

(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
2014 年 9 月 25 日 (25.09.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/146435 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04W 56/00 (2009.01) H04B 7/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2013/086813
- (22) 国际申请日: 2013 年 11 月 10 日 (10.11.2013)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201310085314.1 2013 年 3 月 18 日 (18.03.2013) CN
- (71) 申请人: 深圳大学 (SHENZHEN UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号信工学院 8 楼谢宁, Guangdong 518060 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人 (仅对美国): 谢宁 (XIE, Ning) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号信工学院 8 楼, Guangdong 518060 (CN)。王晖 (WANG, Hui) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号信工学院 8 楼, Guangdong 518060 (CN)。林晓辉 (LIN, Xiaohui) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号信工学院 8 楼, Guangdong 518060

(CN)。曾捷 (ZENG, Jie) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区南海大道 3688 号信工学院 8 楼, Guangdong 518060 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

[见续页]

(54) Title: DISTRIBUTED BEAMFORMING SYSTEM AND CARRIER SYNCHRONIZATION METHOD OF TRANSMITTING ANTENNAS AT SOURCE END THEREOF

(54) 发明名称: 分布式波束合成系统及其源端各发送天线的载波同步方法

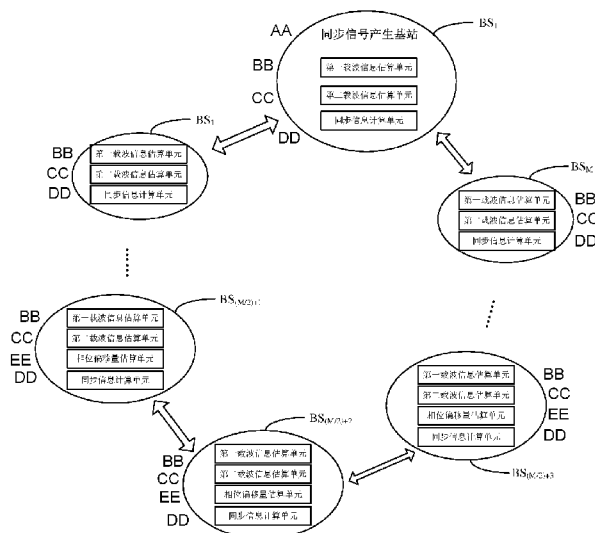


图 5 / FIG. 5

AA SYNCHRONIZATION SIGNAL GENERATION BASE STATION
BB FIRST CARRIER INFORMATION ESTIMATION UNIT
CC SECOND CARRIER INFORMATION ESTIMATION UNIT
DD SYNCHRONIZATION INFORMATION CALCULATION UNIT
EE PHASE SHIFT CALCULATION UNIT

(57) Abstract: The present invention is applicable to the technical field of wireless communications, and provides a distributed beamforming system and a carrier synchronization method of transmitting antennas at a source end thereof. In the present invention, transmitting antennas at a source end can accurately control timeslots, and can estimate frequencies and phases on received signals, and can estimate phase shift information caused by channel time delay. In the present invention, a broadcasting characteristic of a wireless link is fully utilized, and accurate synchronization of carrier frequencies and phases of a distributed beamforming system is implemented by using accurate timeslot control and channel estimation. Compared with the conventional carrier synchronization method, the present invention greatly reduces the synchronization overhead, and time slots needed for synchronization is decreased to from $2M-1$ to M (M being the number of source-end base stations), thereby increasing the effective communications time of the system.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2014/146435 A1



本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

本发明适用于无线通信技术领域，提供了一种分布式波束合成系统及其源端各发送天线的载波同步方法，本发明中源端的发送天线能够实现精确的时隙控制，且能够对接收信号进行频率和相位估算，并对信道延时造成的相位偏移信息进行估算。本发明充分利用了无线链路的广播特性，通过精确地时隙控制以及信道估算来实现分布式波束合成系统的载波频率和相位上的精确同步，与传统载波同步方法相比，本发明大大减少了同步开销，使同步所需时隙从 $2M-1$ 降低到 M （其中 M 为源端基站个数），从而增加了系统的有效通信时间。

发明名称: 分布式波束合成系统及其源端各发送天线的载波同步方法

技术领域

Technical Field

- [1] 本发明属于无线通信技术领域，尤其涉及一种分布式波束合成系统及其源端各发送天线的载波同步方法。

背景技术

Background Art

- [2] 分布式波束合成技术是一种能够显著提高系统功率效率的无线通信技术，它把分布在多个小区的独立的天线组成虚拟的天线阵（其中每个天线都有各自的晶体振荡器，且只知道自己的本地时间），天线阵中的每个天线向目的节点发送相同的信号，这些信号在目的节点相干合并。由于虚拟天线阵的可扩展性和稳健性，使得分布式波束合成技术相对于传统天线阵能够获得更高的定向传输特性，相对于单天线系统能够获得更大的接收信噪比(Signal Noise Ratio, SNR)增益，其应用涉及多小区协作网络、多用户无线通信系统、无线传感器网络(Wireless Sensor Network, WSN)、正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM)-多入多出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)、3G 长期演进(Long Term Evolution, LTE)等众多领域。但是由于网络中源节点的异构性，即每个源节点都有独立的本地振荡器、源节点的位置以及信道传输状态的差异，使得各个源节点的信号到达目的节点时产生相位偏移，破坏信号的合并重组，因此，源端必须对发送载波进行同步处理。
- [3] 源端载波同步是分布式波束合成中的关键技术，载波同步与否决定目的端接收性能的好坏，同步占用时间越少系统性能越好。现有技术中适用于分布式波束合成技术、并对载波进行同步的开环方法主要有基于时分双工的往返载波同步法和双向载波同步法。前一种方法把接收到的上行信号在发送端基站中往返传

