



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101939926 A

(43) 申请公布日 2011. 01. 05

(21) 申请号 201080001081. 7

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

(22) 申请日 2010. 04. 02

代理人 任默闻

(30) 优先权数据

61/166, 279 2009. 04. 03 US

12/753, 179 2010. 04. 02 US

(51) Int. Cl.

H04B 7/04 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2010. 08. 10

(86) PCT申请的申请数据

PCT/CN2010/071546 2010. 04. 02

(87) PCT申请的公布数据

W02010/111971 EN 2010. 10. 07

(71) 申请人 联发科技(新加坡)私人有限公司

地址 新加坡亚逸拉惹弯

(72) 发明人 王超群 赵育仁 易志熹

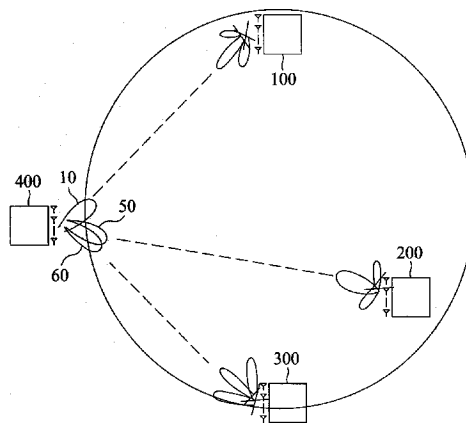
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

波束形成训练方法与实施波束形成训练的通信装置

(57) 摘要

一种通信系统,包含受训通信装置以及一个或多个训练通信装置。受训通信装置宣布波束形成训练的第一时间段,将接收天线方向图切换至扇形以及在第二时间段内保持扇形。在第一时间段内,训练通信装置传送一个或多个预定比特序列。预定比特序列是在至少一个扇形内传送。每一个预定比特序列携带识别符号以识别传送的训练通信装置。受训通信装置更估测信道特性以及通过利用已接收的预定比特序列来分别计算训练通信装置的接收天线权重向量,而训练通信装置自受训通信装置获得与波束形成训练相关的信息,所述信息包含已估测的信道特性与预定比特序列的接收时间。



1. 一种波束形成训练方法,用于在通信系统中利用一个或多个训练通信装置对受训通信装置实施波束形成训练,该波束形成训练方法包含:

宣布用于自该一个或多个训练通信装置接收一个或多个预定比特序列的第一时间段,其中该一个或多个预定比特序列中的每一个都携带用来识别训练通信装置的识别符号;

依第一预定规则将该受训通信装置的接收天线方向图切换至扇形,其中该扇形的角度是依据该接收天线方向图的配置而决定;

依第二预定规则在第二时间段内保持该扇形并监听该一个或多个预定比特序列;

估测信道特性以及通过利用对应的已接收的该一个或多个预定比特序列来分别计算该一个或多个训练通信装置的接收天线权重向量;以及

通过利用该识别符号将与波束形成训练相关的信息传送至对应的该一个或多个训练通信装置,其中该信息包含已估测的该信道特性与该一个或多个预定比特序列各自的接收时间。

2. 如权利要求 1 所述的方法,更包含:

依该第一预定规则将该受训通信装置的该接收天线方向图切换至另一个扇形;以及

依该第二预定规则在第三时间段内保持该另一个扇形并监听该一个或多个预定比特序列;

其中该切换步骤、该保持步骤以及该监听步骤是在该第一时间段内执行。

3. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:该第二预定规则是保持该扇形的该第二时间段足够长以监听一个预定比特序列。

4. 如权利要求 1 所述的方法,其特征在于:该第二预定规则是保持该扇形的该第二时间段足够长以监听超过一个的预定比特序列。

5. 一种波束形成训练方法,用于在具有多个训练通信装置的通信系统中由训练通信装置对受训通信装置实施波束形成训练,该波束形成训练方法包含:

自该受训通信装置接收关于第一时间段的宣布,该第一时间段是被保留以接收一个或多个预定比特序列;

依第二预定规则在第二时间段内在至少一个扇形内传送该一个或多个预定比特序列,其中该至少一个扇形是依第一预定规则而选择,该至少一个扇形的角度是依据该训练通信装置的传送天线方向图的配置而决定,且其中该一个或多个预定比特序列中的每一个都携带用来识别该训练通信装置的识别符号;以及

自该受训通信装置获得与波束形成训练相关的信息,其中该信息包含信道特性与该一个或多个预定比特序列在该受训通信装置的接收时间,

其中该信道特性是由该受训通信装置通过利用已接收的该一个或多个预定比特序列而估测。

6. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于:该第二预定规则是在该第二时间段内在一个扇形内传送该一个或多个预定比特序列。

