



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101523736 B

(45) 授权公告日 2013. 07. 31

(21) 申请号 200780037126. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2007. 08. 27

H04L 25/03 (2006. 01)

(30) 优先权数据

H04L 5/14 (2006. 01)

11/538, 432 2006. 10. 03 US

H04B 7/06 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2009. 04. 03

US 2004/0014501 A1, 2004. 01. 22,

(86) PCT申请的申请数据

US 2006/0040618 A1, 2006. 02. 23,

PCT/US2007/076862 2007. 08. 27

CN 1813375 A, 2006. 08. 02,

(87) PCT申请的公布数据

审查员 王宇锋

W02008/042527 EN 2008. 04. 10

(73) 专利权人 摩托罗拉移动公司

地址 美国伊利诺伊州

(72) 发明人 王凡 斯坦利·J·贝内斯

阿米塔瓦·高希 谭钧

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限
责任公司 11219

代理人 陆锦华 穆德骏

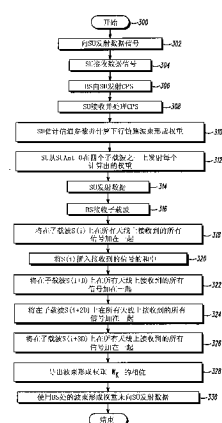
权利要求书1页 说明书9页 附图6页

(54) 发明名称

用天线权重反馈进行的移动站辅助下行链路
波束形成

(57) 摘要

一种具有多个接收天线 (160、162) 和单个发射天线 (160) 的订户单元 (104) 导出将在具有多个发射天线 (602、604、606、和 608) 的基站处使用的波束形成权重。在订户单元 (104) 处根据从基站 (102) 到订户设备 (104) 的先前下行链路传输传输而导出所述下行链路波束形成权重, 并且上行链路探测信号用于将导出的下行链路波束形成权重传送到基站 (102)。在订户设备 (104) 处使用下行链路天线专用导频 (无权重) 来确定波束形成权重。抽取的探测信号允许多个用户同时进行探测, 其中, 探测子载波的数目至少与基站 (102) 处的天线的数目相同。



1. 一种在 RF 通信接收机上的方法,所述方法包括:

在接收机处,用至少一个接收天线来接收 n 个下行链路导频信号,所述 n 个下行链路导频信号中的每一个与发射所述 n 个下行链路导频信号的远程发射机处的 n 个下行链路发射天线的相应一个相关联;

基于接收到的 n 个下行链路导频信号,来确定所述接收机处所述至少一个接收天线中的每个相应接收天线与所述远程发射机处的 n 个下行链路发射天线中的每个相应下行链路发射天线之间的相应 RF 传播信道;

基于每个相应下行链路 RF 传播信道的特性,来确定用于从所述远程发射机到所述接收机的每个下行链路数据流的 n 个下行链路天线加权因数,所述 n 个下行链路天线加权因数中的每个下行链路天线加权因数对应于相应加权因数,该相应加权因数将被应用于 n 个下行链路发射天线中的一个相应下行链路发射天线和在至少一个下行链路数据流中的从所述远程发射机发射到所述接收机的一个相应下行链路数据流;

通过对下述复值求和以产生第一和来将相应调制信号调制到 n 个上行链路子载波的第一上行链路子载波上,该复值与在 n 个基站发射天线与在远程发射机处的至少一个正在发射的接收天线之间的用于第一子载波的相应 RF 传播信道相对应;

计算所述第一和的共轭;

将所述 n 个下行链路天线加权因数的第一下行链路天线加权因数与所述第一和的共轭相乘,以产生所述相应调制信号;以及

调节所述第一子载波的所述相应调制信号;以及

发射所述第一上行链路子载波。

2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,在计算所述第一和的共轭后,所述方法包括:

将所述 n 个下行链路天线加权因数的所述第一下行链路天线加权因数量化。

用天线权重反馈进行的移动站辅助下行链路波束形成

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及无线通信,更具体地说,涉及用多个接收天线进行从基站到移动设备的下行链路波束形成。

背景技术

[0002] 通常就通信系统的通信参数(例如数据速率、信道带宽、调制类型等)而言来定义通信系统。根据通信信道的特性和所需通信的类型来选择通信系统的通信参数。

[0003] 在移动通信系统中,通信单元之间的信号传播受到通信信道的迅速变化的多径和衰减特性的影响。因此,在选择此类移动通信系统的通信参数时,将由于多径和衰减效应而引起的信道增益和延迟特性的变化考虑在内。

[0004] 通常,通信系统的通信参数是固定的。然而,为了使移动通信系统中的系统性能最大化,有利的是,根据迅速变化的通信信道的当前状态而持续地优化通信系统的通信参数。

[0005] 为了持续地优化移动通信系统的通信参数,对关于通信信道的特性的准确、实时的信息进行收集。然后,处理该信息并根据当前信道特性来优化系统的通信参数。

[0006] 在 20 世纪 70 年代早期,开发了用于确定前向信道探测(sounding)信息的提议。在使用前向信道探测器的通信系统中,移动单元在上行链路中向基站(BS)发射已知的音调或序列。BS 是中至高功率多信道双向无线电装置,其处于固定位置并用作移动设备与通信系统的其余部分之间的接入点。然后,基站处理信息并在下行链路中将期望通信参数发射到移动单元,以供在两个通信单元之间的未来通信中使用。对于 TDD 系统,下行链路(DL) RF 信道类似于上行链路(UL) RF 信道,因此可以使用上行链路探测信号在 BS 处导出。

[0007] 提高通信性能的一种已知方法是借助于天线“波束形成”。波束形成是一种用于天线阵列的信号处理技术,其中通过调整协调天线的相位来控制辐射图形的方向性。当发射信号时,波束形成可以用来,通过将每个天线的相位调整为在辐射图形中产生峰值和零值而提高在将发射信号的方向上的增益。

[0008] 与 BS 通信的移动单元的示例是具有两个接收天线、但是只有一个发射天线的移动单元。DL 信道信息被用来适当地执行基站天线的下行链路波束形成。在 TDD 系统中,来自移动单元的单个发射天线的 UL 探测信号不将来自 BS 天线的 DL 信道信息提供给移动单元的一个或多个“非发射”“只接收”天线。在 FDD 系统中,由于 UL 和 DL 在不同的载波频率上,所以来自 UL 探测信号的估计 UL 信道信息不同于 DL 信道。

[0009] 因此,存在对克服上述现有技术存在的问题的需要。

发明内容

[0010] 简单地说,依照本发明,公开了一种在 RF 通信接收机上的方法,其包括:在接收机处,用至少一个接收天线来接收 n 个下行链路导频信号,所述 n 个下行链路导频信号中的每一个与发射 n 个下行链路导频信号的远程发射机处的 n 个下行链路发射天线的相应一个相关联。该方法还包括:基于接收到的 n 个下行链路导频信号,来确定在接收机处的所述至少

