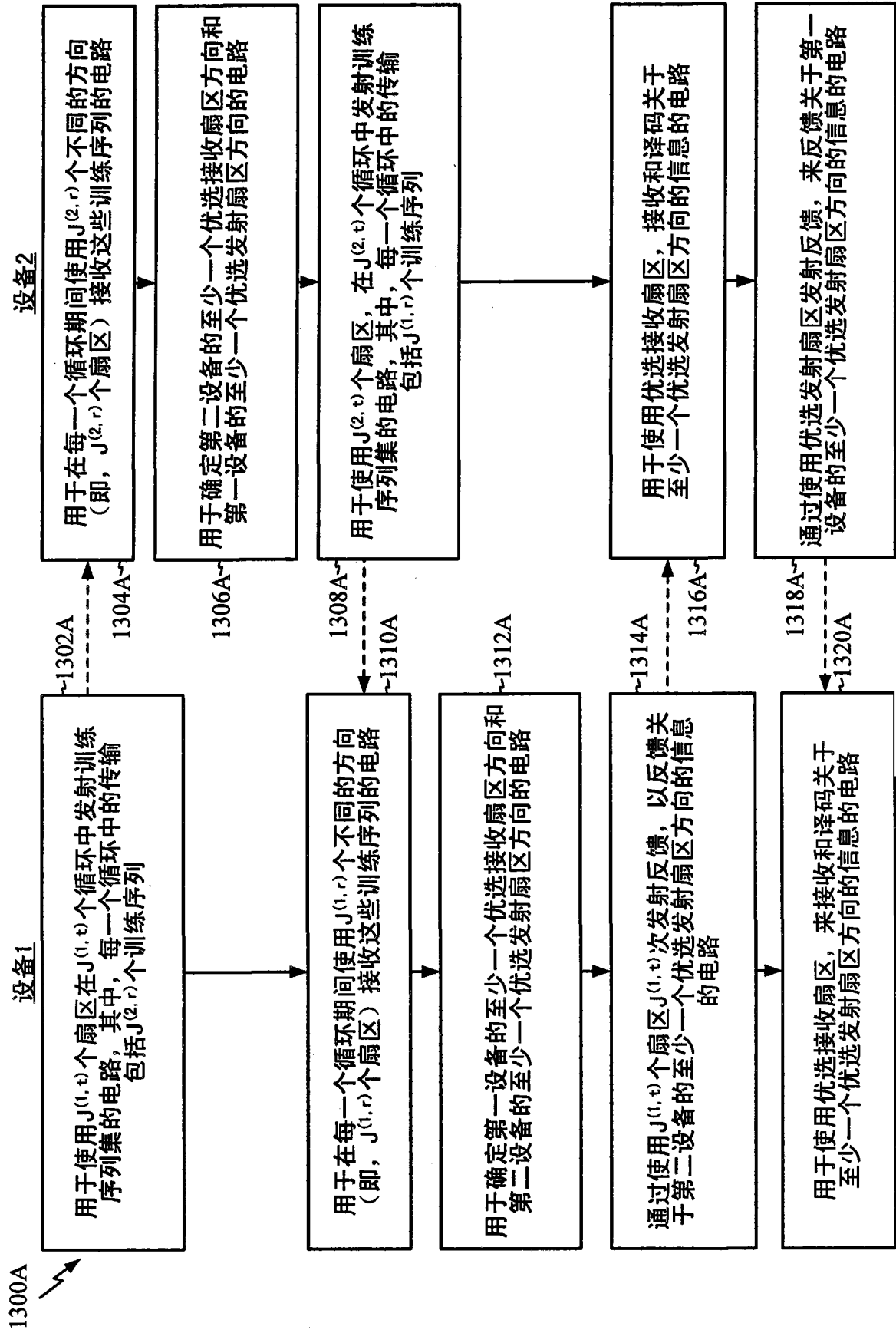


图 13A



图 14A



图 14B

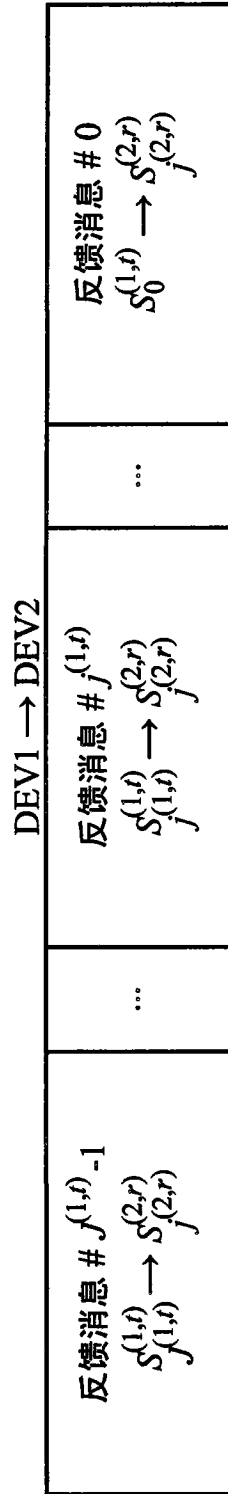


图 14C

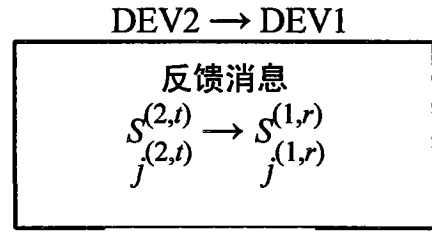


图 14D

