



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101971520 A

(43) 申请公布日 2011.02.09

(21) 申请号 200980109310.4

代理人 柯广华 徐予红

(22) 申请日 2009.03.11

(51) Int. Cl.

(30) 优先权数据

H04B 7/04 (2006.01)

61/035480 2008.03.11 US

H04B 1/38 (2006.01)

12/262904 2008.10.31 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010.09.10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/036841 2009.03.11

(87) PCT申请的公布数据

W02009/114631 EN 2009.09.17

(71) 申请人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 I·苏茨科弗 A·卡谢尔 Q·李

H·牛

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

72001

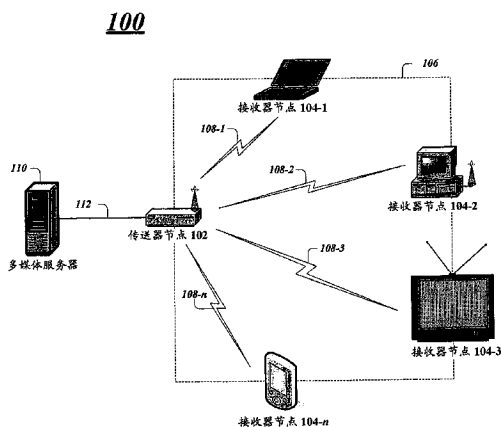
权利要求书 3 页 说明书 17 页 附图 11 页

(54) 发明名称

双向迭代波束形成

(57) 摘要

描述了双向迭代波束形成技术。一种设备可包括具有天线控制模块的无线装置,天线控制模块操作以使用迭代训练方案来发起波束形成操作以形成用于无线网络的一对通信信道,天线控制模块使用部分或完全形成的高速率信道,经收发器和相控天线阵列与对等装置传递训练信号和反馈信息,并且使用来自对等装置的反馈信息,迭代地确定用于相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量。其它实施例也被描述和要求权利。



1. 一种无线装置,包括:

相控天线阵列;

收发器,在通信上耦合到所述相控天线阵列;以及

天线控制模块,在通信上耦合到所述收发器和所述相控天线阵列,所述天线控制模块操作以使用迭代训练方案来发起波束形成操作以形成用于无线网络的一对通信信道,所述天线控制模块至少使用用于反馈信息的高速率信道,经所述收发器和相控天线阵列与对等装置传递训练信号和所述反馈信息,并且使用来自所述对等装置的反馈信息,迭代地确定用于所述相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量。

2. 如权利要求 1 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以通过下行链路高速率信道将训练信号发送到所述对等装置。

3. 如权利要求 2 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以通过所述下行链路高速率信道将接收器训练信号发送到所述对等装置,所述接收器训练信号用于在形成用于所述对等装置的相控天线阵列的定向接收波束图中使用。

4. 如权利要求 2 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以通过所述下行链路高速率信道将传送器训练信号发送到所述对等装置,所述传送器训练信号用于在形成用于所述相控天线阵列的定向传送波束图中使用。

5. 如权利要求 1 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以通过上行链路高速率信道接收来自所述对等装置的训练信号。

6. 如权利要求 5 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以通过所述上行链路高速率信道接收来自所述对等装置的接收器训练信号,以形成用于所述相控天线阵列的定向接收波束图。

7. 如权利要求 5 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以通过所述上行链路高速率信道接收来自所述对等装置的传送器训练信号,以形成用于所述第二装置的相控天线阵列的定向传送波束图。

8. 如权利要求 6 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以使用用于所述相控天线阵列的定向接收波束图,通过所述上行链路高速率信道接收来自所述对等装置的反馈信息。

9. 如权利要求 1 所述的无线装置,所述天线控制模块操作以使用用于所述相控天线阵列的定向传送波束图,通过下行链路高速率信道将反馈信息发送到所述对等装置,所述反馈信息用于在确定用于所述对等装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量中使用。

10. 如权利要求 10 所述的方法的无线装置,所述天线控制模块操作以使用多次迭代来继续波束形成操作,直到达到用于数据通信的确定的信噪比或者达到确定的迭代次数。

11. 一种方法,包括:

使用迭代训练方案来发起波束形成操作以形成用于无线网络的一对通信信道;

至少使用用于反馈信息的高速率信道,在第一装置和第二装置之间传递训练信号和所述反馈信息;以及

使用来自所述第二装置的反馈信息,确定用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量。

12. 如权利要求 11 所述的方法,包括通过下行链路高速率信道将训练信号从所述第一

装置发送到所述第二装置。

13. 如权利要求 12 所述的方法,包括通过所述下行链路高速率信道将接收器训练信号从所述第一装置发送到所述第二装置以形成用于所述第二装置的相控天线阵列的定向接收波束图。

14. 如权利要求 12 所述的方法,包括通过所述下行链路高速率信道将传送器训练信号从所述第一装置发送到所述第二装置以形成用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图。

15. 如权利要求 11 所述的方法,包括由所述第一装置通过上行链路高速率信道从所述第二装置接收训练信号。

16. 如权利要求 15 所述的方法,包括由所述第一装置通过所述上行链路高速率信道从所述第二装置接收接收器训练信号以形成用于所述第一装置的相控天线阵列的定向接收波束图。

17. 如权利要求 15 所述的方法,包括由所述第一装置通过所述上行链路高速率信道从所述第二装置接收传送器训练信号以形成用于所述第二装置的相控天线阵列的定向传送波束图。

18. 如权利要求 11 所述的方法,包括:

使用用于所述第一装置的相控天线阵列的定向接收波束图,由所述第一装置通过上行链路高速率信道从所述第二装置接收反馈信息;以及

使用来自所述第二装置的所述反馈信息,确定用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量。

19. 如权利要求 11 所述的方法,包括使用用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图,通过下行链路高速率信道将反馈信息从所述第一装置发送到所述第二装置,所述反馈信息用于在使用来自所述第一装置的所述反馈信息来确定用于所述第二装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量中使用。

20. 如权利要求 11 所述的方法,包括传递训练信号和反馈信息,并且使用多次迭代来确定用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列向量权重,直到达到用于数据通信的确定的信噪比或者直到达到确定的迭代次数。

21. 一种包括包含指令的计算机可读存储媒体的物品,所述指令如果执行则使得系统能够:

使用迭代训练方案来发起波束形成操作以形成用于无线网络的一对通信信道;

通过下行链路高速率信道将训练信号从第一装置发送到第二装置;

由所述第一装置通过上行链路高速率信道从所述第二装置接收反馈信息;以及

使用来自所述第二装置的反馈信息,确定用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量。

22. 如权利要求 21 所述的物品,还包括如果执行则使得系统能够进行以下操作的指令:通过所述下行链路高速率信道将接收器训练信号从所述第一装置发送到所述第二装置以形成用于所述第二装置的相控天线阵列的定向接收波束图。

23. 如权利要求 21 所述的物品,还包括如果执行则使得系统能够进行以下操作的指令:通过所述下行链路高速率信道将传送器训练信号从所述第一装置发送到所述第二装置

以形成用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图。

24. 如权利要求 21 所述的物品,还包括如果执行则使得系统能够进行以下操作的指令:由所述第一装置通过所述上行链路高速率信道从所述第二装置接收接收器训练信号以形成用于所述第一装置的相控天线阵列的定向接收波束图。

25. 如权利要求 24 所述的物品,还包括如果执行则使得系统能够进行以下操作的指令:使用用于所述第一装置的相控天线阵列的定向接收波束图,由所述第一装置通过上行链路高速率信道从所述第二装置接收反馈信息。

26. 一种方法,包括:

使用迭代训练方案来执行双向波束形成操作以形成用于无线网络的双向高增益信道;
以及

为第一装置和第二装置交错传送和接收波束形成操作,以允许在所述双向波束形成操作期间,通过高速率信道来传递所述第一装置从所述第二装置接收的反馈信息。

27. 如权利要求 26 所述的方法,包括:

通过下行链路信道将训练信号发送到所述第二装置以随后形成用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图;

通过上行链路低速率信道接收来自所述第二装置的第一反馈信息;

使用所述第一反馈信息,确定用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量;

通过所述下行链路信道将训练信号发送到所述第二装置以形成用于所述第二装置的相控天线阵列的定向接收波束图;

通过所述上行链路高速率信道接收来自所述第二装置的训练信号以形成用于所述第二装置的相控天线阵列的定向传送波束图;以及

使用用于所述第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图,通过下行链路高速率信道将第二反馈信息从所述第一装置发送到所述第二装置,所述第二反馈信息用于在确定用于所述第二装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量中使用。

28. 如权利要求 26 所述的方法,包括通过下行链路高速率信道将训练信号从所述第一装置发送到所述第二装置以形成用于所述第一装置的相控天线阵列的天线元件的子集的定向传送波束图。

29. 如权利要求 26 所述的方法,包括接收用于所述反馈信息的调制和编码方案信息。

30. 如权利要求 26 所述的方法,包括为每次迭代训练增加反馈信息的量。

双向迭代波束形成

背景技术

[0001] 无线通信系统通过例如一部分或几部分的射频 (RF) 频谱的共享无线通信媒体来传递信息。在 60 千兆赫兹 (GHz) 操作的毫米波 (mmWave) 通信中的最近创新很希望实现在大约 10 米的短范围内几千兆比特每秒 (Gbps) 吞吐量。由于大的信号衰减和有限的传送功率,许多 60GHz 装置将依赖具有高指向性增益的天线阵列来实现 10 米覆盖。这些装置使用调向 (steer) 来自障碍物周围的传送器天线阵列的“波束”的技术,以查找到接收器天线阵列的最佳路径,由此将大量的天线增益指向接收器天线阵列。在对等装置的天线阵列之间发现和指引能量的技术一般称为“波束形成”或“波束调向”或“波束搜索”。波束形成通常尝试在传送器调向天线波束,同时使接收器天线集中在来自传送器的进入功率的方向中。然而,常规波束形成协议一般在对等装置之间建立最终高速通信信道前消耗相当大的训练时间。因此,设计成降低与训练时间相关联的开销的技术是合乎需要的。

附图说明

- [0002] 图 1 示出通信系统的一个实施例。
- [0003] 图 2 示出无线网络的一个实施例。
- [0004] 图 3 示出相控天线阵列的一个实施例。
- [0005] 图 4 示出状态图的一个实施例。
- [0006] 图 5 示出迭代训练方案的一个实施例。
- [0007] 图 6A 示出第一消息流程的一个实施例。
- [0008] 图 6B 示出第二消息流程的一个实施例。
- [0009] 图 7 示出波束形成增益的曲线图的一个实施例。
- [0010] 图 8 示出第三消息流程的一个实施例。
- [0011] 图 9 示出相控天线阵列的一个实施例。
- [0012] 图 10 示出逻辑流程的一个实施例。
- [0013] 图 11 示出制造的物品的一个实施例。

具体实施方式

[0014] 各种实施例可通常涉及用于无线通信系统的双向迭代波束形成技术。一些实施例可特定针对一种增强的双向波束形成协议,该协议设计成通过例如 60GHz 毫米波无线视频区域网 (WVAN) 或无线个人区域网 (WPAN) 的无线网络,例如在两个或更多无线装置之间同时生成双向通信信道。此类网络由于其有限的传送范围和参与装置而有时称为“微微网”。增强的双向波束形成协议为定向天线传送生成附加的天线增益,由此允许以更高数据速率来传递训练和反馈信息,从而导致两个无线装置之间设立双向通信信道中降低的训练时间和开销。

[0015] 由于在 60GHz 频带的路径损失较高,并且功率放大器在 60GHz 的效率较低(例如,CMOS 功率放大器),因此,需要定向传送以实现期望的覆盖区域(例如,大约 10 米)。也就

是说,需要来自传送和接收波束形成两者的天线阵列增益以获得用于可靠数据通信的信噪比 (SNR)。波束形成协议一般用于查找将接收器 SNR、接收功率或其它准则最大化的最佳相位值。

[0016] 当前存在用于实现定向传送技术的几种类型的波束形成协议。第一种定向传送技术称为扇区扫描。它使用预定义权重 (weight) 来形成几个定向波束,然而,要求校准以便形成必需的波束。另一种技术基于奇异值分解 (SVD),它一般不要求校准。通过为天线图使用奇异向量,SVD 允许选定奇异值上的传送。具体而言,与最大本征值相关联的奇异向量一般工作良好。然而,值得注意的是,为选择奇异值和奇异向量,装置一般必须具有整个 MIMO 信道(例如,从在传送器的每个天线元件到在接收器端的每个天线元件的信道)的估计。虽然 SVD 技术提供改进的性能,但它由于缺乏信道互易性而需要反馈信息。这可能将信道延迟引入 SVD 定向传送技术中。

[0017] 微微网一般实现两种普通类型的通信传送,每种传送具有不同的传送包络或特性。例如,第一种类型的传送可以是定向传送,并且第二种类型的传送可以是全向传送。不同类型的传送可以在不同的传送速率进行。例如,定向传送可使用更高速率信道来执行,并且第二种类型的传送可使用更低速率信道来执行。例如,在 WirelessHD 网络中,定向传送可使用高速率物理 (HRP) 信道来执行,并且第二种类型的传送可使用低速率物理 (LRP) 信道来执行。在某种程度上,通过利用更大量的带宽,HRP 信道可比 LRP 信道实现更高的速率。

