

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日:
2001年2月15日(15.02.2001)

PCT

(10) 国际公布号:
WO 01/11719 A1

(51) 国际分类号⁷: H01Q 3/26

(21) 国际申请号: PCT/CN00/00178

(22) 国际申请日: 2000年6月26日(26.06.2000)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
99111350.0 1999年8月10日(10.08.1999) CN

(71) 申请人(对除美国以外的所有指定国): 信息产业部电信科学技术研究院(CHINA ACADEMY OF TELECOMMUNICATIONS TECHNOLOGY, MII)
[CN/CN]; 中国北京市 海淀区学院路40号, Beijing 100083 (CN)。

(72) 发明人;及

(75) 发明人/申请人(仅对美国): 李世鹤(LI, Shihe)
[CN/CN]; 中国北京市 海淀区学院路40号, Beijing 100083 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友专利代理有限公司(BEIJING SANYOU PATENT AGENCY CO., LTD.); 中国北京市 北三环中路40号, Beijing 100088 (CN)。

(81) 指定国(国家): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW

(84) 指定国(地区): ARIPO专利(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), 欧亚专利(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 欧洲专利(AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI专利(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

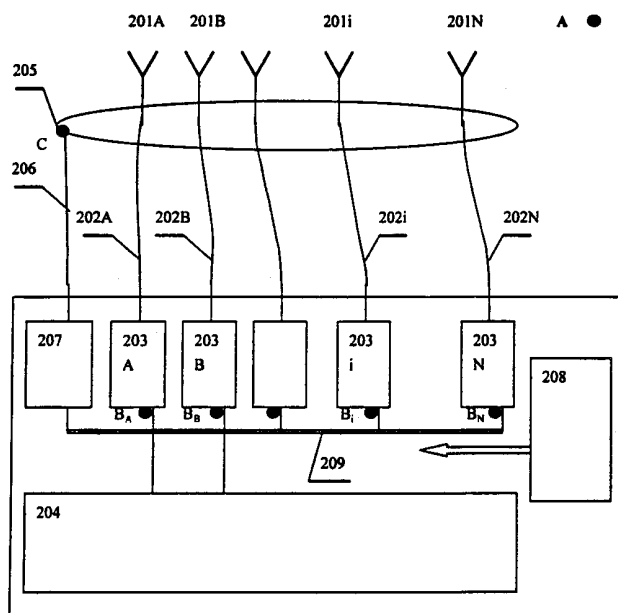
本国际公布:

— 包括国际检索报告。

所引用双字母代码和其它缩写符号, 请参考刊登在每期PCT公报期刊起始的“代码及缩写符号简要说明”。

(54) Title: METHOD AND APPARATUS FOR CALIBRATING SMART ANTENNA ARRAY

(54) 发明名称: 一种校准智能天线阵的方法和装置



(57) Abstract: This invention relates to a method and apparatus for calibrating smart antenna array, used for calibrating smart antenna array in real time. It is provided calibrating link constructed by connecting a coupling structure, feeding cables and a beacon transceiver. The coupling structure is calibrated previously by vector network analyzer, and recorded its transmitting and receiving transmission factors respectively. Receiving calibration is performed on the smart antenna array, the amplitude of transmission factor of each receiving link is adjusted to be equal to that of the reference link, and the phase difference Φ is recorded in baseband processor. Transmitting calibration is performed, the amplitude of transmission factor of each transmitting link is adjusted to be equal to that of the reference link, and the phase difference Ψ is recorded in baseband processor. The coupling structure of the invention includes space coupling manner employing beacon antenna and manner employing passive network.

[见续页]

WO 01/11719 A1



(57) 摘要

本发明涉及一种校准智能天线阵的方法和装置，用于实时校准智能天线阵。包括：设置由耦合结构、馈电电缆及信标收发信机连接构成的校准链路；利用矢量网络分析仪对耦合结构预先进行校准，分别记录其接收与发射传输系数；对智能天线阵进行接收校准，将每条接收链路参考链路传输系数的幅度调整为相同，将相位差 ϕ 记录储存在基带处理器中；进行发射校准，将每条发射链路参考链路的传输系数的幅度调整为相同，将相位差 θ 记录在基带处理器中。本发明的耦合结构包括采用信标天线的空间耦合方式和采用无源网络实现的方式。

一种校准智能天线阵的方法和装置

技术领域

本发明涉及一种无线通信系统的智能天线 (Smart Antenna) 技术, 更具体地说是涉及一种校准智能天线阵 (列) 的方法和装置。

5

发明背景

在现代无线通信系统中, 特别是在码分多址 (CDMA) 无线通信系统中, 为了提高系统容量及灵敏度, 和在较低的发射功率下获得尽量远的通信距离, 一般都希望采用智能天线技术。

10 在名称为“具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统”的发明专利中 (ZL 97 1 04039.7), 公开了一种采用现代智能天线的无线通信系统的基站结构, 包括由一个或多个天线单元组成的天线阵列、相应的射频馈电电缆和一组相干的射频收发信机。根据天线阵列中各天线单元所接收到的来自用户终端的信号的不同反应, 由基带处理器获得
15 此信号的空间特征矢量和信号到达方向 (DOA), 再使用相应的算法实现接收天线波束赋形。其中任一个天线单元、相应的射频馈电电缆及相干的射频收发信机组成一条链路。将从上行接收波束赋形中获得的每一条链路的权重用于下行发射波束赋形, 在对称的电波传播条件下, 可实现智能天线的全部功能。

20 在“具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统”的发明专利中, 为了使智能天线能准确地合成接收及发射波束, 必须要知道组成此智能天线阵的各天线单元、射频馈电电缆和射频收发信机之间的差别, 即射频信号在通过各条链路后信号幅度及相位的变化之差, 而求得此智能天线系统中各条链路之间差别的过程就是本发明所要涉及的智能

天线的校准。

智能天线阵的校准是智能天线中的一项核心技术，由于在组成智能天线的射频系统中，所使用的各种电子元器件特别是有源元器件的特性，对工作频率、环境温度及使用时间等都是很敏感的，而且每一条链路的特性因上述原因所产生的变化也不可能相同，故对智能天线系统的校准应随时进行。

现有的智能天线的校准方法大致有两种：一种是使用直接测量方法，即对每一套射频收发信机进行测量，获得与其幅度、相位有关的数据，然后加上由测量获得的天线单元及馈电电缆的幅度、相位特性，以耦合成一组校准数据，该方法的校准过程非常复杂，所有测量都难以在现场进行，特别是对于已经投入业务运行的无线通信系统来说，更是一个复杂和难以保证实行的过程。另一种方法是用一只处于天线远场区域的信标收发信机来进行校准，该方法要求信标收发信机处于没有多径传播的远场区域，这在实际系统中也是难以实现的。因此，上述两种方法的缺点都是非常明显的。