7. 如权利要求 5 所述的方法,其特征在于:该第二预定规则是在该第二时间段内在超过一个的扇形内传送该一个或多个预定比特序列。

8. 如权利要求 5 所述的方法,更包含:

依该第二预定规则在该第一时间段内在超过一个的扇形内自该多个训练通信装置并

行地传送该一个或多个预定比特序列，

其中每一个扇形的角度是依据该对应的进行传送的训练通信装置的该传送天线方向图的该配置而决定，以及

其中该一个或多个预定比特序列中的每一个都携带用来识别该传送的训练通信装置的该识别符号。

9. 一种通信系统，具有多个通信装置，该通信系统包含：

受训通信装置，用于宣布由一个或多个训练通信装置实施波束形成训练的第一时间段，其中该受训通信装置依第一预定规则将接收天线方向图切换至扇形以及依第二预定规则在第二时间段内保持该扇形，该扇形的角度是依据该接收天线方向图的配置而决定；以及

该一个或多个训练通信装置，用于在该第一时间段内传送一个或多个预定比特序列以对该受训通信装置实施波束形成训练，其中该一个或多个预定比特序列是依第四预定规则在第三时间段内在至少一个扇形内传送，该至少一个扇形是依第三预定规则而选择，其中该至少一个扇形的角度是依据该对应训练通信装置的传送天线方向图的配置而决定，且该一个或多个预定比特序列中的每一个都携带用来识别该传送的训练通信装置的识别符号，

其中该受训通信装置接收扇形内的该一个或多个预定比特序列，估测信道特性以及通过利用对应已接收的该一个或多个预定比特序列来分别计算该一个或多个训练通信装置的接收天线权重向量，以及

其中该一个或多个训练通信装置自该受训通信装置获得与波束形成训练相关的信息，该信息包含已估测的该信道特性与该一个或多个预定比特序列在该受训通信装置的接收时间，该一个或多个预定比特序列都携带用来识别该传送的训练通信装置的该识别符号。

10. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该受训通信装置更依该第一预定规则将该接收天线方向图切换至多个扇形，该第一预定规则是以顺序方式逐步切换至全部扇形。

11. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该受训通信装置更依该第一预定规则将该接收天线方向图切换至多个扇形，该第一预定规则是以随机方式逐步切换至全部扇形。

12. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该第二预定规则是该受训通信装置保持该扇形的该第二时间段足够长以接收一个预定比特序列。

13. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该第二预定规则是该受训通信装置保持该扇形的该第二时间段足够长以接收超过一个的预定比特序列。

14. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该第三预定规则是以顺序方式在全部扇形内传送该一个或多个预定比特序列。

15. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该第三预定规则是以随机方式在全部扇形内传送该一个或多个预定比特序列。

16. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该第四预定规则是在一个扇形内传送一个预定比特序列。

17. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该第四预定规则是在一个扇形内传送超过一个的预定比特序列。

18. 如权利要求 9 所述的系统，其特征在于：该受训通信装置更在该第一时间段内将该接收天线方向图切换至多个扇形，以及依该第二预定规则保持每一个扇形以接收该一个或

多个预定比特序列。

19. 如权利要求 9 所述的系统,其特征在于:该第二时间段与该第三时间段都处于该第一时间段内。

波束形成训练方法与实施波束形成训练的通信装置

[0001] 交叉引用

[0002] 本申请要求如下优先权：编号为 61/166, 279, 申请日为 2009/04/03, 名称为“A method and system for beamforming training between a mastercommunications device and a plurality of client communications devices”的美国临时申请。其主题在此一并作为参考。

技术领域

[0003] 本发明有关于一种波束形成 (beamforming) 训练方法, 且特别有关于一种在通信系统中利用一个或多个训练通信装置对受训通信装置实施波束形成训练的方法。

背景技术

[0004] 对于传送端与接收端都使用多个天线的通信系统来说, 波束形成技术可以用于提升通信性能。通常来说, 需要对配备有多个天线的通信装置进行训练, 以在数据传送之前获得最佳的 Tx 及 / 或 Rx 天线配置 (configuration)。传统的波束形成训练程序中, 通信装置经由一对一 (one-to-one) 训练程序将一个或多个预定波束形成训练位序列传送至同级 (peer) 通信装置。特别地, 对于高频应用, 例如毫米波 (millimeter wave) 通信系统, 由于天线的定向性 (directionality), 在一个训练期 (training session) 内仅训练一个通信装置是较可取的。