[0018] 由于一对装置的位置在初始化期间未知,因此,常规技术利用 LRP 信道和 HRP 信道的组合来进行波束形成操作。例如,一种常规技术利用基于迭代训练方案的相控阵列天线的波束形成协议。在一个实施例中,例如,迭代训练方案可包括幂迭代 (power iteration) 方案。此波束形成协议设计用于通过 HRP 信道的单向高速率数据传送,其中,反向链路遭受通过 LRP 信道的低速率数据传送。对于迭代搜索过程的反馈信息通过 LRP 信道来传送,这大大减慢了波束形成操作。对于仅在一个方向中需要高速率数据传送的应用,例如对于从媒体源到媒体宿的视频业务,这可以是可接受的。然而,对于在双向中需要高速率数据通信的应用,例如对于计算集中型应用,这在波束形成操作中引入了不应有的延迟。

[0019] 为了解决这些和其它问题,各种实施例实现增强的双向波束形成协议以执行双向波束形成操作,以降低波束形成操作期间的训练开销和链路等待时间。一些实施例延迟反馈信息,直到训练双向传送(或接收)波束形成权重,并随后通过具有更高速率的波束形成链路(例如,HRP 信道)来发送反馈。这可降低或消除为波束形成操作使用 LRP 信道的需要。附加或备选的是,一些实施例交错传送和接收波束形成操作以允许使用部分训练的链路在更高数据速率传递反馈信息。这降低了在波束形成操作期间使用 LRP 信道的需要。

[0020] 例如,在一个实施例中,无线装置可包括在通信上耦合到收发器的相控天线阵列。无线装置可还包括在通信上耦合到收发器和相控天线阵列的天线控制模块。天线控制模块可布置成使用迭代训练方案来执行波束形成操作以在无线装置与对等装置之间形成一对通信信道。例如,天线控制模块可布置成经收发器和相控天线阵列与对等装置传递训练信号和反馈信息。信息使用几乎全部高速率信道来传递,或者通过部分使用低速率信道来传递以引导高速率信道的设立。这降低了装置的训练时间。天线控制模块使用来自对等装置的反馈信息,迭代确定相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量 (AWV)。一旦已训练,无线装置便可用于高速双向数据通信。

[0021] 附加或备选的是,无线装置的天线控制模块可使用迭代训练方案来发起双向波束形成操作以形成用于无线网络的一对通信信道。天线控制模块可布置成为第一无线装置和第二无线装置交错传送和接收波束形成操作,以允许通过更高数据速率信道(例如,HRP 信道)来传递由第一无线装置从第二无线装置接收的反馈信息。

[0022] 如本文中所述的无线装置可协调相互之间的操作。协调可涉及信息的单向或双向交换。在某一实施例中,信息能实现为信号。例如,训练信息可包括训练信号或序列。然而,其它实施例可备选地采用数据消息。根据给定实现,术语“训练信息”和“反馈信息”指包括信号和数据消息两者。实施例在此上下文中不受限制。

[0023] 增强的双向波束形成协议的实施例相对常规波束形成技术提供几种优势。例如,增强的双向波束形成协议训练通信链路的两个方向,从而允许在更对称的双向操作(例如在 PC 环境中)前更结构化的过程。与常规波束形成协议相比,这提供了卓越的性能,其允许高速率传送的接收器在可能不要求反向链路的训练的低速率专用物理层(PHY)中应答(例如,ACK 等)。在另一示例中,增强的双向波束形成协议更有效地利用资源。在每次迭代期间提供的反馈基于部分训练的天线阵列。在仍有的另一示例中,外部侦听装置能识别来自链路的两端的传送。在独立站想要评估它将从关心的链路遭遇的干扰量时,此情况是有益的。然而,如果仅链路的一端进行传送,则站具有与仅关于前向链路而非关于反向链路的干扰有关的知识。这些只是增强的双向波束形成协议提供的优点的几个示例,并且可领会,许多其它优点也存在。

[0024] 图 1 示出通信系统 100 的一个实施例的框图。在各种实施例中,通信系统 100 可包括多个节点。节点通常可包括用于在通信系统 100 中传递信息的任何物理或逻辑实体,并且可按照为性能约束或设计参数的给定集合所期望的,实现为硬件、软件或其任何组合。虽然图 1 可通过示例显示有限数量的节点,但能领会,更多或更少的节点可用于给定实现。

[0025] 在各种实施例中,通信系统 100 可包括或形成有线通信系统、无线通信系统的部分或两者的组合。例如,通信系统 100 可包括布置成通过一个或多个类型的有线通信链路来传递信息的一个或多个节点。有线通信链路的示例可无限制地包括导线、电缆、总线、印刷电路板(PCB)、以太网连接、对等(P2P)连接、底板、开关构造(switch fabric)、半导体材料、双绞线、同轴电缆、光纤连接等等。通信系统 100 还可包括布置成通过一个或多个类型的无线通信链路来传递信息的一个或多个节点。无线通信链路的示例可无限制地包括无线电信道、红外线信道、射频(RF)信道、无线保真(WiFi)信道、RF 频谱的一部分和 / 或一个或多个许可或免许可的频带。

[0026] 通信系统 100 可根据如标准组织发布的一个或多个标准来传递信息。例如,在一个实施例中,包括通信系统 100 的部分的各种装置可布置成根据 WirelessHD™ 规范、标准或变型中的一个或多个来操作,例如由 WirelessHD、LLC 发布的 WirelessHD 规范、修订版 1.0d7(2007 年 12 月 1 日)及其后代(总称为“WirelessHD 规范”)。WirelessHD 规范定义用于消费者电子产品的下一代无线数字网络接口。具体而言,WirelessHD 规范使得无线连接能够在例如源装置与高清晰显示器的各种无线装置之间流传送高清晰内容。WirelessHD 规范定义使得能够创建 WWAN 的无线协议。在 WirelessHD 规范的当前例示中,MAC 和 PHY 被定义成在一般至少 10 米的范围支持在以 24 比特色彩在 60 赫兹(Hz)的高达 1080p 的格式的未压缩的高清晰音频和视频的无线输送。另外,在类似范围还支持压缩的音频 / 视频

(AV) 流和数据的输送。自适应子层通过支持认证、高级装置和连接控制而实现网络和服务设立。

[0027] 虽然一些实施例可通过示例参考 WirelessHD 规范进行描述,但可领会,也可实现本文中所述的技术还用于其它无线标准,如其它标准组织所发布的,例如国际电信联盟 (ITU)、国际标准化组织 (ISO)、国际电工委员会 (IEC)、电气和电子工程师协会 (信息 IEEE)、因特网工程任务组 (IETF) 等等。例如,在各种实施例中,通信系统 100 可根据以下标准来传递信息:用于无线局域网 (WLAN) 的一个或多个 IEEE802.11 标准,例如信息 IEEE 802.11 标准 (1999 版本,系统间信息交换和信息技术电信-局域网和城域网-特定要求,第 11 部分: WLAN 媒体接入控制 (MAC) 和物理 (PHY) 层规范)、其后代及对其的补充 (例如,802.11a、b、g/h、j、n、VHT SG 及变型);IEEE 802.15.3 和变型;用于 WMAN 的 IEEE 802.16 标准,包括例如 802.16-2004、802.16.2-2004、802.16e-2005、802.16f 及变型的 IEEE 802.16 标准;下一代 WirelessHD (NGmS) 后代及变型;欧洲计算机制造商协会 (ECMA) TG20 后代及变型;以及其它无线连网标准。实施例在此上下文不受限制。

[0028] 通信系统 100 可根据一个或多个协议来传递、管理或处理信息。协议可包括用于管理节点之间通信的预定义规则或指令的集合。例如,在各种实施例中,通信系统 100 可采用一个或多个协议,例如波束成形协议、媒体接入控制 (MAC) 协议、物理层收敛协议 (PLCP)、简单网络管理协议 (SNMP)、异步传输模式 (ATM) 协议、帧中继协议、系统网络架构 (SNA) 协议、传输控制协议 (TCP)、因特网协议 (IP)、TCP/IP、X.25、超文本传输协议 (HTTP)、用户数据报协议 (UDP) 等等。

[0029] 通信系统 100 还可布置成根据用于媒体处理的标准和 / 或协议来操作。媒体处理标准的示例无限制地包括如 ITU 无线电通信部门 (ITU-R) 定义的高清晰电视 (HDTV) 标准,例如建议 BT.709-5、2002 年 4 月公布的用于制作和国际节目交换的 HDTV 标准的参数值 (Parameter Values for the HDTV Standards For Production and International Programme Exchange)、地面数字视频广播 (DVB-T) 广播标准、ITU/IECH.263 标准、用于低比特速率通信的视频编码 (Video Coding for Low Bitrate Communication)、2000 年 11 月公布的 ITU-T 建议 H.263v3 和 / 或 ITU/IEC H.264 标准、用于极低比特速率通信的视频编码 (Video Coding for Very Low Bit Rate Communication)、2003 年 5 月公布的 ITU-T 建议 H.264、运动图像专家组 (MPEG) 标准 (例如, MPEG-1、MPEG-2、MPEG-4) 和 / 或高性能无线局域网 (HiperLAN) 标准。媒体处理协议的示例无限制地包括会话描述协议 (SDP)、实时流传送协议 (RTSP)、实时传输协议 (RTP)、同步多媒体集成语言 (SMIL) 协议和 / 或因特网流传送媒体联盟 (ISMA) 协议。实施例在此上下文不受限制。

[0030] 如图 1 中所示,通信系统 100 可包括耦合到多个接收器节点 104-1-n 的传送器节点 102,其中,n 可表示任何正整数值。在各种实施例中,传送器节点 102 和多个接收器节点 104-1-n 可实现为各种类型的无线装置。无线装置的示例可无限制地包括 IEEE 802.15.3 微微网控制器 (PNC)、控制器、IEEE 802.11 私有基本服务集合 (PBSS) 控制点 (PCP)、协调器、站、订户站、基站、无线接入点 (AP)、无线客户端装置、无线站 (STA)、膝上型计算机、超级膝上型计算机、便携式计算机、个人计算机 (PC)、笔记本 PC、手持式计算机、个人数字助理 (PDA)、蜂窝电话、组合蜂窝电话 / PDA、智能电话、寻呼机、消息传递装置、媒体播放器、数字音乐播放器、机顶盒 (STB)、家用电器、工作站、用户终端、移动单元、消费者电子器件、电

视、数字电视、高清晰电视、电视接收器、高清晰电视接收器等等。在此类实施例中, 传送器节点 102 和接收器节点 104-1-n 可包括用于无线通信的一个或多个无线接口和 / 或组件, 例如一个或多个传送器、接收器、收发器、芯片组、放大器、滤波器、控制逻辑、网络接口卡 (NIC)、天线、天线阵列等等。天线的示例可无限制地包括内部天线、全向天线、单极天线、偶极天线、端馈天线、圆极化天线、微带天线、分集式天线、双重特性天线、天线阵列等等。在一个实施例中, 某些装置可包括多个天线的天线阵列以实现各种自适应天线技术和空间分集技术。用于增强的双向波束形成协议的一些实施例在使用相控天线阵列的上下文中讨论。增强的双向波束形成协议可与具有对反馈信息的需要的任何类型的天线一起使用, 并且实施例在此方面不受限制。例如, 虽然增强的双向波束形成协议的一些方面设计成在链路的两端均启用相控天线阵列, 但转换的扇区天线 (例如, 能从一个方向转换到另一方向的具有预定义的少数几个方向的天线) 仍可使用此协议。

[0031] 为了说明而不是限制的目的, 用于增强的双向波束形成协议的示例可参照 WirelessHD 网络、协议和装置来给出。然而, 可领会, 增强的双向波束形成协议可通过其它类型的网络、协议和装置来实现。例如, 增强的双向波束形成协议可为 NGmS 网络、协议或装置来实现, 并且仍在实施例的预期范围内。实施例在此上下文中不受限制。

[0032] 在各种实施例中, 传送器节点 102 和接收器节点 104-1-n 可包括或形成无线网络 106 的部分。例如, 在一个实施例中, 无线网络 106 可包括如 WirelessHD 规范定义的 WVAN。在 WVAN 的上下文中, 节点 102、104 均可实现为符合 WirelessHD 的装置。在 WVAN 中, 传送器节点 102 可在通信上耦合到一个或多个接收器节点 104-1-n。根据 WirelessHD 规范和术语, 节点 102、104 之一或两者可实现为协调器或站。协调器通常 (但不始终) 是作为用于媒体信息 (例如, 音频或视频数据) 的宿的装置。协调器一般包括显示器, 并且在一些情况下, 包括媒体存储装置, 例如个人录像机 (PVR)、媒体服务器或 STB。站可包括具有媒体信息的装置, 它能供应或吸收这些信息 (可能在同时)。

[0033] 虽然一些实施例可为了说明而不是限制的目的通过实现为 WVAN 网络的无线网络 106 来描述, 但能领会, 实施例在此上下文中不受限制。例如, 无线网络 106 可包括或者实现为各种类型的无线网络和相关联协议, 适用于 WPAN、无线局域网 (WLAN)、无线城域网、无线宽域网 (WWAN)、宽带无线接入 (BWA) 网络、无线电网络、电视网络、例如直接广播卫星 (DBS) 网络的卫星网络和 / 或配置成根据所述实施例来操作的任何其它无线通信网络。