发明内容

本发明的目的是设计一种校准智能天线阵的方法和装置，以实现智能天线的实时校准，从而使智能天线系统实用化，本发明的装置使本发明的方法能有效地工作。

本发明进一步的目的是提供两种校准智能天线阵的耦合结构的设计和校准方法，使本发明的方法能够有效地工作。

本发明的目的是这样实现的：一种校准智能天线阵的方法，包括：

1) 设置由耦合结构、馈电电缆及信标收发信机连接构成的校准链

路，耦合结构与智能天线阵的 N 个天线单元成耦合连接，信标收发信机通过数字总线连接基站的基带处理器；

2) 在智能天线阵投入工作之前利用矢量网络分析仪对耦合结构进行校准，分别记录其接收与发射传输系数；

5 3) 进行接收校准，包括：由信标收发信机中的模拟发信机在给定的工作载波频率上发射有确定电平的信号，并使被校准基站 N 条接收链路均处于接收状态；由基站的基带处理器分别检测各接收链路的输出，并根据各接收链路的输出计算各链路在接收时的传输系数与参考链路的传输系数之比；通过控制各链路模拟收信机中的可变增益放大器来控制各
10 接收链路的输出，使各链路在接收时的传输系数与参考链路的传输系数的幅度之比等于 1；将每条接收链路参考链路的相位差 ϕ 记录储存在基带处理器中；

4) 进行发射校准，包括：使 N 条发射链路在一个时间内只有一条链路处于发射状态，而其它发射链路均处于关闭状态，由信标收发信机
15 中的模拟收信机在给定的工作载波频率上分别接收来自各条发射链路的信号；由基站的基带处理器对检测到的结果进行处理，并计算各链路在发射时的传输系数与参考链路的传输系数之比；通过控制各链路模拟发信机中的可变增益放大器来控制各发射链路的输出，使各链路在发射时的传输系数与参考链路的传输系数的幅度之比等于 1；将每条发射链路
20 与参考链路的相位差 ψ 记录在基带处理器中。

所述的利用矢量网络分析仪对耦合结构进行校准包括：设置信标天线及空间耦合方式；所述的矢量网络分析仪连接信标信号的馈线端和待校准链路的的天线单元端口，非校准链路的的天线单元端口接匹配负载，在所需的各工作载频下测量并记录待校准链路的传输系数；重复执行上述

步骤，直至全部测量并记录完 N 条链路的传输系数。

所述的利用矢量网络分析仪对耦合结构进行校准还包括：设置由 N 个耦合器和与 N 个耦合器连接的一个 $1:N$ 的无源分路/合路器构成的无源网络耦合结构， N 个耦合器分别与所述智能天线阵的 N 个天线单元的
5 天线端口连接，无源分路/合路器的输出端是信标信号的馈线端；所述的矢量网络分析仪连接信标信号的馈线端和待校准链路的天线单元端口，非校准链路的天线单元端口接匹配负载，在所需的各工作载频下测量并记录待校准链路的传输系数；重复执行上述步骤，直至全部测量并记录完 N 条链路的传输系数。

10 本发明的一种校准智能天线阵的装置，包括已校准的耦合结构、馈电电缆和信标收发信机；耦合结构与智能天线阵的 N 个天线单元耦合连接，馈电电缆连接耦合结构和信标收发信机，信标收发信机通过数字总线与基站的基带处理器连接。

所述的耦合结构是采用空间耦合方式的信标天线，该信标天线处于
15 组成智能天线阵的 N 个天线单元辐射方向图的工作主瓣内，信标天线的天线端口是信标信号的馈线端。

在组成智能天线阵的 N 个天线单元是全向天线时，所述的信标天线处于包括各天线单元近场或远场区域内的任何位置处。

所述的耦合结构是无源网络，包括与所述智能天线阵的 N 个天线单
20 元相对应的 N 个耦合器和与 N 个耦合器连接的一个 $1:N$ 的无源分路/合路器；所述的 N 个耦合器分别与 N 个天线单元的天线端口连接，所述的无源分路/合路器的输出端是信标信号的馈线端。

所述的信标收发信机具有与基站的射频收发信机相同的结构，包括双工器、与双工器连接的模拟收信机、与双工器连接的模拟发信机、与

模拟收信机连接的模拟至数字变换器和与模拟发信机连接的数字至模拟变换器；所述双工器的射频接口与耦合结构的馈电电缆连接，所述的模拟至数字变换器及数字至模拟变换器与所述的数字总线连接。

所述的模拟收信机中设置有用控制增益并用程序软件控制的5 可变增益放大器；所述的模拟发信机中设置有用控制输出功率并用程序软件控制的5 可变增益放大器。

由本发明所提供的校准智能天线阵的方法和装置，包括使用信标收发信机和一套与智能天线阵相耦合的耦合结构，其中的耦合结构包括有10 两种技术方案：其一是使用一个在几何结构上对称的、处于天线近场或远场区域的信标天线来对智能天线系统进行校准的方法和实现此方法的10 天线阵列，其信标天线及相关的校准软件是无线基站的组成部分；其二是使用一个由耦合器与功分器组成的无源网络来实现耦合结构对智能天线阵列的馈电和校准。无论哪一种技术方案，都可使使用了智能天线的15 基站可以非常容易地随时进行校准，可以随时更换射频部件和元器件，彻底地解决了智能天线系统的工程实用化问题。

本发明的校准智能天线阵的方法和装置，主要针对码分多址的无线通信系统设计，但所提出的方法及装置，经过简单的改变后，也完全可20 使用于频分多址（FDMA）和时分多址（TDMA）无线通信系统的智能天线阵校准。

附图简要说明

图 1 是使用了本发明方法及装置的无线通信基站的原理性结构框图

图 2 是图 1 中模拟收发信机的原理性结构框图

图 3 是使用信标天线的耦合结构示意图

图 4 是由功分器和耦合器组成的耦合结构在智能天线阵中的连接结构示意图

图 5 是本发明另一种耦合结构示意图

图 6 是耦合结构的校准过程流程图

5 图 7 是本发明智能天线校准过程流程图

实施本发明的方式

下面通过实施例及附图对本发明的方法及装置进行详细说明。

参见图 1，图中示出一个典型的使用了本发明方法及装置的具有智能天线的移动通信系统或无线用户环路系统等无线通信系统中的基站结构。基站结构除校准部分外均与“具有智能天线的时分双工同步码分多址无线通信系统”(ZL 97 1 04039.7)中介绍的基站相类似。主要包括 N 个全同的天线单元 201A、201B、...、201N，N 条接近全同的馈电电缆 202A、202B、...、202N，N 个射频收发信机 203A、203B、...、203N，和相应的基带处理器 204。所有的射频收发信机 203 内均设有模拟至数字变换器 ADC 及数字至模拟变换器 DAC，因此所有射频收发信机 203 的基带输入、输出均为数字信号，它们与基带处理器 204 间用一条高速数字总线 209 连接，并使用同一个本振信号源 208，以保证基站的各个射频收发信机是相干工作的。

20 为实现智能天线的实时校准，本发明在此基站结构的基础上还根据所使用的不同天线阵增加由耦合结构 205(耦合射频电路)、馈电电缆 206 及信标收发信机 207 构成的校准链路，耦合结构 205 与 N 条馈电电缆 202A、202B、...、202N 耦合连接，馈电电缆 206 用于连接耦合结构 205 与信标收发信机 207，信标收发信机 207 连接高速数字总线 209，并与所