输，以此来估计每个基站的相位信息实现同步，这种方法的缺点主要有（1）占用的时隙较多，对于 M 根天线组成的系统需要 $2M-1$ 个时隙实现所有基站同步，（2）这种方法只能实现载波相位的同步，不能实现载波频率的精确同步，（3）这种方法在天线发送信号之前不能实现同步，必须在接收完来自目的端的上行信号后才能开始同步，增大了系统的延时；后一种方法利用同步信号在基站间的分时双向传输来估算接收信号相位，从而实现基站的载波同步，但这种方法占用的时隙数较多，对于 M 根天线组成的系统需要 $2M-2$ 个时隙实现所有基站同步。

对发明的公开

技术问题

Technical Problem

- [4] 本发明所要解决的第一个技术问题在于提供一种分布式波束合成系统的源端各发送天线的载波同步方法，旨在实现源端各发送天线的载波的相位、频率同步并减少同步占用的时隙开销。

问题的解决方案

Technical Solution

- [5] 本发明是这样实现的，一种分布式波束合成系统的源端各发送天线的载波同步方法，所述分布式波束合成系统包括源端和目的端，所述源端具有多个基站，每个基站仅覆盖其两侧相邻的基站，所述多个基站中包括同步信号产生基站；所述载波同步方法包括下述步骤：
- [6] 步骤A，同步信号产生基站在第一时隙初始化同步信号并向其两侧相邻的基站广播所述同步信号，同时中间基站估算与其两侧相邻基站之间的信道的相位偏移量；所述中间基站为距离所述同步信号产生基站最远的基站；
- [7] 步骤B，所述同步信号产生基站与中间基站之间具有两条信号传递路径，所述同步信号产生基站的两侧相邻的基站分别沿所述两条信号传递路径按照每个时隙传递一站的方式、将所述同步信号正向广播传递至中间基站，并且在整个正向广播传递过程中，与同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到

的同步信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第一载波估算信息；

- [8] 步骤C，中间基站将所述两条信号传递路径上传递过来的同步信号进行叠加，然后将叠加后的同步信号再分别沿所述两条信号传递路径逆向传递，中间基站两侧相邻的基站从所述叠加后的同步信号中提取出对方路径传递过来的信号，并根据所提取的信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；然后中间基站两侧相邻的基站将提取的信号逆向传递至所述同步信号产生基站，传递过程中与同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到的提取信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；
- [9] 步骤D，中间基站两侧的基站根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息、所述相位偏移量来计算同步后的载波信息，其余基站根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息来计算同步后的载波信息。
- [10] 本发明所要解决的第二个技术问题在于提供一种分布式波束合成系统，包括源端和目的端，所述源端具有多个基站，每个基站仅覆盖其两侧相邻的基站；
- [11] 所述多个基站中包括同步信号产生基站，所述同步信号产生基站用于在第一时隙初始化同步信号并向其两侧相邻的基站广播所述同步信号；所述同步信号产生基站与中间基站之间具有两条信号传递路径，所述中间基站为距离所述同步信号产生基站最远的基站；所述同步信号产生基站的两侧相邻的基站分别沿所述两条信号传递路径按照每个时隙传递一站的方式、将所述同步信号正向广播传递至中间基站；而中间基站用于将所述两条信号传递路径上传递过来的同步信号进行叠加，然后将叠加后的同步信号再分别沿所述两条信号传递路径逆向传递至所述同步信号产生基站；
- [12] 在中间基站及其两侧相邻的基站中均包括一相位偏移量估算单元；所述相位偏移量估算单元用于在所述同步信号产生基站开始广播时，估算中间基站与其两侧相邻基站之间的信道的相位偏移量；
- [13] 每个基站中均包括一第一载波信息估算单元、第二载波信息估算单元和同步信息计算单元；所述第一载波信息估算单元用于在整个正向广播传递过程中，与

同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到的同步信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第一载波估算信息；中间基站两侧相邻的基站中的第二载波信息估算单元用于从所述叠加后的同步信号中提取出对方路径传递过来的信号,并根据所提取的信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息;然后中间基站两侧相邻的基站将提取的信号逆向传递至所述同步信号产生基站,传递过程中与同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到的提取信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；

- [14] 中间基站两侧的基站中的同步信息计算单元用于根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息、所述相位偏移量来计算同步后的载波信息，其余基站中的同步信息计算单元根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息来计算同步后的载波信息。

发明的有益效果

Advantageous Effects

- [15] 本发明充分利用了无线链路的广播特性，通过精确地时隙控制以及信道估算来实现分布式波束合成系统的载波频率和相位上的精确同步，与传统载波同步方法相比，本发明大大减少了同步开销，使同步所需时隙从 $2M-1$ 降低到 M （其中 M 为源端基站个数），从而增加了系统的有效通信时间。

对附图的简要说明

Description of Drawings

- [16] 图1是本发明提供的分布式波束合成系统中源端有奇数个环形结构的基站时的信号流向示意图；
- [17] 图2是本发明提供的分布式波束合成系统中源端有偶数个环形结构的基站时的信号流向示意图；
- [18] 图3是本发明提供的分布式波束合成系统中源端有奇数个线性结构的基站时的信号流向示意图；
- [19] 图4是本发明提供的分布式波束合成系统中源端有偶数个线性结构的基站时的信号流向示意图；

[20] 图5是本发明提供的分布式波束合成系统的架构原理图。

发明实施例

Mode for Invention

[21]

[22] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

[23] 本发明提供的分布式波束合成系统中，源端的每个基站至少具有一天线，且每个天线在各自的覆盖区域中提供服务并拥有各自的晶体振荡器，每个天线都使用各自的本地时间接收信号和处理信号，能够实现精确的时隙控制，并对接收信号进行频率和相位以及信道延时造成的相位偏移信息进行估算。

[24] 本发明中，源端的每个基站仅覆盖其两侧相邻的基站，具体可以通过设置合适的信号发送距离来实现，并且在多个基站中包括同步信号产生基站，此同步信号产生基站可以为一个（如环形结构），也可以为两个（如线性结构），具体见下文内容。

