

(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
2018 年 10 月 18 日 (18.10.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/188659 A1

(51) 国际专利分类号:
H04B 7/0413 (2017.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/083072

(22) 国际申请日: 2018 年 4 月 13 日 (13.04.2018)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201710245743.9 2017年4月14日 (14.04.2017) CN

(71) 申请人: 深圳市中兴微电子有限公司
(SANECHIPS TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN];
中国广东省深圳市南山区西丽街道留仙大道
中兴工业园, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 杨旭磊 (YANG, Xulei); 中国广东省深圳市南山区西丽街道留仙大道中兴工业园, Guangdong 518055 (CN)。程晨 (CHENG, Chen); 中国广东省深圳市南山区西丽街道留仙大道中兴工业园, Guangdong 518055 (CN)。白栎旸 (BAI, Liyang); 中国广东省深圳市南山区西丽街道留仙大道中兴工业园, Guangdong 518055 (CN)。刘览 (LIU, Lan); 中国广东省深圳市南山区西丽街道留仙大道中兴工业园, Guangdong 518055 (CN)。孙远航 (SUN, Yuanhang); 中国广东省深圳市南山区西丽街道留仙大道中兴工业园, Guangdong 518055 (CN)。李彧 (LI, Yu); 中国广东省深圳市南山区西丽街道留仙大道中兴工业园, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 北京安信方达知识产权代理有限公司 (AFD CHINA INTELLECTUAL PROPERTY LAW)

(54) Title: SIGNAL SYNCHRONIZATION METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 一种信号同步方法及装置

在自动增益控制AGC单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理, 在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较, 根据各路比较结果确定是否完成粗同步

S310

在粗同步完成后, 对各路接收信号进行本地互相关处理, 将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波, 从滤波后的信号中搜索最大值, 在搜索到最大值时判定完成精同步

S320

图 3

- S310 WHEN AN AUTOMATIC GAIN CONTROL (AGC) UNIT LOCKS A RECEIVED SIGNAL, CARRY OUT DELAY AUTO-CORRELATION PROCESSING ON A SIGNAL RECEIVED BY EACH RECEIVING ANTENNA, COMPARE EACH PROCESSED RECEIVED SIGNAL WITH A REFERENCE THRESHOLD CORRESPONDING TO THE RECEIVED SIGNAL AFTER A FIRST TIME LENGTH IS DELAYED, AND DETERMINE, ACCORDING TO EACH COMPARISON RESULT, WHETHER COARSE SYNCHRONIZATION IS COMPLETED
- S320 AFTER COARSE SYNCHRONIZATION IS COMPLETED, CARRY OUT LOCAL CROSS-CORRELATION PROCESSING ON EACH RECEIVED SIGNAL, CARRY OUT WEIGHTED ACCUMULATION AND FILTERING ON EACH LOCAL CROSS-CORRELATION PROCESSING RESULT, SEARCH FOR THE MAXIMUM VALUE IN A FILTERED SIGNAL, AND DETERMINE THAT FINE SYNCHRONIZATION IS COMPLETED WHEN THE MAXIMUM VALUE IS FOUND.

(57) Abstract: Disclosed are a signal synchronization method and apparatus. The signal synchronization method comprises: when an automatic gain control (AGC) unit locks a received signal, carrying out delay auto-correlation processing on a signal received by each receiving antenna, comparing each processed received signal with a reference threshold corresponding to the received signal after a first time length is delayed, and determining, according to each comparison result, whether coarse synchronization is completed; and after coarse synchronization is completed, carrying out local cross-correlation processing on each received signal, carrying out weighted accumulation and filtering on each local cross-correlation processing result, searching for the maximum value in a filtered signal, and determining that fine synchronization is completed when the maximum value is found.

OFFICE); 中国北京市海淀区学清路8号B座1601A, Beijing 100192 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, ST, 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)。

根据细则4.17的声明:

- 关于申请人有权申请并被授予专利 (细则4.17(ii))
- 发明人资格 (细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 本文公开了一种信号同步方法和装置。所述信号同步方法包括: 在自动增益控制AGC单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理, 在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较, 根据各路比较结果确定是否完成粗同步; 在粗同步完成后, 对各路接收信号进行本地互相关处理, 将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波, 从滤波后的信号中搜索最大值, 在搜索到最大值时判定完成精同步。

一种信号同步方法及装置

技术领域

本文涉及无线通信技术领域，尤其涉及的是一种信号同步方法及装置。

5

背景技术

同步技术的性能直接关系到整个通信系统的性能。可以说没有准确的同步算法，就不可能进行可靠的数据传输，它是信息可靠传输的前提。而对于正交频分复用（Orthogonal Frequency Division Multiplexing，简称 OFDM）系统来说，系统对于同步的要求很高。因为各种同步误差引入的载波间干扰（Inter Channel Interference，简称 ICI）、符号间干扰（inter symbol interference，简称 ISI）会使得接收机无法正确接收数据，并且还会破坏 OFDM 系统内各子载波的正交性。