有的射频收发信机 203 共用同一个本振信号源 208。

参见图 2, 图 2 示出图 1 中射频收发信机 203 或信标收发信机 207 的结构。包括双工器 210、模拟收信机 211、模拟至数字变换器 212、模拟发信机 213 和数字至模拟变换器 214。其中的模拟收信机 211 中设置
5 有控制其增益的可变增益放大器 215(可用程序软件控制), 模拟发信机 213 中设置有控制其增益的可变增益放大器 216(可用程序软件控制), 双工器 210 的射频接口 217 直接与馈电电缆 202 及 206 连接, 模拟至数字变换器 212 及数字至模拟变换器 214 通过高速数字总线 209 与基带处理器 204 连接。

10 在使用图 1 所示基站结构的智能天线系统中, 共有 N 条收发信链路, 其中任一条收发信链路都由天线单元 (201A、201B、...、201N)、馈电电缆 (202A、202B、...、202N) 和射频收发信机 (203A、203B、...、203N) 连接构成, 此外还有由信标收发信机 207 及相应的耦合结构 (205、206) 构成的校准链路。

15 若以第 A 条链路作为参考链路 (可选择任一条链路作为参考链路), 则对智能天线系统进行校准就是在给定的工作载波频率上获得其它链路与此参考链路在接收与发射时的传输系数幅度及相位差, 因此, 本发明的智能天线的校准是对整个包括天线馈线和模拟收发信机系统的校准。

20 若将图 1 中天线远区场的 A 点及基站内各收发信机 203 基带接口 B_A 、 B_B 、... B_i 、...、 B_{NN} 中的 B_i 作为观察参考点, 此智能天线的传输特性可用公式表示为:

$$\text{接收通路的传输特性: } Ar_i = Sr_i \times R_i \times br \dots \dots \dots (1)$$

$$\text{发射通路的传输特性: } Bt_i = St_i \times T_i \times at \dots \dots \dots (2)$$

式中, $i=1、2、\dots、N$, 分别表示第一至第 N 条链路; 式(1)中, Ar_i

表示在 A 点发射时, 第 i 链路在 B_i 点所接收的信号, Sr_i 表示空间传播对 i 链路接收的衰耗, R_i 表示第 i 链路接收时的传输系数, br 表示在接收时 A 点的发射信号; 式 (2) 中, Bt_i 表示在 B_i 点发射时, 在接收点 A 所接收到的来自第 i 链路的信号, St_i 表示空间传播对第 i 链路发射的衰耗, T_i 表示第 i 链路发射时的传输系数, at 表示在发射时 B_i 点的发射信号。
 两式中的发射信号 br 、 at 均是数字信号, 在校准过程中应保持不变。

本发明的校准工作就是通过实时测量, 求得第 i 链路分别在接收及发射时的传输系数 R_i 、 T_i 与参考链路的传输系数之差。

实现本发明方法的基本手段就是通过设置信标收发信机 207、相关的馈电电缆 206 和耦合结构 205 将上述的参考点 A 移至天线阵内, 即图 1 中馈电电缆 206 的输出端 C 点, 于是式 (1)、(2) 将分别改写为:

$$\text{接收通路的传输特性: } ACr_i = Cr_i \times R_i \times br \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{发射通路的传输特性: } BCt_i = Ct_i \times T_i \times at \dots \dots \dots (4)$$

式中, $i=1, 2, \dots, N$, 分别表示第一至第 N 条链路; 式 (1) 中, ACr_i 表示在 C 点发射时, 第 i 链路在 B_i 点所接收的信号, Cr_i 表示耦合结构对第 i 链路在接收测试时的传输系数; 式 (2) 中, BCt_i 表示在 B_i 点发射时, 在接收点 C 所接收到的来自第 i 链路的信号, Ct_i 表示耦合结构对第 i 链路在发射测试时的传输系数。

若将耦合结构 205 设计为一个无源网络, 则该耦合结构 205 将具有互易性, 即:

$$Cr_i = Ct_i = C_i \dots \dots \dots (5)$$

将式 (5) 代入式 (3) 及 (4) 中, 可以获得:

$$\text{接收链路: } R_i = ACr_i / (C_i \times br) \dots \dots \dots (6)$$

$$\text{发射链路: } T_i = BCt_i / (C_i \times at) \dots \dots \dots (7)$$

本发明可以将任一条链路设定为参考链路，如果将第 1 条链路设定为参考链路，则上述 (6) 式及 (7) 式为：

$$\text{接收链路: } R_i/R_1 = ACr_i \times C_1 / (C_i \times ACr_1) \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{发射链路: } T_i/T_1 = BCt_i \times C_1 / (C_i \times BCt_1) \dots \dots \dots (9)$$

5 式中， $i=2, 3, \dots, N$ ，分别表示第 2 至第 N 条链路，其中的 ACr_1 、 BCt_1 、 ACr_i 及 BCt_i 都是可以实时测量的， C_1 及 C_i 是可以预先校准并由耦合结构确定的，故智能天线系统校准所需要获得的 R_i/R_1 和 T_i/T_1 就可以简单地计算出来。

参见图 3，图中描述了本发明所采用的一种耦合结构，即使用信标
10 天线 230 的空间耦合方式结构。信标天线 230 是一个在物理位置上与待校准的天线阵相对固定的天线，该信标天线 230 必须处于天线阵的各天线单元辐射方向图的工作主瓣内。但当各天线单元采用全向天线时，则信标天线可置于任何位置，包括天线单元的近场区域内。

采用此耦合结构的校准方法是：将一矢量网络分析仪 231 与信标天
15 线 230 的信标信号馈线端 D 及第 i 个被校准链路的天线端口 E_i 连接，同时被校准天线阵的其它天线端口，如 E_1 、 E_2 、 $\dots$ 、 E_N 则分别连接匹配负载 232A、232B、 $\dots$ 、232N，用此矢量网络分析仪 231 测量第 i 个被校准链路的传输系数 C_i ，并通过 N 次测试，而获得全部链路的传输系数 C_1 ， $\dots$ ， C_i ， $\dots$ ， C_N 之值。

20 该耦合结构的优点是简单，校准时考虑了每个天线单元的不一致性；其缺点是受到信标天线 230 位置的限制。因为为了保证校准精度，应将信标天线 230 设置在待校准智能天线阵工作范围的远场区域，这在实际工作环境中是很难实现的。因而只有在使用各向同性的全向天线作为天线单元时，在其近场区域内设置信标天线，用其近场特性代替其远

