



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 00108079.2

[43] 授权公告日 2003 年 4 月 30 日

[11] 授权公告号 CN 1107424C

[22] 申请日 2000.6.12 [21] 申请号 00108079.2

[71] 专利权人 信息产业部电信科学技术研究院

地址 100083 北京市学院路 40 号

[72] 发明人 李世鹤 李 军 李 峰

[56] 参考文献

CN1237808A 1999.12.08 H01Q21/00

CN1242621A 2000.01.26 H01Q3/24、H01Q21/06

US5274844 1993.12.28 H04B07/14

US6005854 1999.12.21 H04J13/00

WO99/57820A1 1999.11.11 H04B7/04、H01Q3/26

审查员 江 红

[74] 专利代理机构 北京德琦专利代理有限公司

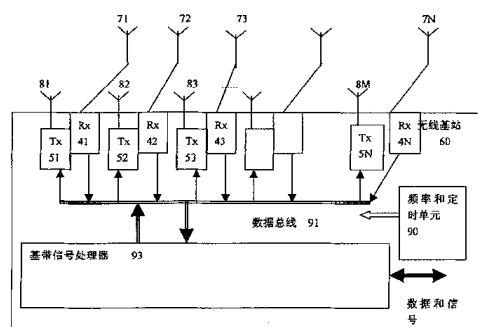
代理人 王丽琴

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称 在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法与装置

[57] 摘要

本发明涉及一种在频分双工码分多址移动通信系统中使用智能天线的方法和装置，用于解决因上、下行链路电波传输不对称对使用智能天线的限制。无线基站中设有分别用于射频发射与接收的智能天线阵、相应的射频发信机与接收机和公用的基带信号处理器。本发明的方法是利用从接收信号中获得的信号到达方向估值来确定主径方向；在下行波束赋形中，是根据该主径方向来合成一个预期获得的发射波束形状。使系统也能获得智能天线的优势，改善小区覆盖、增加容量和降低成本。



1. 一种在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于包括：

A.下行射频发射与上行射频接收分别使用各自独立的智能天线阵、馈电电缆及射频接收、发信机，并公用基带信号处理器；

5 B.从上行接收信号中获得信号到达方向估值，确定来自主传播路径的方向，包括：由 N 个接收信号预处理器对来自接收天线阵及接收机的 N 路数字信号进行解调和扩频；由接收波束成形器分别对每路数字信号进行到达方向估值和对各路信号进行算法合并，完成接收波束赋形，并将到达方向估值送下行发射链路；经合并后的各路信号再在后端处理器中复原为接收数字信号输出；

10 C.根据此主传播路径的方向来合成一个预期获得的下行发射波束形状，包括：由基本数字信号处理器对等待发射的每一路数字信号作包括信道编码、交织、扩频调制、射频调制的基本处理后，送至发射波束赋形器；发射波束赋形器参照来自接收波束成形器的到达方向估值对每路数字信号进行发射天线波束赋形；对每一发射链路，分别在数字合路器中完成数字合路，形成 M 路数字信号送至各对应的发信机及发射天线阵。

15 2. 根据权利要求 1 所述的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于：所述的步骤 A 中，是由射频接收机通过模拟至数字变换和由射频发信机通过数字至模拟变换，再经高速数据总线与公用的基带信号处理器进行数字信号传输的。

3. 根据权利要求 1 所述的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于：所述步骤 B 中，从上行接收信号中获得信号到达方向估值是在基站内公用基带
20 信号处理器的上行基带信号处理器中完成的；所述步骤 C 中，确定来自主传播路径的方向的过程，是在基站内公用基带信号处理器的下行基带信号处理器中完成的。

4. 根据权利要求 1 所述的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于：所述步骤 C 中的由发射波束赋形器参照来自接收波束成形器的到达方向估值，对每路数字信号进行发射天线波束赋形，是对等待发送至每路发射天线的数据加上一个发
25 射波束赋形所需的幅度和相位值。

5. 根据权利要求 1 所述的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于：所述的下行射频发射的智能天线阵与上行射频接收的智能天线阵是一组或多组。

6. 根据权利要求 1 所述的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于：所述的下行发射波束形状是一种尖波束。