如图 1 所示，一个通常的 OFDM 系统接收机中，自动增益控制（Automatic Gain Control，AGC）单元（301）触发锁定接收信号后，将从各路天线（302）接收到的信号送入调制解调器（Modem）（303）中，在 Modem 中，首先是符号同步器（304）进行定位同步。符号同步器定位同步的结果为快速傅里叶变换（Fast Fourier Transformation，简称 FFT）单元（305）提供一个参考点，从而能够进行接下来的一系列操作（比如，解调）。为不影响接下来的解调，符号同步定位精度必须在一定的合理范围之内。

符号定位同步就是确定 OFDM 符号的起始位置，即每个 FFT 窗口的起始位置。如附图 2 所示，符号定位同步可能出现四种情形：1）FFT 窗口 1（Window1）表示定时估计点是正确的，没有偏差，解调出来的数据也应该是正确的；2）FFT 窗口 2（Window2）表示定时估计点落在本符号的循环前缀（Cyclic Prefix，简称 CP）内，并超前于最佳定时点；3）FFT 窗口 3（Window3）表示定时估计点落在下一个符号的循环前缀内，并滞后于最佳定时点；4）FFT 窗口 4（Window4）表示定时估计点落在前一个符号的数据部分内，并超前于本符号的循环前缀。

上述四种情况，第一种是理想情况，不会引起符号定位误差；第二种与理想点相差不大的情况下，引入的定位偏差可以通过均衡器进行恢复，但是如果相差较大时，会影响信道平滑的性能，从而降低均衡器的性能；第三种、第四种情况会引入 ISI 和 ICI，会使系统性能出现大幅度下降，因此是要避免的。

在多径信道的情况下，很难定位在理想点上，因此需要确定一个合理的定位范围。首先根据信道平滑的点数确定允许的定位偏差，假设选用的平滑点数为 11，在平滑的时候要保证这连续的 11 个点的相位是连续的，即所有频点的最大相位差不超过 π 。则允许的时间偏差 Δt 为

$$\Delta t = \frac{\pi}{2\pi\Delta f * 11} \quad (1)$$

在 20MHz 采样频率的情况下，时域上两点之间的时间间隔为 50ns， Δf 等于 312.5kHz，因此 Δt 等于 150ns，实际定位点的范围为超前或滞后理想定位点 3 个点，这样不会对平滑性能造成影响。

除此之外，多输入多输出系统（Multiple-Input Multiple-Output，简称 MIMO）的情况下，每条天线存在固定的延时，在同步时不仅需要考虑多径，还需要考虑天线的固定延时。

因此，如何提供一种适用于多输入多输出系统的同步算法，在不影响定位精度的前提下降低计算的复杂度，是需要解决的问题

20 发明概述

以下是对本文详细描述的主题的概述。本概述并非是为了限制权利要求的保护范围。

本文所要解决的技术问题是提供一种信号同步方法及装置，能够在多输入多输出系统中保证接收信号同步时的定位精度，并且降低计算的复杂度。

25 本发明实施例提供一种信号同步方法，包括：

在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与

该路接收信号对应的参考门限进行比较,根据各路比较结果确定是否完成粗同步;

在粗同步完成后,对各路接收信号进行本地互相关处理,将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波,从滤波后的信号中搜索最大值,在搜索到最大值时判定完成精同步。

本发明实施例提供一种信号同步装置,包括:

粗同步模块,设置为在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理,在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较,根据各路比较结果确定是否完成粗同步;

精同步模块,设置为在粗同步完成后,对各路接收信号进行本地互相关处理,将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波,从滤波后的信号中搜索最大值,在搜索到最大值时判定完成精同步。

与相关技术相比,本发明实施例提供一种信号同步方法及装置,在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理,在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较,根据各路比较结果确定是否完成粗同步;在粗同步完成后,对各路接收信号进行本地互相关处理,将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波,从滤波后的信号中搜索最大值,在搜索到最大值时判定完成精同步。本发明实施例能够在多输入多输出系统中保证接收信号同步时的定位精度,并且降低计算的复杂度。

在阅读并理解了附图和详细描述后,可以明白其他方面。

附图概述

图 1 为现有技术中数字接收机接收信号并进行解调的示意图;

图 2 为现有技术中符号定位同步的定位点示意图;

图 3 为本发明实施例 1 的一种信号同步方法的流程图;

图 4 为本发明实施例 1 中一种粗同步处理的框图示意图；

图 5 为本发明实施例 1 中延时触发粗同步检测的时序示意图；

图 6 为本发明实施例 1 中一种精同步处理的框图示意图；

图 7 为本发明示例 1 中利用 AGC 锁定时间延时触发粗同步检测示意图；

5 图 8 为本发明示例 2 中参考门限生成与粗同步检测触发的示意图；

图 9 为本发明实施例 2 的一种信号同步装置的示意图。

详述

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，下文中将结合附图
10 对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