场特性并获得其校准。例如在使用环行天线阵时，可以将信标天线置于此环行天线阵的中心，以其几何结构的对称性来保证近场测试的可靠性。

参见图 4，图中示出用功分器、耦合器组成无源网络 240 的耦合结构及其与智能天线阵 201A、201B、...、201N 的连接。该耦合结构包括与 N 个天线 201 对应的 N 只耦合器 242A、242B、...、242N 和一个 1:N 的无源分路/合路器 241，每只耦合器 242 处于各天线单元 201A、201B、...、201N 与其馈电电缆 202A、202B、...、202N 的连接点 E_1 、 E_2 、...、 E_N 上。该耦合结构在安装进天线阵之前已独立进行过校准。

参见图 5，采用图 4 所示的耦合结构时，其校准方法包括：将一矢量网络分析仪 231 与信标信号的馈线端 D 及第 i 个被校准链路的天线端口 E_i 连接，同时被校准天线阵的其它天线端口，如 E_1 、 E_2 、...、 E_N 则分别连接匹配负载 232A、232B、...、232N，用此矢量网络分析仪 231 测量第 i 个被校准链路的传输系数 C_i ，并通过 N 次测试，而获得全部链路的传输系数 C_1 ，...， C_i ...， C_N 之值。图 5 所示的校准方法与图 3 所示的校准方法是相同的。

图 4 所示的无源网络耦合结构比图 3 所示的信标天线耦合结构复杂，且不能将各天线单元的不一致性校准进去，但它可方便地使用于任何一种智能天线阵的校准。

参见图 6，图中示出耦合结构的校准过程，其校准方法通用于图 3、图 4 所示的两种耦合结构。耦合结构在智能天线阵投入工作前已经进行了校准，所获得的传输系数 C 保存在基站内部。

步骤 601，开始校准；步骤 602，对 N 条链路中的第一条链路进行校准，即设 $i=1$ ；步骤 603，按图 3 或图 5 所示的方式进行连接，对第一条

链路进行校准；步骤 604，将第一个校准频率设定为 J 个工作载频中的第一个工作载频，即表示为 $j = 1$ ；步骤 605，将第一条链路的工作载频设定为该第一个工作载频；步骤 606，用矢量网络分析仪测量第一链路、校准频率为第一个工作载频的传输系数 C_i ；步骤 607，记录该测试结果；
5 步骤 608、609，通过判断 $i = J?$ 和使 $j = j + 1$ 重复执行步骤 605 至 608，使第一条链路分别在 J 个工作载频下进行传输系数的测试，获得并记录下传输系数 C_i ；步骤 609、610，上述测试重复执行直至进行完全部工作载频的测试，通过判断 $i = N?$ 和使 $i = i + 1$ 重复执行步骤 604 至 608，对 N 条链路进行全部 J 个工作载频的传输系数的测试，并记录测试结果。

10 对每一条链路进行所需的各个载频下的测试，并记录所有的测试结果，就可完成耦合结构的校准，获得全部传输系数 C 。

参见图 7，图中示出智能天线阵的校准全过程，而在智能天线阵投入工作以前，已经按图 6 所示的过程对其耦合结构进行了校准，所获得的接收及发射传输系数 C 已经保存在所在的基站内部。

15 步骤 702，首先进行接收校准；步骤 703，由信标收发信机的发射机在给定的工作载波频率上发射有确定电平的信号，以保证被校准的基站接收系统工作于正常工作电平；步骤 704，被校准的基站接收系统中的所有收发信机均处于接收状态，即 N 条链路均处于接收状态；步骤 705，由基带处理器分别检测各接收链路的输出，保证系统工作于给定的接收
20 电平和使每个收信机工作在线性范围，基带处理器根据各链路收信机的输出并利用公式(8)计算 R_i/R_1 ；步骤 706、707，根据计算的 R_i/R_1 ，再通过控制各收信机中的可变增益放大器(图 2 中的 213、216)来控制每条接收链路的输出，直至 $|R_i/R_1| = 1$ ，将每条接收链路与参考链路的相位差 ϕ_i 记录储存在基带处理器中，供智能天线工作时使用；步骤 708，在

$|R_i/R_1| = 1$ 时转入发射校准；步骤 709 至 715，在校准 N 条发射链路时，信标收发信机中的收信机将在给定的工作载波频率上分别接收来自每条发射链路的信号，此时上述 N 条发射链路在一个时间内只有一条链路处于发射状态，而其它发射链路处于关闭状态（步骤 710），因此在每个时
5 间内，信标收信机只接收来自此链路的信号，此时参考发射链路必须预先测量和校准，以保证其发射功率是在额定电平下，在此条件下，信标收发信机中的收信机将分别接收来自每一条发射链路的信号（步骤 711），并由基带处理器对检测到的结果进行处理，并利用公式 (9) 计算 T_i/T_1 （步骤 714）；然后根据此值分别通过每个发信机的可变增益放大器
10 （图 2 中 211、215）来控制每条发射链路的输出，直至每条发射链路的 $|T_i/T_1| = 1$ （步骤 716），同时将每条接收链路 with 参考链路的相位差 Ψ_i 记录在基带处理器中，至此即完成了智能天线的实时校准。

本发明的方法及装置，虽针对码分多址无线通信系统提出，但对其方法及装置经过简单改变，即可用于频分多址 (FDMA) 和时分多址 (TDMA)
15 的无线通信系统。附图 1 所示的无线通信基站结构，是以时分双工 (TDD) 的无线通信系统为例，同样的结构也可用于频分双工 (FDD) 的无线通信系统中。任何从事无线通信系统研究开发的技术人员，在了解了智能天线的基本原理并参照本发明的方法及装置后，就可实现智能天线的实时校准。

权利要求书

1. 一种校准智能天线阵的方法，其特征在于包括：

1) 设置由耦合结构、馈电电缆及信标收发信机连接构成的校准链路，耦合结构与智能天线阵的 N 个天线单元成耦合连接，信标收发信机
5 通过数字总线连接基站的基带处理器；

2) 在智能天线阵投入工作之前对耦合结构进行校准，分别记录其接收与发射传输系数；

3) 进行接收校准，将每条接收链路与参考链路的传输系数的幅度调整为相同，获得每条接收链路与参考链路的相位差 ϕ ，供智能天线工
10 作时使用；

4) 进行发射校准，将每条发射链路与参考链路的传输系数的幅度调整为相同，获得每条发射链路与参考链路的相位差 ψ ，供智能天线工作时使用。

2. 根据权利要求 1 所述的校准智能天线阵的方法，其特征在于：
15 所述的对耦合结构进行校准是利用矢量网络分析仪进行的。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的校准智能天线阵的方法，其特征在于：所述的利用矢量网络分析仪对耦合结构进行校准包括：设置信标天线及空间耦合方式；所述的矢量网络分析仪连接信标信号的馈线端和待校准链路的天线单元端口，非校准链路的天线单元端口接匹配负载，在
20 所需的各工作载频下测量并记录待校准链路的接收与发射传输系数；重复执行上述步骤，直至全部测量并记录完 N 条链路的接收与发射传输系数。

4. 根据权利要求 3 所述的校准智能天线阵的方法，其特征在于：
所述的信标天线处于组成智能天线阵的 N 个天线单元辐射方向图的工作

主瓣内，信标天线的天线端口是信标信号的馈线端。

5. 根据权利要求 3 所述的校准智能天线阵的方法，其特征在于：
在组成智能天线阵的 N 个天线单元是全向天线时，所述的信标天线处于
包括各天线单元近场区域内的任何位置处。