一个接收天线中的每个相应接收天线与远程发射机处的 n 个下行链路发射天线中的每个相应下行链路发射天线之间的相应 RF 传播信道。该方法还包括：基于每个相应下行链路 RF 传播信道的特性，来确定用于从远程发射机到接收机的每个下行链路数据流的 n 个下行链路发射天线加权因数，所述 n 个下行链路发射天线加权因数中的每个下行链路发射天线加权因数对应于相应加权因数，该相应加权因数将被应用于 n 个下行链路发射天线中的一个相应下行链路发射天线，以及至少一个下行链路数据流中的从远程发射机被发射到接收机的一个相应下行链路数据流。该方法还包括：将相应调制信号调制到 n 个上行链路子载波中的每个上行链路子载波上以及发射上行链路子载波，其中，每个相应调制信号包括相应复值 (complex value)，所述相应复值对应于所述 n 个下行链路发射天线加权因数中的一个相应下行链路发射天线加权因数。

[0011] 依照本发明的另一方面，一种基站包括接收机，该接收机适合于在本地收发信机处从远程收发信机接收上行链路子载波上的多个信号，其中，所述多个上行链路信号中的每个上行链路信号是由相应复值调制的，所述相应复值包括将被应用于在本地收发信机处的相应下行链路发射天线的下行链路传输天线权重的表示。该基站还包括权重提取处理器，该权重提取处理器适合于通过将上行链路子载波上的所述多个信号解调来提取多个下行链路传输天线权重，所述多个下行链路传输天线权重包括被调制到每个相应上行链路子载波上的相应复值已调信号中的每个。

附图说明

[0012] 附图连同以下详细说明一起被并入本申请并构成本申请的一部分，用于进一步全部依照本发明示出各种实施例并解释其各种原理和优点，在附图中，相同的附图标记在不同的视图中指示相同或功能上类似的元素。

[0013] 图 1 是示出了示例性通信网络的框图。

[0014] 图 2 是示出了根据本发明的实施例的 DL、UL、UL 探测与相关 DL 数据传输之间的关系 TDD 图。

[0015] 图 3 是根据本发明的实施例的第一 TDD FDMA 方案的操作流程图。

[0016] 图 4 是根据本发明的实施例的第二 TDD FDMA 方案的操作流程图。

[0017] 图 5 是示出了根据本发明的实施例的示例性基站控制器的框图。

[0018] 图 6 示出了根据本发明的实施例，通过加权单元的在多个基站天线、基站接收机与基站天线之间的 RF 互连。

具体实施方式

[0019] 根据需要，本文公开了本发明的详细实施例；然而，应理解的是，所公开的实施例仅仅是本发明的示例，本发明可以以各种形式来体现。因此，本文所公开的特定结构方面和功能方面的细节不应被解释为限制性的，而仅仅是权利要求书的基础和用于教授本领域的技术人员以实际上任何适当的详细结构来以不同的方式采用本发明的代表性基础。此外，本文所使用的术语和短语并不旨在限制性的；确切的是，其旨在提供本发明的可理解的说明。

[0020] 本文所使用的术语“一”或“一个”被定义为一个或多于一个。本文所使用的术语

“多个”被定义为两个或多于两个。本文所使用的术语“另一个”被定义为至少第二个或更多个。本文所使用的术语“包括”和/或“具有”被定义为包含(“即开放性语言”)。本文所使用的术语“耦合”被定义为连接,但不一定是直接连接,也不一定是机械连接。

[0021] 本发明的实施例提供了一种系统,用于在具有移动发射机/接收机设备(在本文中称为“订户单元(SU)”)的 FDD 无线通信网络中和 TDD 无线通信网络中进行下行链路波束形成,通常,所述移动发射机/接收机设备具有数目比发射天线更多的接收天线。依照本发明的实施例, SU 基于用于下行链路天线特定导频码元的先前下行链路传输,来确定将应用于“基站”(BS) 的发射天线的下行链路波束形成权重。在一个示例中,下行链路波束形成权重是复数,其被应用于所发射的下行链路信号,以形成适合于在基站的每个发射天线与移动 SU 的每个接收天线之间的传播信道的发射图形。SU 使用上行链路探测信道来传送所确定的波束形成权重。BS 基于在上行链路探测信道上从 SU 接收到的权重,将探测码元子载波上的接收信号组合,以确定用于每个天线的 BS 权重并形成每个 SU 接收机天线的对应波束。

[0022] 图 1 示出了通信系统 100 的框图。第一通信单元 102 是 BS,第二通信单元 104 是 SU。BS 102 包括可操作地耦合到四个天线 BSAnt-0、BSAnt-1、BSAnt-2、以及 BSAnt-3 的阵列以进行到 SU 104 的通信的发射机 106 和接收机 108 两者。发射机 106 和接收机 108 到四个天线 BSAnt-0、BSAnt-1、BSAnt-2、以及 BSAnt-3 的阵列的耦合是通过加权单元 150 来实现的。加权单元 150 的互连在图 6 中示出。

[0023] 可从图 6 中看出,加权单元 150 包括一组发射加权乘法器 $T_x w_0$ 、 $T_x w_1$ 、 $T_x w_2$ 和 $T_x w_3$ 以及一组接收加权乘法器 $R_x w_0$ 、 $R_x w_1$ 、 $R_x w_2$ 、和 $R_x w_3$ 。加权乘法器 $T_x w_0$ 、 $T_x w_1$ 、 $T_x w_2$ 和 $T_x w_3$ 的单独一个分别耦合在发射机 106 与 BS 天线 BSAnt-0602、BSAnt-1604、BSAnt-2606、和 BSAnt-3608 中的每一个之间。每个乘法器 $T_x w_0$ 、 $T_x w_1$ 、 $T_x w_2$ 和 $T_x w_3$ 分别将发射信号与指定的复权重 w_0 、 w_1 、 w_2 、和 w_3 相乘。

[0024] 同样地,一组接收加权乘法器 $R_x w_0$ 、 $R_x w_1$ 、 $R_x w_2$ 、和 $R_x w_3$ 分别耦合在接收机 108 与 BS 天线 BSAnt-0602、BSAnt-1604、BSAnt-2606、和 BSAnt-3608 中的每一个之间。每个乘法器 $R_x w_0$ 、 $R_x w_1$ 、 $R_x w_2$ 、和 $R_x w_3$ 分别将接收信号与指定的权重 w_0 、 w_1 、 w_2 、和 w_3 相乘。

[0025] BS 102 是由控制器 118 来控制的。控制器 118 是 BS 102 背后的大脑,并处理无线电信道的分配、接收来自 SU 的测量、设置用于发射和接收天线的波束形成权重,以及控制从 BS 到 BS 的切换。另外,用于站点的数据库被存储在控制器 118 中,或可通信地耦合到控制器 118,该数据库包括诸如载波频率、跳频列表、功率降低水平、用于小区边界计算的接收水平之类的信息。

[0026] SU 104 包括可操作地耦合到两个接收天线 SUAnt-0160 和 SUAnt-1162 的接收机 114,还包括可操作地耦合到既是发射天线又是接收天线的 SUAnt-0160 的发射机 112。因此,在 BS 102 处存在 4 个发射天线,在 SU 104 处存在 2 个接收天线。在本示例中,存在八个 BS 到 SU 的下行链路传播信道 - 从每个 BS 发射天线到每个 SU 接收天线的信道。