7. 根据权利要求 1 所述的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于：所述的下行发射波束形状的合成方法是由发射智能天线阵的几何结构决定的。

8. 一种在频分双工无线通信系统中使用智能天线的装置，其特征在于：
包括由接收天线阵与发射天线阵组成的天线馈线系统、与接收天线阵连接的射频接收机、与发射天线阵连接的射频发信机和公用的基带信号处理器；射频接收机及射频发信机通过数据总线与公用的基带信号处理器连接，射频接收机及射频发信机共用一频率和定时单元；

所述的基带信号处理器由上行基带信号处理器和下行基带信号处理器组成，上行基带信号处理器在上行波束赋形中将来波主径的到达方向估值送下行基带信号处理器，作为下行波束赋形的依据；

所述的上行基带信号处理器包括有对来自接收天线阵及接收机的 N 路数字信号进行解调与解扩频的 N 个接收信号预处理器，分别对来自 N 个接收信号预处理器的每一路数字信号进行到达方向估值及对 N 路数字信号进行算法合并的接收波束成形器，和将合并后的信号复原为接收数字信号输出的后端处理器；所述的下行基带信号处理器包括对待发射的每一路数字信号进行基本处理的基本数字信号处理器，参照来自接收波束成形器获得的到达方向估值对经基本数字信号处理器输出的每路数字信号进行发射天线波束赋形的发射波束赋形器，和对每一发射链路完成数字合路，形成 M 路数字信号送至 M 个发信机及 M 只发射天线阵的数字合路器。

9. 根据权利要求 8 所述的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的装置，其特征在于：所述的接收天线阵包括 N 只接收天线单元，分别通过馈电电缆与 N 只射频接收

机对应连接；所述的发射天线阵包括 M 只发射天线单元，分别通过馈电电缆与 M 只射频发信机对应连接， N 、 M 均为任意正整数。

在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法与装置

技术领域

本发明涉及一种码分多址蜂窝移动通信系统，更确切地说是涉及一种使用智能天线
5 技术的频分双工码分多址蜂窝移动通信系统。

背景技术

智能天线（Smart Antenna）是现代无线通信领域中的一项最重要的技术，特别是在
当前主流的码分多址(CDMA)蜂窝移动通信系统中，当使用了智能天线技术后，将带来
诸多好处，如可大大增加系统容量、增加无线基站的覆盖范围、降低系统成本、提高系
10 统性能等等，故智能天线技术已经成了全世界关注的一项重要技术。

目前，智能天线技术还主要使用于时分双工（TDD）码分多址的无线通信系统中，
包括蜂窝移动通信系统、无线用户环路及无线本地网等等。究其主要原因是在时分双工
系统中，发射与接收是使用相同的频率，上行（接收）、下行（发射）电波传播特性是
相同的，所使用的智能天线系统，就可以将从上行链路获得的接收信号的波束赋形参数
15 再完全使用于下行波束赋形，从而充分发挥了智能天线的优势。

但在蜂窝移动通信系统中，目前使用最多的仍是频分双工（FDD）的无线通信系统，
其上、下行使用不同的载波频率，其上、下电波传播特性是完全不同的。其结果是，受
电磁理论基本原理的制约，给在频分双工移动通信系统中使用智能天线技术造成了障
碍。

20 对在频分双工移动通信系统中使用智能天线技术的进一步的分析是：如果在频分双
工无线通信系统的无线基站中使用智能天线技术，由于接收和发射是采用不同频段同时
工作的，故针对接收和发射可分别使用一组或多组智能天线阵（列）。其接收链路智能
天线的工作方法和原理可完全参考时分双工无线通信系统中所采用的智能天线技术，如
中国专利 ZL 97 1 04039.7 “具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统”；然

而其发射链路中下行波束赋形则不能简单地使用从接收链路获得的、对各天线单元的波束赋形参数来进行，这是由频分双工无线通信系统中上、下行链路电波传播特性不对称的性能所决定的。

发明内容

- 5 本发明的目的是设计一种在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法与装置，以克服在频分双工码分多址移动通信系统中因上、下行电波传播不对称问题对使用智能天线技术所造成的障碍，从而能实现一种使用智能天线的频分双工码分多址蜂窝移动通信系统。