实施例 1

如图 3 所示，本发明实施例提供了一种信号同步方法，包括：

15 步骤 S310，在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步；

20 步骤 S320，在粗同步完成后，对各路接收信号进行本地互相关处理，将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波，从滤波后的信号中搜索最大值，在搜索到最大值时判定完成精同步。

在一种实施方式中，所述对任意一路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，包括：

25 根据短训练序列的周期 N 对接收信号 $r(n)$ 进行延时 N 拍的符号自相关运算，得到第一信号 $\Lambda(m)$ ；

其中，所述延时 N 拍的符号自相关运算可以通过下述公式 (2-1) 表示：

$$\Lambda(m) = \left| \sum_{n=m}^{m+N-1} r^*(n) * \text{sign}[r(n+N)] \right| \quad (2-1)$$

其中，N 是所述短训练序列（Shorting Training Field，简称 STF）的周期，如果采样频率是 20MHz，则 N 等于 16； $r(n)$ 为接收信号， $r^*(n)$ 为接收信号的共轭； $\text{sign}()$ 是取符号函数；

- 5 其中，所述短训练序列用于信号检测、AGC 功率调节、粗同步等，STF 属于发送侧以及接收侧已知的一种序列，通过这种序列能够判断接收到的是什么信号，并能够为后续精同步处理提供一定的参考以及缓冲。

在一种实施方式中，所述第一时间长度是短训练序列的持续时间 $T1$ 减去 AGC 单元锁定接收信号的最大时间 $T2_{\max}$ 后的时间长度；

- 10 其中，一般情况下，AGC 单元锁定接收信号的时间 $t2$ 不超过 $T2_{\max}$ ；

在一种实施方式中，每一路接收信号对应的参考门限是根据该路接收信号在一个短训练序列周期内的延时自相关结果取平均值后再乘以 0.5 得到的。

- 15 在一种实施方式中，将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步，包括：

如果一路处理后的接收信号达到该路接收信号对应的参考门限且持续一段时间均达到参考门限，则判定该路接收信号满足粗同步要求；

在至少存在一路接收信号满足粗同步要求时判定完成粗同步。

其中，所述持续保持时间为预设值，比如 5 个采样点；

- 20 在一种实施方式中，所述对任意一路接收信号进行本地互相关处理，包括：

根据长训练序列（Long Training Field，简称 LTF）的周期 N 对接收信号 $r(m)$ 进行本地互相关运算，得到第二信号 $\Gamma(m)$ ；

其中，所述本地互相关运算可以通过下述公式（2-2）表示：

$$\Gamma(m) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} r^*(m+n) * c(n) \right| \quad (2-2)$$

其中， $c(n)$ 为滤波器的抽头系数，滤波器的抽头系数根据长训练序列的

数值进行设计； $r^*(t)$ 为接收信号的共轭；

在一种实施方式中，将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波，包括：

将各路本地互相关处理的结果进行等权重累加获得第三信号；

5 将所述第三信号送入一个抽头数为 a 的滤波器中进行滤波；

其中，所述滤波器的抽头数 a 与接收信号采样间隔的乘积大于或等于发送天线间的最大延时； a 个抽头系数中与第一发送天线发送信号对应的抽头系数的数值大于其他各个抽头系数的数值；除第一发送天线外的其他任意一根发送天线超前所述第一发送天线发送信号。

10 其中，从滤波后的信号中搜索最大值，最大值出现的位置就是 LTF 结束的位置，也是下一符号的开始，由于每个符号前面都有保护间隔，因此根据 LTF 结束的位置以及保护间隔的长度就可以确定每一个符号的起始位置，因此，在搜索到最大值时判定完成精同步。

在一种实施方式中，如图 4 所示，粗同步过程可以包括以下步骤：

15 1) 在 AGC 单元锁定接收信号后，通过触发信号产生器 (401) 产生第一触发信号；

2) 根据所述第一触发信号对各路接收天线 (402) 接收到的信号进行处理；

20 3) 对接收信号分两路进行处理，其中一路信号送入取符号单元进行取符号运算，将取出的符号存入一个深度为 N (N 是 STF 的周期，比如， $N=16$) 的第一先入先出 (First Input First Output, 简称 FIFO) 缓存器 (404) 中，其中另一路信号送入取共轭单元 (405) 中进行取共轭运算；将第一 FIFO 缓存器的输出信号与取共轭单元的输出信号进行相乘运算；