[0034] 如图 1 的实施例中所示, 传送器节点 102 可通过无线通信链路 108-n 耦合到接收器节点 104-1-n。特定无线通信链路 (例如, 无线通信链路 108-1) 可布置成在传送器节点 102 与特定接收器节点 (例如, 接收器节点 104-1) 之间建立一个或多个共用或专用连接。在各种实施例中, 特定无线通信链路 (例如, 无线通信链路 108-1) 可包括多个虚拟信道, 每个虚拟信道包括从传送器节点 102 到特定接收器节点 (例如, 接收器节点 104-1) 的点到点逻辑连接。在各种实现中, 多个虚拟信道可共享物理链路, 其中每个虚拟信道包括物理链路的专用资源或带宽。

[0035] 在各种实施例中, 节点 102、104 可使用例如高速率 PHY (HRP) 的物理层组件 (PHY) 来通信。在一个实施例中, 例如, HRP 通过自适应天线技术在大约 10 米的距离支持多 Gb/s 的吞吐量。因此, 用于 HRP 的天线图是高度定向的。HRP 优化用于输送未压缩的高清晰视频, 但其它数据能够使用 HRP 来传递。为支持多个视频分辨率, HRP 具有多于一个定义的数

据速率。HRP 携带例如音频和视频的同步数据、异步数据、MAC 命令、天线波束形成信息以及用于 A/V 装置的更高层控制数据。可领会，HRP 和 LRP 的使用是用于 WirelessHD 装置，并且其它类型的 PHY 可用于其它类型的装置。例如，相对于 NGmS 协议，高速率 PHY 可根据调制类型称为 OFDM PHY 或 SC PHY，而低速率 PHY 称为 SC PHY 的 MCS 或控制 PHY。在后一情况下，低速率传送将基于具有相当大处理增益的宽带宽，其使传送更健壮。其它类型的高速率和低速率 PHY 可用于不同类型的装置，并且实施例在此上下文中不受限制。

[0036] 在各种实施例中，节点 102、104 也可使用低速率 PHY (LRP) 来通信。LRP 是还提供较短范围（例如，10 米）的多 Mb/s 双向链路。一个或多个数据速率定义用于 LRP，其中更低数据速率具有近全向覆盖，而最高数据速率是定向的，但这不一定是绑定的。例如，一些布置可在几乎全向传送中使用 LRP 的较高数据速率。由于 LRP 具有近全向模式，因此，它能用于单播和广播两种连接。此外，由于所有站支持 LRP，因此，它能用于 WirelessHD 装置的站到站链路，但这可能对 NGmS 装置是不可能的。LRP 支持多个数据速率，包括定向模式，并且用于携带例如音频的低速率同步数据、低速率异步数据、包括信标的 MAC 命令、用于 HRP 分组的确认、天线波束形成信息、能力信息和用于 A/V 装置的更高层控制数据。

[0037] 在一些（不是所有）情况下，HRP 和 LRP 可在重叠频带中操作，因此，它们由 MAC 协调。媒体接入方案可包括时分多址 (TDMA) 格式、频分多址 (FDMA) 格式、TDMA/FDMA 格式、码分多址 (CDMA)、宽带 CDMA (WCDMA) 格式、正交频分多址 (OFDMA) 格式等等。实施例在此上下文中不受限制。

[0038] WVAN 通常支持两种类型的装置。例如，在一个实施例中，WVAN 可支持协调器和站。协调器控制微微网中的时序，记住 WVAN 的成员，能够使用 LRP 来传送和接收，可能能够使用 HRP 来传送数据，并且可能能够使用 HRP 来接收数据。站能够使用 LRP 来传送和接收，可发起流连接，可能能够使用 HRP 来传送数据，并且可能能够使用 HRP 来接收数据。站可能能够在 WVAN 中充当协调器。此类站被称为具协调器能力。

[0039] 除协调器和站的两种 MAC 个性外，WirelessHD WVAN 中的每个装置将具有如下表 1 中所示的四个不同 PHY 能力之一：

[0040] 表 1

[0041]

PHY	描述
HR0	不能使用 HRP 接收或传送的装置
HRRX	能够在 HRP 中接收但不能使用 HRP 传送的装置
HRTX	能够在 HRP 中传送但不能使用 HRP 接收的装置
HRTR	能够使用 HRP 传送和接收的装置

[0042] 所有符合 WirelessHD 的装置能够使用 LRP 来传送和接收。如 WirelessHD 规范中定义的，HRP 和 LRP 均可提供多个数据速率。

[0043] 在各种实施例中, 传送器节点 102 和接收器节点 104-1-n 可布置成在多个通信帧中传递各种类型的媒体信息。各种类型的媒体信息可包括图像信息、音频信息、视频信息、AV 信息和 / 或从媒体源 108 提供的其它数据。在各种实施例中, 信息可与一个或多个图像、图像文件、图像组、图片、数字照片、音乐文件、声音文件、话音信息、视频、视频剪辑、视频文件、视频序列、视频馈送 (video feed)、视频流、影片、广播节目制作、电视信号、网页、用户接口、图形、文本信息 (例如, 加密密钥、序号、电子邮件消息、文本消息、即时消息、联系人列表、电话号码、任务列表、日历条目、超链接)、数字信息、字母信息、字符符号等等相关联。信息还可包括命令信息、控制信息、路由选择信息、处理信息、系统文件信息、系统库信息、软件 (例如, 操作系统软件、文件系统软件、应用软件、游戏软件)、固件、应用编程接口 (API)、程序、小程序 (applet)、子例程、指令集、指令、计算机代码、逻辑、字、值、符号等等。

[0044] 传送器节点 102 可布置成从媒体源节点 110 接收要单播和 / 或多播到接收器节点 104-1-n 中一个或多个节点的媒体内容。在各种实施例中, 传送器节点 102 可布置成接收来自源节点 110 的媒体内容。媒体源节点 110 一般可包括能够将静态或动态媒体内容输送到传送器节点 102 的任何媒体源。例如, 在一个实施例中, 媒体源节点 110 可包括布置成将广播或流传送媒体内容提供到传送器节点 102 的多媒体服务器。在一些实现中, 媒体源节点 110 可形成例如用无线电 (OTA) 的广播系统、无线电广播系统、电视广播系统、卫星广播系统等等广播系统或媒体分发系统 (DS) 的部分。在一些实现中, 媒体源节点 110 可布置成输送以各种格式存储和预录制的媒体内容以用于由例如数字通用盘 (DVD) 装置、视频家庭系统 (VHS) 装置、数字 VHS 装置、数码相机、视频相机、便携式媒体播放器、游戏装置等等的装置来使用。

[0045] 例如, 如图 1 的实施例中所示, 传送器节点 102 可通过通信媒体 112 耦合到媒体源节点 110。通信媒体 112 按照对于给定实现所期望的, 一般可包括能够携带信息信号的任何媒体, 例如有线通信链路、无线通信链路或两者的组合。在各种实施例中, 通信媒体 112 例如可包括实现为有线以太网和 / 或 P2P 连接的有线通信链路。在此类实施例中, 信息可通过根据信息 IEEE 802.3 的通信媒体 112 来传递, 并且传送器节点 102 可大致无损地接收来自媒体源节点 110 的媒体内容。

[0046] 虽然一些实施例可为了说明而不是限制的目的而通过实现为有线以太网和 / 或 P2P 连接的通信媒体 112 来描述, 但能领会, 实施例在此上下文中不受限制。例如, 传送器节点 102 与源节点 110 之间的通信媒体 112 可包括各种类型的有线和 / 或无线通信媒体, 并且在一些情况下, 可经过此类装置之间的一个或多个网络。

[0047] 传送器节点 102 可布置成缓冲媒体内容, 并且将媒体内容解析或分片成通信帧以用于单播或多播传送到接收器节点 104-1-n。在一些实现中, 传送器节点 102 可布置成在接收的媒体内容被读入缓冲器时将其解析或分片。在一些实施例中, 提供到传送器节点 102 的媒体内容可作为一个或多个媒体帧来输送。每个媒体帧可包括具有固定或变化长度的离散数据集合, 并且例如可根据比特或字节 (例如 16 千字节 (kB)) 来表示。能领会, 所述实施例适用于各种类型的通信内容或格式, 例如帧、分组、片、信元、单元等等。

[0048] 在各种实施例中, 传送器节点 102 可布置成创建要通过无线通信链路 108-1-n 中的一条或多条链路来广播的媒体帧的序列。每个媒体帧可包括具有固定或变化长度的离散数据集合, 并且可根据比特或字节来表示。在多播时, 每个媒体帧可包含目的地地址, 该地

址包括对应于例如接收器节点 104-1-n 的多个预期接收方的组地址。在一些实施例中，目的地地址可指无线网络 106 内的所有接收器节点 104-1-n。

[0049] 图 2 示出无线网络 200 的一个实施例的框图。为便于说明而不是限制，无线网络 200 通过示例示出有线数量的节点。能领会，可为给定实现采用更多的节点。

[0050] 如图所示，无线网络 200 可包括耦合到无线装置 204 的无线装置 202。在各种实施例中，无线通信系统 200 可包括图 1 的通信系统 100 的一个或多个要素或通过其来实现，例如无线网络 100、传送器节点 102 和接收器节点 104-1-n。实施例在此上下文中不受限制。

[0051] 例如，在一个实施例中，无线装置 202 和无线装置 204 可实现为符合 WirelessHD 的装置，并且无线网络 200 可实现为 WWAN 网络。在此类实施例中，无线网络 200 可根据 WirelessHD 规范和相关联技术来传递信息，并且无线装置 202 可包括在通信上耦合到无线装置 204 的符合 WirelessHD 的装置，无线装置 204 包括另一个符合 WirelessHD 的装置。在各种实现中，无线网络 200 可支持单播和 / 或多播通信环境以便通过单播和 / 或多播将媒体内容从无线装置 202 分发到无线装置 204。一般情况下，无线装置 202、204 将基于正在使用的信道的类型而利用单播或多播技术。例如，无线装置 202、204 将在使用 HRP 信道时利用单播技术，在使用 LRP 信道时利用多播技术。实施例在此上下文中不受限制。

[0052] 例如，在一个实施例中，无线装置 202、204 每个可包括使用耦合到相应天线控制模块 208、208a 的相应收发器 205、205a 来建立一个或多个无线通信信道 206 的能力，相应天线控制模块 208、208a 耦合到相应相控天线阵列 210、210a。在各种实施例中，通信信道 206 可在无线装置的无线通信芯片组和 / 或收发器内在通信协议栈的 MAC 层来实现。

[0053] 图 3 示出适用于执行模拟波束形成的无线系统 300 的一个实施例。无线系统 300 可为如参照图 1 所述的节点 102、104-1-n 和 / 或如参照图 2 所述的无线节点 202、204 来实现。

[0054] 在图 3 所示的实施例中，无线系统 300 可包括为相应无线装置 202、204 实现的一对相控天线阵列 210、210a 的更详细图形。相控天线阵列 210、210a 可在通信上耦合到相应天线控制模块 208、208a。相控天线阵列 210 可包括传送器天线阵列 310 和接收器天线阵列 320。相控天线阵列 210a 可包括传送器天线阵列 330 和接收器天线阵列 340。虽然天线阵列 310、320 和天线阵列 330、340 可示为单独的天线阵列，但可领会；其每个可使用单个天线阵列来实现，它使用不同的传送和接收系数、向量或其它适合的天线参数。

[0055] 传送器天线阵列 310、330 可包括相应的功率放大器 312-1-a 和功率放大器 332-1-f，其各自耦合到相应移相器 314-1-b 和移相器 334-1-g。移相器 314-1-b 和移相器 334-1-g 每个可耦合到相应天线 316-1-c 和天线 336-1-h。接收器天线阵列 320、340 可包括相应的天线 326-1-d 和天线 346-1-i，其各自耦合到相应移相器 324-1-e 和移相器 344-1-j。移相器 324-1-e 和移相器 344-1-j 每个可耦合到相应低噪声放大器 (LNA) 322-1-r 和 LNA 342-1-s，这些放大器每个又耦合到相应组合器 346、348。可领会，传送器和接收器链能按照对于给定实现所期望的来共享移相器和 / 或放大器。实施例在此上下文中不受限制。

[0056] 无线装置 202、204 可使用相应相控天线阵列 210、210a 通过无线共享媒体 350 来传递控制信息和媒体信息。相应无线装置 202、204 的传送器天线阵列 310 和接收器天线阵列 340 可使用 HRP 信道 352-1 和 / 或 LRP 信道 354-1 来传递信息。相应无线装置 204、202

的传送器天线阵列 330 和接收器天线阵列 320 可使用 HRP 信道 352-2 和 / 或 LRP 信道 354-2 来传递信息。在一个实施例中, HRP 信道 352-1、352-2 可实现为在更高速率数据通信速度来操作的定向信道, 并且 LRP 信道 354-1、354-2 可实现为在更低速率数据通信速度来操作的全向信道。

[0057] 天线控制模块 208、208a 可使用相应收发器 205、205a 和相应相控天线阵列 210、210a 来执行波束形成操作。波束形成操作可包括显式反馈波束形成, 其支持所有类型的符合 WirelessHD 的装置, 例如 HRO、HRRX、HRTX 和 HRTR。不要求用于站的传送器和接收器相同, 并且不要求校准。波束形成操作也可包括隐式反馈波束形成, 这一般在源和目的地均具 HRTR 能力时使用。