- 本发明的目的是这样实现的：一种在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法，其特征在于包括：
- 10 法，其特征在于包括：

 A.下行射频发射与上行射频接收分别使用各自独立的智能天线阵、馈电电缆及射频接收、发信机，并公用基带信号处理器；

 B.从上行接收信号中获得信号到达方向估值，确定来自主传播路径的方向；

 C.根据此主传播路径的方向来合成一个预期获得的下行发射波束形状。

- 15 所述的从上行接收信号中获得信号到达方向估值，确定来自主传播路径的方向，进一步包括以下步骤：由 N 个接收信号预处理器对来自接收天线阵及接收机的 N 路数字信号进行解调和解扩频；由接收波束成形器分别对每路数字信号进行到达方向估值和对各路信号进行算法合并，完成接收波束赋形，并将到达方向估值送下行发射链路；经合并后的各路信号再在后端处理器中复原为接收数字信号输出。

- 20 所述的从上行接收信号中获得信号到达方向估值，确定来自主传播路径的方向的过程，是在基站内的公用基带信号处理器中完成的。

- 所述的根据主传播路径的方向来合成一个预期获得的下行发射波束形状，进一步包括以下步骤：由基本数字信号处理器对等待发射的每一路数字信号作包括信道编码、交织、扩频调制、射频调制的基本处理后，送至发射波束赋形器；发射波束赋形器参照来自接收波束成形器的到达方向估值对每路数字信号进行发射天线波束赋形；对每一发射
- 25 自接收波束成形器的到达方向估值对每路数字信号进行发射天线波束赋形；对每一发射

链路，分别在数字合路器中完成数字合路，形成 M 路数字信号送至各对应的发信机及发射天线阵。

所述的由发射波束赋形器参照来自接收波束成形器的到达方向估值，对每路数字信号进行发射天线波束赋形，是对等待发送至每路发射天线的数字信号加上一个发射波束赋形所需的幅度和相位值。

所述的根据主传播路径的方向来合成一个预期获得的下行发射波束形状，是在基站内的公用基带信号处理器中完成的。

是由射频接收机通过模拟至数字变换和由射频发信机通过数字至模拟变换，再经高速数据总线与公用的基带信号处理器进行数字信号传输的。

10 所述的下行射频发射的智能天线阵与上行射频接收的智能天线阵是一组或多组。
所述的下行发射波束形状是一种尖波束。

所述的下行发射波束形状的合成方法是由发射智能天线阵的几何结构决定的。

本发明的一种在频分双工无线通信系统中使用智能天线的装置，其特征在于：包括由接收天线阵与发射天线阵组成的天线馈线系统、与接收天线阵连接的射频接收机、与
15 发射天线阵连接的射频发信机和公用的基带信号处理器；射频接收机及射频发信机通过数据总线与公用的基带信号处理器连接，射频接收机及射频发信机共用一频率和定时单元。

所述的接收天线阵包括 N 只接收天线单元，分别通过馈电电缆与 N 只射频接收机对应连接；所述的发射天线阵包括 M 只发射天线单元，分别通过馈电电缆与 M 只射频
20 发信机对应连接， N 、 M 均为任意正整数。

所述的基带信号处理器由上行基带信号处理器和下行基带信号处理器组成，上行基带信号处理器在上行波束赋形中将来波主径的到达方向估值送下行基带信号处理器，作为下行波束赋形的依据。

所述的上行基带信号处理器包括有对来自接收天线阵及接收机的 N 路数字信号进行解调与解扩频的 N 个接收信号预处理器，分别对来自 N 个接收信号预处理器的每一
25

路数字信号进行到达方向估值及对 N 路数字信号进行算法合并的接收波束成形器, 和将合并后的信号复原为接收数字信号输出的后端处理器; 所述的下行基带信号处理器包括对待发射的每一路数字信号进行基本处理的基本数字信号处理器, 参照来自接收波束成形器获得的到达方向估值对经基本数字信号处理器输出的每路数字信号进行发射天线波束赋形的发射波束赋形器, 和对每一发射链路完成数字合路, 形成 M 路数字信号送至 M 个发信机及 M 只发射天线阵的数字合路器。