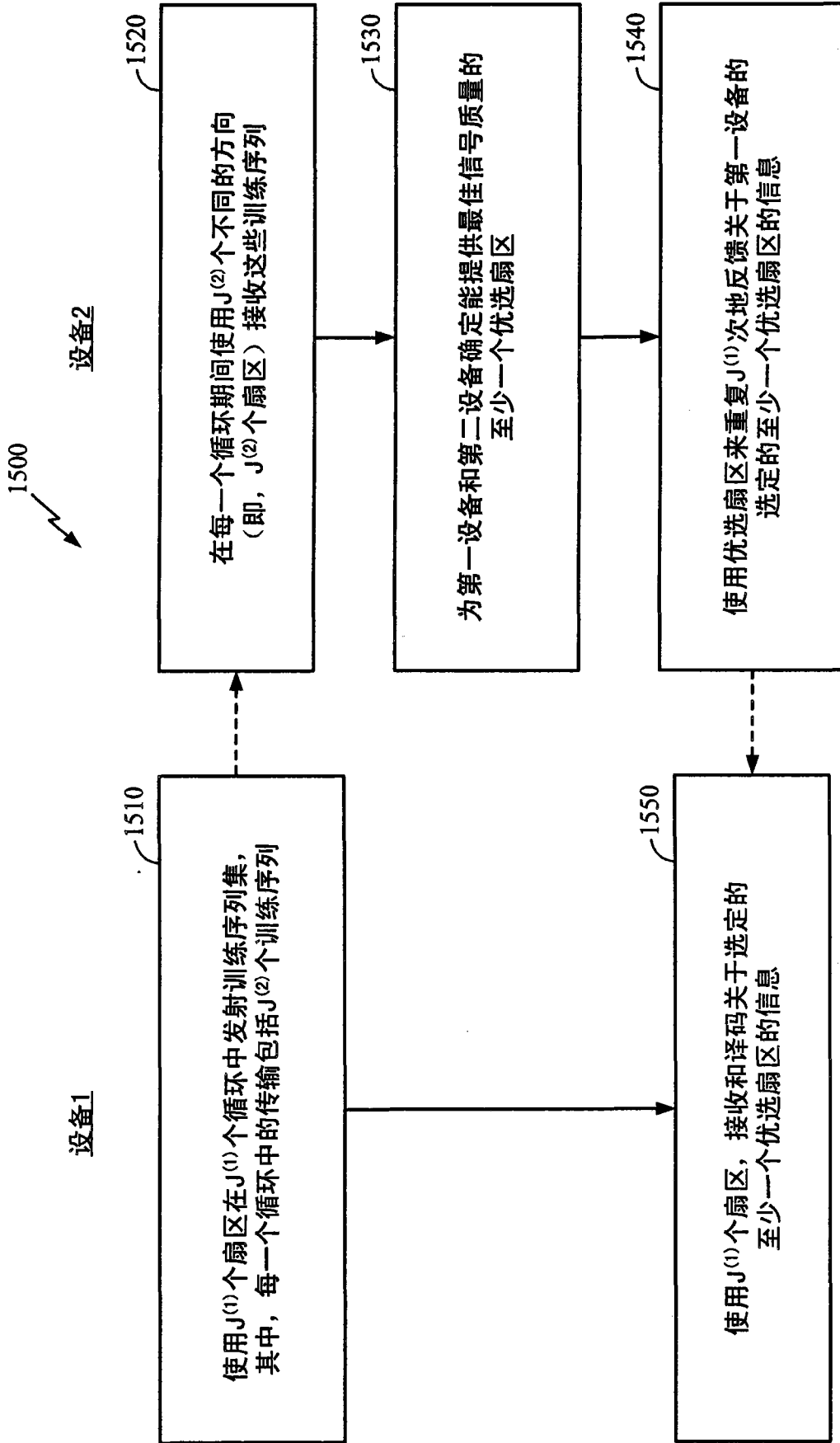


图 15

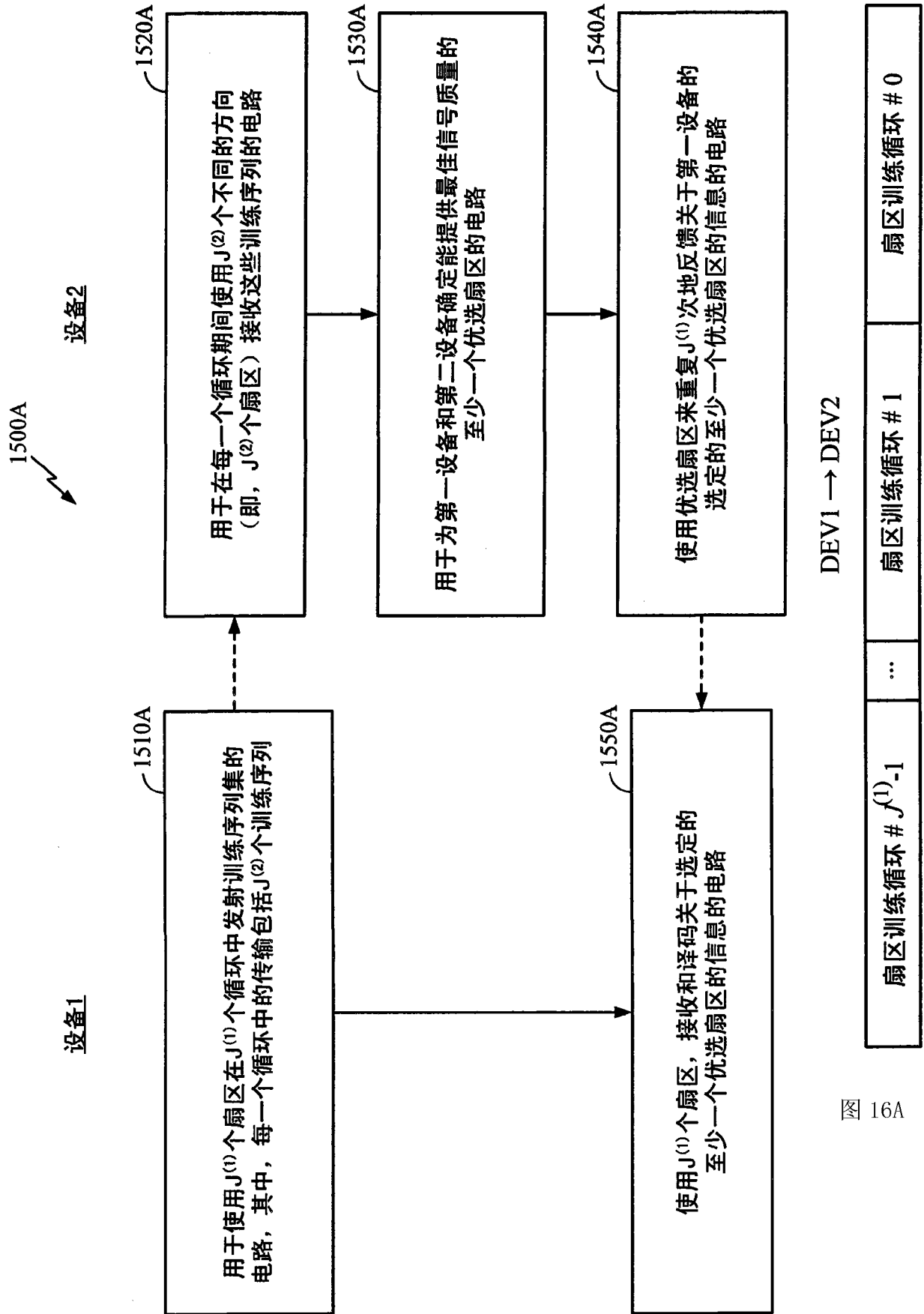


图 15A

图 16A

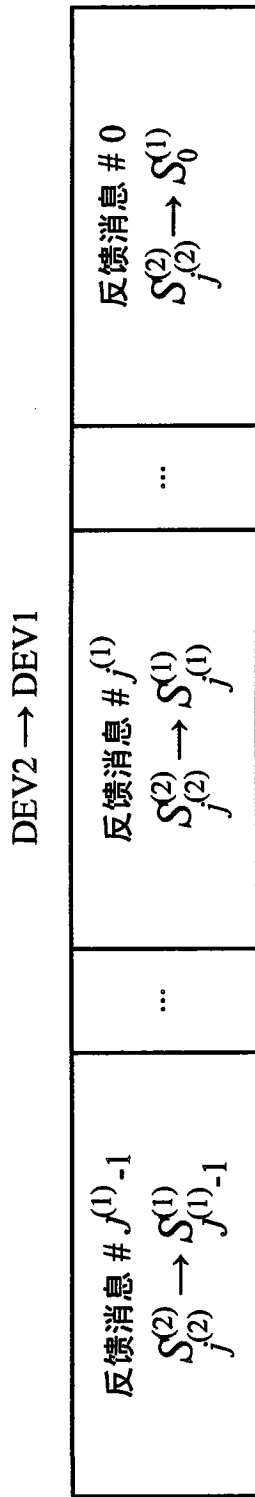


图 16B

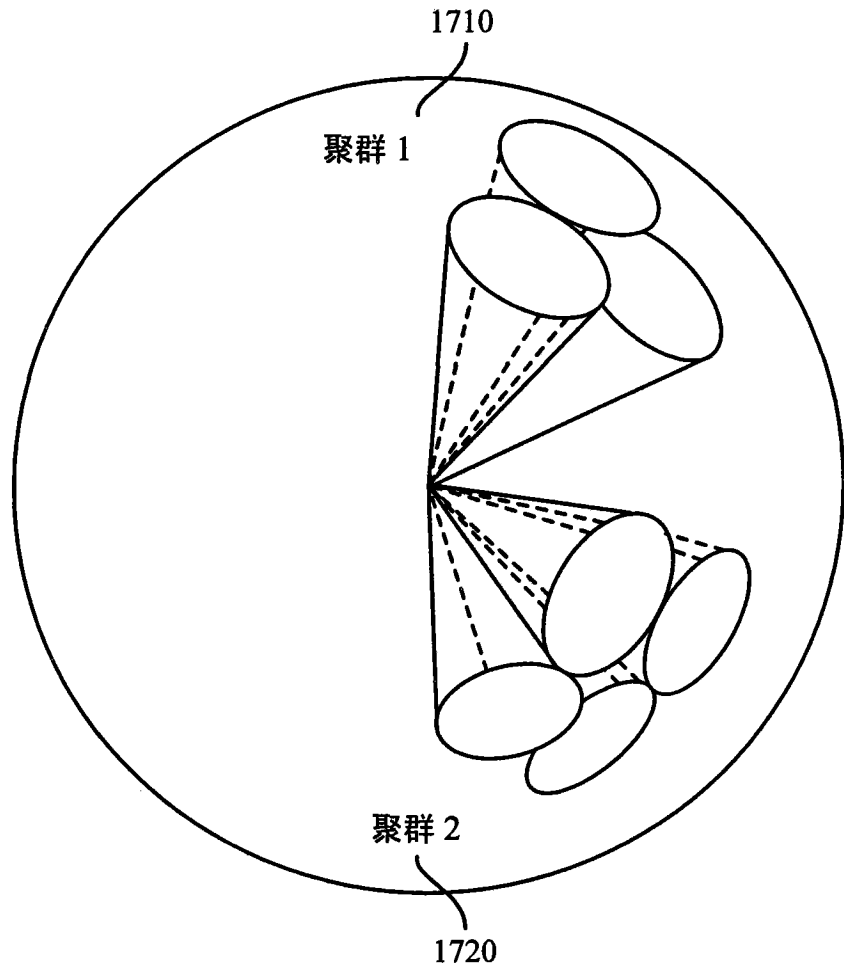