[0058] 为了为 60GHz 毫米波操作在大约 10 米提供 Gbps 级的数据速率, 相控天线阵列 210、210a 在 60GHz 频带中实现为高增益天线网络。相控天线阵列 210、210a 能创建在障碍物周围能调向以查找无线装置 202、204 之间的最佳路径的波束。天线控制模块 208、208a 可协作以实现适用于波束搜索和波束跟踪操作的增强的双向波束形成协议。波束搜索是估计传送器和接收器天线阵列权重向量 (AWV) 的一种技术, 所述 AWV 导致通过 HRP 信道 352-1、352-2 的具有可接受级别的增益或 SNR 的期望波束。波束跟踪是跟踪传送器和接收器 AWV 的一种技术, 所述 AWV 对应于随时间过去由于 HRP 信道 352-1、352-2 的小扰动所引起的现有波束。虽然波束搜索一般是使用专用时间间隔的独立技术, 但波束跟踪在数据传输期间发生, 并且附加到现有 HRP 分组和对应 ACK 分组。

[0059] 图 4 示出状态图 400 的一个实施例。状态图 400 示出使用相控天线阵列 210、210a 的自适应波束形成的状态转变。在图 4 中所示的实施例中, 无线装置 202 可以在空闲状态 402 中, 并且检测到无线装置 202 的通信范围内的对等装置 (例如, 无线装置 204)。无线装置 202 可退出空闲状态 402, 并进入波束形成状态 404。无线装置 202 可使用迭代训练方案来发起波束形成操作以在无线装置 202、204 之间形成一对通信信道 HRP 352-1、352-2。例如, 用于无线装置 202 的天线控制模块 208 可布置成经收发器 205 和相控天线阵列 210 与无线装置 204 传递训练信号和反馈信息。信息专门使用 HRP 信道 352-1、352-2 来传递, 同时减少或消除使用 LRP 信道 354-1、354-2 的需要。这缩短了用于装置的训练时间。天线控制模块 208 使用来自无线装置 204 的反馈信息, 迭代确定用于相控天线阵列 210 的定向传送波束图的 AWV。一旦已训练, 无线装置 202、204 便可退出波束形成状态 404, 并进入数据传输状态 406 以便为双向高速率数据通信使用 HRP 信道 352-1、352-2。

[0060] 图 5 示出用于无线系统 500 的迭代训练方案的一个实施例。由于 60GHz 频带中的路径损耗极高, 并且在 60GHz CMOS 功率放大器的效率低, 因此, 需要定向传送以实现期望的 10 米覆盖。需要来自传送和接收波束形成操作的阵列增益以获得用于可靠数据通信的期望 SNR。目前存在获得定向传送的几种不同的波束形成协议。第一种波束形成协议使用扇区天线方案, 该方案在几个执行的波束之间转换。第二种波束形成协议使用相控天线阵列, 其中, 如参照图 3 所述, 通过改变每个天线元件的输入和输出信号的相位来形成传送和接收波束。

[0061] 第二种波束形成协议使用迭代训练方案。迭代训练过程在连续的迭代中利用训练序列和反馈以便训练传送器或接收器。迭代训练方案提供将传送功率分发到多个功率放大器的优点, 并且能自适应调向波束。值得注意的是, 为了清晰的目的, 此讨论仅限于单个数

据流,但一些实施例可也为多个数据流来实现。下面提供迭代训练的简要概述以更好地示出和描述增强的双向波束形成协议的操作和益处。

[0062] 在一个实施例中,表示为向量 u 和 v 的在接收器 (Rx) 504 和传送器 (Tx) 502 的期望波束形成权重如下面的等式 (1) 中所示使波束形成的信道的增益最大化:

$$[0063] \quad (u, v) = \arg \max_{\|u\|=\|v\|=1} |\hat{u}^H H \hat{v}| \quad (1)$$

[0064] 其中, H 是传送器 502 与接收器 504 之间的有效信道矩阵; $\hat{u}^H H \hat{v}$ 是用于波束形成权重 \hat{u} 和 \hat{v} 的波束形成的标量信道 (scalar channel); 以及 u 和 v 分别是在接收器 504 和传送器 502 的归一化波束形成向量。有效信道矩阵结合无线信道和传送/接收加权矩阵的效应,并且它是传送加权矩阵 B_t 、无线信道 H_w 、接收加权矩阵 B_r 的乘积,例如, $H = B_r H_w B_t$ 。 B_r 的第 i 行上的权重元素 (entry) 形成第 i 个有效接收天线,并且类似地, B_t 的第 i 列上的权重元素形成第 i 个有效传送天线。 H 的第 i 行和第 j 列上的元素是第 i 个有效接收天线与第 j 个有效传送天线之间的信道响应。如果 H 已知,则 u 和 v 能使用 H 的奇异值分解 (SVD) 来计算。然而, H 通常在用于 60GHz 系统的传送器 502 和接收器 504 均是未知的。因此,迭代训练用作获得 u 和 v 的有效方案,并且其不要求高成本训练以了解整个 H 。

[0065] 在数据分组的传送前,需要进行波束形成。在当前协议中,并且对于 P2P 调度的训练和对于没有 RF 收发器链校准的系统,相控天线阵列的波束形成权重在波束细化 (refinement) 阶段期间逐渐细化,该阶段消耗例如大约 400 微秒 (us) 的显著开销。合乎需要的是为高网络吞吐量尽可能多地降低训练开销。在技术现状中,迭代训练由于其卓越性能而成了为波束细化而采用的方案。它是迭代的,并且每次迭代有两个步骤,例如,最大比率组合 (MRC) 权重的训练和最大比率传送 (MRT) 权重的训练,如图 5 和下面等式 (2) 中所示。

$$[0066] \quad \text{步骤 1 : } u(i) = \text{norm}(Hv(i))$$

$$[0067] \quad \text{步骤 2 : } v(i+1) = \text{norm}(H^H u(i)) \quad (2)$$

[0068] 其中, $\text{norm}(x) = \frac{x}{\|x\|}$ 将波束形成向量的量值归一化。为了清晰和简明,噪声项未评估。在第 i 次迭代,传送器 502 具有传送波束形成向量 $v(i)$,该向量源于来自接收器 504 的反馈。

[0069] 在等式 (2) 中的第一步骤中,传送器 502 使用 $v(i)$ 将训练符号发送到接收器 504,并且接收器 504 估计将传送向量 $v(i)$ 的接收信号强度最大化的接收波束形成权重,如下。接收器分别测量每个有效接收天线上的响应,并且测量的响应形成向量 $Hv(i)$ 。将接收的信号最大化的接收波束形成向量 (例如, MRC 向量) 在等式 (3) 中如下所示:

$$[0070] \quad u(i) = \text{norm}(Hv(i)) \quad (3)$$

[0071] 在等式 (2) 中的第二步骤中,传送器 502 分别通过每个有效传送天线发送训练符号,并且接收器 504 估计将接收向量 $u(i)$ 的接收信号强度最大化的传送波束形成权重,如下。接收器使用 $u(i)$ 作为接收向量,并且分别测量 H 中每个有效传送天线的波束形成的信道响应。测量的信道响应形成向量 $u^H(i)H$ 。将接收的信号最大化的传送波束形成向量 (例如, MRT 向量) 在等式 (4) 中如下所示:

$$[0072] \quad v^H(i+1) = \text{norm}(u^H(i)H) \text{ 或 } v(i+1) = \text{norm}(H^H u(i)) \quad (4)$$

[0073] 对于 $v(i+1)$ 的值对于第 $(i+1)$ 次迭代反馈到传送器 502。对于 $u(i)$ 和 $v(i)$ 的值随着每次迭代的完成而逐渐收敛到理想的 u 和 v 。

[0074] 迭代训练当前由某些常规波束形成协议使用,如 WirelessHD 规范当前实现的那些协议。然而,WirelessHD 规范利用的常规波束形成协议引入了相当大量的训练开销和链路等待时间。它还设计用于一次在一个方向中训练链路,这可适合设计成主要作为接收器且更少作为传送器来操作的数字电视机。然而,PC 环境不同,焦点置于传送和接收操作两者上。增强的双向波束形成协议降低了用于训练双向链路的链路等待时间,并且参照图 6 进一步详细地来描述。

[0075] 图 6A 示出消息流程 600 的一个实施例。消息流程 600 示出用于增强的双向波束形成协议的消息流程,该协议通过仅使用 HRP 信道 352-1、352-2 而降低了迭代训练方案引入的等待时间,同时减少或消除使用 LRP 信道 354-1、354-2 的需要。为了说明而不是限制的目的,无线装置 202 可表示微微网控制器 (PNC) 或协调器,并且无线装置 204 可表示无线站 (STA)。在一个实施例中,消息流程 600 可适用于 WirelessHD 装置,但实施例在此方面不受限制。

[0076] 在图 6A 中所示的实施例中,无线装置 202 退出空闲状态 402 并进入波束形成状态 404。无线装置 202 可以可选地传送时序采集 (timing acquisition) 和最佳延迟选择序列到无线装置 204。无线装置 202 的天线控制模块 208 与无线装置 204 的天线控制模块 208a 协作,以使用增强的双向波束形成协议来实现迭代训练方案。迭代训练方案可按照对于给定实现所期望的使用任何次数的迭代 602-1-m。

[0077] 在第一次迭代训练 602-1 期间,天线控制模块 208 使用无线装置 202 的收发器 205 和相控天线阵列 510,通过下行链路 (DL)HRP 信道 352-1 将例如训练信号 613 的训练信号从无线装置 202 发送到无线装置 204。在典型情形中,传送多个训练信号,而无线装置 202 在适当的时间改变其天线权重 (例如,在每个训练信号的开始时)。例如,天线控制模块 208 将接收器 (Rx) 训练信号 613 通过 DL HRP 信道 352-1 从无线装置 202 发送到无线装置 204,以允许无线装置 204 推断 MRC 权重并形成用于无线装置 204 的相控天线阵列 210a 的定向接收波束图。天线控制模块 208 通过 DL HRP 信道 352-1 将传送器 (Tx) 训练信号 614 从无线装置 202 发送到无线装置 204,以允许装置 204 测量其接收信号的特性。稍后,使用消息 617 将这些特性从装置 204 反馈到装置 202 以允许无线装置 202 推断其 MRT 权重,以便能够形成用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向传送波束图。

[0078] 在常规波束形成协议中,天线控制模块 208 可等待接收通过 LRP 信道 354-1 来自无线装置 204 的反馈信息。然而,在增强的双向波束形成协议中,来自无线装置 204 的反馈信息被延迟,直到用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向接收波束图已形成或部分形成,由此允许无线装置 202 通过上行链路 (UL)HRP 信道 352-2 接收来自无线装置 204 的反馈信息。UL HRP 信道 352-2 在比 LRP 信道 354-1 高得多的数据速率进行操作,因此,为反馈信息使用 UL HRP 信道 352-2 降低了训练开销和等待时间。

[0079] 再次参照消息流程 600,天线控制模块 208a 使用无线装置 204 的收发器 205a 和相控天线阵列 210a,通过 UL HRP 信道 352-2 将训练信号或序列发送到无线装置 202。例如,天线控制模块 208a 通过 ULHRP 信道 352-2 将训练信号 615 发送到无线装置 202,以推断 MRC 权重并形成用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向接收波束图。天线控制模块 208a

还通过 UL HRP 信道 352-2 将训练信号 616 发送到无线装置 202,以允许无线装置 202 测量其接收信号的特性。稍后,使用消息 618 将这些特性从装置 202 反馈到装置 204 以允许无线装置 204 推断其 MRT 权重,以便能够形成用于无线装置 204 的相控天线阵列 210a 的定向传送波束图。

[0080] 一旦无线装置 202 的相控天线阵列 210 使用在箭头 615 获得的权重(例如,MRC 权重)而具有完全或部分形成的定向接收波束图,无线装置 204 便可通过 UL HRP 信道 352-2 将反馈信息发送到无线装置 202,使用用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向接收波束图来接收该信息,如箭头 617 所示。相控天线阵列 210a 可使用与以前发送 UL PNC Rx 向量训练(PNC MRC 权重)(箭头 615)时使用的相同的传送波束形成向量。这为无线装置 202 提供了在阶段 615 或更早之前可能尚未可用的接收增益。

[0081] 天线控制模块 208 可使用来自无线装置 204 的反馈信息,确定用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向传送波束图的 AWV。随后,通过让无线装置 202 使用从最近接收的用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的反馈信息(箭头 617)获得的定向传送波束图,通过 DL HRP 信道 352-1 将反馈信息发送到无线装置 204,可完成第一次迭代 602-1。无线装置 204 的相控天线阵列 210a 可使用在箭头 613 接收 DL STA Rx 向量训练(STA MRC 权重)时形成的定向接收波束图来接收反馈信息。随后,通过使用来自无线装置 202 的反馈信息,天线控制模块 208a 可使用反馈信息来确定用于无线装置 204 的相控天线阵列 210a 的定向传送波束图的 AWV。