5 6. 根据权利要求 1 所述的校准智能天线阵的方法，其特征在于所
述的接收校准进一步包括：由信标收发信机中的模拟发信机在给定的工
作载波频率上发射有确定电平的信号，并使被校准基站 N 条接收链路均
处于接收状态；由基站的基带处理器分别检测各接收链路的输出，并根
据各接收链路的输出计算各链路在接收时的传输系数与参考链路的传输
10 系数之比；通过控制各链路模拟收信机中的可变增益放大器来控制各接
收链路的输出，使各链路在接收时的传输系数与参考链路的传输系数的
幅度之比等于 1；将每条接收链路参考链路的相位差 ϕ 记录储存在基
带处理器中。

7. 根据权利要求 1 所述的校准智能天线阵的方法，其特征在于：
15 所述的发射校准进一步包括：使 N 条发射链路在一个时间内只有一条链
路处于发射状态，而其它发射链路均处于关闭状态，由信标收发信机中
的模拟收信机在给定的工作载波频率上分别接收来自各条发射链路的信
号；由基站的基带处理器对检测到的结果进行处理，并计算各链路在发
射时的传输系数与参考链路的传输系数之比；通过控制各链路模拟发信
20 机中的可变增益放大器来控制各发射链路的输出，使各链路在发射时的
传输系数与参考链路的传输系数的幅度之比等于 1；将每条发射链路
与参考链路的相位差 ψ 记录在基带处理器中。

8. 根据权利要求 1 或 2 所述的校准智能天线阵的方法，其特征在
于所述的利用矢量网络分析仪对耦合结构进行校准包括：设置由 N 个耦

合器和与 N 个耦合器连接的一个 1 : N 的无源分路/合路器构成的无源网络耦合结构, N 个耦合器分别与所述智能天线阵的 N 个天线单元的天线端口连接, 无源分路/合路器的输出端是信标信号的馈线端; 所述的矢量网络分析仪连接信标信号的馈线端和待校准链路的天线单元端口, 非校准链路的天线单元端口接匹配负载, 在所需的各工作载频下测量并记录待校准链路的接收与发射传输系数; 重复执行上述步骤, 直至全部测量并记录完 N 条链路的接收与发射传输系数。

9. 一种校准智能天线阵的装置, 其特征在于: 包括已校准的耦合结构、馈电电缆和信标收发信机; 耦合结构与智能天线阵的 N 个天线单元耦合连接, 馈电电缆连接耦合结构和信标收发信机, 信标收发信机通过数字总线与基站的基带处理器连接。

10. 根据权利要求 9 所述的一种校准智能天线阵的装置, 其特征在于: 所述的耦合结构是采用空间耦合方式的信标天线, 该信标天线处于组成智能天线阵的 N 个天线单元辐射方向图的工作主瓣内, 信标天线的天线端口是信标信号的馈线端。

11. 根据权利要求 10 所述的一种校准智能天线阵的装置, 其特征在于: 在组成智能天线阵的 N 个天线单元是全向天线时, 所述的信标天线处于包括各天线单元近场区域内的任何位置处。

12. 根据权利要求 9 所述的一种校准智能天线阵的装置, 其特征在于: 所述的耦合结构是无源网络, 包括与所述智能天线阵的 N 个天线单元相对应的 N 个耦合器和与 N 个耦合器连接的一个 1 : N 的无源分路/合路器; 所述的 N 个耦合器分别与 N 个天线单元的天线端口连接, 所述的无源分路/合路器的输出端是信标信号的馈线端。

13. 根据权利要求 9 所述的一种校准智能天线阵的装置, 其特征在

于：所述的信标收发信机具有与基站的射频收发信机相同的结构，包括双工器、与双工器连接的模拟收信机、与双工器连接的模拟发信机、与模拟收信机连接的模拟至数字变换器和与模拟发信机连接的数字至模拟变换器；所述双工器的射频接口与耦合结构的馈电电缆连接，所述的模拟至数字变换器及数字至模拟变换器与所述的数字总线连接。

14. 根据权利要求 13 所述的一种校准智能天线阵的装置，其特征在于：所述的模拟收信机中设置有助于控制增益并用程序软件控制的可变增益放大器；所述的模拟发信机中设置有助于控制输出功率并用程序软件控制的可变增益放大器。