图 17

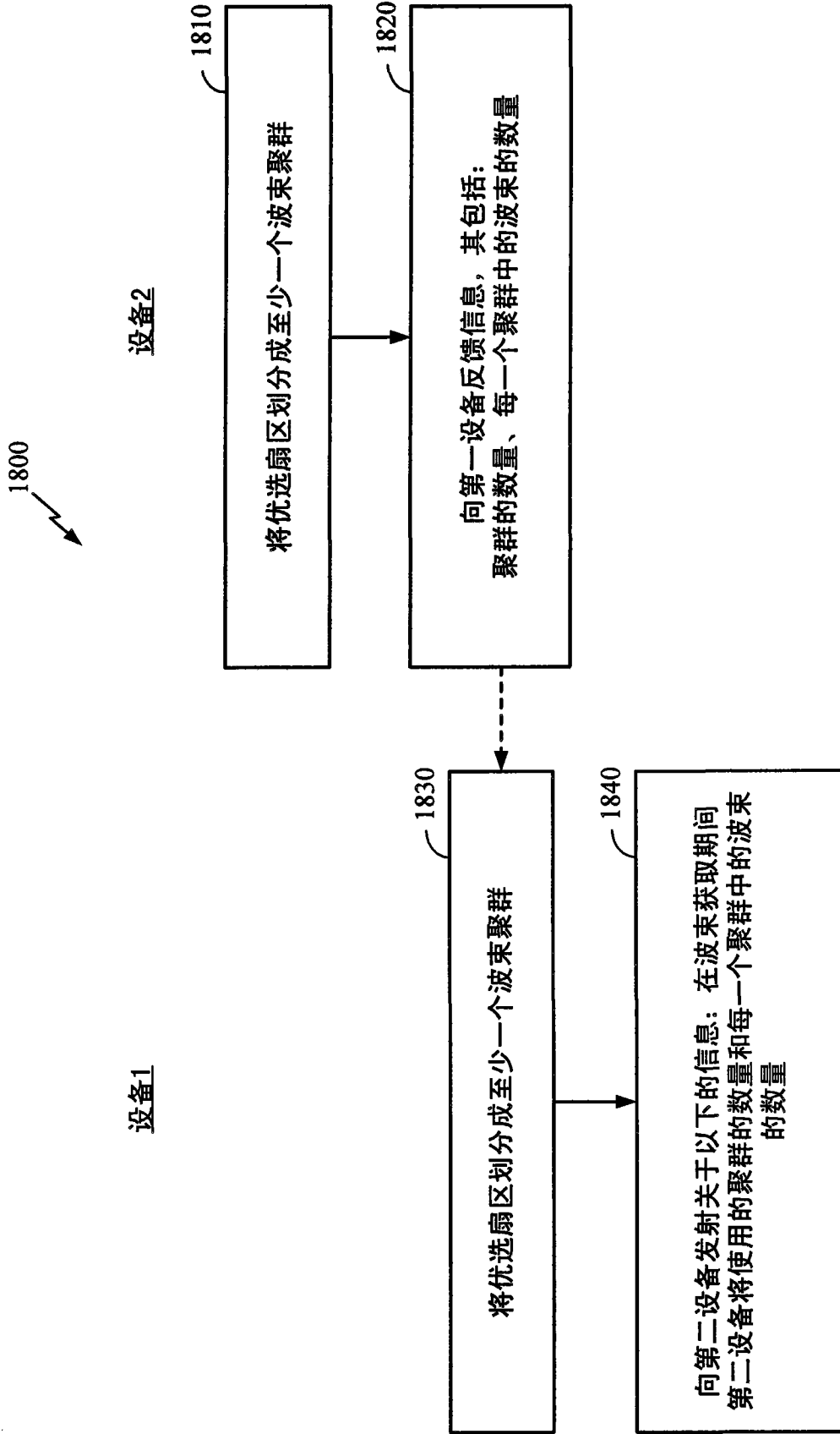


图 18

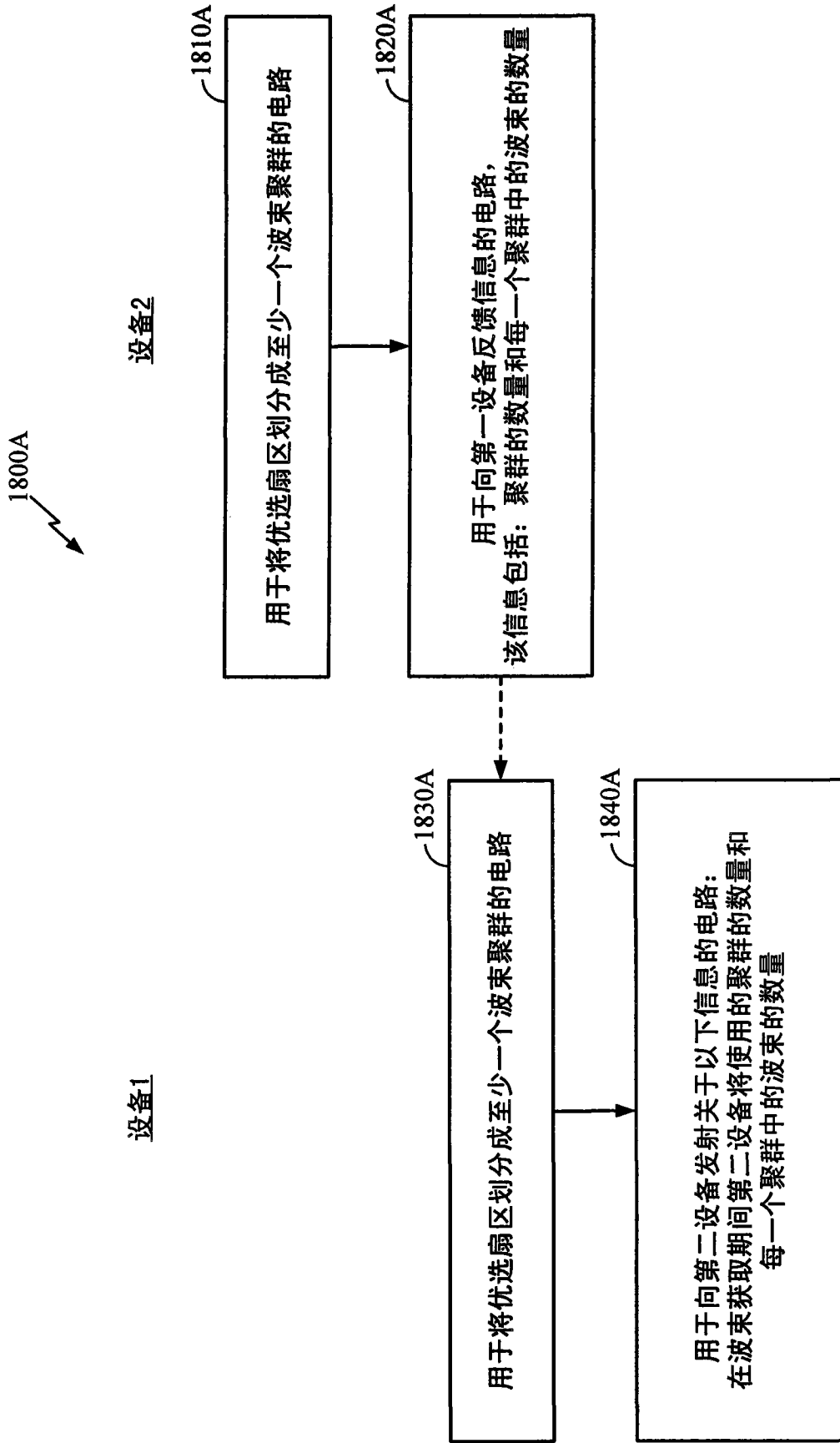


图 18A

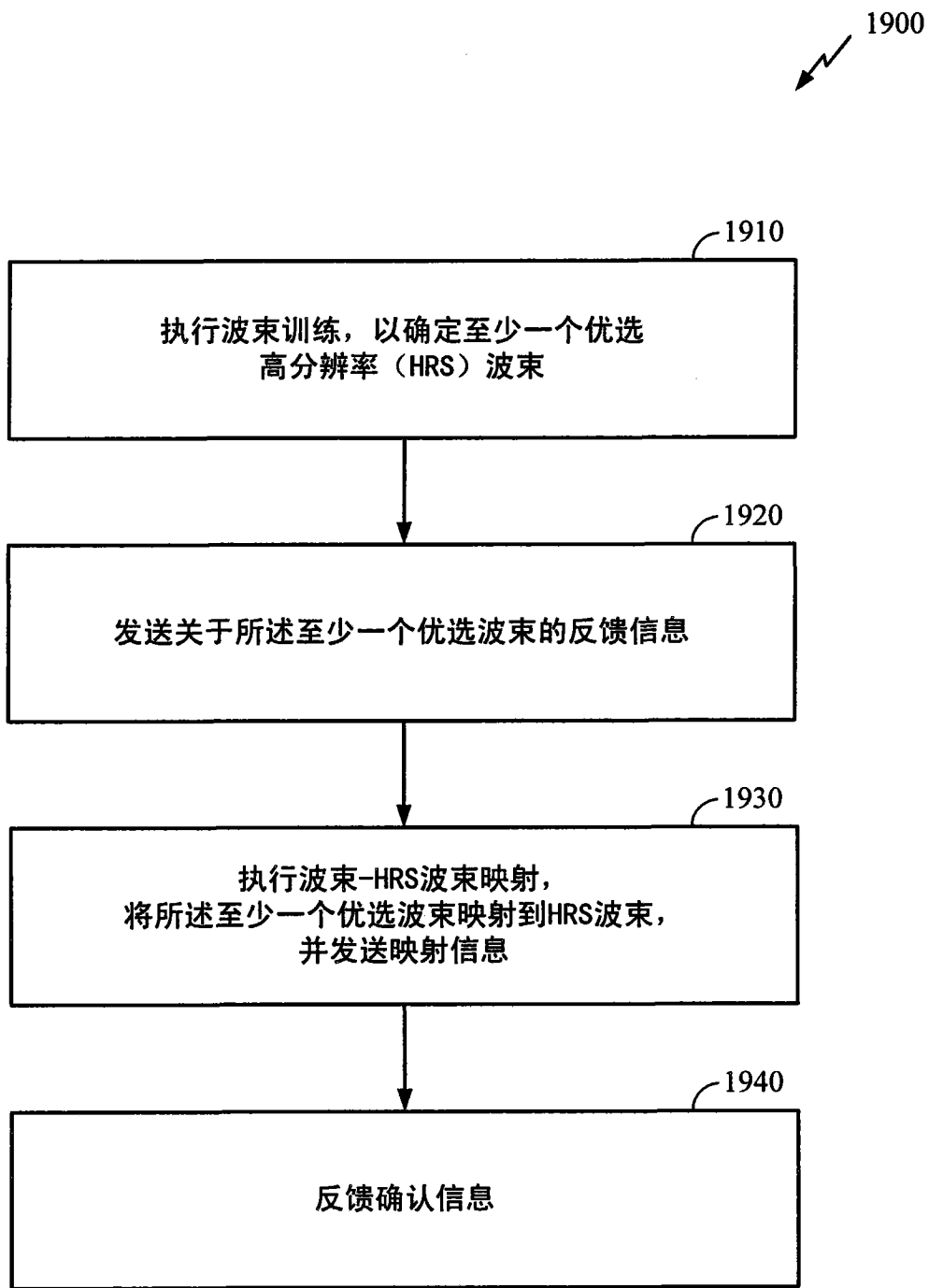


图 19