[25] 本发明提供的载波通方法包括以下步骤：

[26] 步骤A，同步信号产生基站在第一时隙初始化同步信号并向其两侧相邻的基站广播同步信号，同时中间基站估算与其两侧相邻基站之间的信道的相位偏移量。

[27] 其中，中间基站为距离所述同步信号产生基站最远的基站，当源端有奇数个基站时，距离同步信号产生基站有两个最远的基站，其中任意一个均可作为中间基站。假设对M个基站组成的系统中的基站进行编号，依次为BS₁、BS₂、...、BS_M，某一时隙，任意基站（假设BS₁）初始化同步信号并向周围广播此同步信号，此同步信号只能被它相邻的两个基站接收。这样，同步信号产生基站与其最远的基站之间具有两条信号传递路径，同步信号产生基站的两侧相邻的基站可沿两条信号传递路径将同步信号正向广播传递至中间基站，在传递过程中，下一基站接收到的同步信号是上一基站发送的同步信号的周期延拓，具体表现在相位会有所延迟，而频率则基本维持不变。

- [28] 因为本方法利用的是无线链路的广播特性，在同步信号处理过程中，会出现两个基站广播的同步信号同时到达中间基站的情况。此时的处理方法是，涉及到的这三个基站估算出与自己相邻基站间，由于信道延时造成的相位偏移信息，广播出同步信号的两个基站在接收到中间基站广播回传的同步信号后，用此接收信号减去各自处理后的同步信号，这个处理后的同步信号是，用前一时隙广播出去的同步信号相位加上信道延时相位作为新相位的信号，中间基站做类似处理。根据基站数量的奇偶性，需要进行信道估算的基站数不同，则信道估算占用的时隙数也不同。对于基站数量大于6的情况，可以利用最初广播同步信号的时隙进行信道估算，从而减少整个同步过程所占用的时隙数；对于基站数不大于6的情况，为了避免干扰则需要额外的时隙用于信道估算。当基站数为M时，根据具体的M值不同，需要的时隙数分别为：（1） $M > 6$ ，需要M个时隙实现同步，（2） $M \leq 6$ ，近似需要 $M + 1$ 个时隙实现同步。
- [29] 步骤B，同步信号产生基站与其最远的基站之间具有两条信号传递路径，同步信号产生基站的两侧相邻的基站分别沿两条信号传递路径按照每个时隙传递一站的方式、将同步信号正向广播传递至中间基站，并且在整个正向广播传递过程中，每个基站均根据接收到的同步信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第一载波估算信息。
- [30] 如上文，某一时隙，任意基站（假设BS1）初始化同步信号并向周围广播此同步信号，此同步信号只能被它相邻的两个基站接收，并用于估算各自的载波频率和相位信息，此时，其他基站忽略此信号，在下一时隙，这两个基站把前一时隙接收到的同步信号广播转发出去，被各自相邻的基站接收，并用于载波信息估计。这个同步信号将沿着路径BS₁，BS₂，...，BS_{M/2}和路径BS_M，BS_{M-1}，...，BS_{M/2}同时传递，直到到达中间节点，此时沿着信号传递路径方向上的基站利用接收到的同步信号，估算载波的频率和相位信息，从而得到第一载波估算信息，而在信号传递路径相反方向上的基站则直接忽略接收到的同步信号。
- [31] 步骤C，中间基站将两条信号传递路径上传递过来的同步信号进行叠加，然后将叠加后的同步信号再分别沿两条信号传递路径逆向传递至同步信号产生基站，并且在整个逆向广播传递过程中，每个基站均根据接收到的叠加后的同步信

号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息。

[32] 当同步信号广播传递至中间节点后，中间节点把来自两条路径上的同步信号的总和广播传递出去，此信号经中间节点的相邻节点接收、处理后，再沿着相反的路径同时传递，直到同步信号再次广播回传到初始发送的基站为止，与之前类似，沿着信号传递路径方向上的基站利用接收到的同步信号，估算载波的频率和相位信息，从而得到第二载波估算信息，而在信号传递路径相反方向上的基站则直接忽略接收到的同步信号。

[33] 步骤D，中间基站两侧的基站根据第一载波估算信息、第二载波估算信息、相位偏移量来计算同步后的载波信息，其余基站根据第一载波估算信息、第二载波估算信息来计算同步后的载波信息。

[34] 这时，每个基站都有第一载波估算信息、第二载波估算信息（初始发送同步信号的基站只有一组频率和相位估算信息，另一组频率和相位信息是初始发送时的频率和相位），而中间的两个基站还具有相位估算信息，每个基站把两个频率相加作为同步后的频率，相位相加作为同步后的相位，从而实现系统中所有基站的载波同步。

[35] 进一步地，对于中间基站及其两侧相邻的基站，还需多一个信道估算过程，根据源端基站个数的奇偶来执行下述步骤C1或C2：

[36] 步骤C1，当源端基站个数为奇数时，对于中间基站两侧相邻的基站中的一个，在接收到中间基站发送过来的叠加后的同步信号后，将所述叠加后的同步信号作为被减数、延迟了2倍所述相位偏移量的上一时隙接收到的信号作为减数做差，然后根据差值进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；

[37] 步骤C2，当源端基站个数为偶数时，对于中间基站两侧相邻的基站中的一个，在接收到中间基站发送过来的叠加后的同步信号后，将所述叠加后的同步信号作为被减数、延迟了2倍所述相位偏移量的上一时隙接收到的信号作为减数做差，然后根据差值进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；然后中间基站两侧相邻的基站把各自提取处理后的信号分开

不同时隙广播出去，中间基站对此时接收到的两个提取的信号进行载波信息估算得到两个相位估算值和两个频率估算值，利用两个相位估算值分别减去对应的所述相位偏移量作为其第一和第二载波相位估算信息，频率估算值为第一和第二载波频率估算信息。

[38] 进一步地，步骤D具体为，所有基站将第一载波估算信息中的频率和第二载波估算信息中的频率相加作为同步后的载波频率，将第一载波估算信息中的相位和第二载波估算信息中的相位相加作为同步后的载波频率。