[0082] 无线装置 202、204 可继续下一次迭代训练 602-2-m,执行如第一次迭代训练 602-1 所使用的类似波束形成或波束细化操作。例如,对于迭代训练 602-2,箭头 619 到 624 所示的操作类似于如箭头 613 到 618 所示的执行的某些操作。每次迭代训练 602-1-m 连续提供用于 HRP 信道 352-1、352-2 的更准确 AWV。此过程继续进行,直到达到终止条件,例如达到用于数据通信的确定的 SNR,达到确定次数的迭代(例如,三次迭代),或者直到链路的两端均请求终止训练过程。在此点,HRP 信道 352-1、352-2 可用于双向高速率数据通信。

[0083] 值得注意的是,在箭头 617 提供的反馈信息可以可选地往回移并在阶段 616 期间提供。然而,由于传送/接收转换,这可能增加同步开销。

[0084] 图 6B 示出消息流程 650 的一个实施例。消息流程 650 示出用于增强的双向波束形成协议的消息流程,该协议通过主要使用 HRP 信道 352-1、352-2 而降低了迭代训练方案引入的等待时间,同时减少或消除使用 LRP 信道 354-1、354-2 的需要。为了说明而不是限制的目的,无线装置 202 可表示微微网控制器(PNC)或协调器,并且无线装置 204 可表示无线站(STA)。在一个实施例中,消息流程 650 可适用于 NGmS 装置,但实施例在此方面不受限制。

[0085] 在图 6A 所示的实施例中,消息流程 650 示出适用于为 NGmS 网络、协议或装置而实现的增强的双向波束形成协议的消息流程。例如,NGmS 协议可包含 DL RX 训练、DL 反馈和 DL TX 训练,之后是 ULRX 训练、UL 反馈和 UL TX 训练,其中,DL 反馈是对应于以前传送的 UL TX 训练的通过下行链路发送的反馈。

[0086] 图 6B 的消息流程 650 类似于参照图 6A 所述的消息流程 600,但具有用于训练信号和消息的不同排序。如消息流程 650 中所示,信号和/或消息 613 到 618 按以下顺序重新排序:613、618、614、615、617 和 616。可领会,此排序提供以下特性:(1)相同方向的所有箭

头可组合在一起以形成单个分组；以及 (2) 在一个组中，有 RX 训练、反馈信息和随后的 TX 训练。不像消息流程 600，其中反馈信息能对应于当前迭代训练，消息流程 650 对应于前面的迭代训练。实施例在此上下文中不受限制。

[0087] 图 7 示出波束形成增益的曲线图 700 的一个实施例。曲线图 700 在 x 轴上提供迭代的数量，在 y 轴上提供组合输出 (dB)。由于增强的双向波束形成协议，在箭头 618 的反馈由于执行传送和接收波束形成而以大约 15-25dB 的波束形成增益（取决于哪次迭代）来发送。例如，在第一次迭代 602-1 中可实现大约 15dB 增益，并且在第二次迭代 602-1 中可实现 5-6dB 的附加增益。在第二次迭代 602-2 后，由每次连续的迭代（例如 602-3 到 602-9）实现逐渐更小的增益。这些 SNR 改进实现用于波束形成操作的快得多的反馈而无需校准。这些结果对应于两侧上的 32 或 36 个天线元件。

[0088] 图 8 示出消息流程 800 的一个实施例。消息流程 800 示出用于增强的双向波束形成协议的备选消息流程，该协议通过使用 HRP 信道 352-1、352-2 而降低了迭代训练方案引入的等待时间，同时减少或限制使用 LRP 信道 354-1、354-2 的需要。为了说明而不是限制的目的，无线装置 202 可表示微微网控制器 (PNC) 或协调器，并且无线装置 204 可表示无线站 (STA)。

[0089] 类似于消息流程 600，消息流程 800 尝试协调传送和接收波束形成操作以允许通过 HRP 信道 352-1、352-2 来提供反馈信息。无线装置 202 退出空闲状态 402，并进入波束形成状态 404。无线装置 202 利用消息流程 800 来发起使用迭代训练方案的双向波束形成操作以形成用于 WPAN 或 WVAN 的一对通信信道。消息流程 800 交错传送和接收波束形成操作以允许使用部分训练的链路以在更高数据速率来传递反馈信息。更具体地说，消息流程 800 交错用于无线装置 202、204 的传送和接收波束形成操作，以允许通过 HRP 信道 352-1、352-2 来传递由无线装置 202 从无线装置 204 接收的反馈信息。这降低了波束形成操作期间使用 LRP 信道 354-1、354-2 的需要。

[0090] 在图 8 所示的实施例中，消息流程 800 以可选的时序采集和最佳延迟选择操作来开始。在第一次迭代训练 802-1 期间，天线控制模块 208 通过 DL HRP 信道 352-1 将发送器 (Tx) 训练信号 813 从无线装置 202 发送到无线装置 204，以允许装置 204 测量其接收信号的特性。无线装置 202 通过 UL LRP 354-2 接收来自无线装置 204 的反馈信息 814 以推断其 MRT 权重。无线装置 202 的天线控制模块 208 使用来自无线装置 204 的反馈信息 814，确定用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向传送波束图的 AWV。

[0091] 如箭头 815 所示，无线装置 202 随后通过 DL HRP352-1 将 Rx 训练信号 (STA MRT 权重) 发送到无线装置 204，以允许无线装置 204 推断并形成用于无线装置 204 的相控天线阵列 210a 的定向接收波束图。如箭头 816 所示，无线装置 202 通过 UL HRP352-2 接收来自无线装置 204 的 Tx 训练信号 (STA MRT 权重)，以形成用于无线装置 204 的相控天线阵列 210a 的定向传送波束图。

[0092] 天线控制模块 208 使用无线装置 202 的收发器 205 和相控天线阵列 510，通过下行链路 DL HRP 信道 352-1 将训练信号 815 从无线装置 202 发送到无线装置 204，以允许无线装置 204 推断 MRT 权重并形成用于无线装置 204 的相控天线阵列 210a 的定向接收波束图。天线控制模块 208a 也通过 UL HRP 信道 352-2 将训练信号 816 发送到无线装置 202，以允许无线装置 202 测量其接收信号的特性。

[0093] 无线装置 202 使用用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向传送波束图,通过 DL HRP352-1 将反馈信息 817 发送到无线装置 204。反馈信息 817 使用在最近的半迭代中获得的部分训练的链路来携带。结果,与仅使用 DL LRP 信道 354-1 相比,反馈信息 817 更健壮和高效得多。通过使用来自无线装置 202 的反馈信息 817,无线装置 204 使用反馈信息来确定用于无线装置 204 的相控天线阵列 210a 的定向传送波束图的 AWV。

[0094] 为了完成第一次迭代训练 802-1,无线装置 202 接收由无线装置 202 通过 UL HRP 352-2 从无线装置 204 获得的训练信号 818,并形成用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向接收波束图。

[0095] 无线装置 202、204 可继续下一次迭代训练 802-2-k,执行如第一次迭代训练 802-1 所使用的类似的波束形成或波束细化操作。例如,无线装置 202 可在第二次迭代训练 802-2 期间,使用用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向接收波束图,通过 UL HRP352-2 接收来自无线装置 204 的附加反馈信息。天线控制模块 210 可使用来自无线装置 204 的附加反馈信息,确定用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向传送波束图的 AWV。每次迭代训练 802-1-k 连续提供用于 HRP 信道 352-1、352-2 的更准确 AWV。此过程继续进行,直到达到终止条件,例如达到用于数据通信的确定的 SNR,或达到确定次数的迭代(例如,三次迭代)。在此点,HRP 信道 352-1、352-2 可用于双向高速率数据通信。

[0096] 增强的双向波束形成协议利用部分训练的链路在反馈阶段期间为反馈信息提供更高的数据速率。作为对比,在 WirelessHD 规范中,在第一个后的反馈阶段是使用“定向”模式来完成的,该模式是选定的天线图。在未校准的天线的情况下,随机天线图可在某些方向中产生不到 0dBi。定向模式是几个随机选择中最佳的,因此,它预期是大约在 0dBi。增强的双向波束形成协议的一个附加优点是波束形成方无需将用于定向模式的选定天线图传输到波束形成接收方 (beamformee),因为下次反馈已经要通过经适当训练的波束形成的链路。

[0097] 图 9 示出相控阵列天线 900 的一个实施例。相控阵列天线 900 可表示例如相控阵列天线 210、210a。在图 9 中所示的实施例中,相控阵列天线 900 可包括多个天线元件 902-1-p。

[0098] 在一些实施例中,增强的双向波束形成协议可训练来自相控阵列天线 900 的天线元件 902-1-p 的子集。波束形成操作的前几次迭代可具有降低的时间和数量。如果相控天线阵列 900 由无线装置 202 来实现并且具有 36 个天线元件 902-1 到 902-36,则天线控制模块 208 能将天线元件 902-1 到 902-36 中的一些元件耦合在一起,并生成用于更少的总天线元件 902-1 到 902-36 的训练。这缩短了第一次迭代训练中训练的时间,并且仍可捕捉一些预期的天线增益。用于此类耦合的一个示例在图 9 中示出,其中,例如以断面线标记的四个天线元件 902-5、902-10、902-12 和 902-17 始终相移相同的量,例如 90 度、180 度或 270 度。这实质上产生从 6x6 相控天线阵列 900 形成的八 (8) 到九 (9) 个天线元件。

[0099] 作为示例,再次参照示范消息流程 600、800,无线装置 202 可通过 DL HRP 352-1 将 Tx 训练信号发送到无线装置 204,以形成用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的天线元件 902-1-p 的子集的定向传送波束图。

[0100] 附加或备选的是,无线装置 202、204 可在增强的双向波束形成协议期间交换可加速波束形成操作的附加信息。例如,类似于 WirelessHD 规范用于识别定向模式的适当天线

图索引的方式,增强的双向波束形成协议能将附加的信息类型添加到波束形成操作的某些阶段,例如用于无线装置 202、204 的需要的调制和编码方案 (MCS)。定义的长度(例如,3 比特)的信息字段可用于传递 MCS 信息。MCS 信息可例如通过任一链路方向中的传送器训练信号来传递以便有助于在反馈阶段期间生成反馈信息。不同于 MCS 信息的其它类型的信息可在增强的双向波束形成协议的不同阶段期间发送,并且实施例在此上下文中不受限制。

[0101] 在实施例中,反馈信息可对应于在接收器进行的测量,并且大部分不知道传送器应用的天线图。反馈信息的示例除其它之外可包括按给定延迟的信道估计。在一些实施例中,反馈信息的量可以是一致的。附加或备选的是,无线装置 202、204 可在增强的双向波束形成协议的反馈阶段期间交换渐增的反馈信息的量以加速波束形成操作。当 HRP 信道 352-1、352-2 部分或完全形成并且反馈开销变得更廉价时,则无线装置 202、204 之一或两者能在某些阶段和 / 或迭代训练时增加通过 HRP 信道 352-1、352-2 提供的反馈信息的量,以便减少总波束形成训练时间。

[0102] 各种实施例的操作可参照后面的图和所附示例进行进一步描述。图的一些可包括逻辑流程。能领会,所示逻辑流程只提供所述功能可如何实现的一个示例。此外,给定逻辑流程不一定必须在提出的顺序中执行,除非另外指示。另外,逻辑流程可通过硬件元件、由处理器执行的软件元件或其任何组合来实现。实施例在此上下文中不受限制。

[0103] 图 10 示出用于选择信道对以形成两个或更多装置之间的新无线网络的逻辑流程 1000 的一个实施例。在各种实施例中,按照对于性能约束或设计参数的给定集合所期望的,逻辑流程 1000 可通过各种系统、节点和 / 或模块来执行,并且可实现为硬件、软件和 / 或其任何组合。例如,逻辑流程 1000 可通过逻辑装置(例如,传送器节点、接收器节点)和 / 或包括指令、数据的逻辑和 / 或要由逻辑装置执行的代码来实现。为了说明而不是限制的目的,逻辑流程 1000 参照图 1 来描述。实施例在此上下文中不受限制。

[0104] 例如,在一个实施例中,逻辑流程 1000 可在框 1002 使用迭代训练方案来发起波束形成操作以形成用于无线网络的一对通信信道。例如,无线装置 202 可使用迭代训练方案来发起波束形成操作以形成用于 60GHz 毫米波 WPAN 或 WVAN 的一对通信信道 (352-1、352-2)。实施例在此上下文中不受限制。

[0105] 例如,在一个实施例中,逻辑流程 1000 可在框 1004 仅使用高速率信道在第一装置与第二装置之间传递训练信号和反馈信息。例如,可仅使用 HRP 信道 352-1、352-2 在无线装置 202、204 之间传递训练信号和反馈信息。实施例在此上下文中不受限制。

[0106] 例如,在一个实施例中,逻辑流程 1000 可在框 1006 使用来自第二装置的反馈信息,确定用于第一装置的相控天线阵列的定向传送波束图的天线阵列权重向量。例如,无线装置 202 的天线控制模块 208 可使用来自无线装置 204 的反馈信息,确定用于无线装置 202 的相控天线阵列 210 的定向传送波束图的 AWV。实施例在此上下文中不受限制。

[0107] 图 11 示出制造的物品 1100 的一个实施例。如所示的,物品 1100 可包括存储媒体 1102 以存储用于选择信道对以形成两个或更多装置之间的新无线网络的逻辑 1104。例如,逻辑 1104 可用于实现信道选择模块 208 以及传送器节点 (102, 202) 和 / 或接收器节点 (104-1-n、204) 的其它方面。在各种实施例中,物品 1100 可通过各种系统、节点和 / 或模块来实现。