[0005] 基于传统的波束形成训练程序, 当通信系统中有超过一个通信装置时, 训练程序需要大量的训练期与消息 (所需总数为通信装置数目的平方)。当通信装置利用不对称 (asymmetrical) 配置在不对称信道上交换数据时, 为建立双向性 (bi-directional) 通信路径, 所需训练期与消息总数为通信装置数目的四倍, 从而严重降低训练效率。因此, 亟需一种新的波束形成训练方法以解决上述低效率问题。

发明内容

[0006] 本发明提供一种在通信系统中利用一个或多个训练通信装置对受训通信装置实施波束形成训练的通信系统与方法。在通信系统中利用一个或多个训练通信装置对受训通信装置实施波束形成训练的方法的实施例包含：宣布用于自一个或多个训练通信装置接收一个或多个预定比特序列的第一时间段, 其中一个或多个预定比特序列中的每一个都携带用来识别训练通信装置的识别符号；依第一预定规则将受训通信装置的接收天线方向图切换至扇形, 其中扇形的角度是依据接收天线方向图的配置而决定；依第二预定规则在第二时间段内保持扇形并监听一个或多个预定比特序列；估测信道特性以及通过利用对应已接收的一个或多个预定比特序列来分别计算一个或多个训练通信装置的接收天线权重向量；以及通过利用识别符号将与波束形成训练相关的信息传送至对应的一个或多个训练通信装置, 其中所述信息包含已估测的信道特性与一个或多个预定比特序列各自的接收时间。

[0007] 在具有多个训练通信装置的通信系统中由训练通信装置对受训通信装置实施波

束形成训练的方法的另一个实施例包含：自受训通信装置接收关于第一时间段的宣布，第一时间段是被保留以接收一个或多个预定比特序列；依第二预定规则在第二时间段内在至少一个扇形内传送一个或多个预定比特序列，其中扇形是依第一预定规则而选择，所述至少一个扇形的角度是依据训练通信装置的传送天线方向图的配置而决定，且其中一个或多个预定比特序列中的每一个都携带用来识别训练通信装置的识别符号；以及自受训通信装置获得与波束形成训练相关的信息，其中所述信息包含信道特性与一个或多个预定比特序列在受训通信装置的接收时间。信道特性是由受训通信装置通过利用已接收的一个或多个预定比特序列而估测。

[0008] 具有多个通信装置的通信系统的另一个实施例包含受训通信装置以及一个或多个训练通信装置。受训通信装置宣布由一个或多个训练通信装置实施波束形成训练的第一时间段，依第一预定规则将接收天线方向图切换至扇形以及依第二预定规则在第二时间段内保持扇形。扇形的角度是依据接收天线方向图的配置而决定。在第一时间段内，一个或多个训练通信装置传送一个或多个预定比特序列以对受训通信装置实施波束形成训练。在第三时间段内，所述一个或多个预定比特序列是依第四预定规则在至少一个扇形内传送，所述至少一个扇形是依第三预定规则而选择。所述至少一个扇形的角度是依据对应训练通信装置的传送天线方向图的配置而决定，且所述一个或多个预定比特序列中的每一个都携带识别符号以识别传送的训练通信装置。受训通信装置更接收扇形内的一个或多个预定比特序列，估测信道特性以及通过利用对应已接收的一个或多个预定比特序列来分别计算一个或多个训练通信装置的接收天线权重向量。所述一个或多个训练通信装置自受训通信装置获得与波束形成训练相关的信息，其中所述信息包含已估测的信道特性与一个或多个预定比特序列在受训通信装置的接收时间，所述一个或多个预定比特序列都携带用来识别传送的训练通信装置的识别符号。

[0009] 下文将参考所附图式对本发明实施例作详细说明。

附图说明

[0010] 本发明可通过阅读后续的详细描述与范例并参考附图得到充分理解，其中：

[0011] 图 1 是依本发明实施例的通信系统的示意图；

[0012] 图 2 是依本发明实施例的通过受训通信装置执行的波束形成训练方法的流程图；

[0013] 图 3 是依本发明实施例的在保留时间段内的不同时间点上受训通信装置的接收角度的多个范例的示意图；以及

[0014] 图 4 是依本发明实施例的通过训练通信装置执行的波束形成训练方法的流程图。

具体实施方式

[0015] 以下描述为实施本发明的较佳预期模式。此描述是用于说明本发明原理的目的，并非作为本发明的限制。本发明的保护范围当视权利要求书所述范围所界定者为准。

[0016] 如上所述，传统的波束形成训练方法是被设计用于一对一训练。然而，对于具有 n 个通信装置的通信系统，传统的波束形成训练方法可能需要花费 $O(n^2)$ 个训练期与至少 $O(n^2)$ 个消息来完成通信系统的全部波束形成训练。当通信装置利用不对称配置在不对称信道上交换数据时，为建立双向性通信路径，训练期总数为通信装置数目的四倍。在本发明