[39] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面以三个实施例、四种情况进行描述。

[40] 实施例一：源端的奇数个基站形成一闭环结构，同步信号产生基站为闭环结构中的任意一个基站，如图1所示。步骤A具体包括以下步骤：步骤A1，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量。图1中，实线表示同步信号在各基站间的传递过程，每一次传递的信号都是前一时隙信号的周期延拓，虚线表示信道估算的过程，此时需要一个时隙 TS_i 用于信道估算（分别是基站 $BS_{[M/2]+1}$ 估算 $BS_{[M/2]+1}$ 与 $BS_{[M/2]+2}$ 之间的信道相位， $BS_{[M/2]+3}$ 估算 $BS_{[M/2]+3}$ 与 $BS_{[M/2]+2}$ 之间的信道相位），这里 TS_i 表示第 i 个时隙， BS_i 表示第 i 个基站，符号' $[]$ '表示取整，下同。

[41] 实施例二：源端的偶数个基站形成一闭环结构，同步信号产生基站为闭环结构中的任意一个基站，如图2所示。步骤A具体包括以下步骤：步骤A2，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量；在第二时隙，中间基站估算其与一侧的相邻基站之间的信道的相位偏移量；在逆向广播传递的最后一个时隙，中间基站估算其与另一侧的相邻基站之间的信道的相位偏移量。图2中，实线表示同步信号在各基站间的传递过程，每一次传递的信号都是前一时隙信号的周期延拓，虚线表示信道估计的过程，此时需要三个时隙用于信道估算（在 TS_1 时隙， $BS_{M/2}$ 、 $BS_{M/2+2}$ 估算各自与 $BS_{M/2+1}$ 之间的信道相位；在 TS_2 时隙， $BS_{M/2+1}$ 估算其与 $BS_{M/2+2}$ 之间的信道相位；在 TS_M 时隙， $BS_{M/2+1}$ 估算其与 $BS_{M/2}$ 之间的信道相位）。

[42] 实施例三：源端的多个基站可形成一线性结构，同步信号产生基站为线性结构

的两端的基站，此时可以是图3所示的奇数个基站，也可以是图4所示的偶数个基站，与环形结构不同的是，两端的同步信号产生基站所产生的同步信号可以相同也可以不同。步骤A具体包括以下步骤：步骤A3，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量。对于图3的情况，细实线表示同步信号在各基站间的传递过程，每一次传递的信号都是前一时间隙信号的周期延拓，粗实线表示信道估算的过程，此时需要一个时隙 TS_1 用于信道估算（分别是基站 $BS_{[M/2]}$ 估算 $BS_{[M/2]}$ 与 $BS_{[M/2]+1}$ 之间的信道相位， $BS_{[M/2]+2}$ 估算 $BS_{[M/2]+2}$ 与 $BS_{[M/2]+1}$ 之间的信道相位），虚线表示基站 $BS_{[M/2]}$ 与 $BS_{[M/2]+2}$ 分开两个时隙想周围广播传递同步信号，当一个基站广播信号时，另一个基站处于侦听状态但不做任何处理，从而避免了信号同时到达中间节点。对于图4的情况，细实线表示同步信号在各基站间的传递过程，每一次传递的信号都是前一时间隙信号的周期延拓，粗实线表示信道估算的过程，此时需要一个时隙 TS_1 用于信道估算（分别是基站 $BS_{[M/2]}$ 估算 $BS_{[M/2]}$ 与 $BS_{[M/2]+1}$ 之间的信道相位， $BS_{[M/2]+2}$ 估算 $BS_{[M/2]+2}$ 与 $BS_{[M/2]+1}$ 之间的信道相位），虚线表示中间基站分别接收来自相邻的两个基站的同步信号。

[43] 需要注意的是，对于线性奇数的情况，当基站线性分布时， BS_1 、 BS_M 同时初始化同步信号，并向周围空间广播，这两个同步信号的频率和相位不一定是相等的，而当基站环形分布时，只有基站 BS_1 初始化同步信号，并向周围空间广播，即中间基站的两侧相邻基站分别在两个不同时间隙进行同步信号的广播传递。

[44] 综上，本发明充分利用了无线链路的广播特性，通过精确地时间隙控制以及信道估算来实现分布式波束合成系统的载波频率和相位上的精确同步，其原理实质是将同步信号的传播路径分为两条，然后将两条路径上基站分别记录保存对方路径的相位延迟信息，通过同步信号在基站之间传递的方式交换基站的本地时间信息，从而实现系统载波的全局同步。系统载波实现全局同步后，每个基站用同步后的相位减去上行链路信号相位，这个差值作为下行信号的相位，而同步后的频率减去上行链路信号频率，这个差值作为下行信号的频率（一般同步后的频率近似上行信号频率的2倍），这样当下行信号到达终端时，总是同步的。与传统载波同步方法相比，本发明大大减少了同步开销，使同步所需时间隙从2

M-1降低到M（其中M为源端基站个数），从而增加了系统的有效通信时间。

[45] 图5示出了本发明提供的分布式波束合成系统的结构原理，为了便于描述，仅示出了与本发明相关的部分。图5仅以源端奇数个环形排列的基站为例进行描述，应当理解，其余偶数个环形排列的基站，以及奇、偶个线性排列的基站原理相同。

[46] 参照图5，本分布式波束合成系统包括源端和目的端，源端具有多个基站 BS_1 至 BS_M ，每个基站仅覆盖其两侧相邻的基站。多个基站中包括同步信号产生基站 BS_1 ，同步信号产生基站 BS_1 用于在第一时间隙初始化同步信号并向其两侧相邻的基站广播同步信号；同步信号产生基站 BS_1 与其最远的基站 $BS_{(M/2)+2}$ 之间具有两条信号传递路径，同步信号产生基站 BS_1 的两侧相邻的基站 BS_2 和 BS_M 分别沿两条信号传递路径按照每个时隙传递一站的方式、将同步信号正向广播传递至中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ ；而中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 用于将两条信号传递路径上传递过来的同步信号进行叠加，然后将叠加后的同步信号再分别沿两条信号传递路径逆向传递至同步信号产生基站 BS_1 。

[47] 在中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 及其两侧相邻的基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 中均包括一相位偏移量估算单元；相位偏移量估算单元用于在同步信号产生基站开始广播时，估算中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 及其两侧相邻的基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 之间的信道的相位偏移量；