本发明的在频分双工无线通信系统中使用智能天线的方法与装置, 利用从接收信号中获得的信号到达方向(DOA)估值, 确定来自主传播路径(简称主径)的方向, 对下行波束赋形则是根据此主径方向来合成一个预期获得的发射波束形状, 如一个尖波束(pencil beam), 其下行波束的合成方法在天线阵理论中已很成熟, 是由发射天线阵的几何结构确定的。

根据本发明的方法, 在频分双工无线通信系统中, 无线基站可以在上行链路中完全获得智能天线的功能和特性, 而对其下行链路, 也同样实现了包括减少干扰、增加等效发射功率在内的智能天线的主要功能。

本发明对上行链路, 可以使用任何一种智能天线的信号合成算法, 充分发挥智能天线的优势; 对下行链路, 特别是在移动环境下, 可以基本上获得智能天线的优势, 而且, 下行波束赋形和用户终端位置的关系并不严格, 在高速移动的环境中使用将更为有利。本发明的方法与基站装置基本上解决了因上、下行链路电波传输不对称对使用智能天线技术的限制, 在改善小区覆盖的同时, 可大大增加系统容量并降低成本。

将本发明的频分双工无线通信系统中的智能天线与时分双工无线通信系统中的智能天线比较, 虽然在频分双工无线通信系统的下行波束赋形时, 不可能对多径传播信号进行合成, 失去了利用时延在一个码片宽度内的多径信号合成的优点, 但是, 也正是由于其下行波束合成中未考虑此多径信号的合成, 从而使下行波束赋形对相位(时间)不敏感, 非常适于高速移动的终端, 解决了在高速移动环境下使用智能天线技术的另一个问题。

试验表明,在频分双工无线通信系统的无线基站中,通过利用本发明的方法与装置在基站中使用智能天线系统,可具有改善小区覆盖、增加系统容量、降低系统成本及支持高速移动环境等有益效果。

附图说明

5 图 1 是具有智能天线的时分双工无线通信系统的基站结构示意图;

图 2 是具有智能天线的频分双工无线通信系统的基站结构示意图;

图 3 是在频分双工无线通信系统中使用智能天线时,其基站中基带信号处理器的结构及其信号处理框图;

图 4 是采用本发明的频分双工智能天线系统的波束赋形应用示意图,包括图 4A、
10 图 4B 及图 4C。

具体实施方式

下面结合实施例及附图一步说明本发明的技术。

本发明的技术是一种在频分双工无线通信系统中使用智能天线技术的方法和装置,实施例以频分双工的码分多址蜂窝移动通信系统(如 IMT-2000 中的 CDMA FDD 系统)为
15 例,较详细地说明其技术方案及其由本发明的方法所带来的技术优势。

参见图 1,图中描述了时分双工无线通信系统中一个具有智能天线的无线基站结构,此基站工作于 CDMA TDD 方式,其天线馈线系统由组成天线阵(列)的 N 只天线单元 11、12、13、...、1N 及其与之相关联的馈电电缆组成,即由 N 只天线馈线单元组成。N 只天线馈线单元分别对应连接 N 只射频收发信机 21、22、23、...、2N。这些射
20 频收发信机共用一个本振源 30(频率与定时单元),即 N 只射频收发信机是相干工作的。

每只射频收发信机所接收的信号通过内部的模数转换器(ADC)转换为数字取样信号,然后送至高速数据总线 31;在此数据总线 31 上的待发射的数字信号则送入射频收发信机,经其内部的数模转换器(DAC)转换为模拟信号,然后通过天线馈线单元发射出去。

所有基带数字信号的处理均在基带信号处理器 33 中完成，其基带数字信号处理的方法可以参考相关专利(如中国专利 ZL 97 1 04039.7)。在基带信号处理器 33 的硬件平台上，使用当前先进的数字信号处理 (DSP) 技术，可实现信号的调制与解调、接收与发射波束赋形等功能，可克服多址、多径等干扰，提高接收信噪比和灵敏度，增加等效各向同性发射功率 (EIRP)。该时分双工无线通信系统中的具有智能天线的无线基站，其一套天线馈线系统同时用于发射及接收 (TR_x)。