25 4) 将经过相乘运算的信号分成两路，其中一路信号存入一个深度为 N (N 是 STF 的周期，比如， $N=16$) 的第二先入先出 (First Input First Output, 简称 FIFO) 缓存器 (406) 中，其中另一路数据与第二 FIFO 缓存器的输出信号进行相减运算，相减后的信号送入累加取模单元 (407) 中进行累加取模运算，这样就完成一个窗口长度为 N ($N=16$) 的延时自相关运算；

5) 从 AGC 单元锁定接收信号开始, 触发信号产生器 (401) 延时第一时间阈值 T1 后输出第二触发信号给均值运算单元 (408), 所述均值运算单元提取一定窗口长度的延时自相关结果取平均得到参考门限值, 同时触发粗同步检测;

5 6) 每一路接收天线对应的比较单元 (409) 将累加取模单元输出的自相关结果与均值运算单元输出的参考门限进行比较得到 1 比特的比较结果;

7) 将各路接收天线对应的比较单元 (409) 输出的 1 比特比较结果送入或逻辑运算单元 (410), 产生 1 比特的粗同步结果; 比如, 当粗同步结果为 1 时, 判定粗同步完成;

10 其中, 如图 5 所示, 比如, 利用 AGC 锁定信号进行延时触发, 提取一定窗口长度的延时自相关结果取平均得到门限值, 同时触发粗同步检测, 延时自相关的结果会依次与门限值进行比较, 当出现一个点低于门限值时不会触发粗同步, 只有延时自相关的结果连续 5 次低于门限值才会触发粗同步。因为粗同步检测不是从 AGC 锁定就开始的, 而是得到参考门限开始的, 这
15 减少了 AGC 锁定到门限产生这段时间的粗同步检测, 能够有效减少误同步的发生。

上述粗同步的目的是为了触发精同步计算, 并为精同步提供一个合适的计算窗口长度。

在进行精同步过程中, 利用长训练序列 (Long Training Field, 简称 LTF)
20 在一个周期内的数值大小设计一个抽头数为 64 的数字滤波器, 接收信号经过该滤波器, 实际上是与滤波器的抽头系数做互相关运算, 所述互相关运算可以通过下述公式 (2-2) 进行表示:

$$\Gamma(m) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} r^*(m+n) * c(n) \right| \quad (2-2)$$

25 其中, N 表示互相关计算的长度, N 等于 64; r(m) 为接收信号, c(n) 为滤波器的抽头系数;

其中, 所述长训练序列 LTF 的周期是 STF 的 4 倍, 与一个 OFDM 的周期相同, 能够用来进行精同步、精频偏估计、信号估计。本发明实施例利用其具有很强的相关特性, 在本地存储一段处理过的 LTF (即滤波器的抽头系

数)，当接收信号与本地 LTF 相关上（出现峰值），就认为同步上了。

在进行精同步的过程中，对于 MIMO 系统，由于除第一根天线外，其他天线会通过时域循环移位进行超前处理（最大超前为 200ns，对于 20MHz 采样频率是 4 个点），这导致 MIMO 系统不能简单地像单输入单输出（single-input single-Output，简称 SISO）系统那样直接对互相关峰值检测就可以得到同步结果。对于 MIMO，同步的结果必须是第一个峰值出现的位置。为了能够较为准确地定位到理想位置，本发明实施例通过对互相关的计算结果经过一个抽头数为 6 的滤波器，然后在一定范围内搜索滤波器输出结果的最大值，即为最终的精同步的结果。

另外，由附图 2 可知，同步位置有可能出现第三种情况，也即定时估计点落在下一个符号的循环前缀内，并滞后于最佳定时点，所以通过定位偏移处理可以提高定位同步的动态范围。比如，将同步位置向前移动 6 个点开始提取每个 OFDM 符号，在进行 FFT 之前，将该符号的前六个点的数值移动到符号最后的位置，这样可以允许定位点可以在最佳定位点左右摆动。这样既保证了定位同步点可以在最佳定位点左右移动，又不会引入符号间干扰，提高了定位同步的动态范围。

在一种实施方式中，基于上述考虑，如图 6 所示，精同步过程可以包括下述步骤：

1) 粗同步完成触发信号产生器（601），所述触发信号产生器产生第三触发信号（相当于在 AGC 锁定时刻后延时 T2 时间）；

2) 根据所述第三触发信号将各路接收天线接收到的信号送入对应的各路第一滤波器（602）中进行滤波处理，然后再送入各自对应的取模单元（603）中进行取模处理；

其中，滤波器的抽头系数是根据长训练序列的时域信号进行相应处理的，首先对长训练序列的时域信号取符号后确定滤波器抽头系数的符号，然后根据长训练序列的时域信号幅值的大小，将滤波器系数设置为 0、1、2，因为幅值大抗噪声能力强，置信度高，因此给予一个较大的权重。这样滤波器的抽头系数 $c(n)$ 是由 0、1、2 组成的复数（比如， $1+2i$ ）；