实施例中,提出多对一 (many-to-one) 波束形成训练的方法与系统。对于多对一波束形成训练方法,一个受训通信装置需要一个训练期,以通过布置于不同扇形内的多个训练通信装置来训练受训通信装置的接收天线波束形成权重向量。对于具有 n 个通信装置的通信系统,本发明可仅需要 $O(n)$ 个训练期来完成波束形成训练。

[0017] 图 1 是依本发明实施例的通信系统的示意图。通信系统包含多个通信装置,举例来说,通信装置 100 ~ 400。通信系统中的通信装置为训练通信装置或受训通信装置。在本发明实施例中,通信装置 100、200 及 300 为训练通信装置,而在训练通信装置的传送信号范围内的通信装置 400 为受训通信装置。依本发明实施例,多对一波束形成训练可在一个训练期内完成。换句话说,一个或多个训练通信装置可在一个训练期内并行地训练受训通信装置。

[0018] 图 2 是依本发明实施例的通过受训通信装置执行的波束形成训练方法的流程图。在本发明实施例中,任何一个通信装置都可以侦测一个或多个其它通信装置的出现。对于一个或多个训练通信装置 (例如图 1 所示的通信装置 100、200 及 300) 训练受训通信装置 (例如图 1 所示的通信装置 400) 的接收天线波束形成权重向量的状况,在侦测到一个或多个其它通信装置出现之后,受训通信装置首先宣布第一时间段,第一时间段是被保留以自一个或多个训练通信装置接收一个或多个预定比特序列 (即,波束形成训练序列) (步骤 S201)。然后,受训通信装置依第一预定规则将接收天线方向图 (pattern) 切换至扇形,其中扇形的预定角度是依据接收天线方向图的配置而决定 (步骤 S202),以及依第二预定规则在第二时间段内保持扇形以监听一个或多个预定比特序列 (步骤 S203)。依本发明实施例,一个或多个预定比特序列中的每一个都可携带用来识别训练通信装置的唯一识别符号 (identifier)。

[0019] 依本发明实施例,所述一个或多个预定比特序列可通过利用确保受训通信装置将可接收所述一个或多个预定比特序列的方法发送。为增加所述一个或多个预定比特序列的到达率,较可取的传送方向图是定向波束 (directional beam)。定向波束覆盖空间的一部分,即,扇形,且每一个扇形有其预定角度,其中扇形的预定角度是依据传送定向波束的通信装置的传送天线方向图的配置而决定。因此,受训通信装置引导其天线将接收天线方向图切换至一个或多个扇形以自训练通信装置接收所述一个或多个预定比特序列,其中扇形的预定角度是依据接收天线方向图的配置而决定。在接收所述一个或多个预定比特序列之后,受训通信装置估测受训通信装置与传送所述一个或多个预定比特序列的对应训练通信装置之间的无线电信道的信道特性,以及通过利用对应的已接收的一个或多个预定比特序列来分别计算一个或多个训练通信装置的接收天线权重向量 (步骤 S204)。最后,受训通信装置通过利用识别符号将与波束形成训练相关的信息传送至对应的一个或多个训练通信装置 (步骤 S205)。依本发明实施例,所述信息包含已估测的信道特性与所述一个或多个预定比特序列各自的接收时间。

[0020] 如上所述,为增加所述一个或多个预定比特序列的到达率,较可取的传送方向图是定向波束。当定向波束被用于波束形成训练时,所述一个或多个预定比特序列可被发送至多个扇形。所述多个扇形可覆盖通信空间。因此,在第一时间段内 (即,训练时间段或所谓的训练期),受训通信装置依第一预定规则依次将接收天线方向图切换至多个扇形,以及依第二预定规则在第二时间段内保持至少一个扇形以接收所述一个或多个预定比特序列。

因此,在本发明上述实施例中,受训通信装置可重复执行步骤 S202 至 S205 以在通信系统中利用一个或多个训练通信装置完成波束形成训练程序。依本发明上述实施例,第一预定规则是用于受训通信装置以顺序或随机方式逐步切换至全部扇形,而第二预定规则是用于确保受训通信装置保持扇形的持续时间足够长以接收所述至少一个预定比特序列。