[0108] 物品 1100 和 / 或机器可读存储媒体 1102 可包括能够存储数据的一种或多种类型

的计算机可读存储媒体,包括易失性存储器或非易失性存储器、可移动或不可移动存储器、可擦除或不可擦除存储器、可写或可重写存储器等等。机器可读存储媒体可无限制地包括随机存取存储器 (RAM)、动态 RAM (DRAM)、双数据速率 DRAM (DDRAM)、同步 DRAM (SDRAM)、静态 RAM (SRAM)、只读存储器 (ROM)、可编程 ROM (PROM)、可擦除可编程 ROM (EPROM)、电可擦除可编程 ROM (EEPROM)、紧致盘 ROM (CD-ROM)、可刻录紧致盘 (CD-R)、可重写紧致盘 (CD-RW)、闪存存储器 (例如, NOR 或 NAND 闪存存储器)、内容可寻址存储器 (CAM)、聚合物存储器 (例如, 铁电聚合物存储器)、相变存储器 (例如, 奥氏存储器)、铁电存储器、氧化硅氮氧化硅 (SONOS) 存储器、盘 (例如, 软盘、硬盘驱动器、光盘、磁盘、磁光盘) 或卡 (例如, 磁卡、光卡)、磁带、盒式磁带或适用于存储信息的任何其它类型的计算机可读存储媒体。而且, 涉及将计算机程序从远程计算机下载或传输到请求计算机的任何媒体被视为是计算机可读存储媒体, 所述计算机程序由通过通信链路 (例如, 调制解调器、无线电或网络连接) 的载波或其它传播媒体中包含的数据信号来携带。

[0109] 物品 1100 和 / 或机器可读媒体 1102 可存储包括指令、数据和 / 或代码的逻辑 1104, 其在由机器执行时可促使机器执行根据所述实施例的方法和 / 或操作。此类机器可包括例如任何适合的处理平台、计算平台、计算装置、处理装置、计算系统、处理系统、计算机、处理器或诸如此类, 并且可使用硬件和 / 或软件的任何适合组合来实现。

[0110] 逻辑 1104 可包括或实现为软件、软件模块、应用、程序、子例程、指令、指令集、计算代码、字、值、符号或其组合。指令可包括任何适合类型的代码, 例如源代码、编译代码、解释代码、可执行代码、静态代码、动态代码及诸如此类。指令可根据预定义的计算机语言、方式或语法来实现以用于指示处理器执行某个功能。指令可使用任何适合的高级别、低级别、面向对象、可视、编译和 / 或解释的编程语言来实现, 例如 C、C++、Java、BASIC、Perl、Matlab、Pascal、Visual BASIC、汇编语言、机器代码等等。实施例在此上下文中不受限制。在实现时, 逻辑 1104 实现为软件, 软件可由任何适合的处理器和存储器单元来执行。

[0111] 值得注意的是虽然在描述一些实施例时使用了术语“下行链路”和“上行链路”信道, 但这些术语用于区分正在两个不同装置之间使用的两个不同信道。备选术语可包括“第一”信道和“第二”信道, “前向”信道和“反向”信道及任何其它适合的称号。任何两个装置之间的任何两个信道可与如本文中所述的增强的双向波束形成协议一起来使用, 并且仍在实施例的范围内。实施例在此上下文中不受限制。

[0112] 还值得注意的是, 由于用于不同类型协议 (例如, WirelessHD、NGmS 等等) 的迭代训练操作中的变化以及修改对于交错操作的特定实现以支持双向波束形成操作中的灵活性, 可在迭代训练操作期间在任何点实现由增强的双向波束形成协议所提供的增加增益。例如, 根据特定实现, 可在第一次迭代或第二次迭代期间实现如参照图 6B 所述的来自传递反馈信息的增加增益。实施例在此上下文中不受限制。

[0113] 本文已陈述许多特定的细节以提供实施例的详尽理解。然而, 本领域的技术人员将理解, 实践实施例可无需这些特定细节。在其它情况下, 公知的操作、组件和电路未详细描述以免混淆实施例。能领会, 本文公开的特定结构和功能细节可以是代表性的, 并且不一定限制实施例的范围。

[0114] 除非另外地明确说明, 否则, 可领会例如“处理”、“计算”、“运算”、“确定”或诸如此类的术语指计算机或计算系统或类似电子计算装置的动作和 / 或过程, 这些动作和 / 或过

程操纵计算系统的寄存器和存储器内表示为物理量（例如，电）的数据和 / 或将其变换成计算系统的存储器、寄存器或其它此类信息存储、传送或显示装置内类似地表示为物理量的其它数据。实施例在此上下文不受限制。

[0115] 还值得注意的是，对“一个实施例”或“一实施例”的引用指连同该实施例描述的特定特征、结构或特性包括在至少一个实施例中。因此，贯穿说明书各个位置中出现的短语“在一个实施例”或“在一实施例中”不一定全部指相同实施例。此外，特定的特征、结构或特性可在一个或多个实施例中以任何适合的方式来组合。

[0116] 虽然本文中已示出和描述实施例的某些特征，但本领域的技术人员现在将想到许多修改、替代、改变和等效物。因此，要理解随附权利要求旨在涵盖落在实施例的真正精神内的所有此类修改和改变。