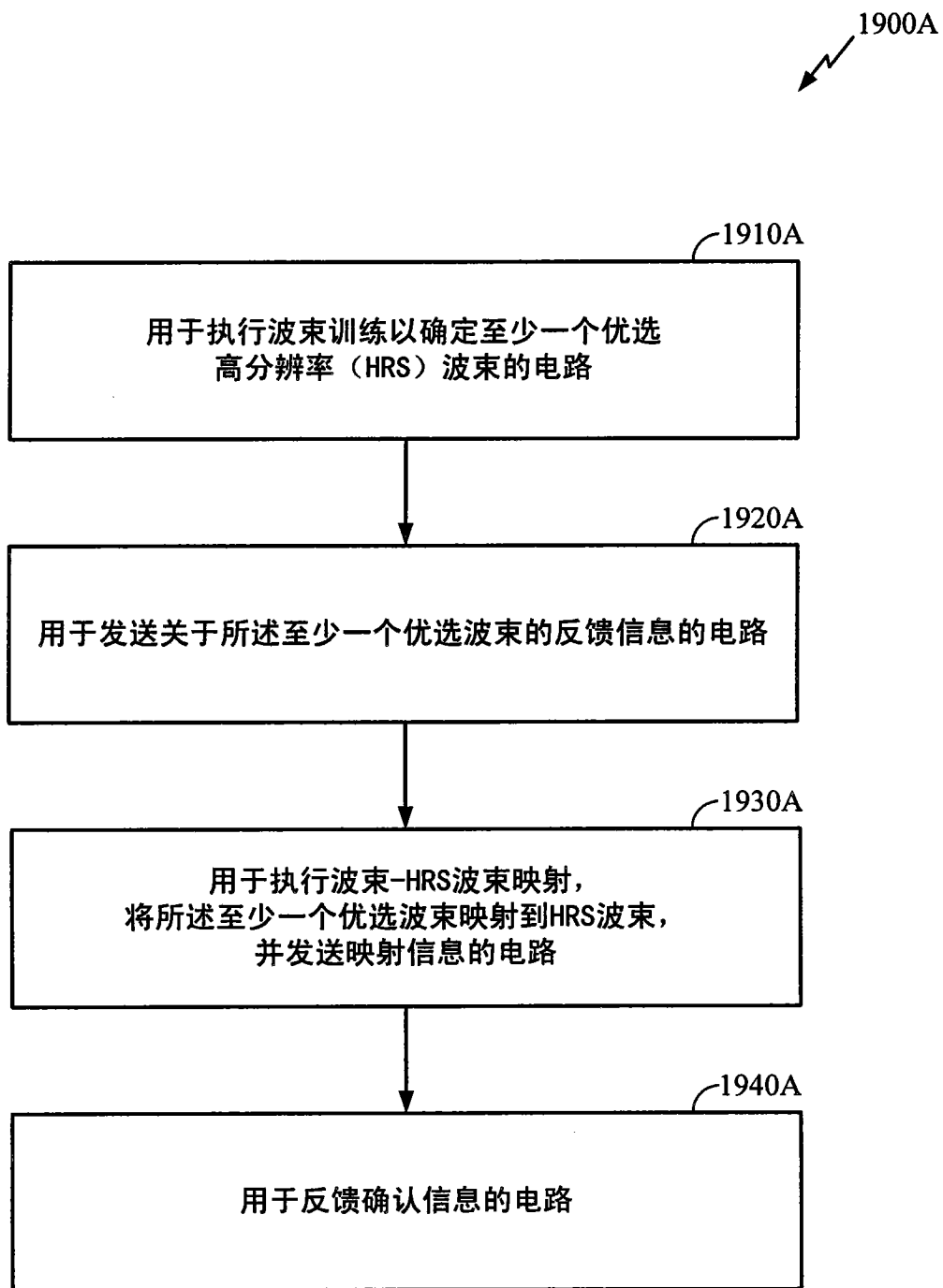


图 19A

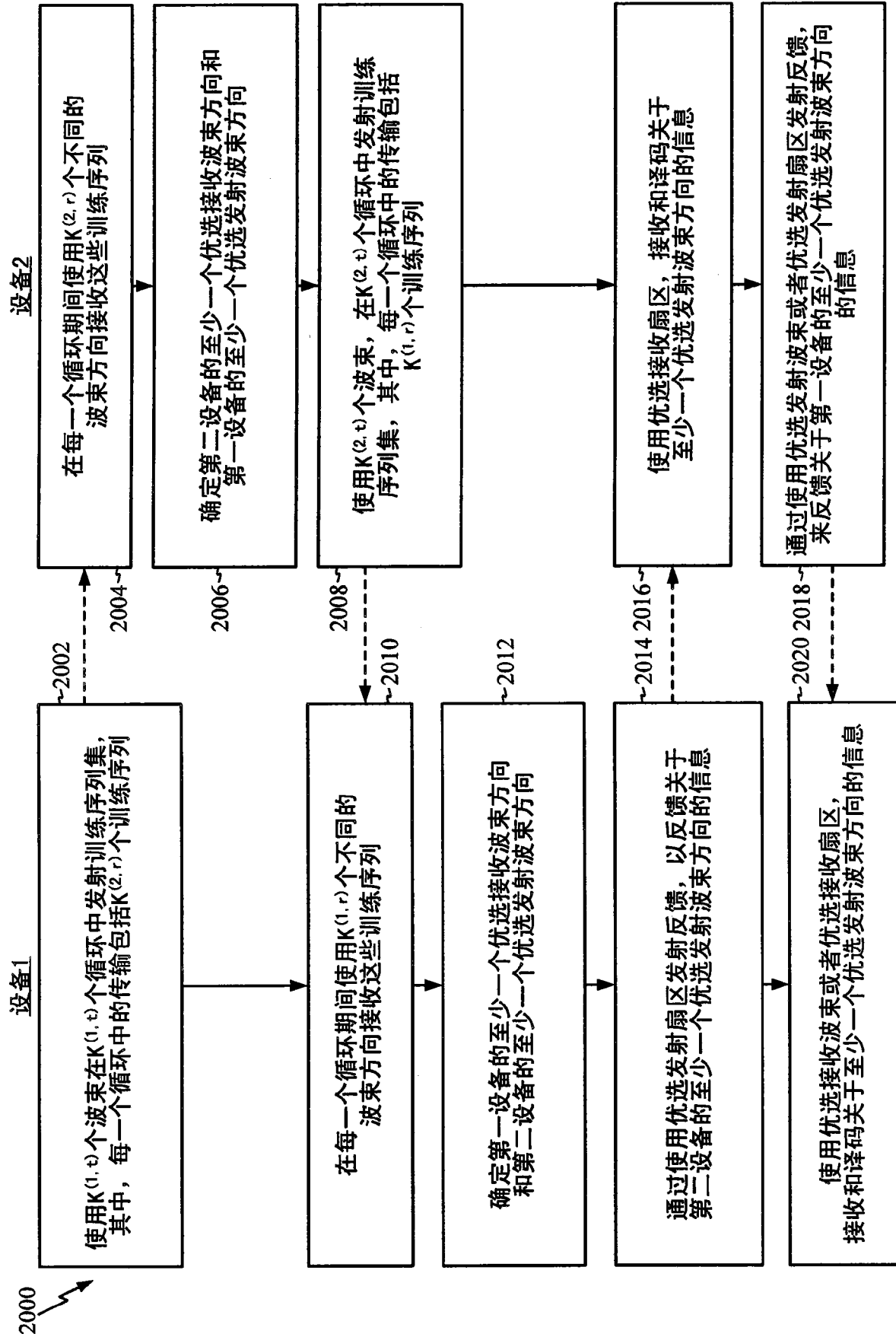


图 20

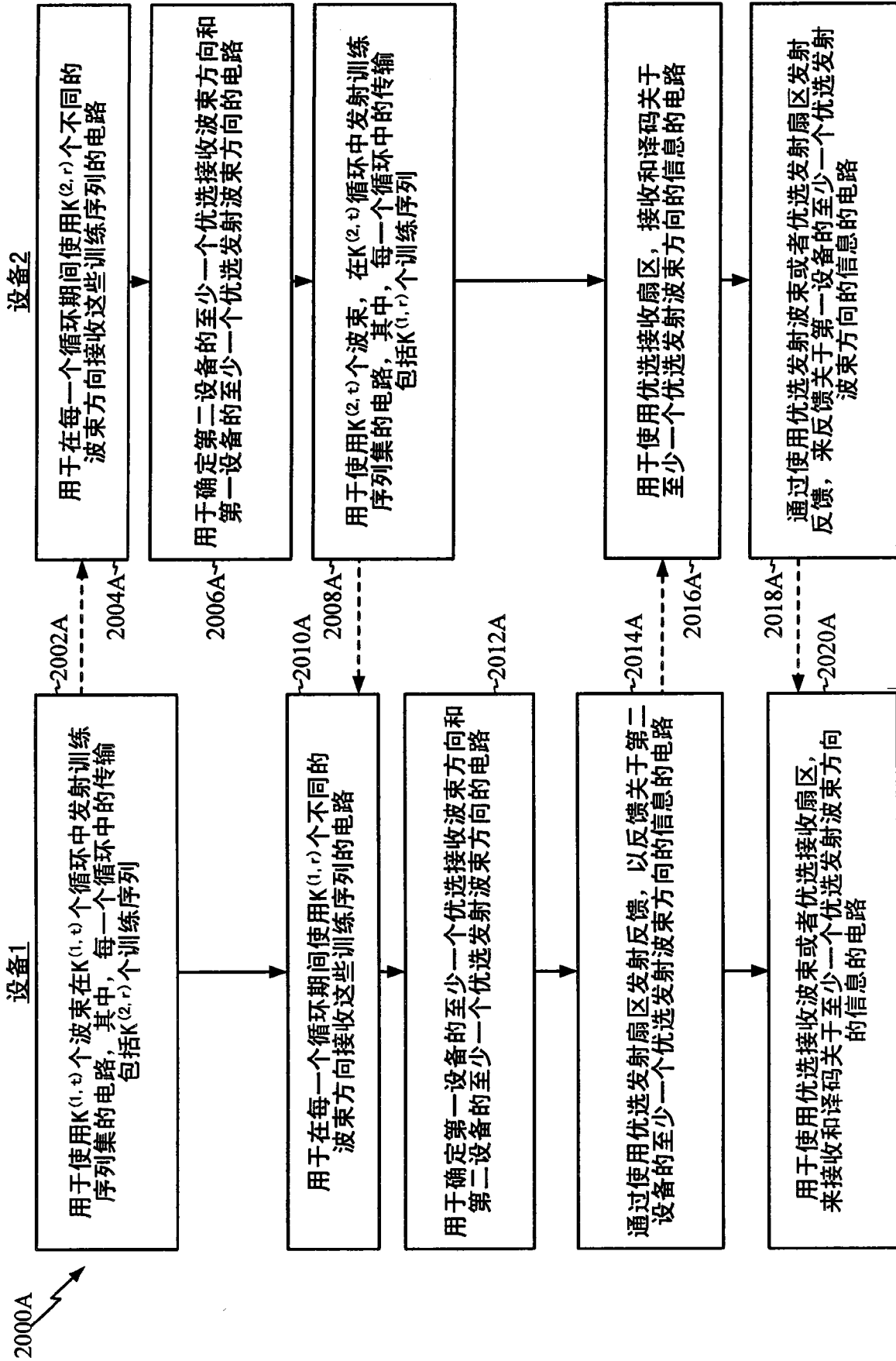


图 20A

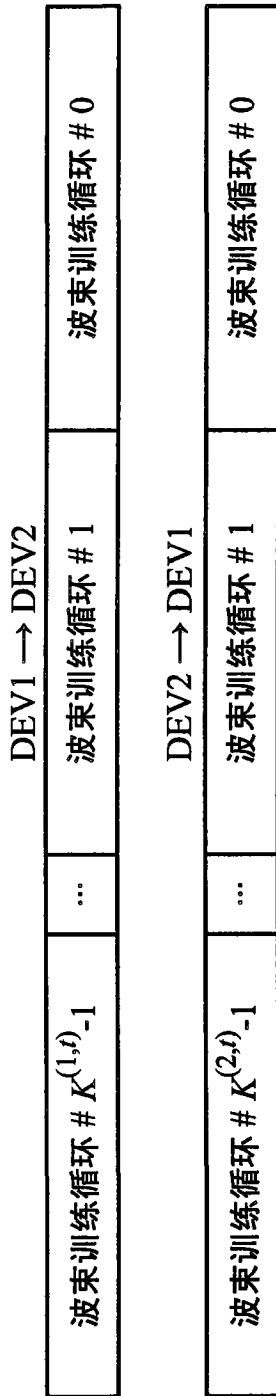