[0021] 图 3 是依本发明实施例的在保留第一时间段内的不同时间点 10、20…及 60 上受训通信装置的接收角度的多个范例的示意图。在本发明上述实施例中,如图 3 所示,在第一时间段内的不同时间点上,受训通信装置可依第一预定规则将其接收天线方向图切换至多个扇形。在本发明实施例中,如图 3 所示,受训通信装置可以顺序方式逐步切换至全部扇形。在本发明另一个实施例中,受训通信装置可以随机方式逐步切换至全部扇形。当将接收天线方向图切换至预定扇形时,受训通信装置更可依第二预定规则在第二时间段内保持预定扇形以监听所述一个或多个预定比特序列。在发明实施例中,第二预定规则是受训通信装置保持扇形的第二时间段足够长以接收一个预定比特序列。在本发明另一个实施例中,第二预定规则是受训通信装置保持扇形的第二时间段足够长以接收超过一个的预定比特序列。

[0022] 图 4 是依本发明实施例的通过训练通信装置执行的波束形成训练方法的流程图。在自受训通信装置接收到关于第一时间段的宣布之后(步骤 S401),其中第一时间段是被保留以接收一个或多个预定比特序列,训练通信装置(例如图 1 所示的通信装置 100 ~ 300)依第四预定规则在第三时间段内在至少一个扇形内传送所述一个或多个预定比特序列,其中所述至少一个扇形是依第三预定规则而选择(步骤 S402)。此外,第三预定规则是一个或多个训练通信装置以顺序或随机方式在全部扇形上传送所述一个或多个预定比特序列。依本发明实施例,所述至少一个扇形的角度是依据对应的训练通信装置的传送天线方向图的配置而决定,且所述一个或多个预定比特序列中的每一个都携带用来识别对应的训练通信装置的唯一识别符号。

[0023] 然后,在受训通信装置(例如图 1 所示的通信装置 400)接收所述一个或多个预定比特序列,估测信道特性并通过利用对应已接收的一个或多个预定比特序列来计算训练通信装置的接收天线权重向量,以及传送与波束形成训练相关的信息(请参考图 2 中的步骤 S203、S204 及 S205)之后,训练通信装置自受训通信装置获得与波束形成训练相关的信息(步骤 S403)。

[0024] 依本发明实施例,在步骤 S402 中,训练通信装置在一个或多个扇形(甚至覆盖通信空间的全部扇形)内传送所述一个或多个预定比特序列。当训练通信装置决定在超过一个扇形内传送所述一个或多个预定比特序列时,训练通信装置以顺序方式在扇形内传送所述一个或多个预定比特序列(第三预定规则的实施例)。在另一个范例中,依本发明另一个实施例,当训练通信装置决定在超过一个扇形内传送所述一个或多个预定比特序列时,训练通信装置以随机方式在扇形内传送所述一个或多个预定比特序列(第三预定规则的另一实施例)。此外,依本发明上述实施例,在步骤 S402 中,一个或多个训练通信装置依第四预定规则在第三时间段内传送所述一个或多个预定比特序列。举例来说,依本发明实施例,第四预定规则是训练通信装置在一个扇形内传送一个预定比特序列。依本发明另一个实施例,第四预定规则是一个或多个训练通信装置在一个扇形内传送超过一个的预定比特序列。依本发明又一个实施例,第四预定规则是训练通信装置在多个扇形内传送一个或多

个预定比特序列。

[0025] 如上所述,由于一个或多个训练通信装置在一个或多个扇形内传送所述一个或多个预定比特序列,为估测信道特性,受训通信装置必须识别哪个预定比特序列已通过哪个受训通信装置传送,及/或受训通信装置已在哪个扇形内接收到已传送的预定比特序列。因此,依本发明实施例,在步骤 S403 中,通过一个或多个训练通信装置获得的相关信息可包含由受训通信装置估测的信道特性与一个或多个预定比特序列在受训通信装置的接收时间。

[0026] 请再次参考图 1,依本发明实施例,在一个训练期内,训练通信装置(例如,通信装置 100 ~ 300)在一个时间段内在超过一个扇形内并行地传送一个或多个预定比特序列以训练受训通信装置(例如,通信装置 400)。如上所述,每一个扇形的角度是依据对应传送的训练通信装置的传送天线方向图的配置而决定。另一方面,受训通信装置将其接收天线方向图切换至一个或多个扇形并依第二预定规则在另一个时间段内保持每一个扇形,其中扇形的角度是依据接收天线方向图的配置而决定。训练通信装置用来传送一个或多个预定比特序列的时间段与受训通信装置用来切换接收天线方向图的时间段是处于初始保留时间段内,以在保留训练期内完成全部的波束形成训练。举例来说,在保留第一时间段内的时间点 10、20、30、40、50 及 60 上训练通信装置 100 的传送角度如图 1 所示,以及在时间点 10 上发送的预定比特序列被受训通信装置 400 接收。再举一例,在保留第一时间段内的时间点 10、20、30、40、50 及 60 上训练通信装置 300 的传送角度如图 1 所示,以及在时间点 60 上发送的预定比特序列被受训通信装置 400 接收。