以上对图 1 所示结构的描述也是现代智能天线的基本原理和概念。

参见图 2，图中示出本发明的在频分双工无线通信系统中具有智能天线的无线基站 60 的结构。此基站工作于 CDMA FDD 方式，其天线馈线系统包括两个天线阵 (列)：接收天线阵与发射天线阵。其中的接收天线阵 (上行链路) 包括 N 只接收天线单元 71、72、73、...、7N 及其与之相关联的馈电电缆，即由 N 只接收天线馈线单元组成，N 只接收天线馈线单元分别对应连接 N 只射频接收机 (R_x) 41、42、43、...、4N。其中的发射天线阵 (下行链路) 包括 M 只发射天线单元 81、82、83、...、8M 及其与之相关联的馈电电缆，即由 M 只发射天线馈线单元组成，M 只发射天线馈线单元分别对应连接 M 只射频发信机 (T_x) 51、52、53、...、5M。这些射频接收机、发信机共用一个本振源 90(频率与定时单元)，即 N、M 只射频接收、发信机是相干工作的。

对上行链路，每只射频接收机 (R_x) 所接收的信号通过自身内部的模数转换器 (ADC) 转换为数字取样信号，然后送至高速数据总线 91。在无线基站 60 中，此来自各射频接收链路的数字信号将在基带信号处理器 93 中完成基带数字信号处理，包括解调、解扩频、克服各种干扰、获得来波到达方向(DOA)估值和接收波束赋形等。其信号处理的方法与时分双工无线通信系统中智能天线的波束赋形方法相同，可以参考本申请人的包括中国专利 ZL 97 1 04039.7 “具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统”在内的在先申请的相关专利技术，在此不再赘述。

对下行链路，待发射的数字信号先在基带信号处理器 93 中进行基本的数字信号处理，包括信道分接、信道编码、交织、I/Q 分离、调制、扩频等，然后进行下行波束赋

形。其下行波束赋形的依据是来自于上行基带数字信号处理中获得的来波到达方向(DOA)估值, 而下行波束赋形的具体方法可以使用天线阵理论中熟知的算法。在下行波束赋形过程中, 对准备送至每个发射链路中的数字信号加上一个波束赋形所需要的相位和幅度(该相位和幅度可以由多种算法获得, 且其算法在本技术领域是技术人员熟知熟用的, 故不在此赘述)。然后, 通过多码道信号的数字合成, 组成对每个发射链路的总的待发射的数字信号。该待发射的数字信号通过高速数字总线 91, 分别送入各射频发射机(T_X), 经其内部的数模转换器(DAC)转换为模拟信号, 最后由各发射天线单元发射出去。

在图 2 所示的本发明的装置上, 使用本发明的上、下行波束赋形方法, 从而实现了在频分双工无线通信系统的无线基站中实现智能天线的目的。

参见图 3, 图中所示是以频分双工 CDMA 无线通信系统为例, 详细描述基带信号处理器的结构及其在基带信号处理器(如图 2 中的 93)内的信号处理流程。

在上行基带信号处理器中, 来自接收天线阵及接收机的 N 路数字信号 101、102、...、10N 首先对应进入 N 个接收信号预处理器 111、112、...、11N, 进行解调和解扩频; 然后进入接收波束成形器 150, 分别对来自每个用户终端的信号(各路数字信号)进行到达方向(DOA)估值及对来自各接收天线的信号按一定的算法进行合并, 即进行接收波束赋形; 来自各用户终端的经合并后的信号再在后端处理器 155 中复原为接收数字信号输出。

在下行基带信号处理器中, 待发射的每一路数字信号, 经基本数字信号处理器 145 作基本处理后, 送至发射波束赋形器 140; 发射波束赋形器 140 将对每路数字信号, 参照来自接收波束成形器 150 的 DOA 估值 160, 进行发射天线波束赋形, 即对即将送至每路发射天线的数字信号加上一个所需的幅度和相位值; 然后, 对每一发射链路, 分别在数字合路器 131、132、...、13M 中完成数字合路, 形成 M 路数字信号 121、122、...、12M, 对应送至各发射链路。