100

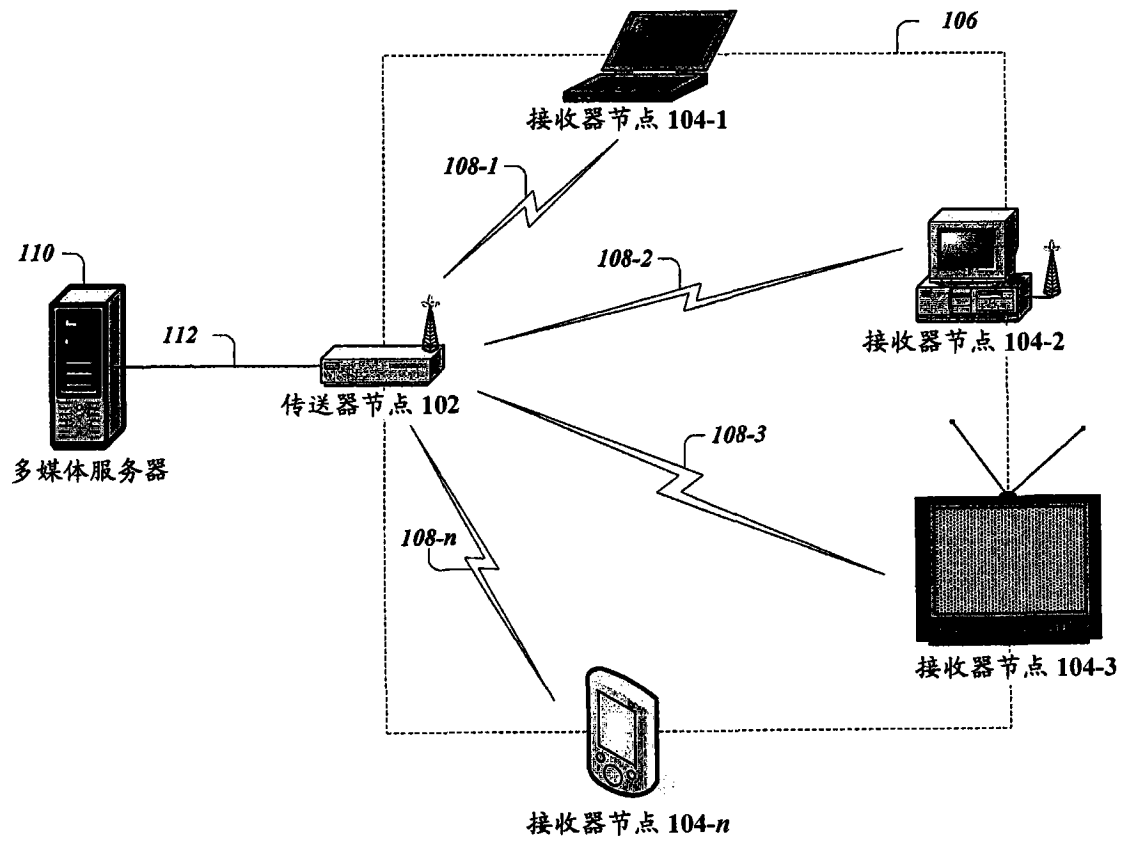


图 1

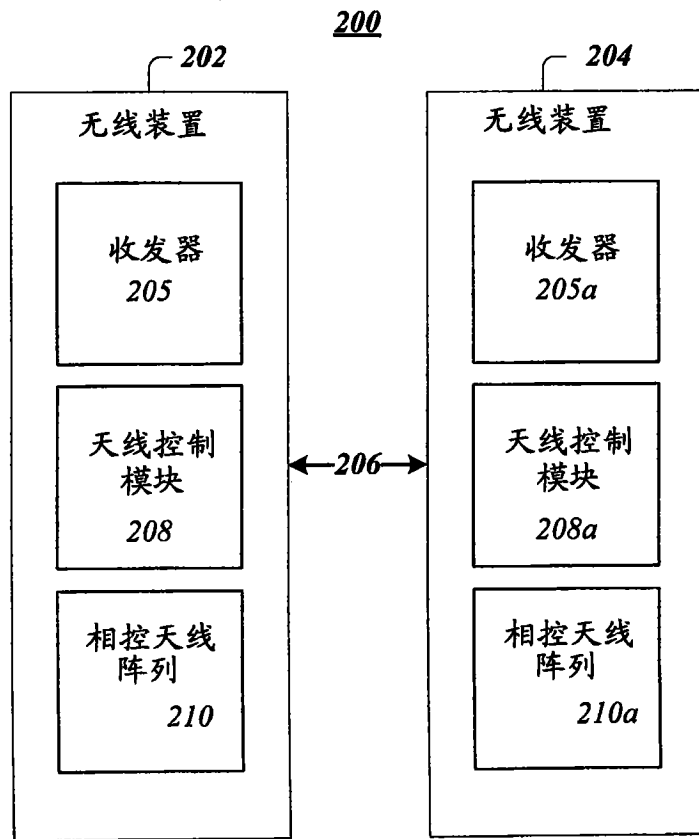


图 2

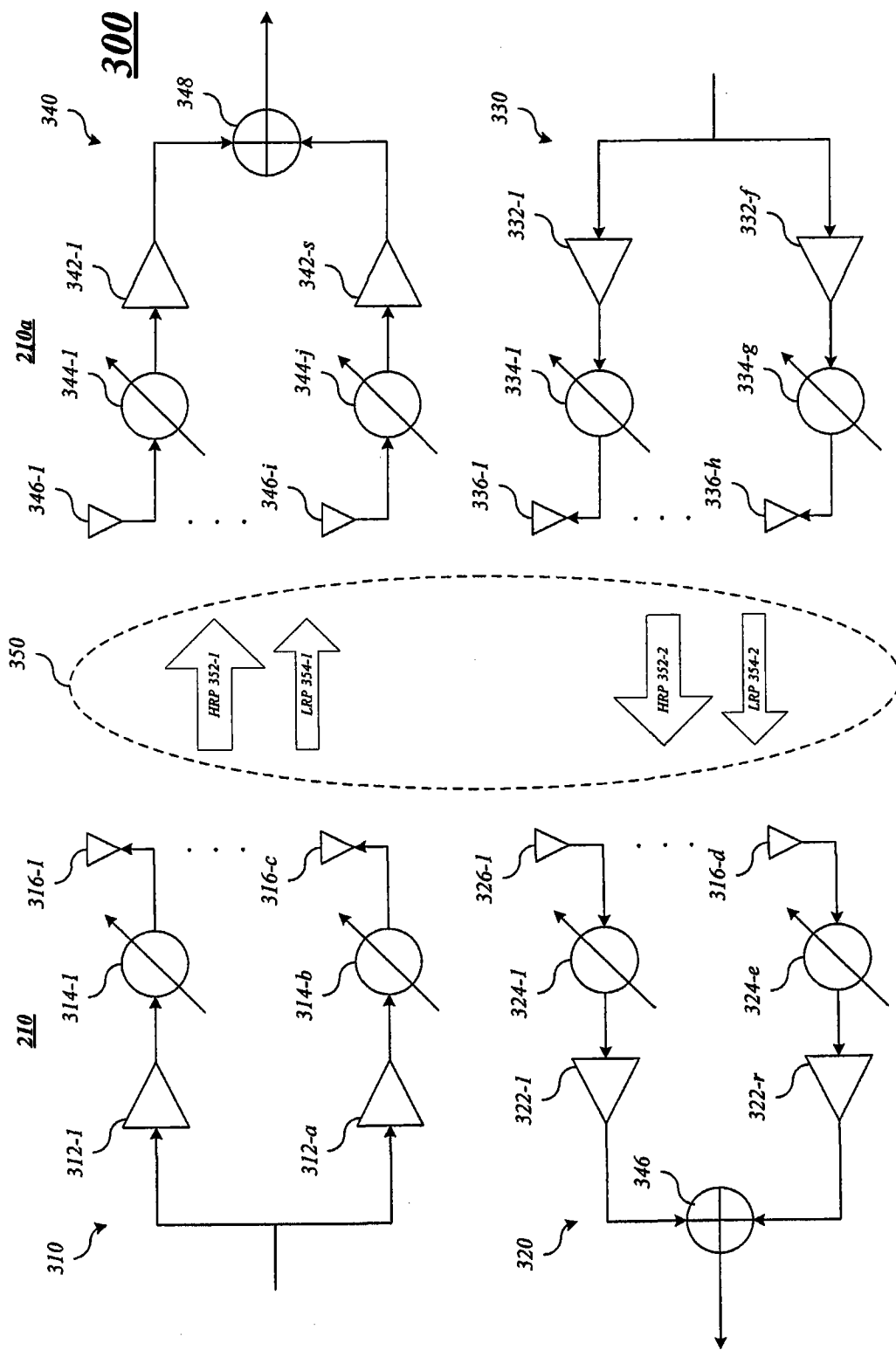


图 3

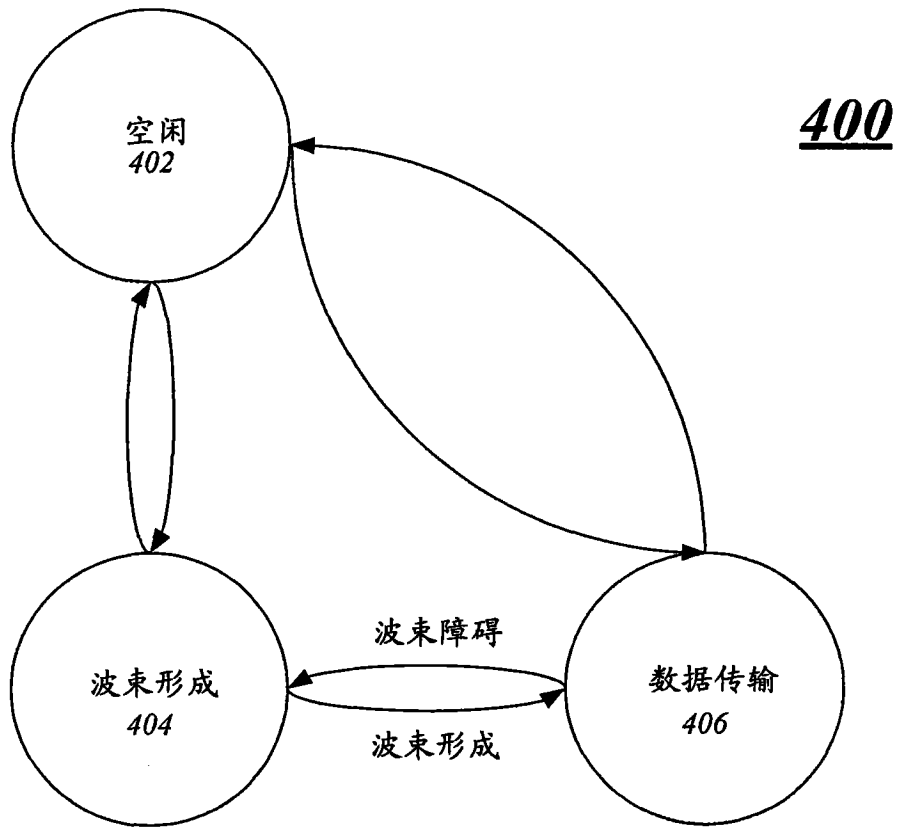


图 4

500

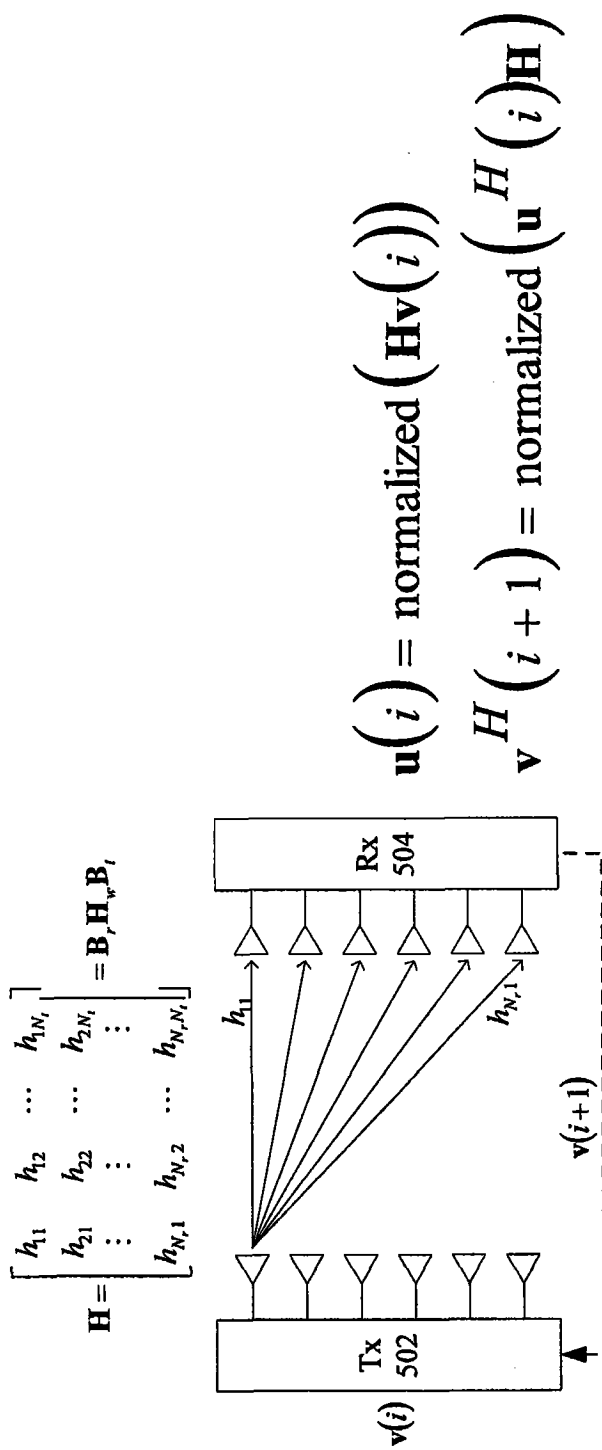


图 5

600

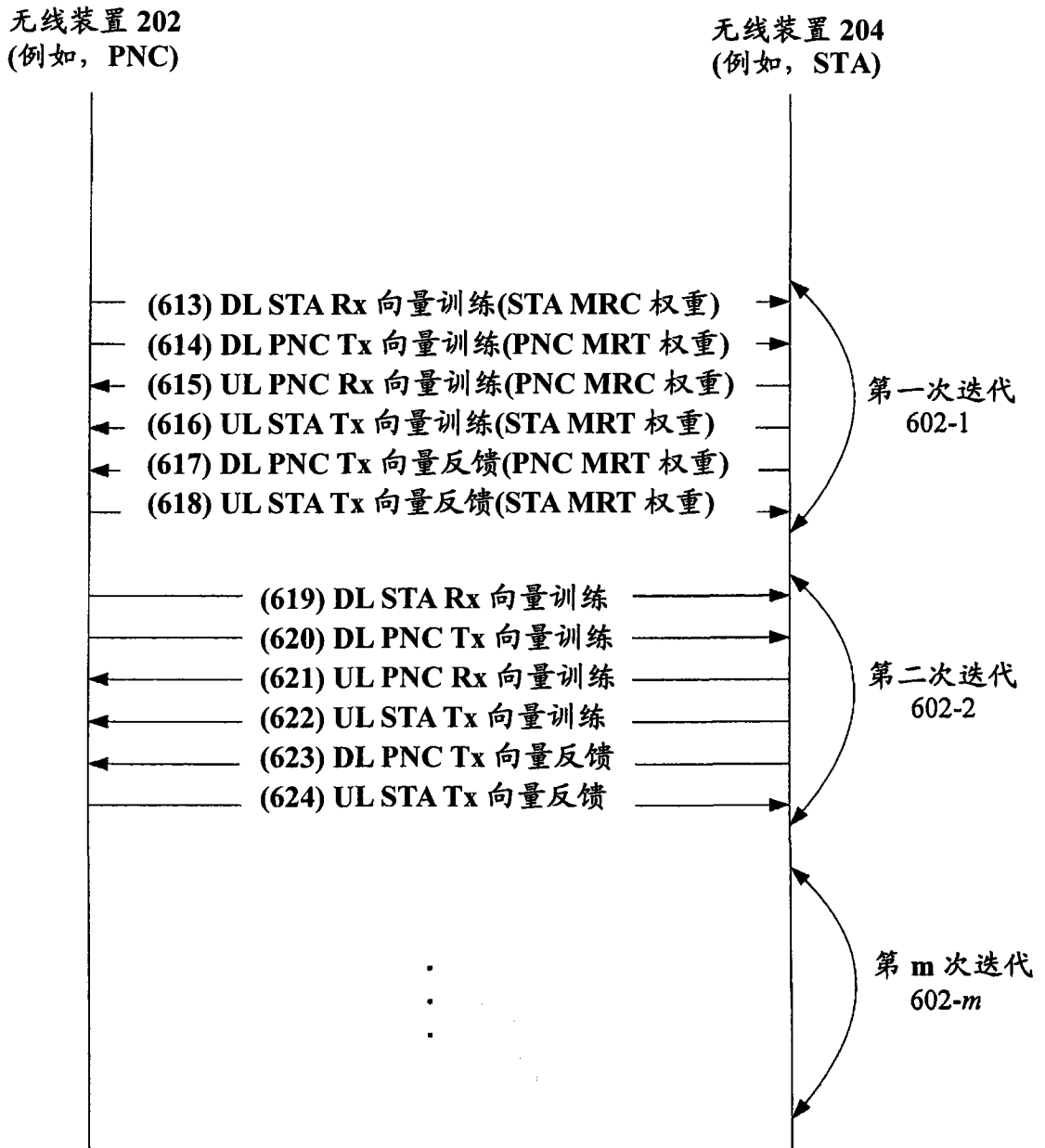


图 6A

650

无线装置 202
(例如, PNC)

无线装置 204
(例如, STA)

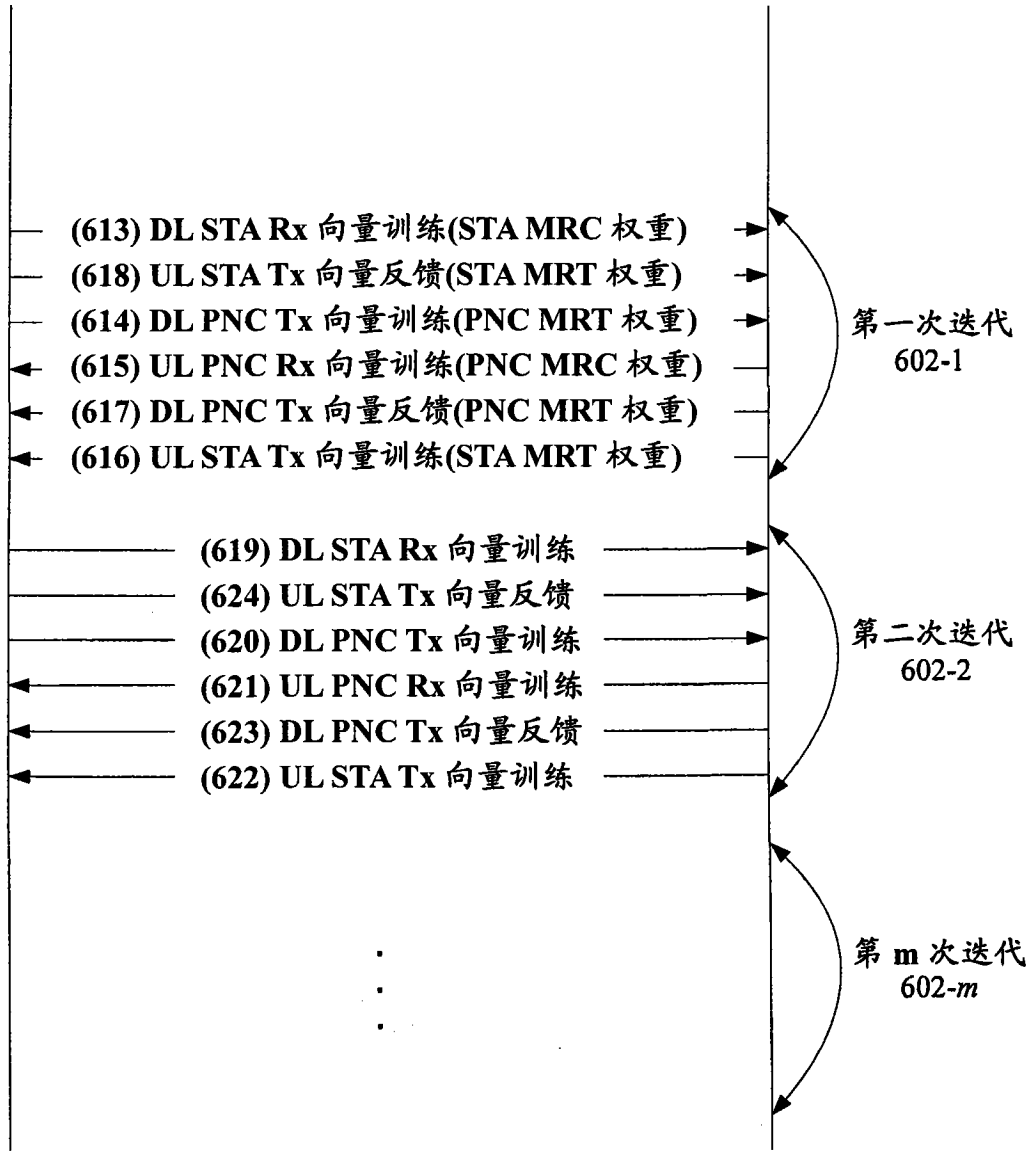


图 6B

700

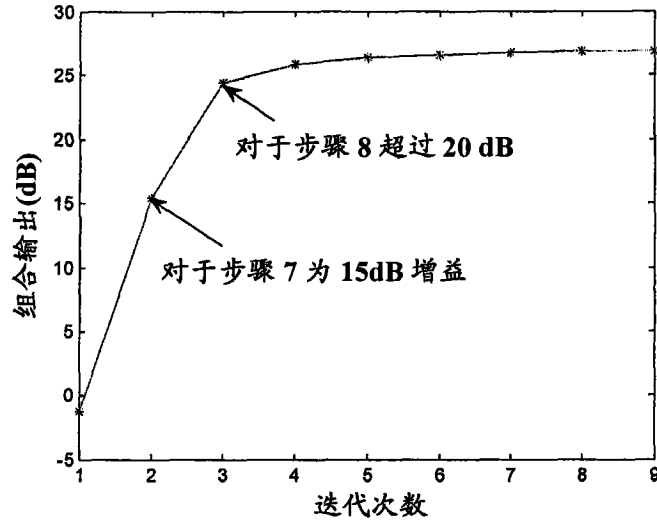


图 7

800

无线装置 202
(例如, PNC)