[0027] SU 104 在控制无线通信信号的发送和接收的设备控制器/处理器 120 的控制下进行操作。在接收模式下,设备控制器 120 通过发射/接收信号组合器 122 将天线 SUAnt-0160 和 SUAnt-0162 电气地耦合到接收机 114。接收机 114 将接收到的信号解码并将那些解码的信号提供给设备控制器 120。

[0028] 在发射模式下,设备控制器 120 通过发射 / 接收信号组合器 122 将发射机 112 电气地耦合到天线 SUAnt-0160。设备控制器 120 根据存储在存储器 124 中的指令来操作发射机 112 和接收机 114。

[0029] 在一个实施例中, SU 104 能够使用 IEEE 802.16e 标准、3GPP/3GPP2 标准、或支持时分双工 (TDD) 或频分双工 (FDD) 的任何其它通信方案来无线地传送数据。如 TDD 通信方案提供的,在 BS 天线校准之后,上行链路 (UL) 和下行链路 (DL) 信道是对称的。

[0030] 图 2 示出了 TDD 频分多址 (FDMA) 方案的时序图。在使用 TDDOFDMA 方案的通信系统中,向通信单元分配单个频率上的时隙,以用于信号的传输和接收。

[0031] 如表 A 所示地,表示关于子载波 k 的在每个发射 BS 天线与每个 MS 天线之间的 RF 传播信道。

[0032] 表 A

[0033]

	BS Ant-0	BS ant-1	BS ant-2	B S ant-3
MS ant-0	H00[k]	H10[k]	H20[k]	H30[k]
MS ant-1	H01[k]	H 11[k]	H21[k]	H31[k]

[0034] 其中, H 是 RF 传播信道。

[0035] 图 3 的过程流程图示出了本发明的第一实施例。该过程在步骤 300 开始并直接移动到步骤 302,在步骤 302,BS 102 向 SU 104 发射数据信号,而 SU 104 在步骤 304 接收该数据信号。在 SU 104 通过向 BS 102 发射回数据信号来进行响应之前,BS 102 在步骤 306 发射包含导频信号的公共导频信号 (CPS)。如下所述,由 BS 102 发送的公共导频信号 (CPS) 包含子载波频率并由每个 BS 102 发射天线来发射。

[0036] 图 2 示出了在 DL、UL、UL 探测、与相关 DL 数据传输之间的关系。在图 2 的 TDD 图中,第一帧 202 中的 DL 控制信道为 SU 104 分配 UL 探测载波。SU 104 在随后的 UL 帧 204 中在分配的子载波上发射 UL 探测信号。如果存在处理延迟,在接下来的帧 206 或后面的几个帧中,BS 基于接收到的 UL 探测信号来形成 DL 波束。

[0037] 基本上,存在 DL 公共导频,即在导频信号上没有权重 (波束形成) 的 DL 导频信号。SU 基于来自每个 BS 天线的 DL 公共导频来计算 BS 天线权重。SU 发射承载上述计算的天线权重的 UL 探测信号。然后,BS 使用通过 UL 探测信号而传送的天线权重来形成 DL 波束以发射 DL 数据。在 UL 探测信号的常规使用中,不存在探测信号上承载的信息。也就是说,常规系统中的 UL 探测信号类似于基准信号。

[0038] 表 1

$$\begin{aligned}
 & \text{子载波 } i \quad \text{---} \quad S(i) = w_0 (H_{00}(i) + H_{10}(i) + H_{20}(i) + H_{30}(i))^H \\
 & \quad \quad \quad \vdots \\
 & \text{子载波 } i+D \quad \text{---} \quad S(i+D) = w_1 (H_{00}(i+D) + H_{10}(i+D) + H_{20}(i+D) + H_{30}(i+D))^H \\
 & \quad \quad \quad \vdots \\
 & \text{子载波 } i+2D \quad \text{---} \quad S(i+2D) = w_2 (H_{00}(i+2D) + H_{10}(i+2D) + H_{20}(i+2D) + H_{30}(i+2D))^H \\
 & \quad \quad \quad \vdots \\
 & \text{子载波 } i+3D \quad \text{---} \quad S(i+3D) = w_3 (H_{00}(i+3D) + H_{10}(i+3D) + H_{20}(i+3D) + H_{30}(i+3D))^H
 \end{aligned}$$

[0040] w_k 用于 BS 天线 k 的波束形成权重

[0041] D 抽取因数

[0042] 其中, 上标 ^H 表示复数的共轭。

[0043] 在 TDD 系统中, 为了标识独立天线之间的 DL RF 传播信道, 从每个移动站的发射天线发射 UL 子载波的子集。子载波 i 在发射天线 0 上, 子载波 i+D 在发射天线 1 上, 子载波 i+2D 在发射天线 2 上等等。抽取因数 (Decimation factor) 是分配给此移动站的相邻探测子载波之间的子载波的数目。

[0044] SU 104 由于信道传播和系统延迟而在短时间段后在步骤 308 接收 DL 公共导频信号 (CPS), 并处理该公共导频。然后, 在步骤 310, SU 104 以已知的方式估计信道参数并计算下行链路波束形成权重, 用于 BSAnt-0 的 w_0 、用于 BSAnt-1 的 w_1 、用于 BSAnt-2 的 w_2 、和用于 BSAnt-3 的 w_3 , 这些下行链路波束形成权重将被应用于 BS 天线。

[0045] 在估计信道参数之后, SU 104 在调制对应于在步骤 310 计算的天线权重的复值与对应于信道响应的响应的复值的和的共轭的乘积之后, 在步骤 312 如上所述在子载波 i 上发射 S(i)、在子载波 i+D 上发射 S(i+D)、在子载波 i+2D 上发射 S(i+2D)、并在子载波 i+3D 上发射 S(i+3D)。一个实施例中的调制包括: 将相应调制信号调制到 n 个上行链路子载波中的每个上行链路子载波上, 其中, 每个相应调制信号包括相应复值, 所述相应复值对应于 n 个下行链路发射天线加权因数中的一个相应下行链路发射天线加权因数。如上所述, 子载波的调制能够被表示为: 用对应于从远程发射机到接收机的至少一个相应下行链路数据流的第一天线权重来在 n 个上行链路子载波中的第一子载波上调制相应信号; 以及, 用对应于第 m 个天线权重的复值来调制 n 个子载波中的第 m 个, 所述第 m 个天线权重对应于从远程发射机到接收机的至少一个相应下行链路数据流, 其中, 每个上行链路子载波与每个其它上行链路子载波相隔抽取因数, 其中 $1 < m \leq n$ 。还将本发明的一些实施例的调制描述为: 对复值求和以产生第一和, 所述复值对应于在 n 个基站发射天线与能够进行发射的至少一个接收天线中的接收天线之间的用于第一子载波的相应 RF 传播信道; 计算第一和的共轭; 将第一下行链路天线权重与第一和的共轭相乘, 以产生相应调制信号; 以及调节 (scaling) 第一子载波的相应调制信号。一些实施例在将天线权重与信道响应的和的共轭相乘之前, 将对应于天线权重的复值量化。此传输在时间上是同时的, 并且仅从 SU 天线 SUAnt-0160 进行。另外, 可以在 S(i)、S(i+D)、S(i+2D) 和 S(i+3D) 上添加调节, 以降低发射信号的峰值平均值功率比。