图 3 中, 接收波束成形器 150 与后端处理器 155, 发射波束赋形器 140 与基本数字

信号处理器 145，在具体实施时，可能由多个物理单元（物理单元的多少与各单元简单、复杂程度有关）构成，图中以重叠的三个框表示出此物理实现。

参见图 4A 至图 4C，描述在频分双工 CDMA 移动通信网中使用本发明的具有智能天线的无线基站的实例。

5 图 4A 至图 4C 中示出一个典型的郊区移动通信环境，图中示意出二个无线基站 200、201 和一个用户终端 210，图中各矩形框表示楼房。无线基站 200 与用户终端 210 之间的上行传播链路，包括有主径信号 220 和由于楼房反射等造成的多个多径信号 221、222、223、...等，各条多径信号的幅度与时延随实际环境的不同而不同。假设多径信号 221 和 222 的时延在一个码片(chip)宽度以内，而其它多径信号的时延超过一个
10 码片宽度。使用本发明的方法与装置后，接收天线阵 230 从主径信号 220 上所获得的上行接收波束的形状，将如图 4B 中的 232 所示，有效地利用了主径和短时延多径的能量。而图 4C 中所示的发射天线阵 240 所发射的波束 242（下行波束）则是根据上行接收波束的 DOA 估值进行赋形的，将仅仅指向上行信号主径 220 的方向，该下行发射波束形状是一尖波束。

15 在一般情况下，由于用户终端都是使用全向天线进行接收的，图 4C 中所示的下行波束还将在电波传播过程中因被反射等而产生多径分量，因此用户终端在进行基带数字信号处理时还要克服这些多址分量的干扰。其技术问题因不属于本发明的目的所在，不在此赘述。