[48] 每个基站中均包括一第一载波信息估算单元、第二载波信息估算单元和同步信息计算单元；第一载波信息估算单元用于在整个正向广播传递过程中，每个基站均根据接收到的同步信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第一载波估算信息；第二载波信息估算单元用于在整个逆向广播传递过程中，每个基站均根据接收到的叠加后的同步信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；距离同步信号产生基站 BS_1 最远的基站 $BS_{(M/2)+2}$ 的两侧的基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 中的同步信息计算单元用于根据第一载波估算信息、第二载波估算信息、相位偏移量来计算同步后的载波信息，其余基站中的同步信息计算单元根据第一载波估算信息、第二载波估算信息来计算同步后的载波信息。

- [49] 进一步地，源端的多个基站可形成一闭环结构，同步信号产生基站为闭环结构中的任意一个基站。当源端的基站个数为奇数时，在第一时间隙，中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 的两侧相邻基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 中的相位偏移量估算单元，分别估算与中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 之间的信道的相位偏移量。当源端的基站个数为偶数时，在第一时间隙，中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 的两侧相邻基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 中的相位偏移量估算单元，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量；在第二时间隙，中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 中的相位偏移量估算单元估算其与一侧的相邻基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 之间的信道的相位偏移量；在逆向广播传递的最后一个时间隙，中间基站中的相位偏移量估算单元估算其与另一侧的相邻基站之间的信道的相位偏移量。
- [50] 进一步地，源端的多个基站可形成一线性结构，同步信号产生基站为线性结构的两端的基站；在第一时间隙，中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 的两侧相邻基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 中的相位偏移量估算单元，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量。
- [51] 进一步地，当源端的基站个数为奇数时，中间基站 $BS_{(M/2)+2}$ 的两侧相邻基站 $BS_{(M/2)+1}$ 和 $BS_{(M/2)+3}$ 分别在两个不同时间隙进行同步信号的广播传递。
- [52] 进一步地，所有基站中的同步信息计算单元用于将第一载波估算信息中的频率和第二载波估算信息中的频率相加作为同步后的载波频率，将第一载波估算信息中的相位和第二载波估算信息中的相位相加作为同步后的载波频率。
- [53] 本发明适用于无线通信技术领域，特别是涉及分布式时分双工系统、多小区通信系统、协作通信系统、分布式adhoc/mesh网络等的载波同步。
- [54] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

[权利要求 1]

一种分布式波束合成系统的源端各发送天线的载波同步方法，其特征在于，所述分布式波束合成系统包括源端和目的端，所述源端具有多个基站，每个基站仅覆盖其两侧相邻的基站，所述多个基站中包括同步信号产生基站；所述载波同步方法包括下述步骤：

步骤A，同步信号产生基站在第一时隙初始化同步信号并向其两侧相邻的基站广播所述同步信号，同时中间基站估算与其两侧相邻基站之间的信道的相位偏移量；所述中间基站为距离所述同步信号产生基站最远的基站；

步骤B，所述同步信号产生基站与中间基站之间具有两条信号传递路径，所述同步信号产生基站的两侧相邻的基站分别沿所述两条信号传递路径按照每个时隙传递一站的方式、将所述同步信号正向广播传递至中间基站，并且在整个正向广播传递过程中，与同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到的同步信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第一载波估算信息；

步骤C，中间基站将所述两条信号传递路径上传递过来的同步信号进行叠加，然后将叠加后的同步信号再分别沿所述两条信号传递路径逆向传递，中间基站两侧相邻的基站从所述叠加后的同步信号中提取出对方路径传递过来的信号，并根据所提取的信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；然后中间基站两侧相邻的基站将提取的信号逆向传递至所述同步信号产生基站，传递过程中与同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到的提取信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；

步骤D，中间基站两侧的基站根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息、所述相位偏移量来计算同步后的载波信息，其余基

站根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息来计算同步后的载波信息。

[权利要求 2]

如权利要求1所述的载波同步方法，其特征在于，所述源端的多个基站可形成一闭环结构，所述同步信号产生基站为闭环结构中的任意一个基站；

当源端的基站个数为奇数时，步骤A具体包括以下步骤：步骤A1，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量；

当源端的基站个数为偶数时，步骤A具体包括以下步骤：步骤A2，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量；在第二时间隙，中间基站估算其与一侧的相邻基站之间的信道的相位偏移量；在所述逆向广播传递的最后一个时间隙，中间基站估算其与另一侧的相邻基站之间的信道的相位偏移量。

[权利要求 3]

如权利要求1所述的载波同步方法，其特征在于，所述源端的多个基站可形成一线性结构，所述同步信号产生基站为线性结构的两端的基站；

步骤A具体包括以下步骤：步骤A3，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量。

[权利要求 4]

如权利要求3所述的载波同步方法，其特征在于，当源端的基站个数为奇数时，中间基站的两侧相邻基站分别在两个不同时间隙进行同步信号的广播传递。

[权利要求 5]

如权利要求1所述的载波同步方法，其特征在于，所述步骤C包括下述步骤C1或C2：

步骤C1，当源端基站个数为奇数时，对于中间基站两侧相邻的基站中的一个，在接收到中间基站发送过来的叠加后的同步信号后，将所述叠加后的同步信号作为被减数、延迟了2倍所述相位偏移量的上一时间隙接收到的信号作为减数做差，然后根据差值进行载

波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；

步骤C2，当源端基站个数为偶数时，对于中间基站两侧相邻的基站中的一个，在接收到中间基站发送过来的叠加后的同步信号后，将所述叠加后的同步信号作为被减数、延迟了2倍所述相位偏移量的上一时隙接收到的信号作为减数做差，然后根据差值进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；然后中间基站两侧相邻的基站把各自提取处理后的信号分开不同时隙广播出去，中间基站对此时接收到的两个提取的信号进行载波信息估算得到两个相位估算值和两个频率估算值，利用两个相位估算值分别减去对应的所述相位偏移量作为其第一和第二载波相位估算信息，频率估算值为第一和第二载波频率估算信息。