3) 将各天线取模后的信号送入一个累加器 (604) 中进行求和运算, 相当于对各个天线互相关运算结果等权重叠加;

4) 将累加器输出的信号输入到一个第二滤波器 (605) 中进行处理, 所述处理用于降低多天线不同延时以及多径的影响;

5 其中, 第二滤波器相当于是一个滑窗求和, 对其中的一个值进行了加权, 滑窗能够降低天线不同延时以及多径的影响, 加权能够提高第一根发送天线的峰值强度, 有利于定位到第一根天线的峰值, 提高定位结果的准确性。

5) 将第二滤波器的输出信号输入到最大值搜索单元 (606) 中进行最大值搜索, 得到精同步结果;

10 6) 将最大值搜索单元输出的结果输入到定位偏移单元 (607) 中, 将同步位置向前移动 6 个点开始提取每个 OFDM 符号, 在进行 FFT 之前, 将该符号的前六个点的数值移动到符号最后的位置, 定位偏移后得到提取 FFT 窗口的起始位置; 另外, 定位偏移的点在提取完数据后利用符号的周期特性移到符号最后。

15

下面通过一些示例对粗同步过程和精同步过程中的处理进行进一步的描述。

示例 1

20 如图 7 所示, AGC 锁定后, 接收信号进入 modem。此时不会立即进行粗同步检测, 而是延时一定的时间才进行检测。延时的时间 (T) 是通过用于进行粗同步的短训练序列结束的时间 (702) 减去 AGC 最晚锁定的时间 (701) 得到的。

25 而在实际工作中, AGC 锁定 (703) 后, 经过延时时间 (T) 得到门限 (704), 这使粗同步检测 (705) 发生在门限产生之后。这使 AGC 锁定 (703) 后, 粗同步检测 (705) 触发之前不会进行粗同步检测, 这会有有效减少误同步的发生。

示例 2

如图 8 所示, 接收信号经过延时自相关处理得到输出结果 (801), 利用这个输出结果 (801) 由 AGC 锁定延时触发开始计算门限值 (802), 门限值的计算从触发开始提取输出结果 (801) 的 16 个值然后取平均得到, 门限值计算完成后, 门限值开始生效, 粗同步检测开始进行, 然后输出结果 (801) 与门限值通过比较器 (803) 进行比较并输出 1 比特的比较结果, 比较结果经过一个抽头系数全为 1 的 5 抽头滤波器 (804), 滤波器的输出数据与寄存器中的值 (805) 进行比较, 其中, 寄存器中的值设置为 5, 比较结果相等证明该天线粗同步被检测到; 所述 5 抽头滤波器 (804) 的作用在于: 要连续 5 个点达到门限值才认为是粗同步触发。

所有天线的粗同步检测结果通过逻辑运算或 (806) 进行处理, 即只要有一条天线粗同步被检测到, 粗同步过程就完成。

粗同步完成将会触发精同步计算及检测。

示例 3

如图 6 所示, 根据长训练序列的时域值设计第一滤波器 (602) 的抽头系数, 分别对长训练序列时域值的实部与虚部分别求平均值, 将平均值除以 2 得到门限值, 长训练序列时域值的实部与虚部分别除以其对应的门限值, 然后对计算结果进行四舍五入取整 (绝对值超过 2 的取 2) 得到最终滤波器的抽头系数 $c'(n)$ 。

$$c(n) = \text{round} \left(\frac{X(n)}{\left(\sum_{n=1}^{N=64} X(n) \right) / (2 * N)} \right) \quad (3-1)$$

$$c'(n) = \begin{cases} c(n), & |c(n)| \leq 2 \\ 2 * \text{sign}(c(n)), & |c(n)| > 2 \end{cases} \quad (3-2)$$

在上述公式 (3-1) 中, $c(n)$ 是对原始 LTF 的时域信号进行压缩, 即用很小的比特表示 LTF 的时域信号的特性, $X(n)$ 是 LTF 时域信号, $N=64$ 代表 LTF 的周期, $\text{round}()$ 是取整函数;

在上述公式 (3-2) 中, $c'(n)$ 是抽头系数 (即本地存储的长训练序列);

对于第二滤波器 (605), 第二滤波器一共有 6 个抽头, 抽头系数为: $\{1, 1, 1, 1, 2, 1\}$, 利用第二滤波器能够抵抗多径效应以及不同天线之间的延时, 同时利用提高第一条接收天线峰值的权重值, 使同步结果定位在第一条接收天线上。

如图 9 所示, 本发明实施例提供了一种信号同步装置, 包括:

粗同步模块 901, 设置为在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理, 在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较, 根据各路比较结果确定是否完成粗同步;

精同步模块 902, 设置为在粗同步完成后, 对各路接收信号进行本地互相关处理, 将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波, 从滤波后的信号中搜索最大值, 在搜索到最大值时判定完成精同步。