[0027] 在接收所述一个或多个预定比特序列之后,受训通信装置估测信道特性,以及通过利用对应已接收的一个或多个预定比特序列来分别计算一个或多个训练通信装置的接收天线权重向量。依本发明上述实施例,天线权重向量描述一个或多个传送/接收波束的特性,例如天线方向或天线增益方向图。因此,不同的天线权重向量与不同的波束方向图关联。依本发明实施例,通信装置的传送及/或接收波束方向图是依据至少一个参数决定,上述至少一个参数包含传送及/或接收信号的相位与强度、天线数目、天线布局、以及通信装置的每一个天线组件的各自传送及/或接收波束方向图。此外,依本发明实施例,依已接收的一个或多个预定比特序列而撷取的信道特性包含天线方向、天线的相位转动向量(phase rotating vector)、最佳天线配置等等的组合。举例来说,受训通信装置通过已接收的一个或多个预定比特序列计算权重向量作为训练结果,上述权重向量可最大化信噪比(signal to noise ratio),并将训练结果回传至对应的训练通信装置。再举一例,受训通信装置通过已接收的一个或多个预定比特序列撷取最佳天线码作为训练结果,并将训练结果回传至对应的训练通信装置。

[0028] 如上所述,与波束形成训练相关的信息是通过利用唯一的识别符号而被传送至一个或多个训练通信装置。与波束形成训练相关的信息包含已估测的信道特性与一个或多个预定比特序列在受训通信装置的接收时间。因此,训练通信装置依据携带于相关信息中的接收时间可知道哪个预定比特序列被受训通信装置接收以估测信道特性,及/或受训通信装置已接收的预定比特序列是在哪个扇形内传送以估测信道特性。

[0029] 依本发明实施例,在一个或多个训练通信装置自受训通信装置接收到携带相关信息的一个或多个响应消息之后,可完成波束形成训练期。基于本发明提出的波束形成训练

方法,超过一个的训练通信装置可在一个训练期内并行地训练受训通信装置,从而实现多对一波束形成训练。

[0030] 虽然本发明是用特定实施例来说明,其并非用于限制本发明的范畴。举凡熟悉本案的人士援依本发明的精神所做的等效修饰与组合,都应涵盖在权利要求书所述范围内。因此,本发明通过权利要求书所述范围及其等效变化界定。