[0046] 在步骤 316, BS 102 在每个接收天线处接收信号, 其在下表 2 中示出。

[0047] 表 2:

[0048]

子载波	BS ant-0 :R0	BS ant-1 :R1	BS ant-2 :R2	BS ant-3 :R3
i	$S(i)*H_{00}(i)$	$S(i)*H_{10}(i)$	$S(i)*H_{20}(i)$	$S(i)*H_{30}(i)$
i+D	$S(i+D)*H_{00}(i+D)$	$S(i+D)*H_{10}(i+D)$	$S(i+D)*H_{20}(i+D)$	$S(i+D)*H_{30}(i+D)$
i+2D	$S(i+2D)*H_{00}(i+2D)$	$S(i+2D)*H_{10}(i+2D)$	$S(i+2D)*H_{20}(i+2D)$	$S(i+2D)*H_{30}(i+2D)$
i+3D	$S(i+3D)*H_{00}(i+3D)$	$S(i+3D)*H_{10}(i+3D)$	$S(i+3D)*H_{20}(i+3D)$	$S(i+3D)*H_{30}(i+3D)$

[0049] 在表 2 中, R0 是在 BS ant-0 上的接收信号, R1 是在 BS ant-1 上的接收信号, R2 是在 BS ant-2 上的接收信号, R3 是在 BS ant-3 上的接收信号。

[0050] 根据用于 TDD 系统的本发明的一个实施例, 在步骤 318 将子载波 i 的在所有天线上接收到的所有信号加在一起, 并将接收到的信号表示为:

$$[0051] \quad r(i) = R_0(i) + R_1(i) + R_2(i) + R_3(i)$$

$$[0052] \quad = S(i) (H_{00}(i) + H_{10}(i) + H_{20}(i) + H_{30}(i))$$

[0053] 接下来, 在步骤 320, 将由 SU 104 所发射的如表 1 所定义的 s(i) 的值插入公式中以求解经编码的权重值而产生:

$$[0054] \quad r(i) = w_0 |H_{00}(i) + H_{10}(i) + H_{20}(i) + H_{30}(i)|^2$$

[0055] 在步骤 322, 将子载波 i+D 的在所有天线上接收到的所有信号加在一起, 并将接收到的信号表示为:

$$[0056] \quad r(i+D) = R_0(i+D) + R_1(i+D) + R_2(i+D) + R_3(i+D)$$

$$[0057] \quad = S(i+D) (H_{00}(i+D) + H_{10}(i+D) + H_{20}(i+D) + H_{30}(i+D))$$

$$[0058] \quad = w_1 |H_{00}(i+D) + H_{10}(i+D) + H_{20}(i+D) + H_{30}(i+D)|^2$$

[0059] 在步骤 324 和 326, 分别将子载波 i+2D 和 i+3D 的在所有天线上接收到的所有信号加在一起。总之,

$$[0060] \quad r(i+kD) = R_0(i+kD) + R_1(i+kD) + R_2(i+kD) + R_3(i+kD)$$

$$[0061] \quad = S(i+kD) (H_{00}(i+kD) + H_{10}(i+kD) + H_{20}(i+kD) + H_{30}(i+kD))$$

$$[0062] \quad = w_k |H_{00}(i+kD) + H_{10}(i+kD) + H_{20}(i+kD) + H_{30}(i+kD)|^2$$

[0063] 其中, $k = 0, 1, 2, 3$ 。

[0064] 从接收到的信号 $r(i+kD)$, 根据以下公式在步骤 328 中导出波束形成权重 w_k 的相位:

[0065]

$$\text{相位}(w_k) = \text{Atan} \left(\frac{\text{Im}(r(i+kD))}{\text{Re}(r(i+kD))} \right)$$

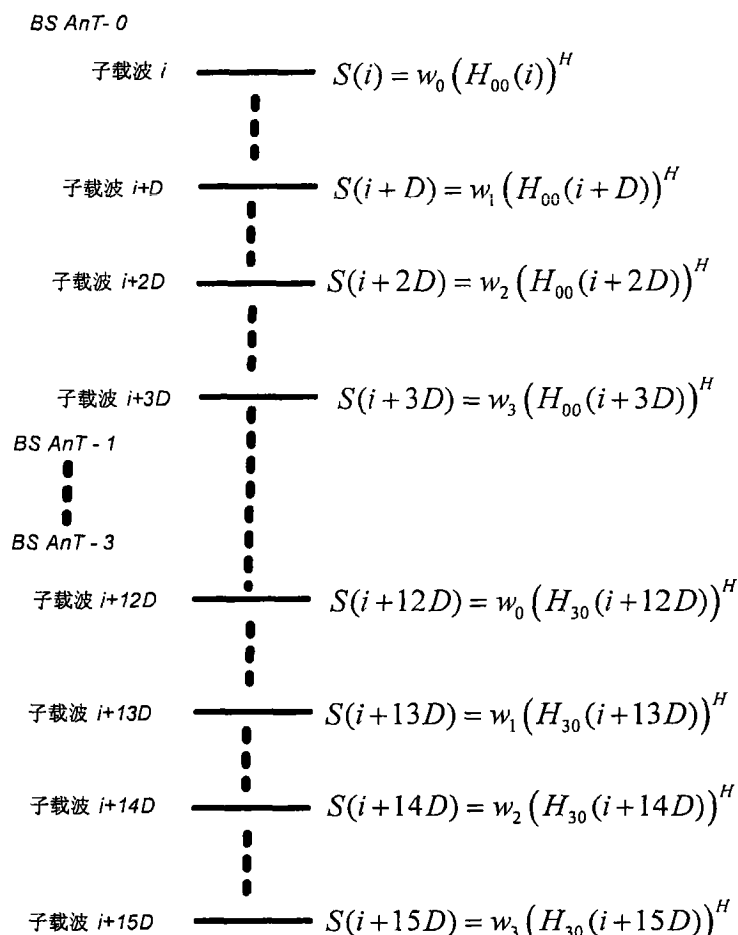
[0066] 其中 $\text{Atan}()$ 是反正切函数, $\text{Im}()$ 是复数的虚数部分, 并且 $\text{Re}()$ 是复数的实数部分。

[0067] 然后, 在步骤 330, 通过利用用于发射天线 BSAnt-0 至 BSAnt-3 中的每一个的导出权重 w_k , 在 BS 102 在“等增益波束形成”(即波束形成权重的幅度恒定且波束形成权重的相位来自上式)中使用导出的相位值, 用于向 SU 104 发射数据。过程在步骤 332 结束。

[0068] 在本发明的另一实施例中,对于 TDD 系统,如图 4 的过程流程图所示,SU 104 再次估计信道参数,并计算下行链路波束形成权重,用于 BS ant-0 的 w_0 、用于 BS ant-1 的 w_1 、用于 BS ant-2 的 w_2 、和用于 BS ant-3 的 w_3 ,正如在图 3 的步骤 302 中所做的一样。

[0069] 在第二步骤 404 中, SU 104 发射包含 16 个探测码元子载波的 UL 信号。由 BS 天线四个一组地接收和处理这些子载波。例如,BS 天线 0 接收子载波 i 、 $i+D$ 、 $i+2D$ 、和 $i+3D$,BS 天线 1 接收子载波 $i+4D$ 、 $i+5D$ 、 $i+6D$ 和 $i+7D$ 等等。