图 21A

图 21B

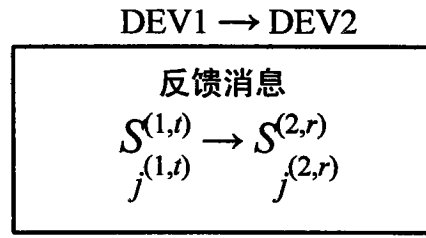


图 21C

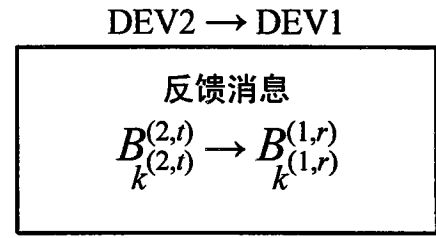


图 21D

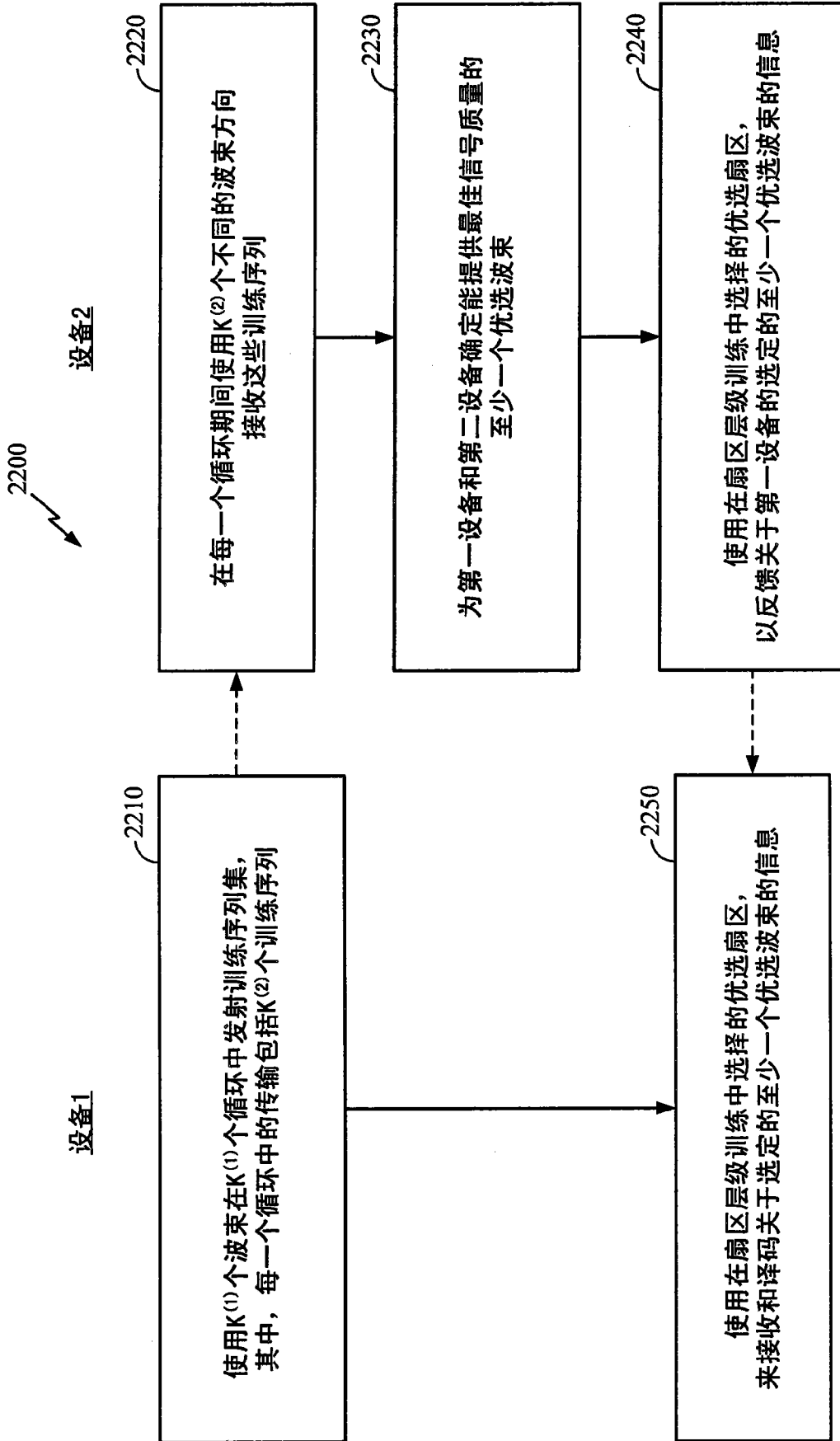


图 22