1/5

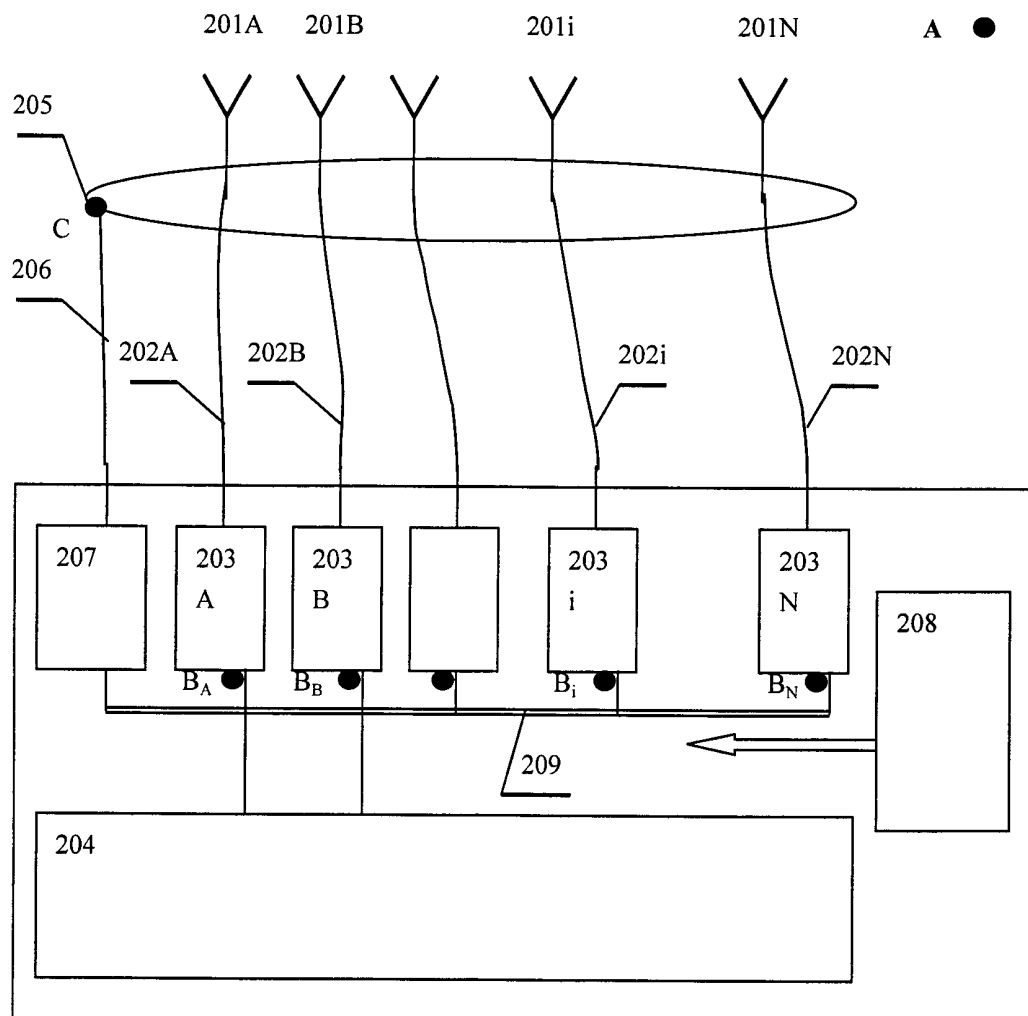


图 1

2/5

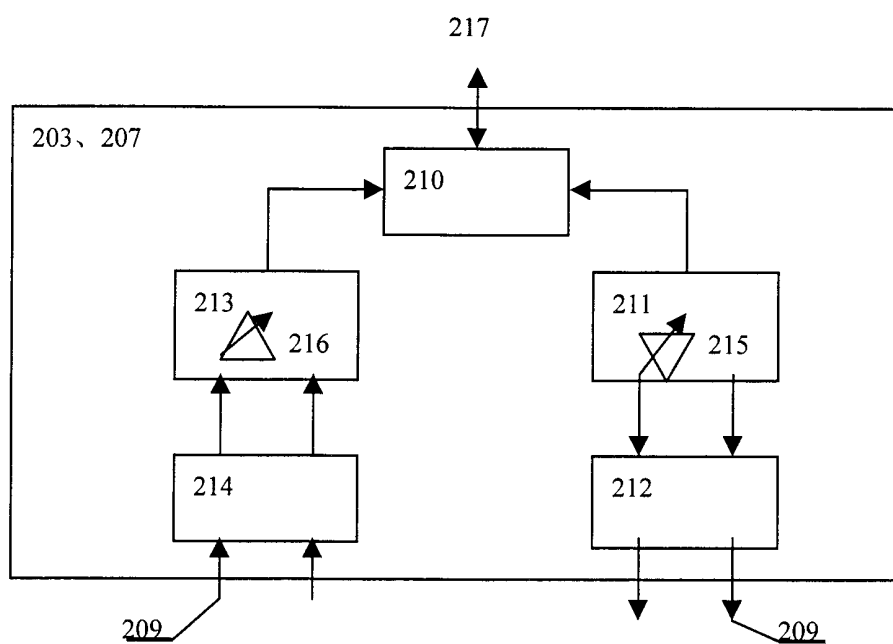


图 2

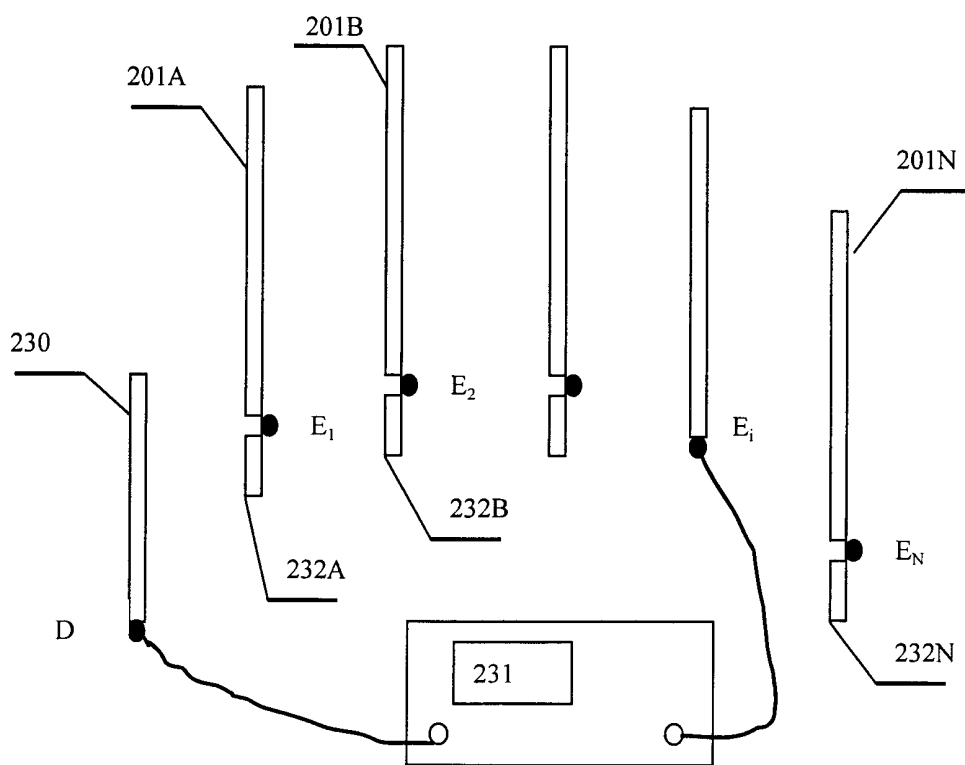


图 3

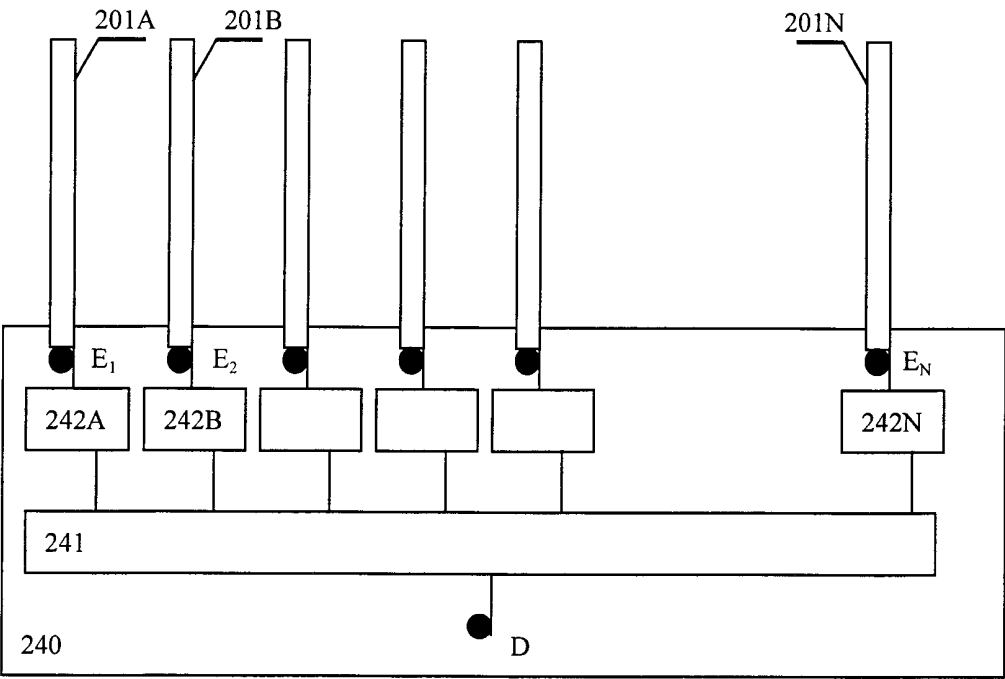


图 4

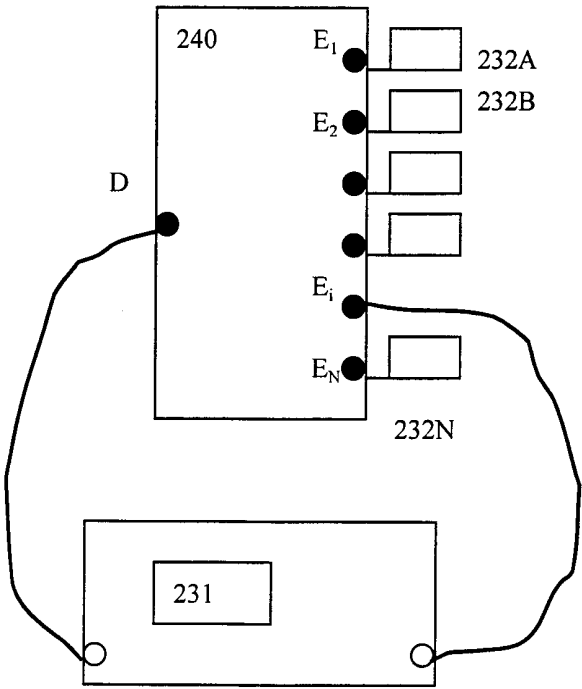


图 5

4/5

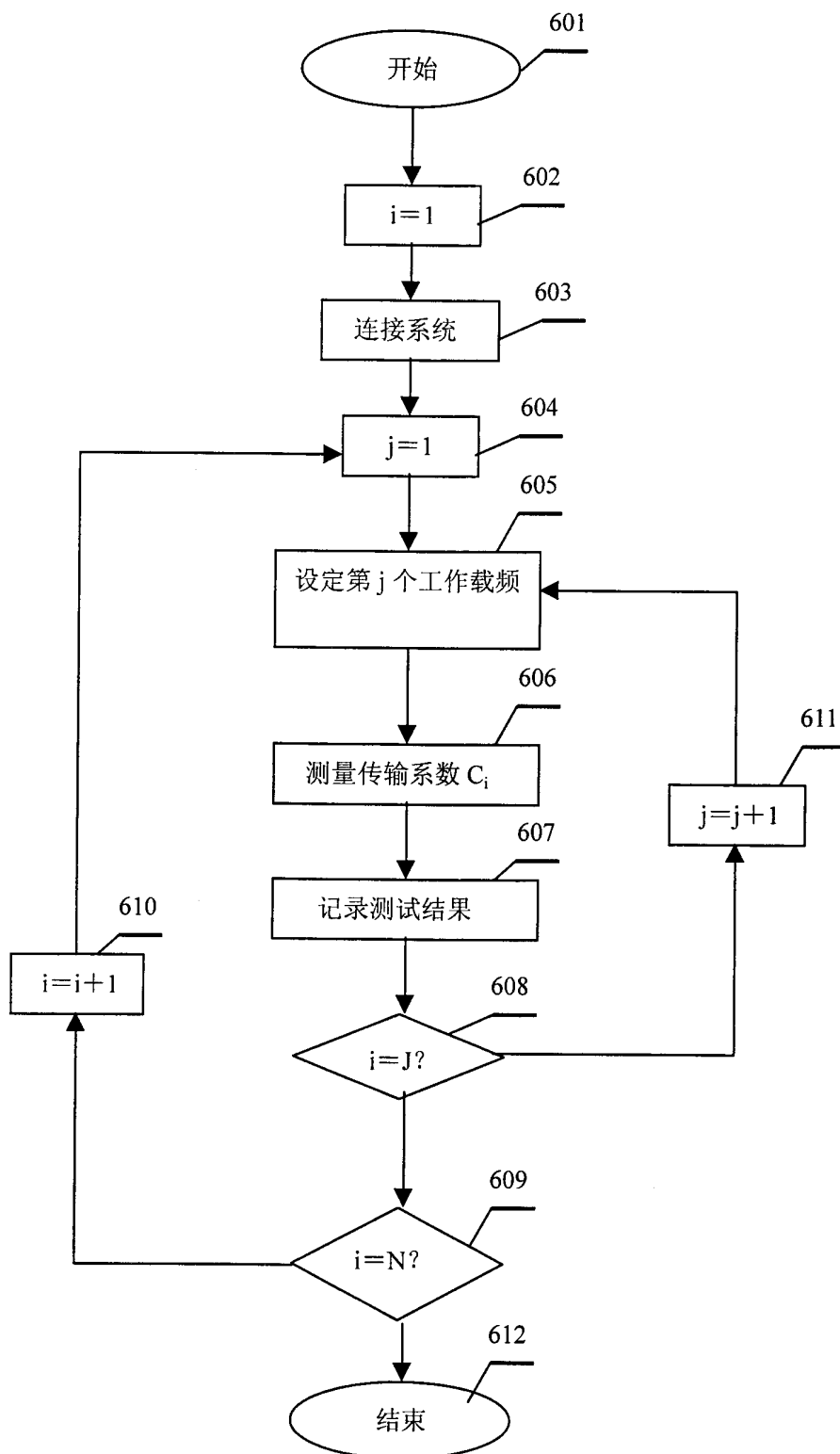


图 6

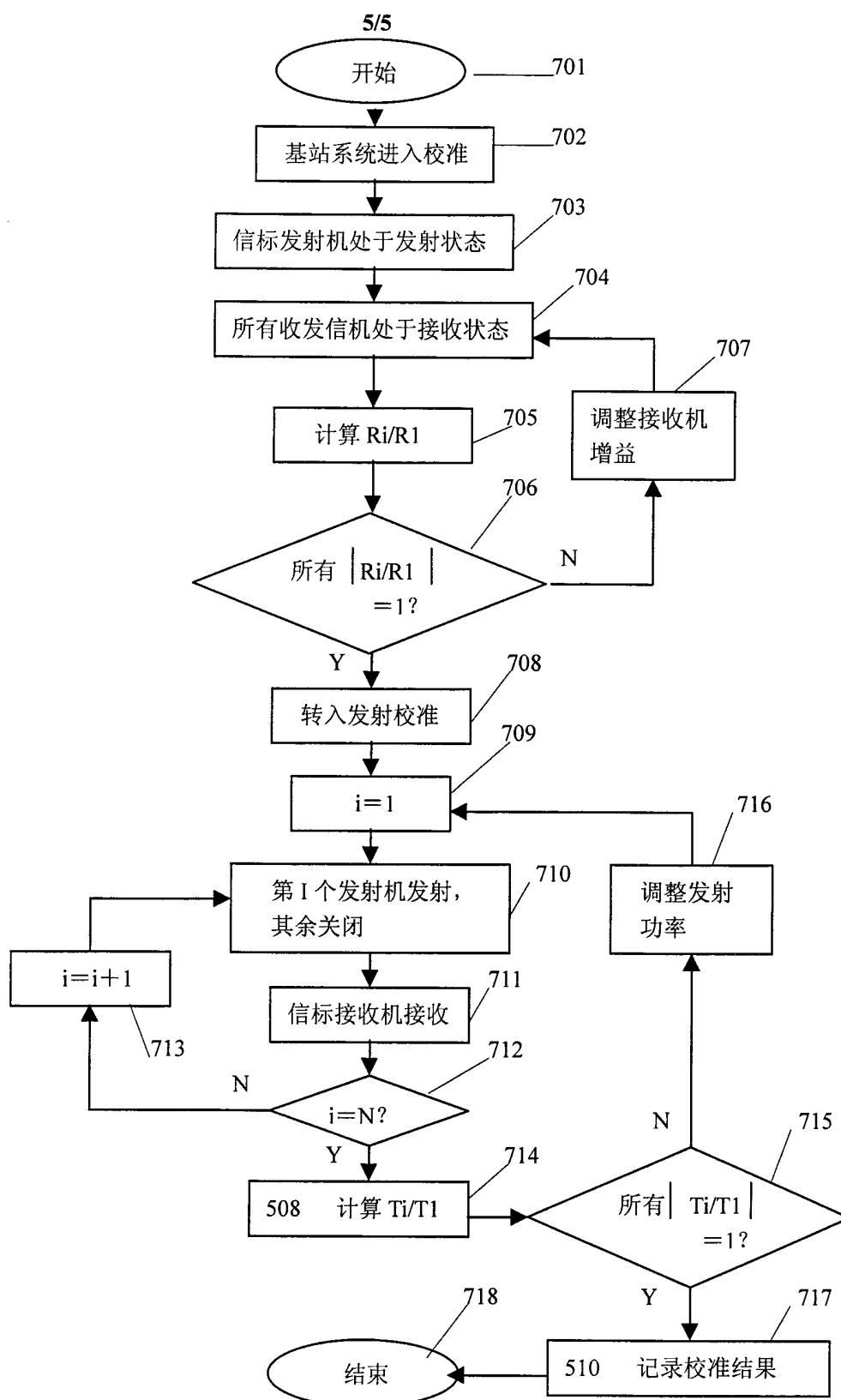


图 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN00/00178

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC⁷ H01Q3/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC⁷ H01Q3/26 G01S13/74

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

CN

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPODOC WPI PAJ CPOPAT

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US5546090 (ARRAYCOMM INC) 13.Aug.1996 (13.08.1996) Fig.4,6,7and	1,2,9-11
Y	relating description	13,14
Y	WO95/34103(TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON) 14.Dec.1995 (14.12.1995) Fig2-5, description page 6	13,14
A	WO97/44920(MOTOROLA LTD.) 27.Nov.1997 (27.11.1997) See whole document	1-14
A	EP415574(GEC-MARCONI LTD.) 06. Mar. 1991 年 (06.03.1991) See whole document	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim (S) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28.Sep.2000(15.09.2000)

Date of mailing of the international search report

19 OCT 2000 (19.10.00)

Name and mailing address of the ISA/CN