显然，本专利申请技术中所涉及的技术方案，包括实现方法和装置，在经过适当的
20 修改后也完全可以用在其他的无线通信系统中。

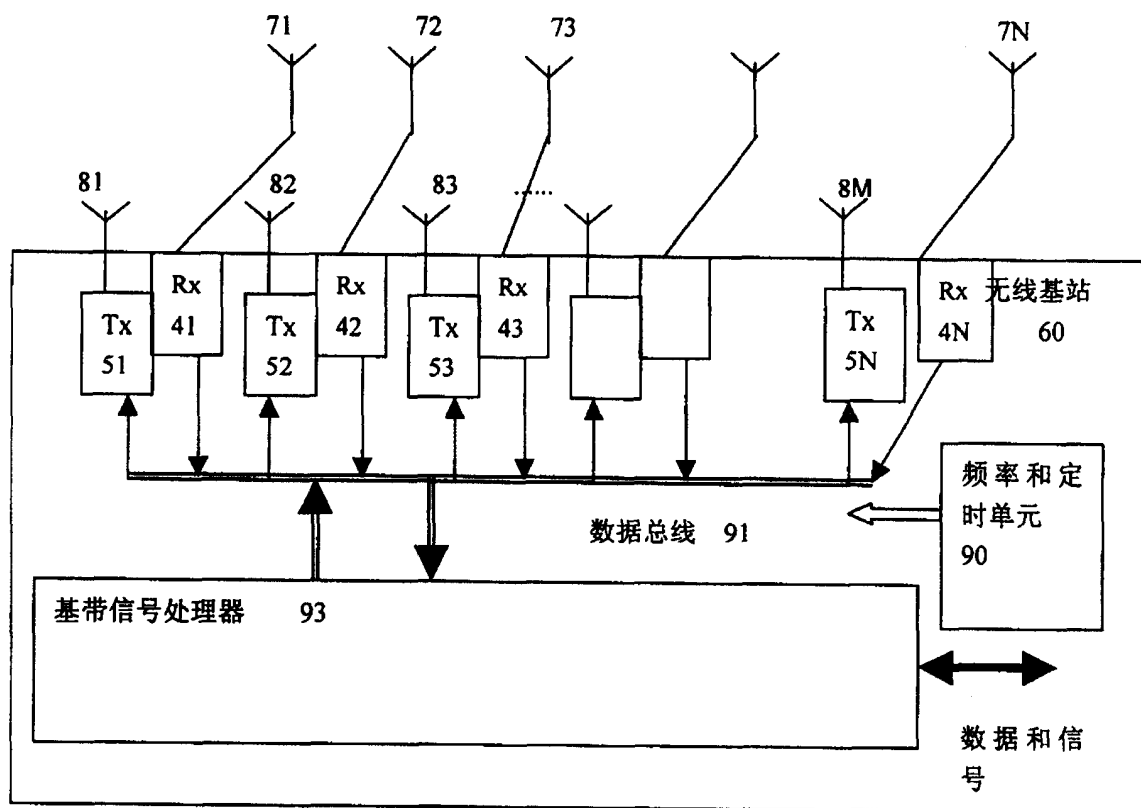


图 2

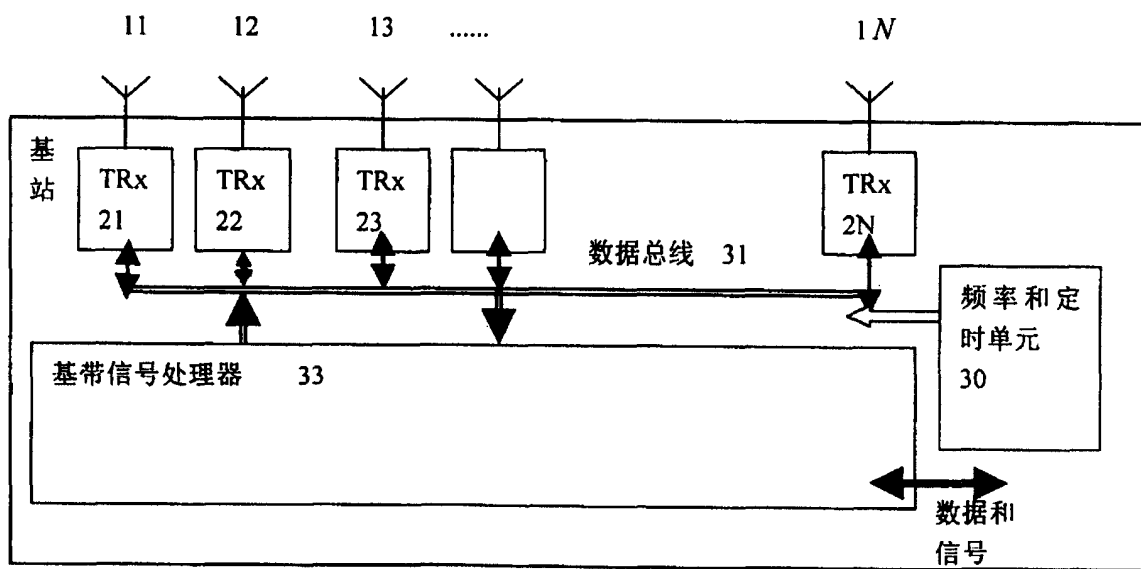


图 1