[0070]



[0071] w_k 用于 BS 天线 k 的波束成形权重

[0072] D 抽取因数

[0073] 在 BS 102 处,在步骤 406 中,将在子载波 i 在 BSAnt-0 上、在子载波 $i+4D$ 在 BSAnt-1 上、在子载波 $i+8D$ 在 BSAnt-2 上、以及在子载波 $i+12D$ 在 BSAnt-3 上接收到的信号相加,结果产生的组合信号是:

$$[0074] \quad r_0 = R_0(i) + R_1(i+4D) + R_2(i+8D) + R_3(i+12D)$$

$$[0075] \quad = S(i)H_{00}(i) + S(i+4D)H_{10}(i) + S(i+8D)H_{20}(i) + S(i+12D)H_{30}(i)$$

[0076] 接下来,在步骤 408,将来自上述子载波图的 $S(i)$ 、 $S(i+4D)$ 、 $S(i+8D)$ 、和 $S(i+12D)$ 插入 r_0 的公式,产生以下结果:

$$[0077] \quad r_0 = w_0(|H_{00}(i)|^2 + |H_{10}(i+4D)|^2 + |H_{20}(i+8D)|^2 + |H_{30}(i+12D)|^2)$$

[0078] 然后,在步骤 410 中,将在子载波 $i+kD$ 在 BSAnt-0 上接收到的信号、在子载波 $i+(4+k)D$ 在 BSAnt-1 上接收到的信号、在子载波 $i+(8+k)D$ 在 BSAnt-2 上接收到的信号、以及在子载波 $i+(12+k)D$ 在 BSAnt-3 上接收到的信号类似地组合以形成接收信号 r_k 。

[0079] $r_k = w_k (|H_{00}(i+kD)|^2 + |H_{10}(i+(4+k)D)|^2 + |H_{20}(i+(8+k)D)|^2 + |H_{30}(i+(12+k)D)|^2)$

[0080] 在步骤 412 中从 r_k 检测 w_k 的相位。

[0081]

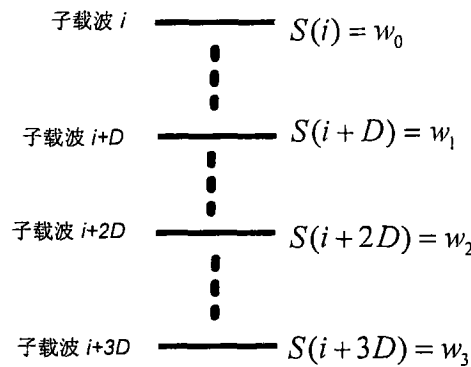
$$\text{相位}(w_k) = \text{Atan}\left(\frac{\text{Im}(r_k)}{\text{Re}(r_k)}\right)$$

[0082] 其中, $\text{Atan}()$ 是反正切函数, $\text{Im}()$ 是复数的虚数部分, $\text{Re}()$ 是复数的实数部分。过程在步骤 414 结束。

[0083] 在用于 FDD 和 TDD 系统两者的本发明的另一实施例中, SU 104 再次估计信道参数, 并计算下行链路波束形成权重, 用于 BS ant-0 的 w_0 、用于 BS ant-1 的 w_1 、用于 BS ant-2 的 w_2 和用于 BS ant-3 的 w_3 , 正如在图 3 的步骤 302 中所做的一样。

[0084] 在第二步骤中, 如在图 3 的步骤 312 中一样, SU 在 UL 探测子载波上发射天线权重。

[0085]



[0086] w_k 用于 BS 天线 k 的波束形成权重

[0087] D 抽取因数

[0088] 在接收到 UL 探测信号之后, BS 接收机首先使用在 UL 探测信道 (上图中未示出) 上发射的基准信号或使用用已知技术进行的其它 UL 数据传输来估计 UL 信道特性。然后, BS 接收机根据下式来确定 DL 波束形成天线权重因数:

[0089]

$$\hat{w}_k = \frac{(R_0(i+kD)\hat{H}_{00}(i+kD)^H + R_1(i+kD)\hat{H}_{10}(i+kD)^H + R_2(i+kD)\hat{H}_{20}(i+kD)^H + R_3(i+kD)\hat{H}_{30}(i+kD)^H)}{(|\hat{H}_{00}(i+kD)|^2 + |\hat{H}_{10}(i+kD)|^2 + |\hat{H}_{20}(i+kD)|^2 + |\hat{H}_{30}(i+kD)|^2)}$$

[0090] 其中, $R_0(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 在 BSAnt-0 上的接收机信号, $R_1(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 在 BSAnt-1 上的接收机信号, $R_2(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 在 BSAnt-2 上的接收机信号, $R_3(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 在 BSAnt-3 上的接收机信号。 $\hat{H}_{00}(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 的从 MSAnt-0 到 BSAnt-0 的估计 UL 信道, $\hat{H}_{10}(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 的从 MSAnt-0 到 BSAnt-1 的估计 UL 信道, $\hat{H}_{20}(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 的从 MSAnt-0 到 BSAnt-2 的估计 UL 信道, $\hat{H}_{30}(i+kD)$ 是在子载波 $i+kD$ 的从 MSAnt-0 到 BSAnt-3 的估计 UL 信道。

[0091] 然后, 在步骤 330, 在 BS 102 处在下行链路波束形成中, 通过利用用于发射天线 BSAnt-0 至 BSAnt-3 中的每一个的导出权重 $\hat{w}_k$, 而使用导出的加权因数向 SU 104 发射数据。过程在步骤 332 结束。

[0092] 这三个实施例用于单个数据流传输, 即存在从一个 BS 到一个移动站被波束形成

的单个数据流。可以将类似的方法扩展至多个数据流。在这种情况下,同时存在从一个 BS 到一个 SU 或从一个 BS 到多个 SU 的多个数据流。每个数据流具有波束形成权重的不同集合。在这种情况下,SU 104 计算波束形成权重的这些集合并将权重反馈给 BS。

[0093] 示例性基站控制器

[0094] 图 5 是示出了根据本发明的实施例、诸如图 1 的 BS 控制器 118 的 BS 控制器 500 的详细视图的框图。在一个实施例中,BS 控制器 500 存在于 BS 102 内部。在其它实施例中,BS 控制器 500 存在于 BS 102 外部并且可通信地耦合到 BS 102。BS 控制器 500 包括可通信地连接到主存储器 506(例如易失性存储器)的处理器 504、非易失性存储器 512、以及用来提供与网络 100 的接口的网络适配器硬件 516。BS 处理器 504 充当权重提取处理器,并且通过将上行链路子载波上的信号解调,来提取多个下行链路传输天线权重,所述多个下行链路传输天线权重包括被调制到每个相应上行链路子载波上的相应复值中的每一个。

[0095] 本发明的实施例可以适合于用包括当前模拟和/或数字技术或经由未来联网机制的任何数据通信连接进行工作。BS 500 还包括人机接口(“MMI”)514。在一个实施例中,MMI 514 用来将一个或多个诊断设备 528 直接连接到 BS 控制器 500。系统总线 518 将这些系统组件互连。