6 Xitucheng Rd., Jimen Bridge, Haidian District,
100088 Beijing, China

Facsimile No. 86-10-62019451

Authorized officer

Wang Wei

Telephone No. 86-10-62093372



INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN00/00178

Patent Document Cited in Search Report	Publication Date	Patent Family Member(s)	Publication Date
US5546090	13.08.1996	none	
WO95/34103	14.12.1995	MX9605934	14. 12. 1997
		AU2583695	04. 01. 1996
		FI9604654	21. 11. 1996
		EP763266	19. 03. 1997
		JP10503892T	07. 04. 1998
		BR9507801	26. 05. 1998
		KR97703625	03. 07. 1997
WO97/44920	27.11.1997	JP11510981T	21.09.1999
		EP840961	13.05.1998
		CN1194741	30.09.1998
EP415574	06.03.1991	GB2236431	03.04.1991
		AU6138890	07.03.1991
		JP3143105	18.06.1991
		CA2023442	01.03.1991
		US5235342	10.08.1993

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN00/00178

A. 主题的分类

IPC⁷ H01Q3/26

按照国际专利分类表(IPC)或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类体系和分类号)

IPC⁷ H01Q3/26 G01S13/74

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

CN

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称和, 如果实际可行的, 使用的检索词)

EPODOC WPI PAJ CPOPAT

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求编号
X	US5546090 (ARRAYCOMM INC) 13.8 月 1996 (13.08.1996) 图 4,6,7 及	1,2,9-11
Y	相关说明	13,14
Y	WO95/34103(TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON) 14.12 月 1995 (14.12.1995) 图 2-5, 说明书第 6 页	13,14