[权利要求 6]

如权利要求1所述的载波同步方法，其特征在于，所述步骤D具体包括以下步骤：

步骤D1，所有基站将所述第一载波估算信息中的频率和第二载波估算信息中的频率相加作为同步后的载波频率，将所述第一载波估算信息中的相位和第二载波估算信息中的相位相加作为同步后的载波频率。

[权利要求 7]

一种分布式波束合成系统，包括源端和目的端，所述源端具有多个基站，每个基站仅覆盖其两侧相邻的基站；其特征在于：

所述多个基站中包括同步信号产生基站，所述同步信号产生基站用于在第一时间隙初始化同步信号并向其两侧相邻的基站广播所述同步信号；所述同步信号产生基站与中间基站之间具有两条信号传递路径，所述中间基站为距离所述同步信号产生基站最远的基站；所述同步信号产生基站的两侧相邻的基站分别沿所述两条信号传递路径按照每个时隙传递一站的方式、将所述同步信号正向广播传递至中间基站；而中间基站用于将所述两条信号传递路径

上传递过来的同步信号进行叠加，然后将叠加后的同步信号再分别沿所述两条信号传递路径逆向传递至所述同步信号产生基站；在中间基站及其两侧相邻的基站中均包括一相位偏移量估算单元；所述相位偏移量估算单元用于在所述同步信号产生基站开始广播时，估算中间基站与其两侧相邻基站之间的信道的相位偏移量；

每个基站中均包括一第一载波信息估算单元、第二载波信息估算单元和同步信息计算单元；所述第一载波信息估算单元用于在整个正向广播传递过程中，与同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到的同步信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第一载波估算信息；中间基站两侧相邻的基站中的第二载波信息估算单元用于从所述叠加后的同步信号中提取出对方路径传递过来的信号，并根据所提取的信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；然后中间基站两侧相邻的基站将提取的信号逆向传递至所述同步信号产生基站，传递过程中与同步信号传递路径相同方向上的每个基站均根据接收到的提取信号进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；

中间基站两侧的基站中的同步信息计算单元用于根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息、所述相位偏移量来计算同步后的载波信息，其余基站中的同步信息计算单元根据所述第一载波估算信息、第二载波估算信息来计算同步后的载波信息。

[权利要求 8]

如权利要求7所述的分布式波束合成系统，其特征在于，所述源端的多个基站可形成一闭环结构，所述同步信号产生基站为闭环结构中的任意一个基站；

当源端的基站个数为奇数时，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站中的相位偏移量估算单元，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量；

当源端的基站个数为偶数时，在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站中的相位偏移量估算单元，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量；在第二时间隙，中间基站中的相位偏移量估算单元估算其与一侧的相邻基站之间的信道的相位偏移量；在所述逆向广播传递的最后一个时间隙，中间基站中的相位偏移量估算单元估算其与另一侧的相邻基站之间的信道的相位偏移量。

[权利要求 9] 如权利要求7所述的分布式波束合成系统，其特征在于，所述源端的多个基站可形成一线性结构，所述同步信号产生基站为线性结构的两端的基站；

在第一时间隙，中间基站的两侧相邻基站中的相位偏移量估算单元，分别估算与中间基站之间的信道的相位偏移量。

[权利要求 10] 如权利要求9所述的分布式波束合成系统，其特征在于，当源端的基站个数为奇数时，中间基站的两侧相邻基站分别在两个不同时间隙进行同步信号的广播传递。

[权利要求 11] 如权利要求7所述的分布式波束合成系统，其特征在于，当源端基站个数为奇数时，对于中间基站两侧相邻的基站中的一个之中的第二载波信息估算单元，用于在接收到中间基站发送过来的叠加后的同步信号后，将所述叠加后的同步信号作为被减数、延迟了2倍所述相位偏移量的上一时间隙接收到的信号作为减数做差，然后根据差值进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；

当源端基站个数为偶数时，对于中间基站两侧相邻的基站中的一个之中的第二载波信息估算单元，用于在接收到中间基站发送过来的叠加后的同步信号后，将所述叠加后的同步信号作为被减数、延迟了2倍所述相位偏移量的上一时间隙接收到的信号作为减数做差，然后根据差值进行载波信息估算，得到各自的包含载波频率和相位信息的第二载波估算信息；然后中间基站两侧相邻的基站把各自提取处理后的信号分开不同时间隙广播出去，中间基站对此

时接收到的两个提取的信号进行载波信息估算得到两个相位估算值和两个频率估算值，利用两个相位估算值分别减去对应的所述相位偏移量作为其第一和第二载波相位估算信息，频率估算值为第一和第二载波频率估算信息。

[权利要求 12]

如权利要求7所述的分布式波束合成系统，其特征在于：所有基站将所述第一载波估算信息中的频率和第二载波估算信息中的频率相加作为同步后的载波频率，将所述第一载波估算信息中的相位和第二载波估算信息中的相位相加作为同步后的载波频率。