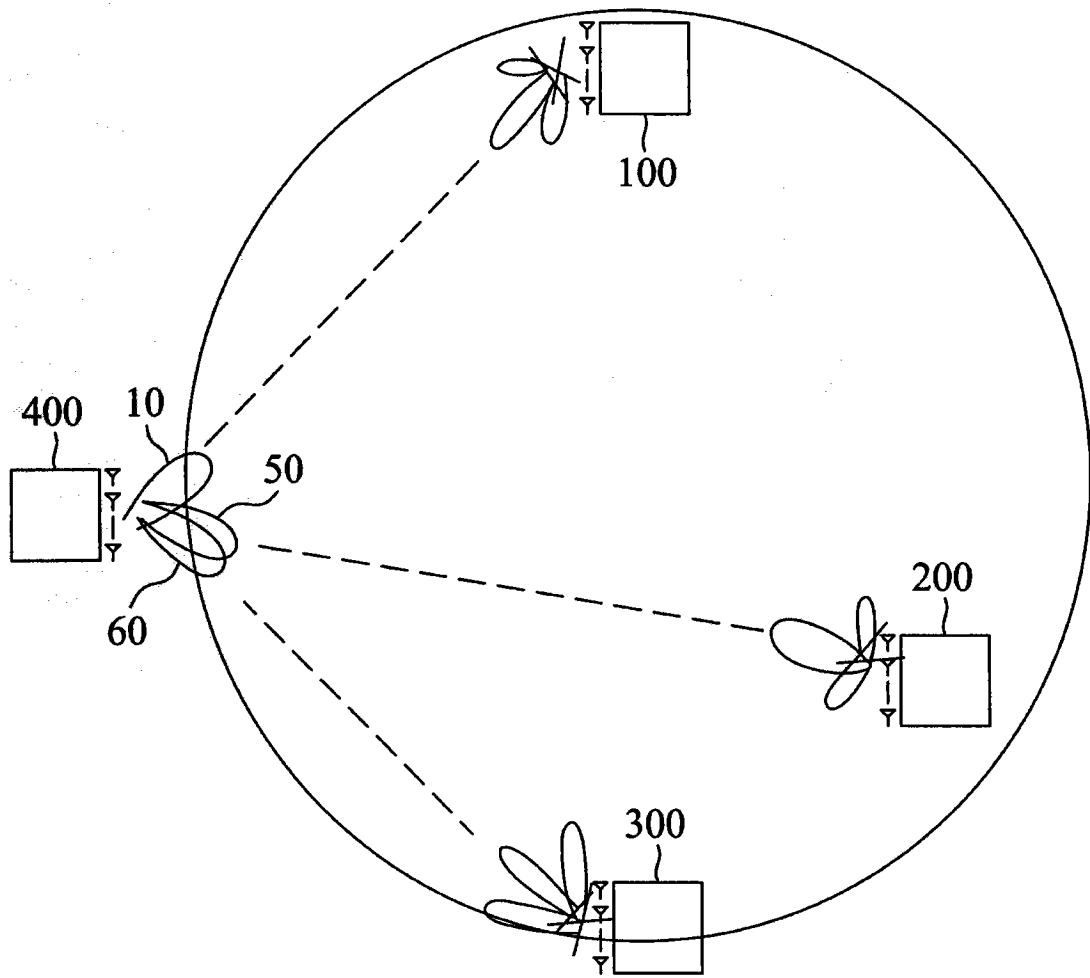


图 1

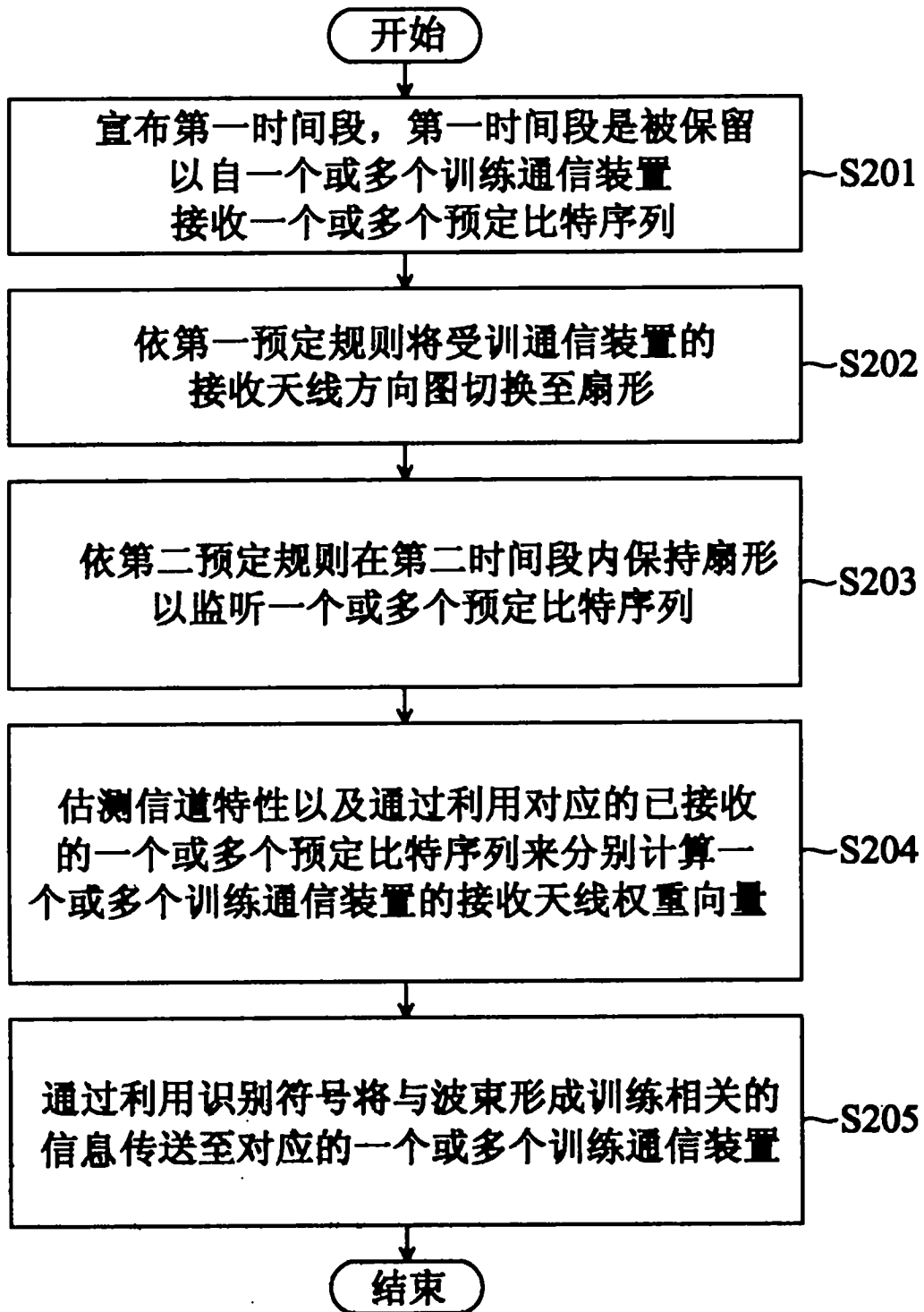


图 2