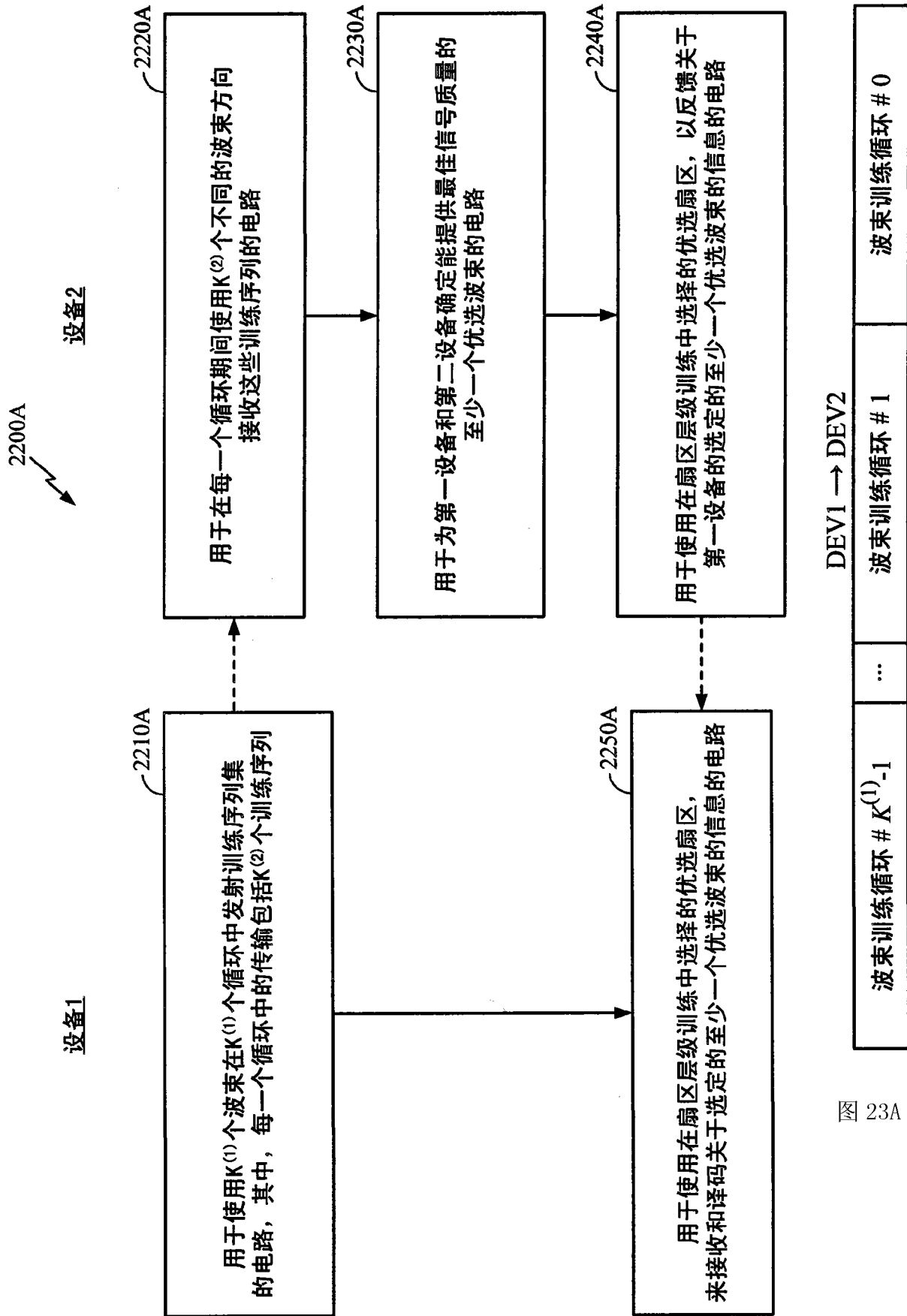


图 23A

图 22A

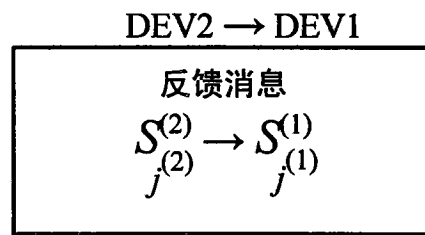


图 23B

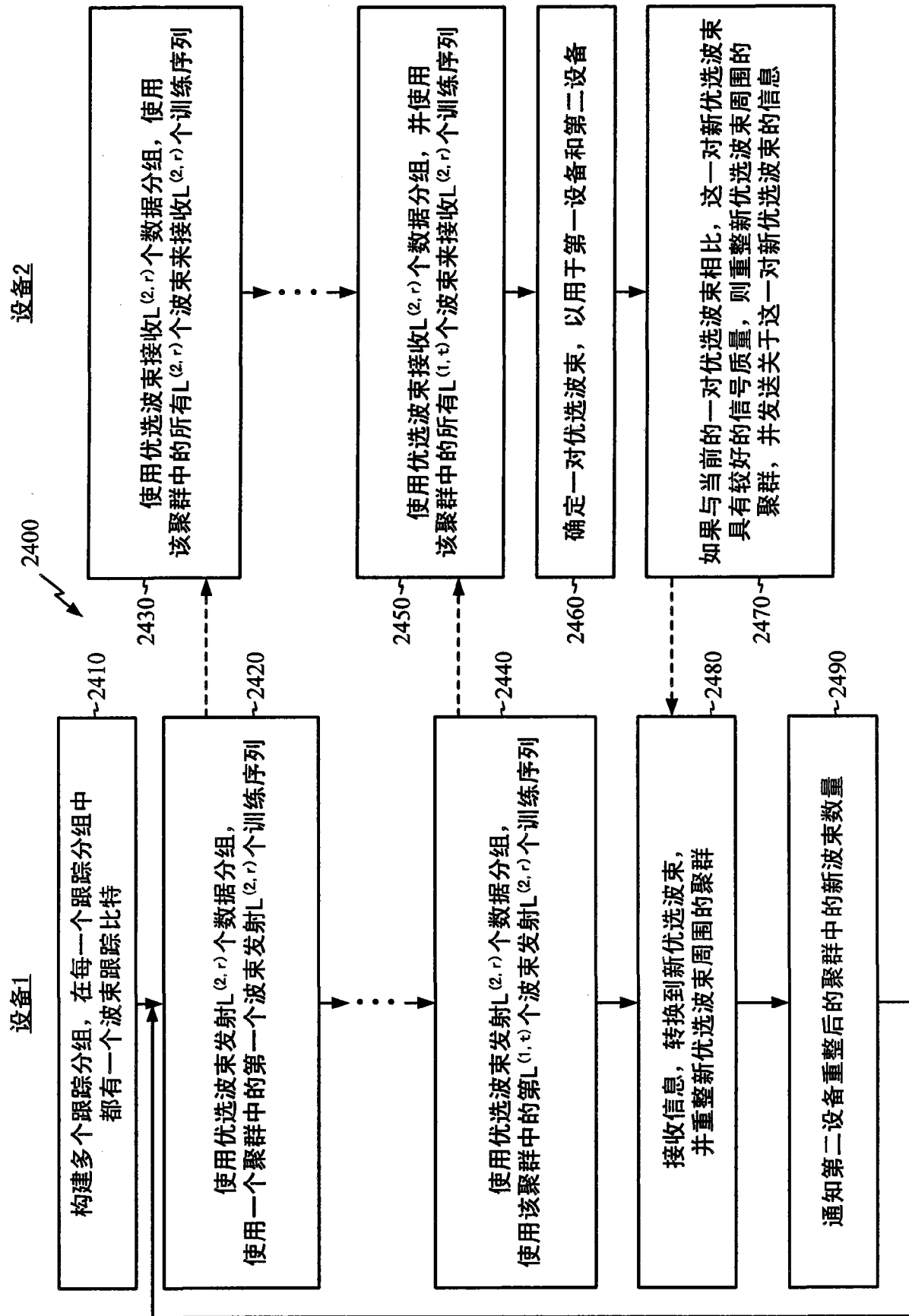


图 24

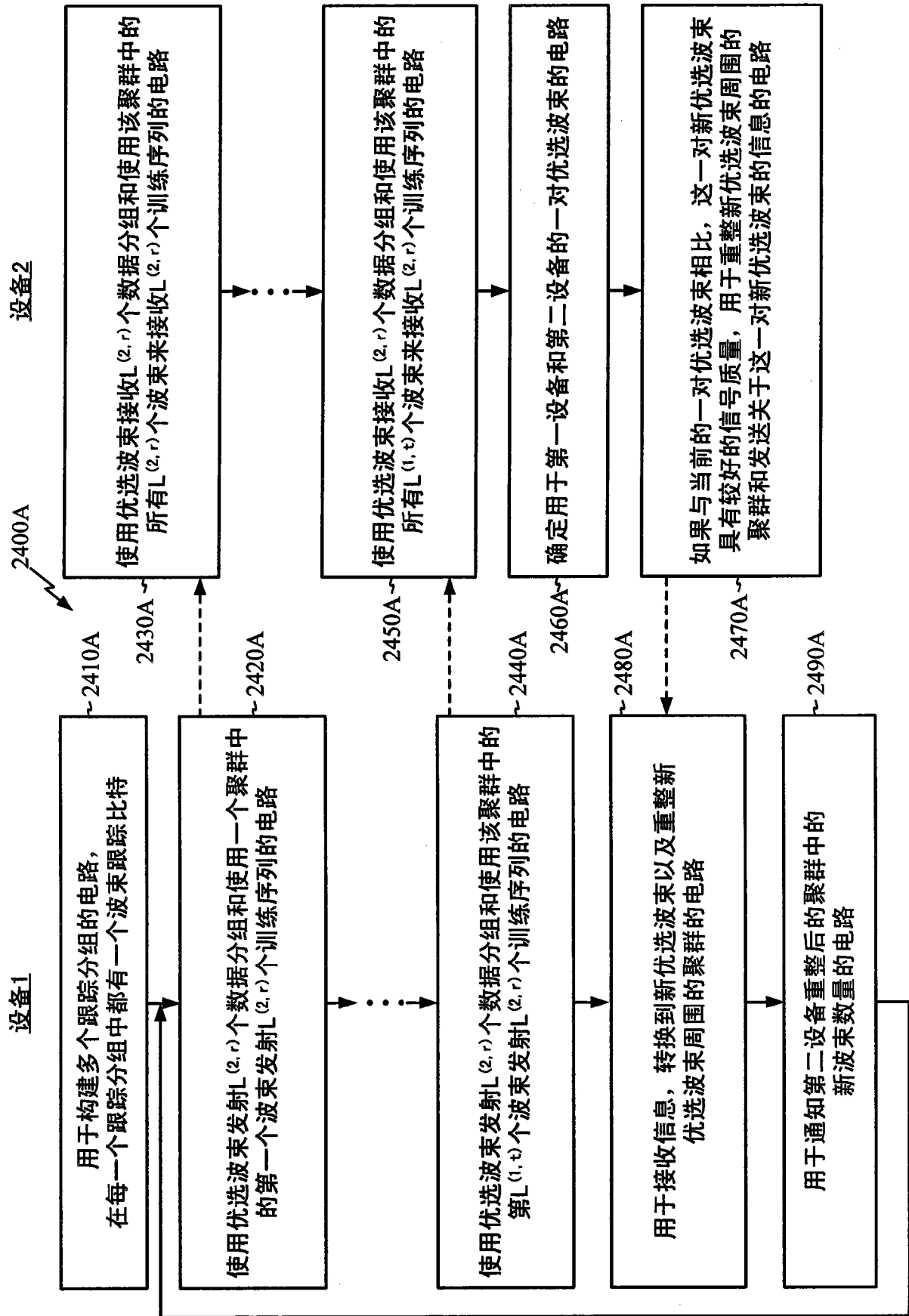