[0096] 如上所述,BS 控制器 500 耦合到探测发射机 502,以控制探测信号到远程 SU 设备的传输。如上所述,BS 控制器 500 还耦合到 Tx/Rx 加权单元 150 并控制被应用于每个发射和接收天线的发射(Tx)天线权重和接收(Rx)天线权重。

[0097] 通过前述说明,应理解的是,在本发明的一个实施例中,只存在一个从 BS 发射到 SU 的下行链路数据流。然而,在其它实施例中,同时存在从一个 BS 发射到一个 SU(称为单用户 MIMO 波束形成,MIMO 被定义为在基站和 SU 处包括多个发射/接收天线的多输入多输出)或从一个 BS 发射到多个 SU(称为多用户 MIMO 波束形成)的一个以上的数据流。对于每个数据流,存在基站天线权重的集合。因此,如果每个 SU 存在两个下行链路数据流,则需要反馈 8 个权重因数。前 4 个权重对应于数据流 1,后 4 个权重对应于数据流 2。

[0098] 虽然在全功能计算机系统的背景下描述了本发明的示例性实施例,但本领域的技术人员应认识到,所述实施例能够作为程序产品而经由软盘、例如软盘、CD ROM、或其它形式的可记录介质或经由任何类型的电子传输机制被分发。

[0099] 非限制性示例

[0100] 虽然已公开了本发明的特定实施例,但本领域的技术人员应认识到,在不脱离本发明的精神和范围的情况下,可以对所述特定实施例进行变化。因此,本发明的范围不局限于所述特定实施例,而是随附权利要求书旨在涵盖本发明范围内的任何和所有此类应用、修改、以及实施例。