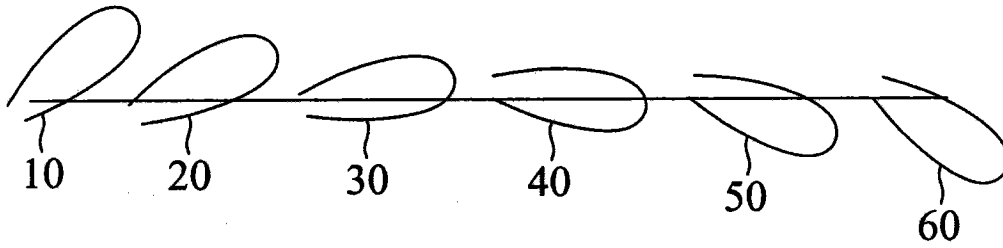


图 3

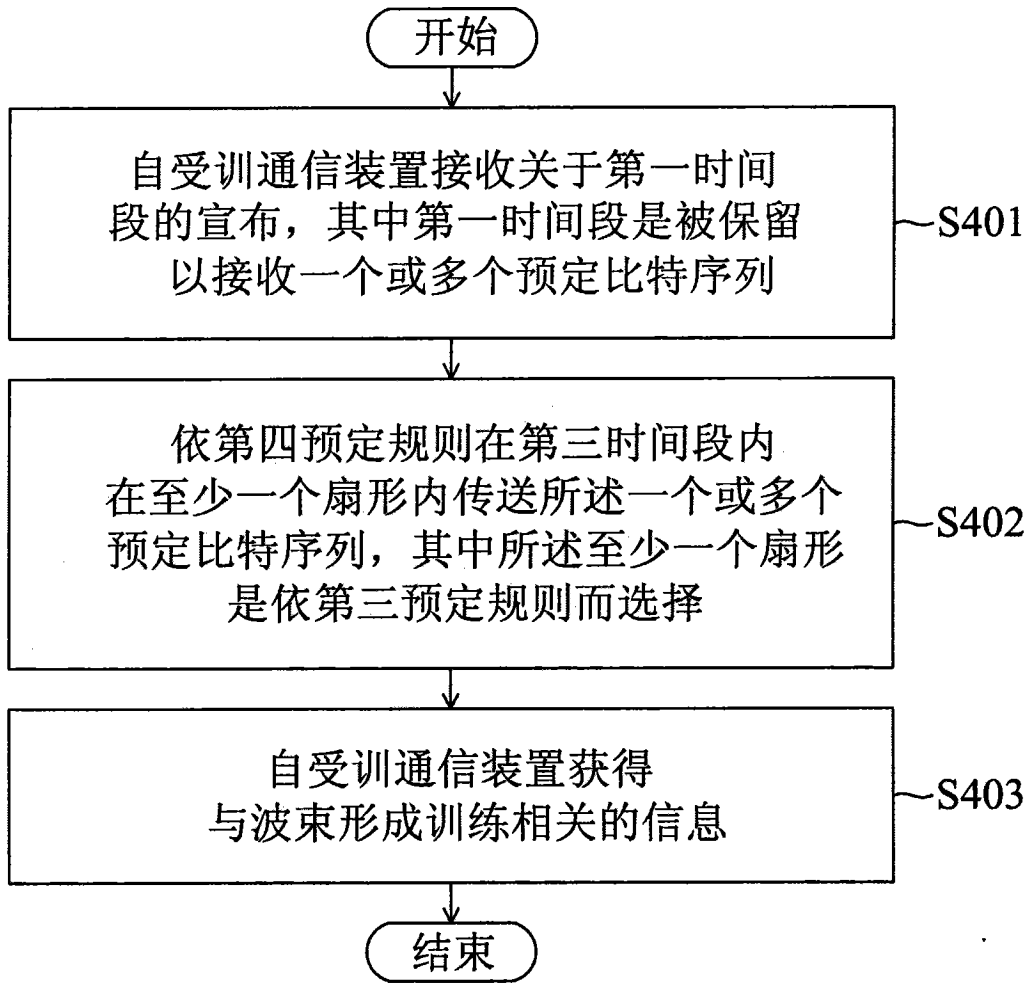


图 4