图 24A

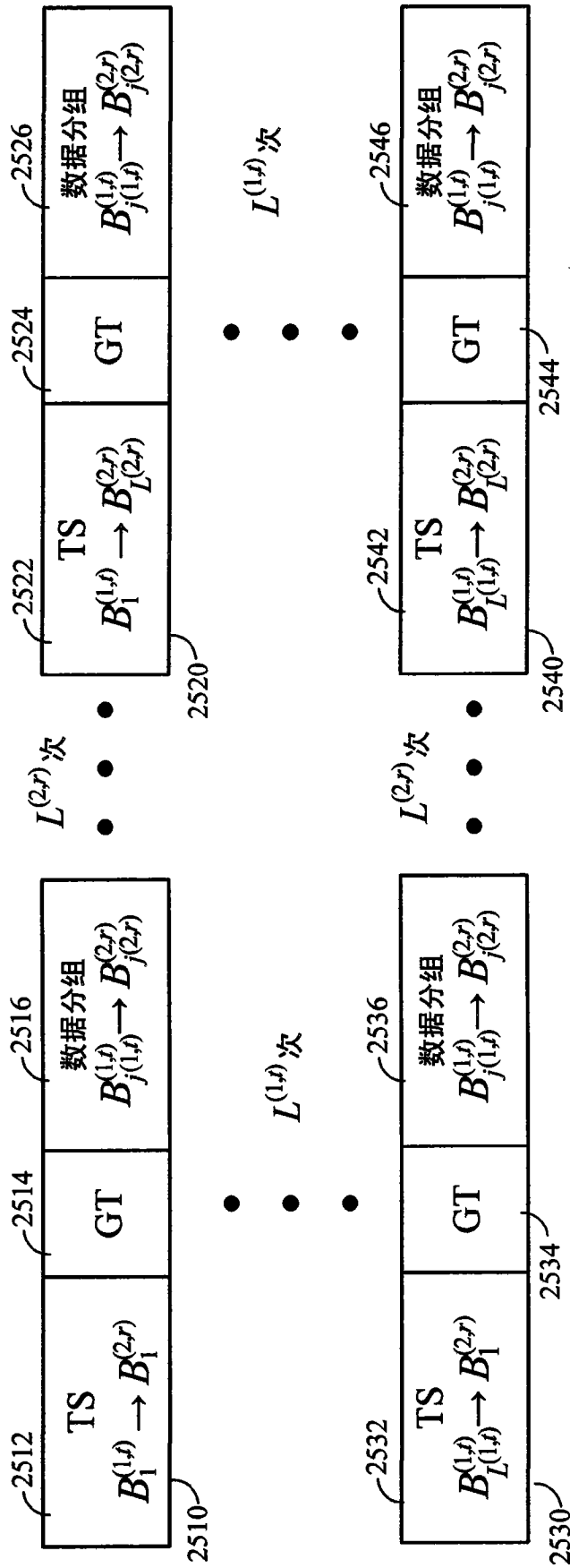


图 25

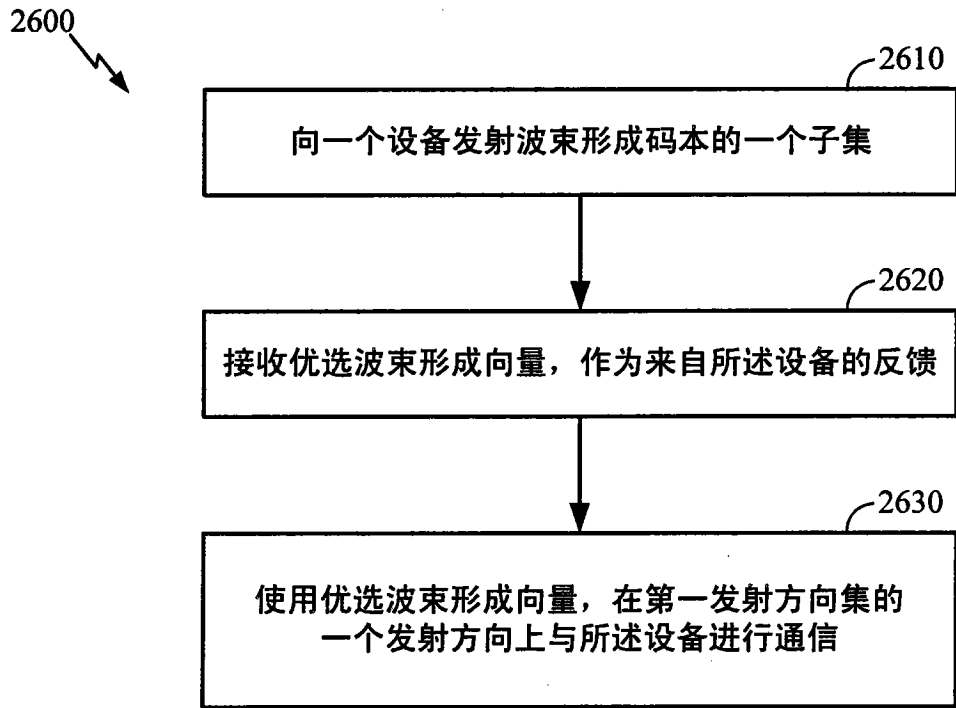


图 26

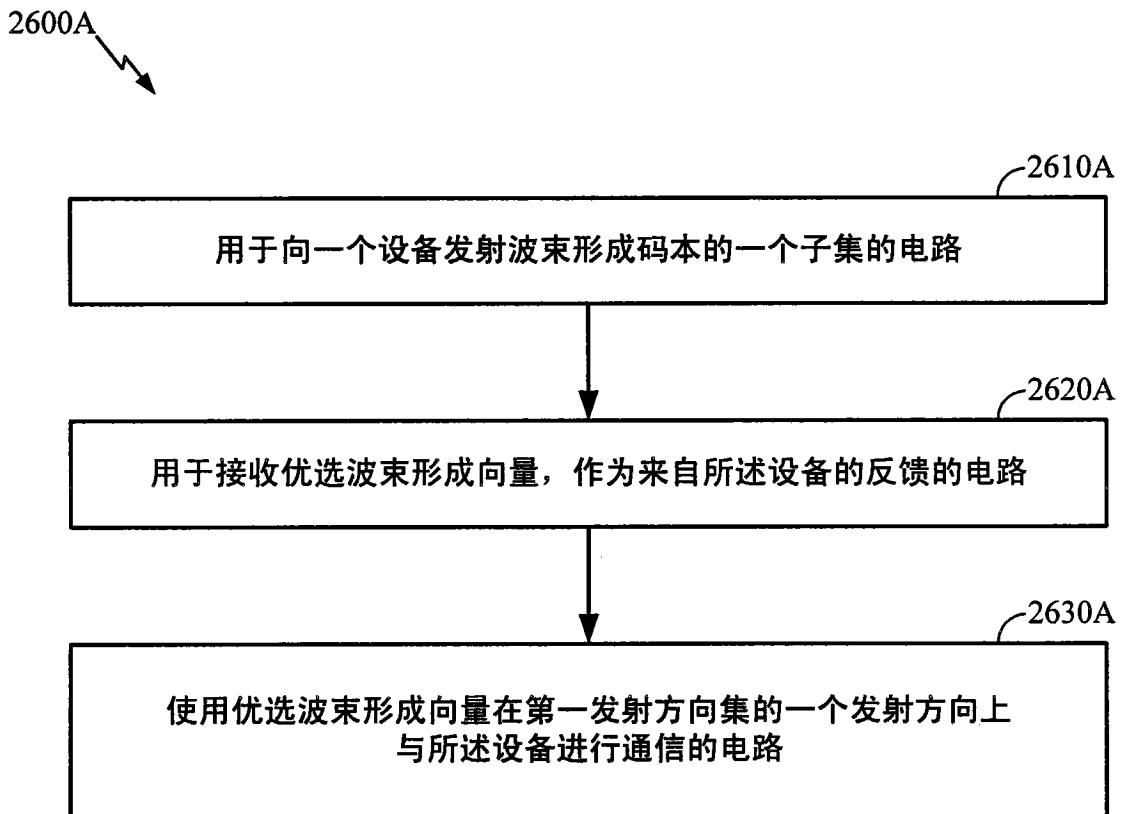


图 26A

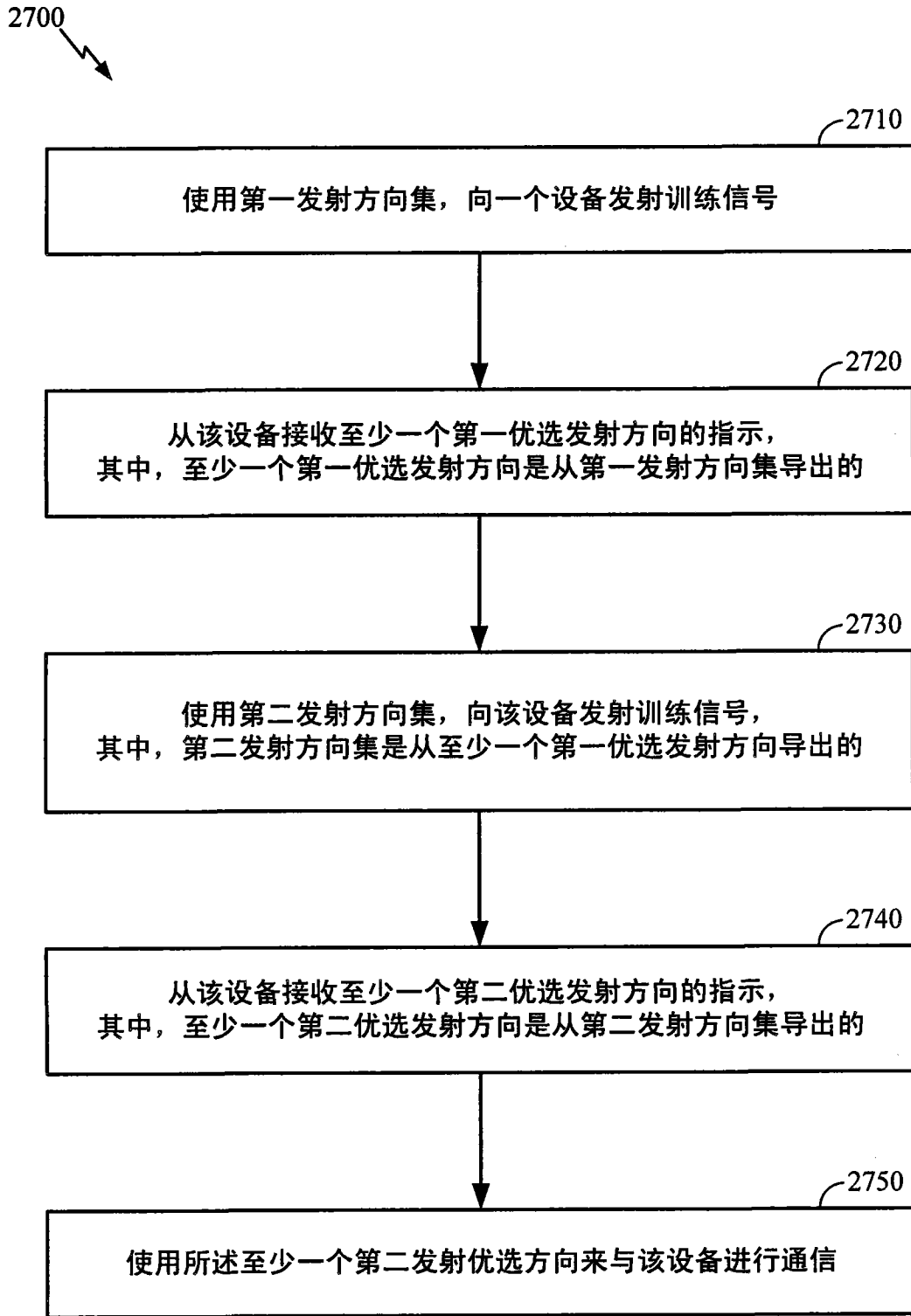