无线装置 204
(例如, STA)

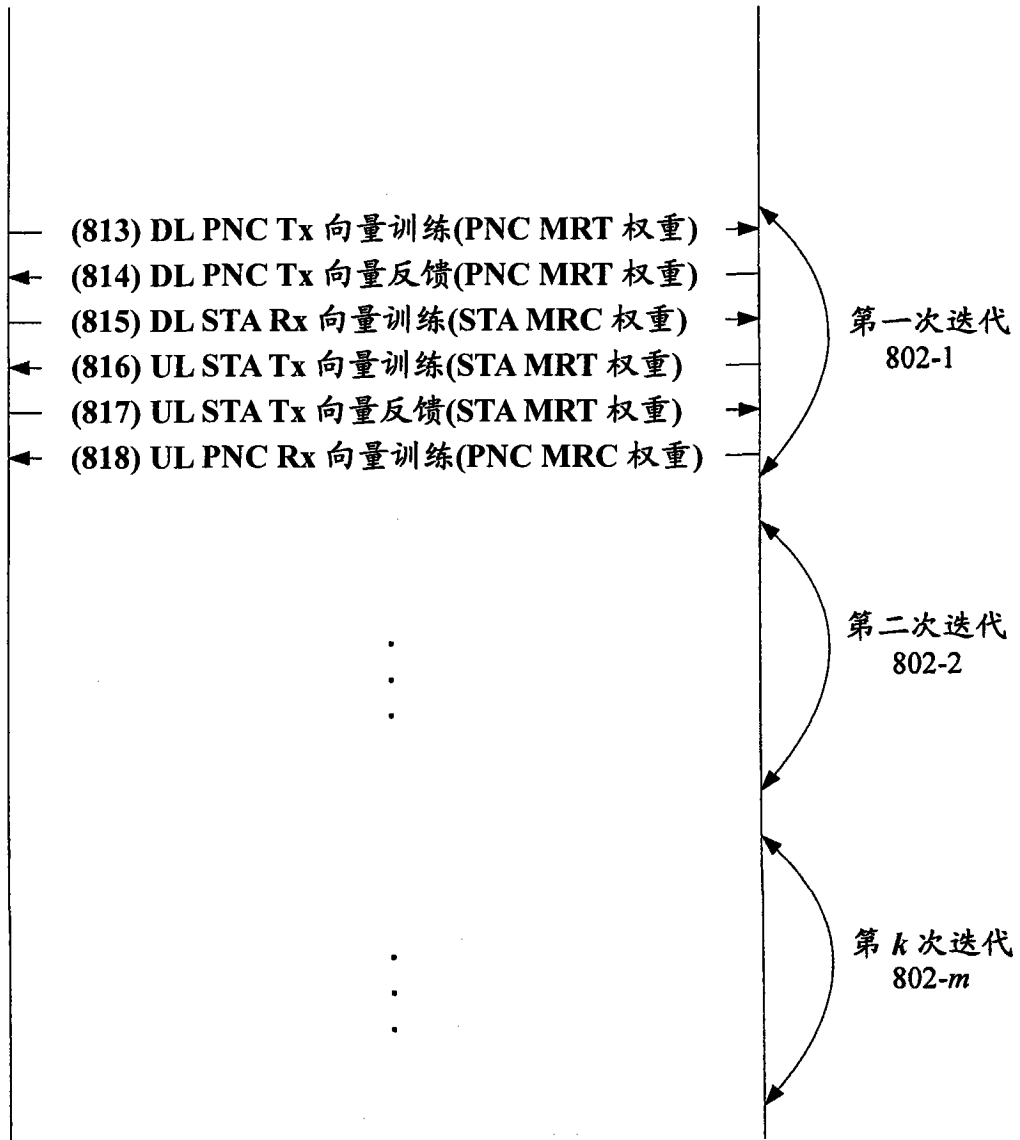


图 8

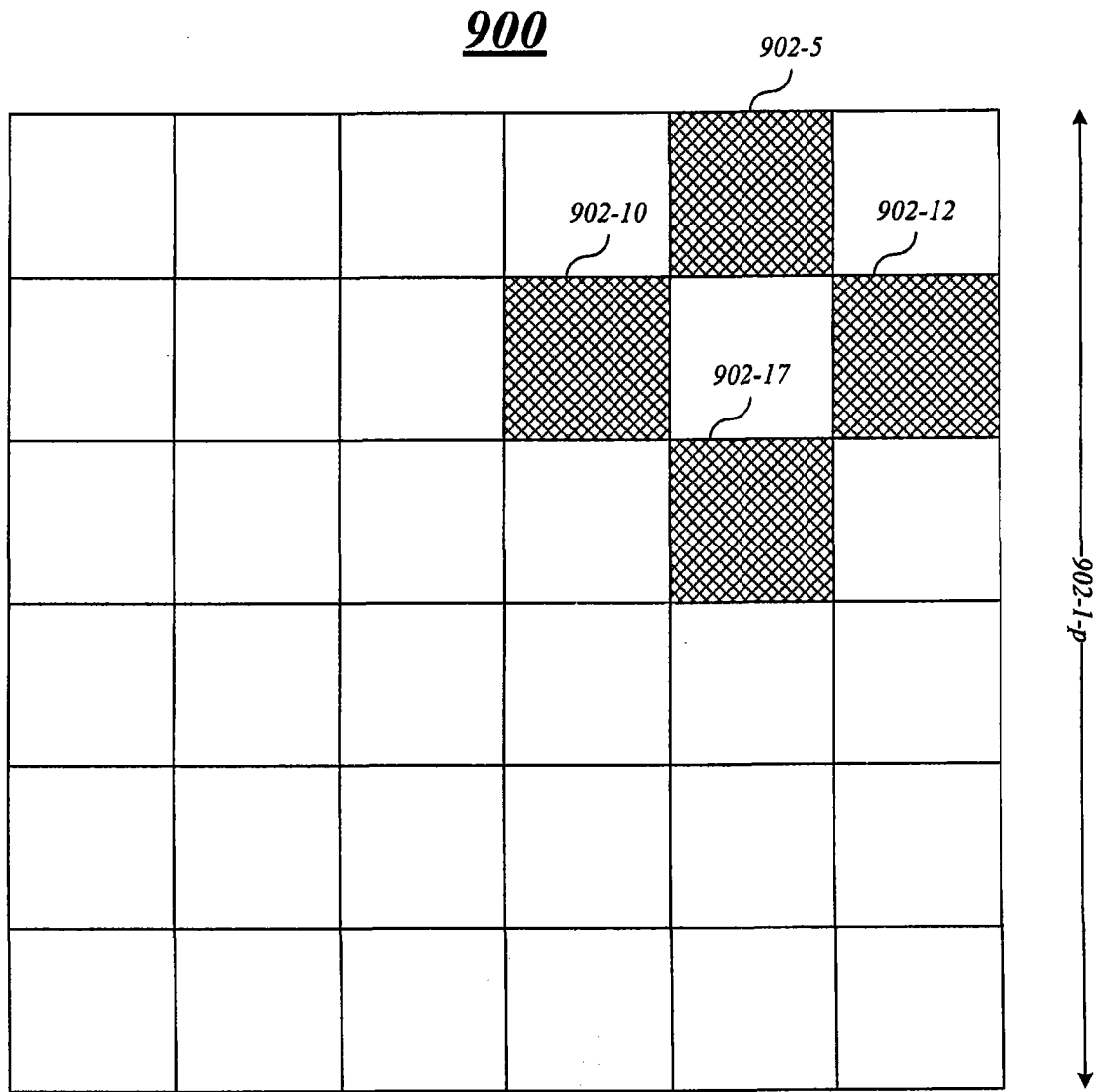


图 9

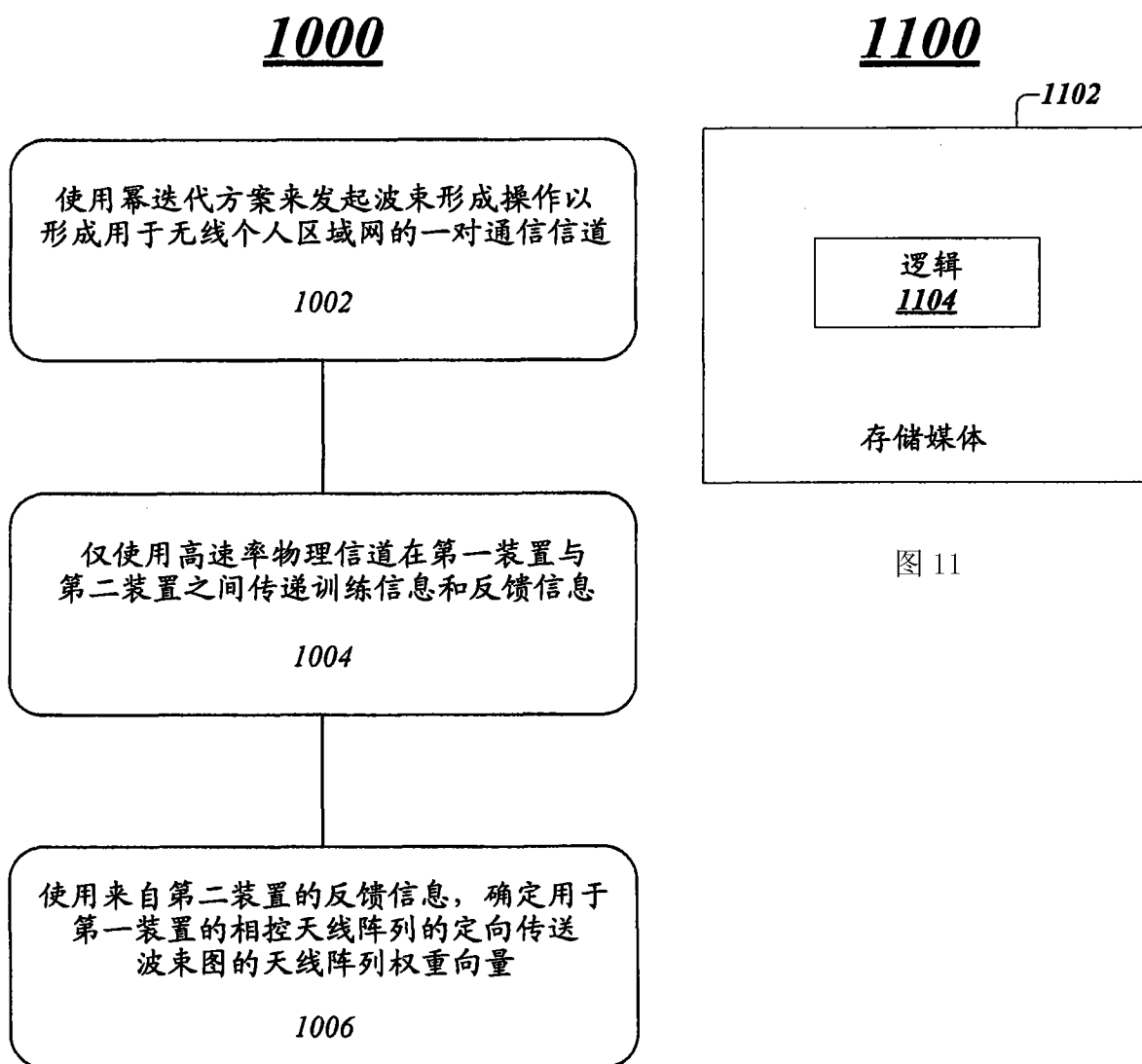


图 11

图 10