在一种实施方式中, 粗同步模块, 设置为采用以下方式对任意一路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理:

根据短训练序列的周期 N 对接收信号 $r(n)$ 进行延时 N 拍的符号自相关运算, 得到第一信号 $\Lambda(m)$;

其中, 所述延时 N 拍的符号自相关运算可以通过下述公式表示:

$$\Lambda(m) = \left| \sum_{n=m}^{m+N-1} r^*(n) * \text{sign}[r(n+N)] \right|$$

其中, N 是所述短训练序列 STF 的周期, $r(n)$ 为接收信号, $r^*(n)$ 为接收信号的共轭; $\text{sign}()$ 是取符号函数。

在一种实施方式中, 所述第一时间长度是短训练序列的持续时间 T_1 减去 AGC 单元锁定接收信号的最大时间 $T_{2\max}$ 后的时间长度。

在一种实施方式中, 每一路接收信号对应的参考门限是根据该路接收信号在一个短训练序列周期内的延时自相关结果取平均值后再乘以 0.5 得到

的。

在一种实施方式中，粗同步模块，设置为采用以下方式将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步：

- 5 如果一路处理后的接收信号达到该路接收信号对应的参考门限且持续一段时间均达到参考门限，则判定该路接收信号满足粗同步要求；

在至少存在一路接收信号满足粗同步要求时判定完成粗同步。

在一种实施方式中，精同步模块，设置为采用以下方式对任意一路接收信号进行本地互相关处理：

- 10 根据长训练序列的周期 N 对接收信号 $r(m)$ 进行本地互相关运算，得到第二信号 $\Gamma(m)$ ；

其中，所述本地互相关运算可以通过下述公式表示：

$$\Gamma(m) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} r^*(m+n) * c(n) \right|$$

- 15 其中， $c(n)$ 为滤波器的抽头系数，滤波器的抽头系数根据长训练序列的数值进行设计； $r^*(\cdot)$ 为接收信号的共轭。

在一种实施方式中，精同步模块，设置为采用以下方式将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波：

将各路本地互相关处理的结果进行等权重累加获得第三信号；

将所述第三信号送入一个抽头数为 a 的滤波器中进行滤波；

- 20 其中，所述滤波器的抽头数 a 与接收信号采样间隔的乘积大于或等于发送天线间的最大延时； a 个抽头系数中与第一发送天线发送信号对应的抽头系数的数值大于其他各个抽头系数的数值；除第一发送天线外的其他任意一根发送天线超前所述第一发送天线发送信号。

25 工业实用性

本发明实施例提供的技术方案，在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，在延时第一时间长

- 度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较,根据各路比较结果确定是否完成粗同步;在粗同步完成后,对各路接收信号进行本地互相关处理,将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波,从滤波后的信号中搜索最大值,在搜索到最大值时判定完成精同步。本发明实
- 5 施例能够在多输入多输出系统中保证接收信号同步时的定位精度,并且降低计算的复杂度。

权 利 要 求 书

1、一种信号同步方法，包括：

在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与
5 该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步；

在粗同步完成后，对各路接收信号进行本地互相关处理，将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波，从滤波后的信号中搜索最大值，在搜索到最大值时判定完成精同步。

10 2、如权利要求 1 所述的方法，其中：

所述对任意一路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，包括：

根据短训练序列的周期 N 对接收信号 $r(n)$ 进行延时 N 拍的符号自相关运算，得到第一信号 $\Lambda(m)$ ；

其中，所述延时 N 拍的符号自相关运算通过下述公式表示：

$$15 \quad \Lambda(m) = \left| \sum_{n=m}^{m+N-1} r^*(n) * \text{sign}[r(n+N)] \right|$$

其中， N 是所述短训练序列 STF 的周期， $r(n)$ 为接收信号， $r^*(n)$ 为接收信号的共轭； $\text{sign}()$ 是取符号函数。

3、如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中：

所述第一时间长度是短训练序列的持续时间 $T1$ 减去 AGC 单元锁定接收信号的最大时间 $T2_{\max}$ 后的时间长度。
20

4、如权利要求 2 所述的方法，其中：

每一路接收信号对应的参考门限是根据该路接收信号在一个短训练序列周期内的延时自相关结果取平均值后再乘以 0.5 得到的。

5、如权利要求 1 所述的方法，其中：

25 将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步，包括：

如果一路处理后的接收信号达到该路接收信号对应的参考门限且持续一段时间均达到参考门限，则判定该路接收信号满足粗同步要求；

在至少存在一路接收信号满足粗同步要求时判定完成粗同步。

6、如权利要求 1 所述的方法，其中：

5 所述对任意一路接收信号进行本地互相关处理，包括：

根据长训练序列的周期 N 对接收信号 $r(m)$ 进行本地互相关运算，得到第二信号 $\Gamma(m)$ ；

其中，所述本地互相关运算通过下述公式表示：

$$\Gamma(m) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} r^*(m+n) * c(n) \right|$$