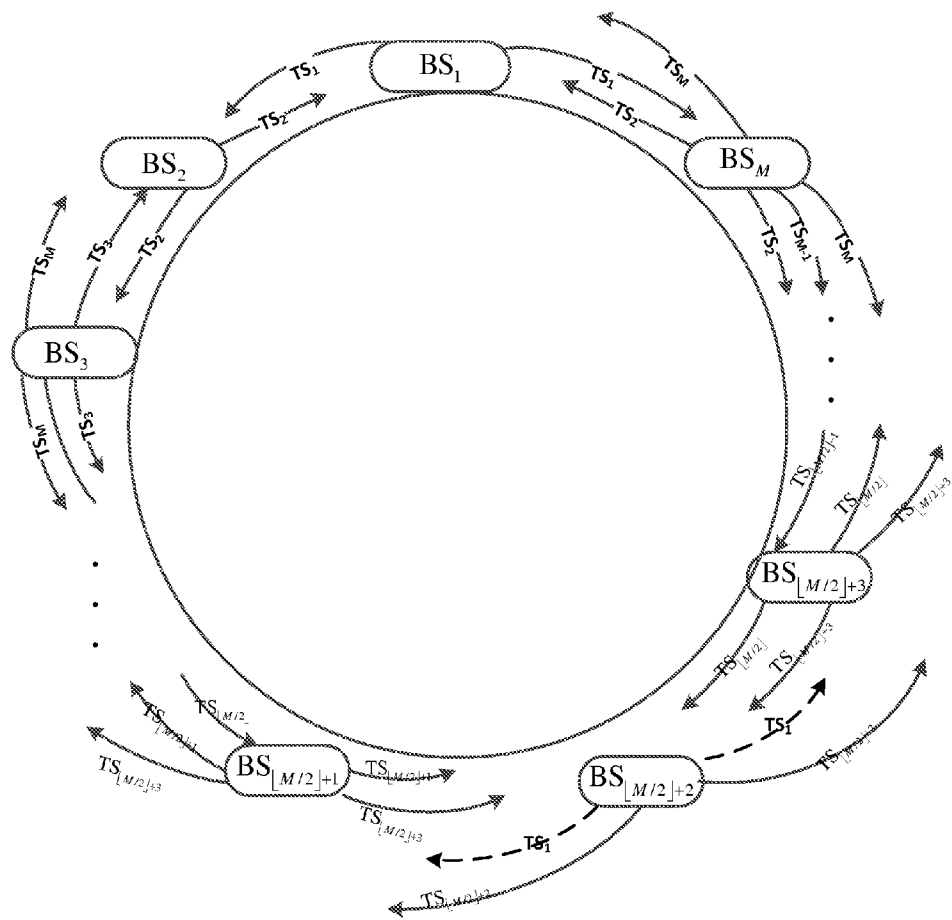


图 1

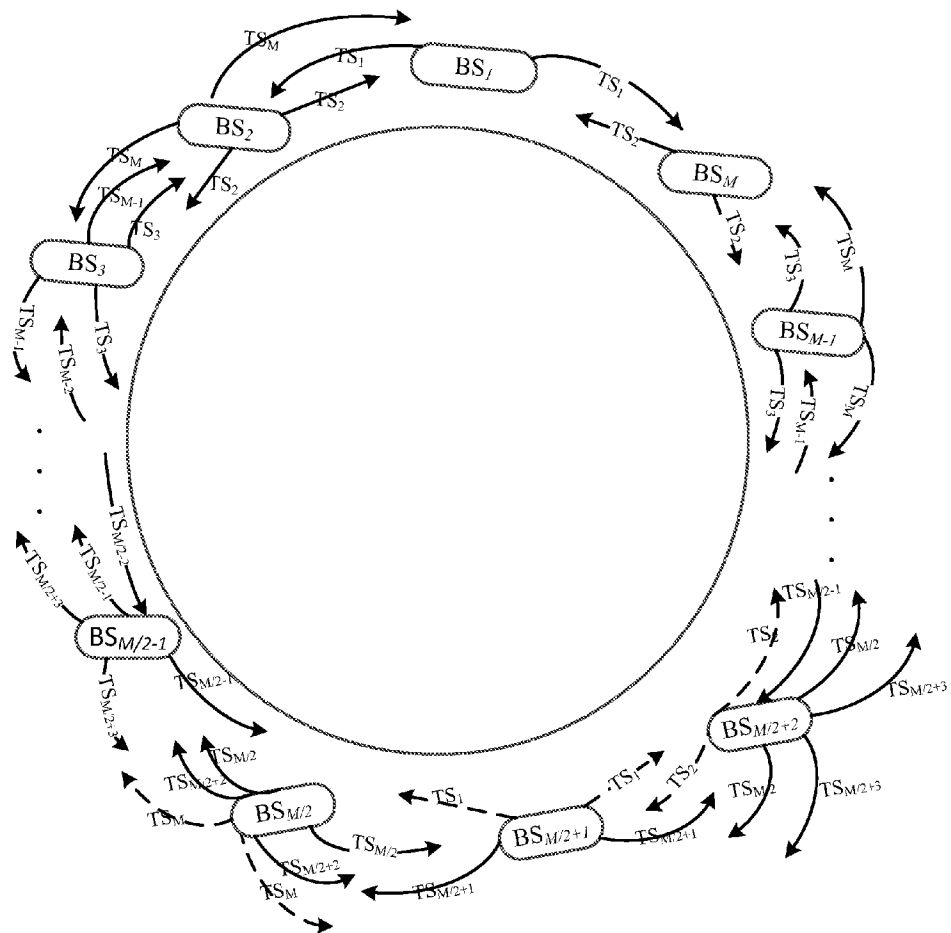


图 2

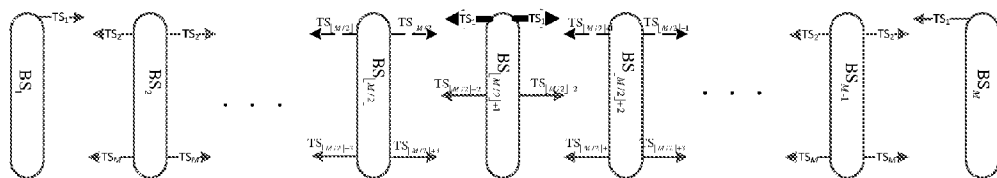


图 3

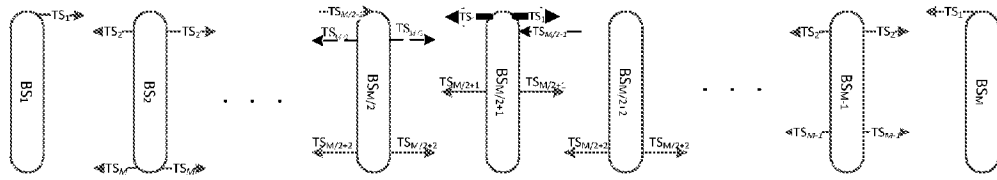


图 4

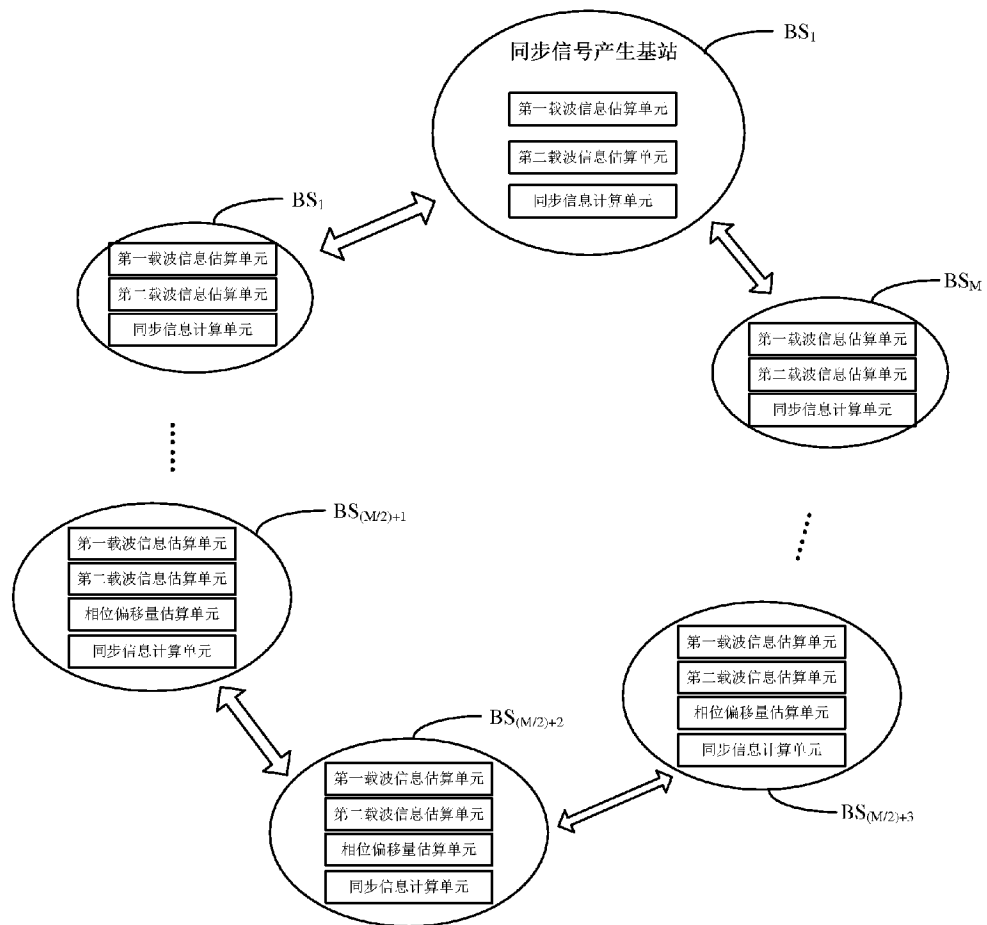


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/086813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

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)

IPC: H04W; H04B; H04L

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

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

CPRSABS, CNTXT, VEN, CNKI: phase offset, beam, add+, multiple aerial, MIMO, cell, coordinat+, cooperat+, base station, node?, Neighbor+, synchron+, path, estimate+, compute,

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 103152816 A (UNIV SHENZHEN) 12 June 2013 (12.06.2013) the whole document	1-12
A	CN 101626269 A (ZTE CORPORATION) 13 January 2010 (13.01.2010) the whole document	1-12
A	CN 102821455 A (BEIJING INST RADIO METROLOGY&MEASUREME) 12 December 2012 (12.12.2012) the whole document	1-12
A	EP 2369880 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 28 September 2011 (28.09.2011) the whole document	1-12

☐ 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
02 January 2014 (02.01.2014)

Date of mailing of the international search report
20 February 2014 (20.02.2014)

Name and mailing address of the ISA
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No. (86-10) 62019451

Authorized officer
WANG, Ran
Telephone No. (86-10) 62411390

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2013/086813

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 103152816 A	12.06.2013	None	
CN 101626269 A	13.01.2010	WO 2011020357 A1	24.02.2011
CN 102821455 A	12.12.2012	None	
EP 2369880 A1	28.09.2011	EP 2369880 B1	21.08.2013
		JP 2011199864 A	06.10.2011