A	WO97/44920(MOTOROLA LTD.) 27.11 月 1997 (27.11.1997) 全文及附图	1-14
A	EP415574(GEC-MARCONI LTD.) 06.3 月 1991 年 (06.03.1991) 全文及附图	1-14



其余文件在 C 栏的续页中列出。



见同族专利附件。

* 引用文件的专用类型:

“A” 明确叙述了被认为不是特别相关的一般现有技术的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先的申请或专利

“L” 可能引起对优先权要求的怀疑的文件, 为确定另一篇
引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引
用的文件

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布的在后文件, 它与申请不相
抵触, 但是引用它是为了理解构成发明基础的理论或原理“X” 特别相关的文件, 仅仅考虑该文件, 权利要求所记载的
发明就不能认为是新颖的或不能认为是有创造性“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件
结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时,
权利要求记载的发明不具有创造性

“&” 同族专利成员的文件

国际检索实际完成的日期

28.9 月.2000 (28.09.2000)

国际检索报告邮寄日期

19.10月2000(19.10.00)

国际检索单位名称和邮寄地址

ISA/CN

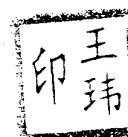
中国北京市海淀区西土城路 6 号(100088)

传真号: 86-10-62019451

授权官员

王 玮

电话号码: 86-10-62093372



国际检索报告
关于同族专利成员的情报

国际申请号
PCT/CN00/00178

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利成员	公布日期
US5546090	13.08.1996	无	
WO95/34103	14.12.1995	MX9605934	14. 12. 1997
		AU2583695	04. 01. 1996
		FI9604654	21. 11. 1996
		EP763266	19. 03 1997
		JP10503892T	07. 04 1998
		BR9507801	26. 05. 1998
		KR97703625	03. 07. 1997
WO97/44920	27.11.1997	JP11510981T	21.09.1999
		EP840961	13.05.1998
		CN1194741	30.09.1998
EP415574	06.03.1991	GB2236431	03.04.1991
		AU6138890	07.03.1991
		JP3143105	18.06.1991
		CA2023442	01.03.1991
		US5235342	10.08.1993