10 其中， $c(n)$ 为滤波器的抽头系数，滤波器的抽头系数根据长训练序列的数值进行设计； $r^*(\cdot)$ 为接收信号的共轭。

7、如权利要求 1 所述的方法，其中：

将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波，包括：

将各路本地互相关处理的结果进行等权重累加获得第三信号；

15 将所述第三信号送入一个抽头数为 a 的滤波器中进行滤波；

其中，所述滤波器的抽头数 a 与接收信号采样间隔的乘积大于或等于发送天线间的最大延时； a 个抽头系数中与第一发送天线发送信号对应的抽头系数的数值大于其他各个抽头系数的数值；除第一发送天线外的其他任意一根发送天线超前所述第一发送天线发送信号。

20 8、一种信号同步装置，包括：

粗同步模块，设置为在自动增益控制 AGC 单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步；

25 精同步模块，设置为在粗同步完成后，对各路接收信号进行本地互相关处理，将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波，从滤波后的信号

中搜索最大值，在搜索到最大值时判定完成精同步。

9、如权利要求 8 所述的装置，其中：

粗同步模块，设置为采用以下方式对任意一路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理：

5 根据短训练序列的周期 N 对接收信号 $r(n)$ 进行延时 N 拍的符号自相关运算，得到第一信号 $\Lambda(m)$ ；

其中，所述延时 N 拍的符号自相关运算通过下述公式表示：

$$\Lambda(m) = \left| \sum_{n=m}^{m+N-1} r^*(n) * \text{sign}[r(n+N)] \right|$$

10 其中， N 是所述短训练序列 STF 的周期， $r(n)$ 为接收信号， $r^*(n)$ 为接收信号的共轭； $\text{sign}()$ 是取符号函数。

10、如权利要求 8 或 9 所述的装置，其中：

所述第一时间长度是短训练序列的持续时间 $T1$ 减去 AGC 单元锁定接收信号的最大时间 $T2_{\max}$ 后的时间长度。

11、如权利要求 9 所述的装置，其中：

15 每一路接收信号对应的参考门限是根据该路接收信号在一个短训练序列周期内的延时自相关结果取平均值后再乘以 0.5 得到的。

12、如权利要求 8 所述的装置，其中：

粗同步模块，设置为采用以下方式将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步：

20 如果一路处理后的接收信号达到该路接收信号对应的参考门限且持续一段时间均达到参考门限，则判定该路接收信号满足粗同步要求；

在至少存在一路接收信号满足粗同步要求时判定完成粗同步。

13、如权利要求 8 所述的装置，其中：

25 精同步模块，设置为采用以下方式对任意一路接收信号进行本地互相关处理：

根据长训练序列的周期 N 对接收信号 $r(m)$ 进行本地互相关运算，得到

第二信号 $\Gamma(m)$;

其中, 所述本地互相关运算通过下述公式表示:

$$\Gamma(m) = \left| \sum_{n=0}^{N-1} r^*(m+n) * c(n) \right|$$

5 其中, $c(n)$ 为滤波器的抽头系数, 滤波器的抽头系数根据长训练序列的数值进行设计; $r^*(\cdot)$ 为接收信号的共轭。

14、如权利要求 8 所述的装置, 其中:

精同步模块, 设置为采用以下方式将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波:

将各路本地互相关处理的结果进行等权重累加获得第三信号;

10 将所述第三信号送入一个抽头数为 a 的滤波器中进行滤波;

其中, 所述滤波器的抽头数 a 与接收信号采样间隔的乘积大于或等于发送天线间的最大延时; a 个抽头系数中与第一发送天线发送信号对应的抽头系数的数值大于其他各个抽头系数的数值; 除第一发送天线外的其他任意一根发送天线超前所述第一发送天线发送信号。