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2013/086813

Continuation of: A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04W 56/00 (2009.01) i

H04B 7/02 (2006.01) i

国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2013/086813

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(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(标明分类系统和分类号)

IPC: H04W; H04B; H04L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CPRSABS, CNTXT, VEN, CNKI: 同步, 基站, 相邻, 邻近, 路径, 相位偏移, 估算, 估计, 波束, 叠加, 多天线 多输入多输出, 小区, 协作, 协同, base station, node?, Neighbor+, synchron+, path, estimate+, compute

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
PX	CN103152816A (深圳大学) 12.6 月 2013 (12.06.2013) 全文	1-12
A	CN101626269A (中兴通讯股份有限公司) 13.1 月 2010 (13.01.2010) 全文	1-12
A	CN102821455A (北京无线电计量测试研究所) 12.12 月 2012 (12.12.2012) 全文	1-12
A	EP2369880A1 (三菱电机株式会社) 28.9 月 2011 (28.09.2011) 全文	1-12

☐ 其余文件在 C 栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或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(如具体说明的)

“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, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“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, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期
02.1 月 2014 (02.01.2014)

国际检索报告邮寄日期
20.2 月 2014 (20.02.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:
中华人民共和国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088
传真号: (86-10)62019451

授权官员

王冉
电话号码: (86-10) **62411390**

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2013/086813

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN103152816A	12.06.2013	无	
CN101626269A	13.01.2010	WO2011020357A1	24.02.2011
CN102821455A	12.12.2012	无	
EP2369880A1	28.09.2011	EP2369880B1	21.08.2013
		JP2011199864A	06.10.2011

续： A. 主题的分类

H04W 56/00 (2009.01) i

H04B 7/02 (2006.01) i