图 27

2700A

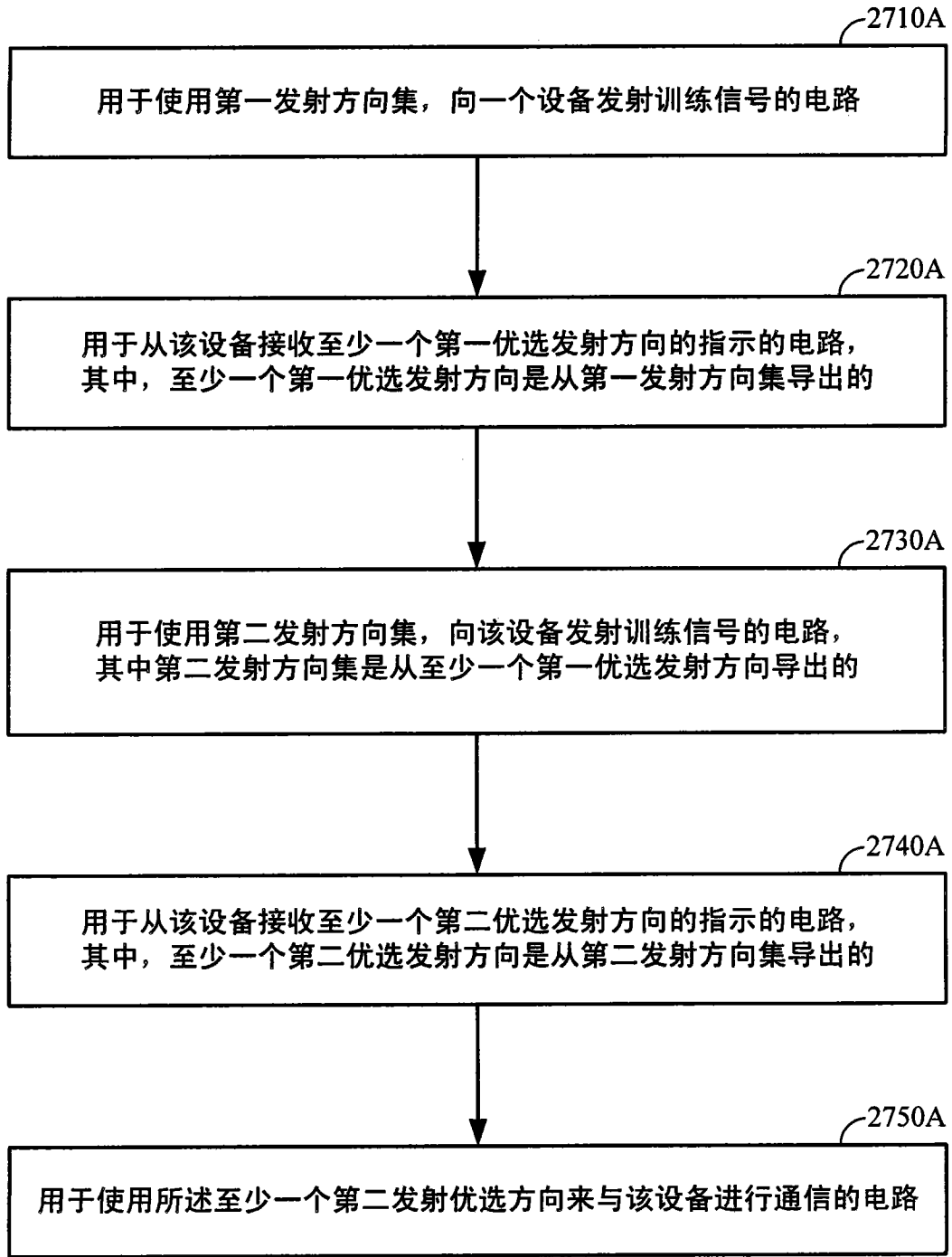


图 27A

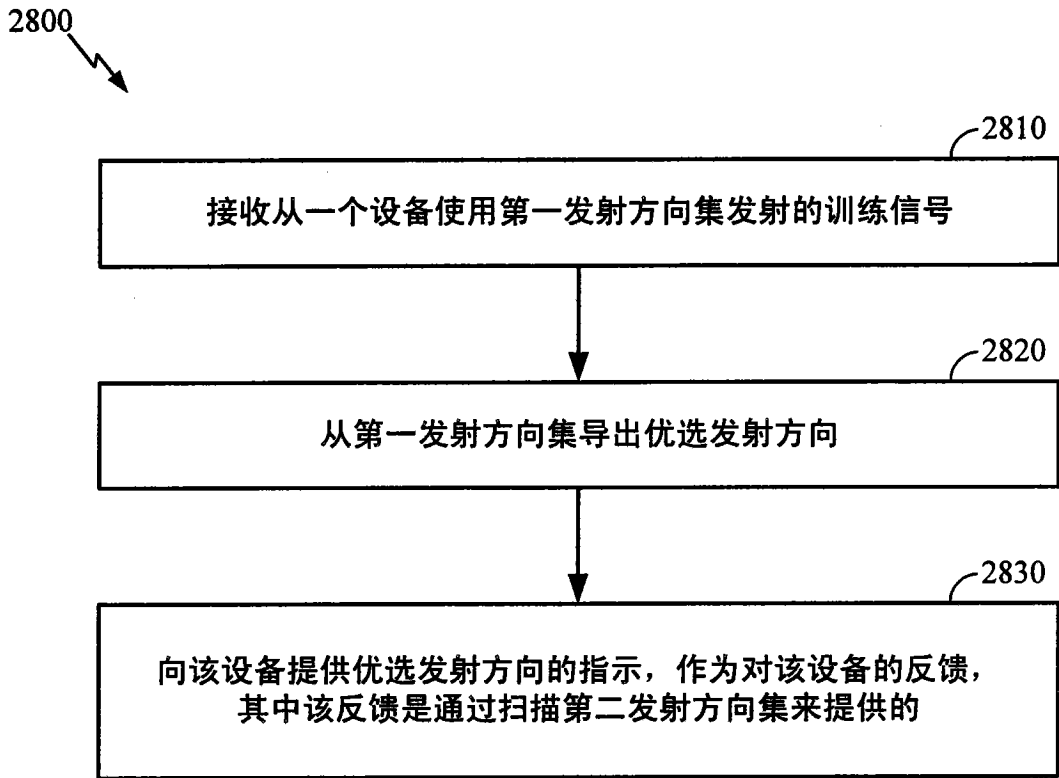


图 28

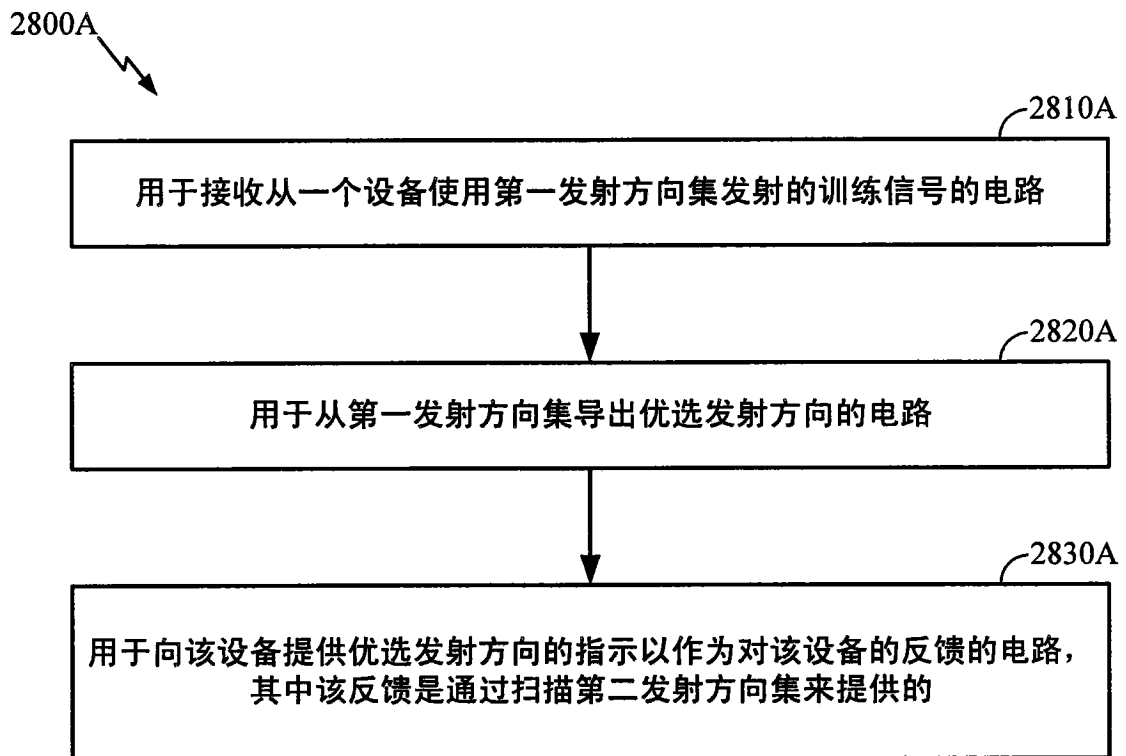


图 28A