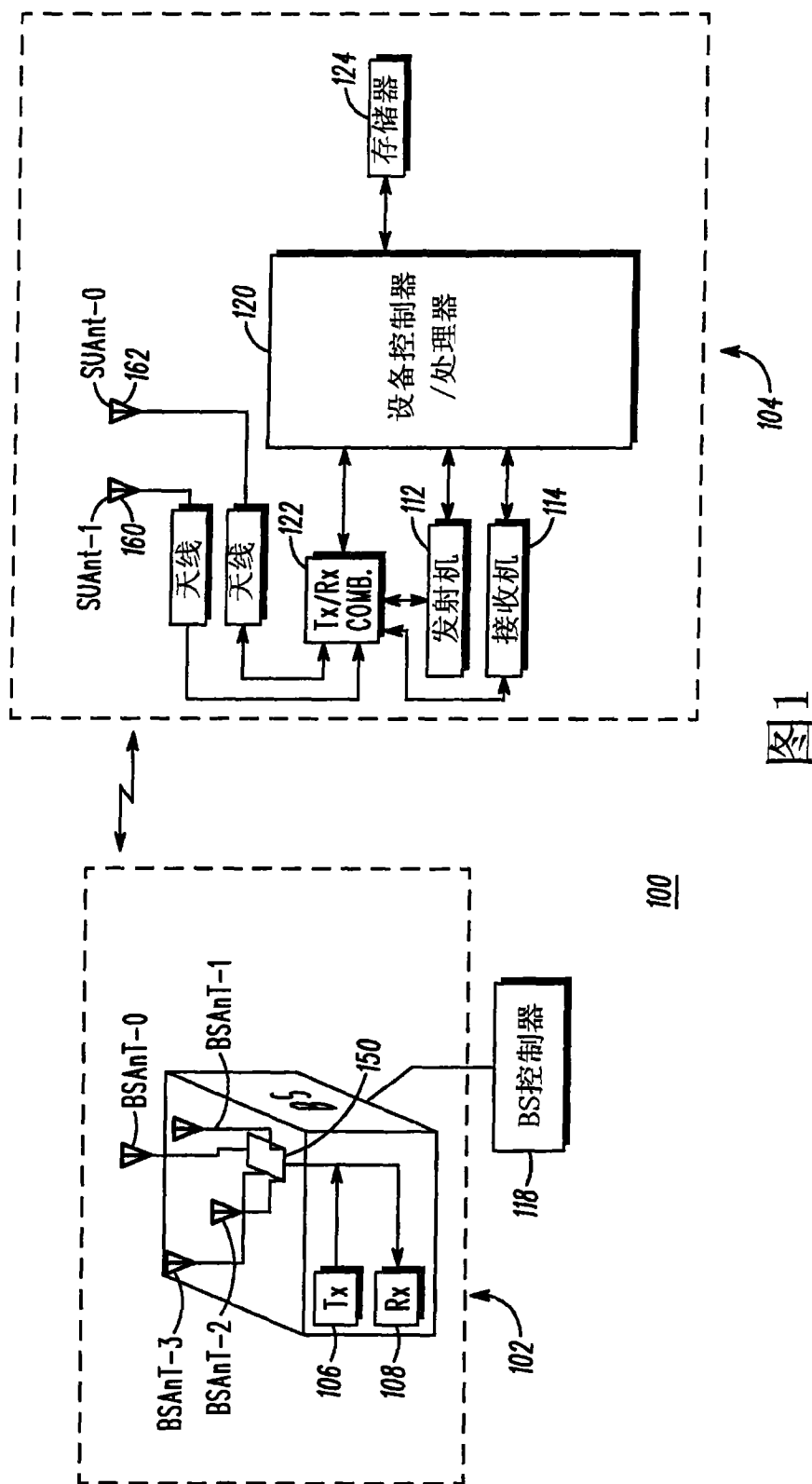


图1

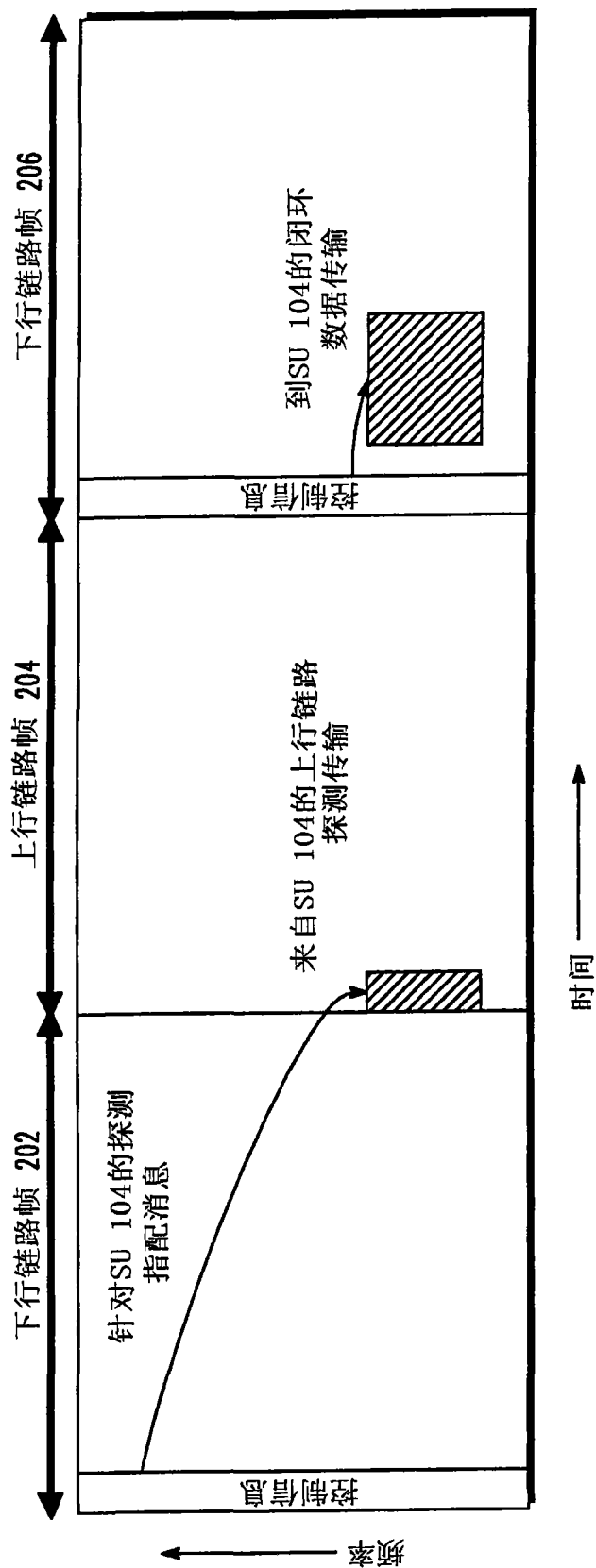
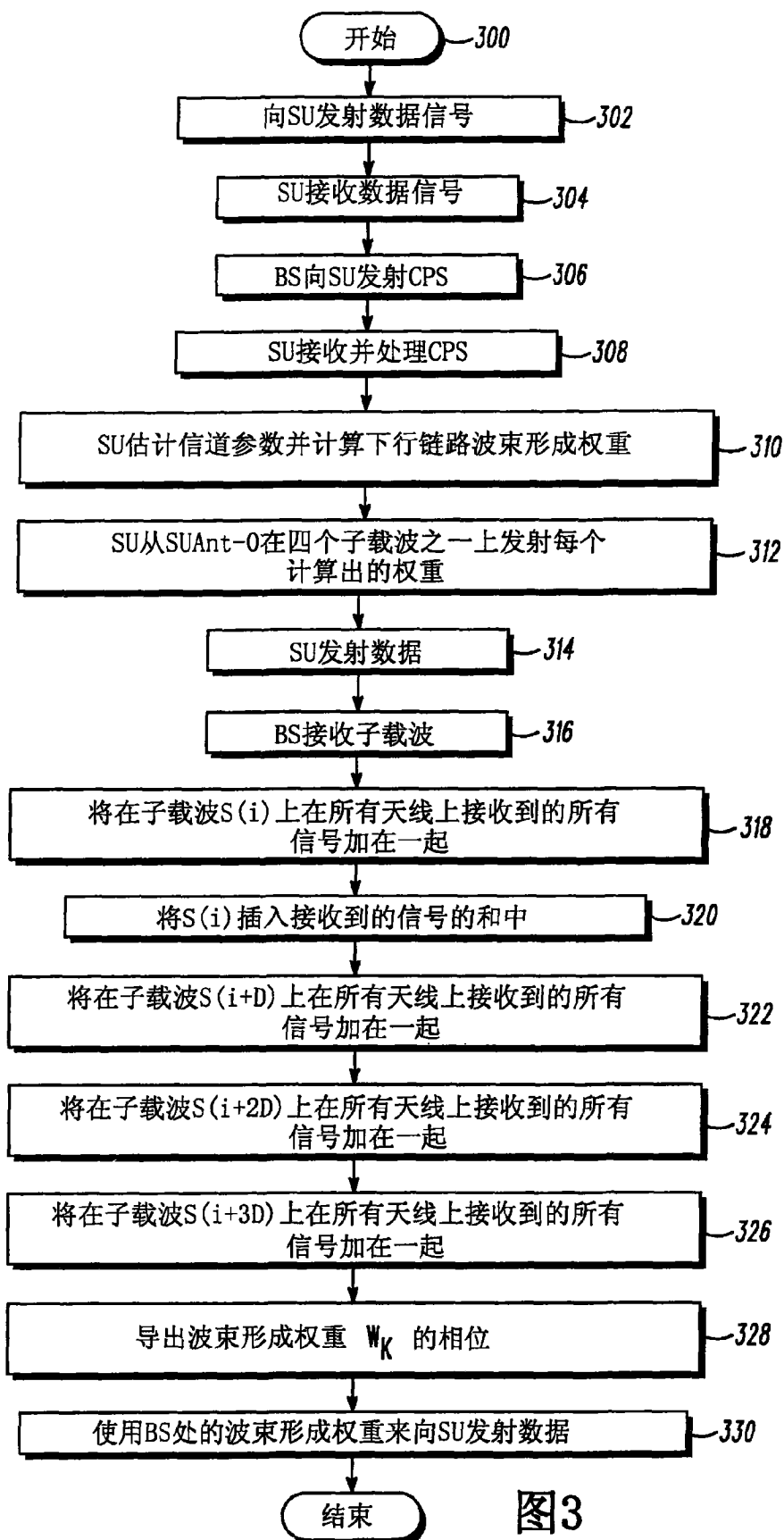