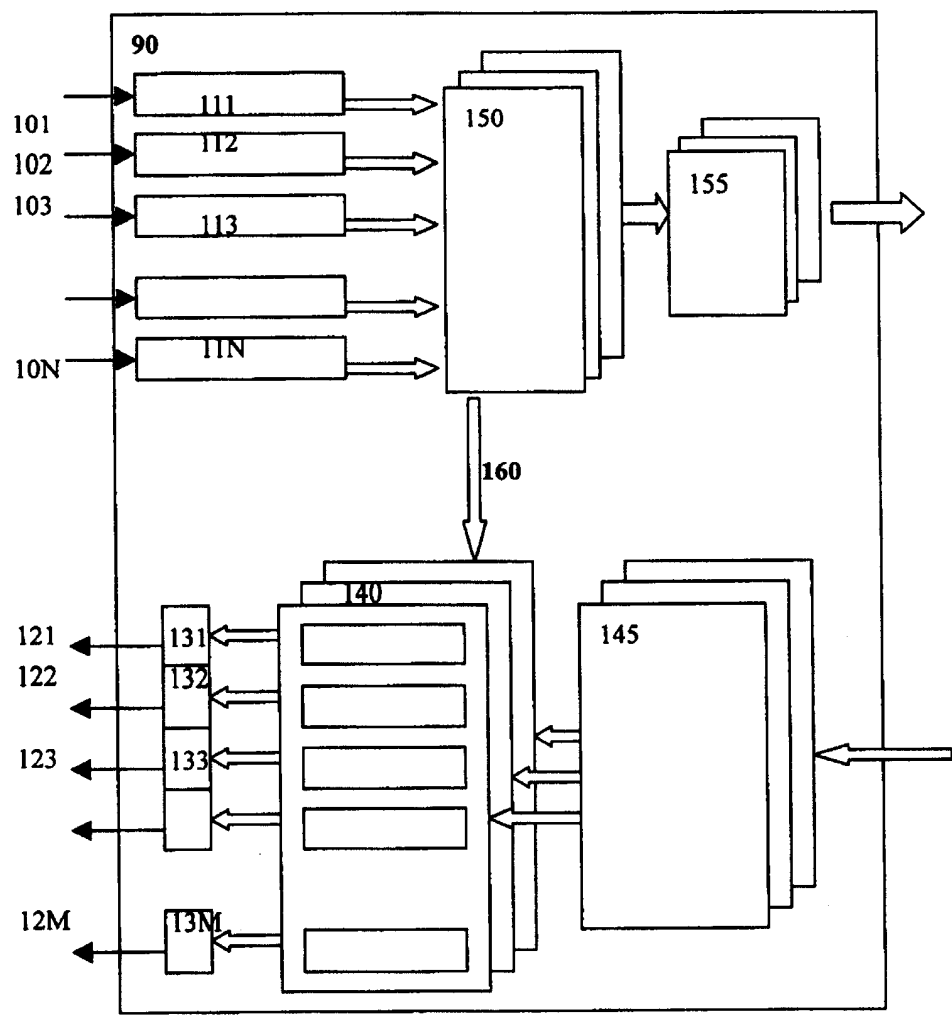


图 3

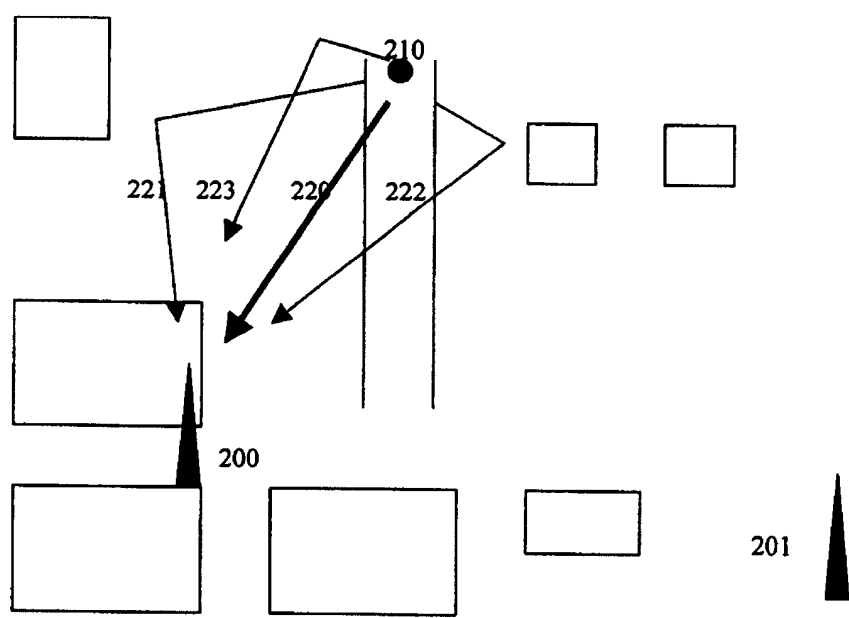


图 4A

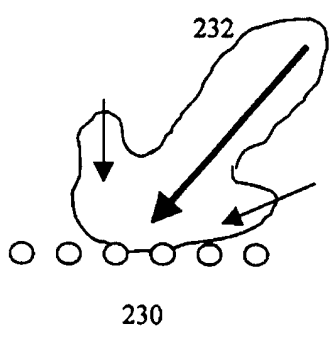


图 4B

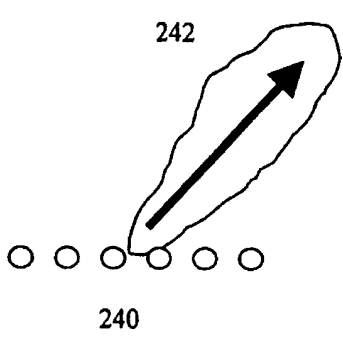


图 4C