图2



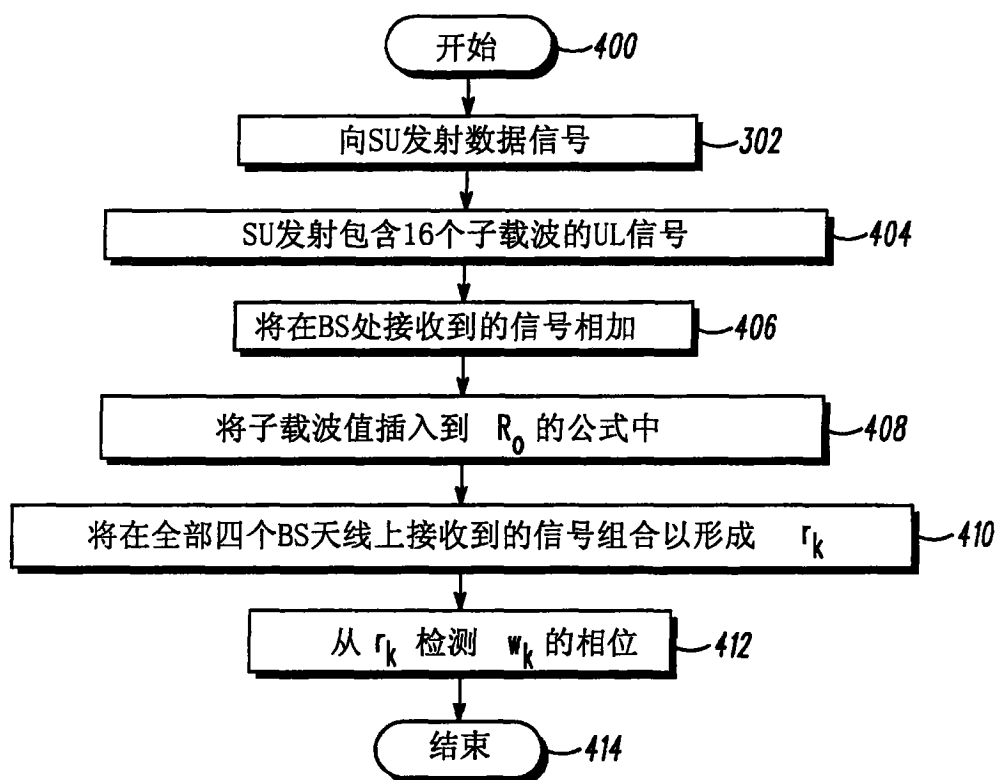


图 4

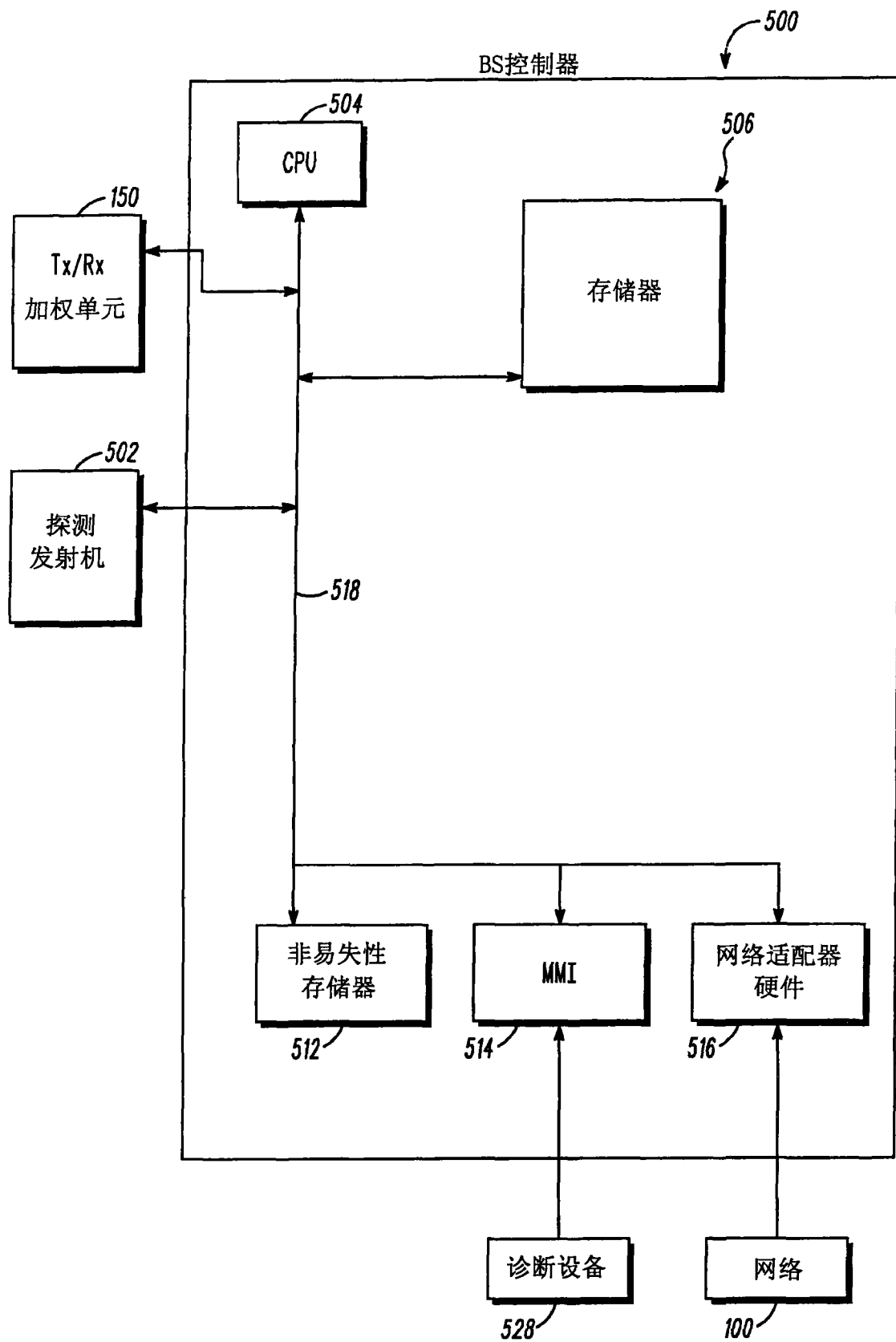


图 5

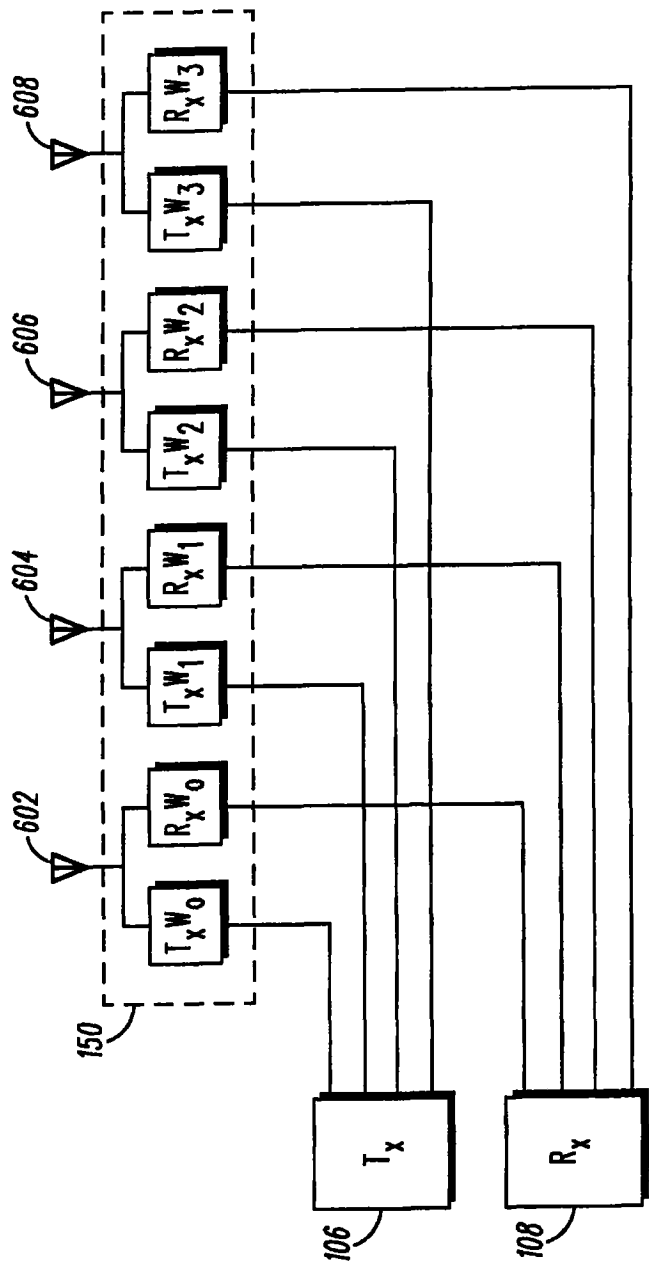


图6