15

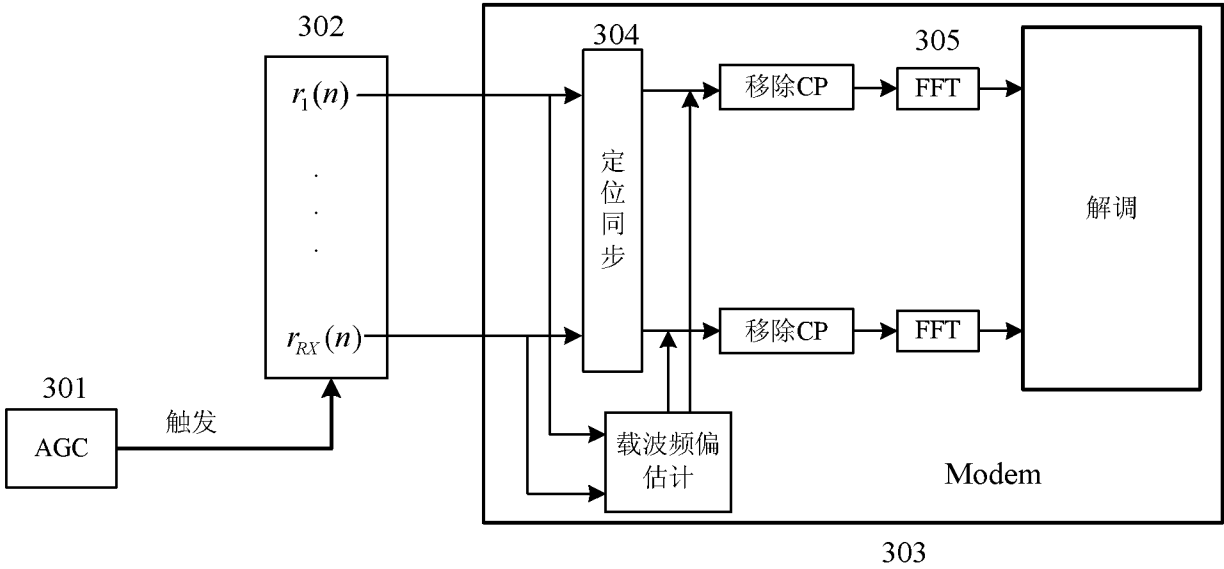


图 1

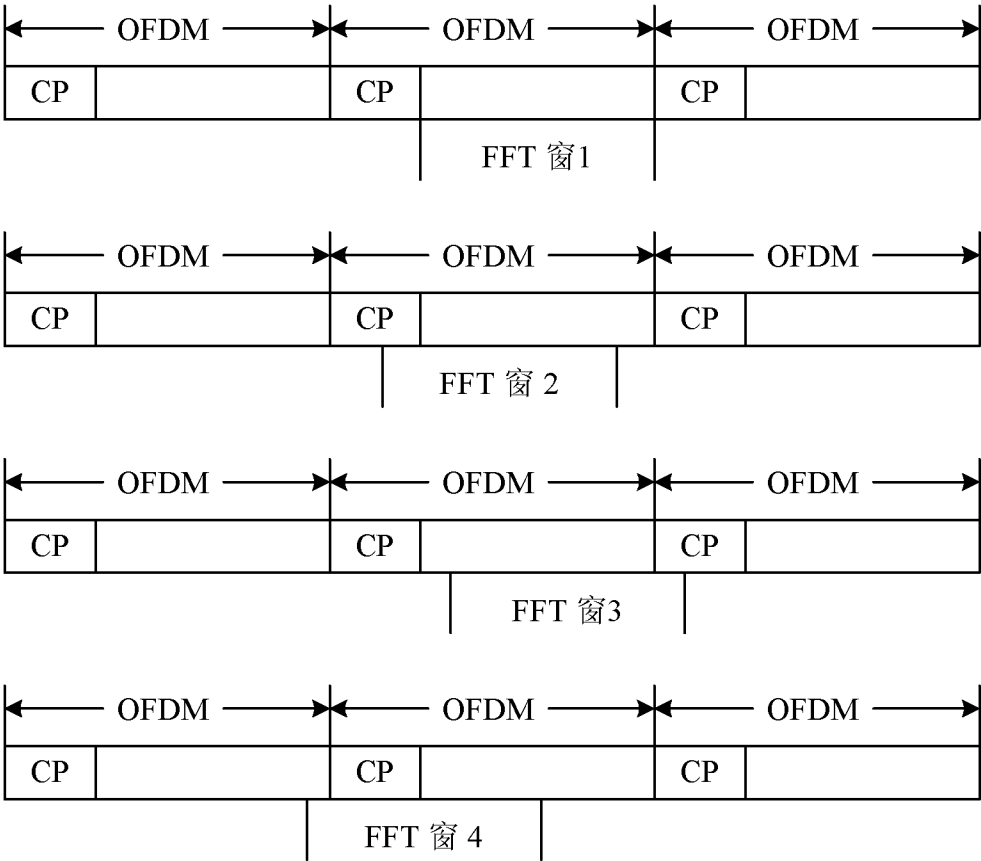


图 2

在自动增益控制AGC单元锁定接收信号时对各路接收天线接收到的信号进行延时自相关处理，在延时第一时间长度后将各路处理后的接收信号与该路接收信号对应的参考门限进行比较，根据各路比较结果确定是否完成粗同步 S310

在粗同步完成后，对各路接收信号进行本地互相关处理，将各路本地互相关处理的结果进行加权累加和滤波，从滤波后的信号中搜索最大值，在搜索到最大值时判定完成精同步 S320

图 3

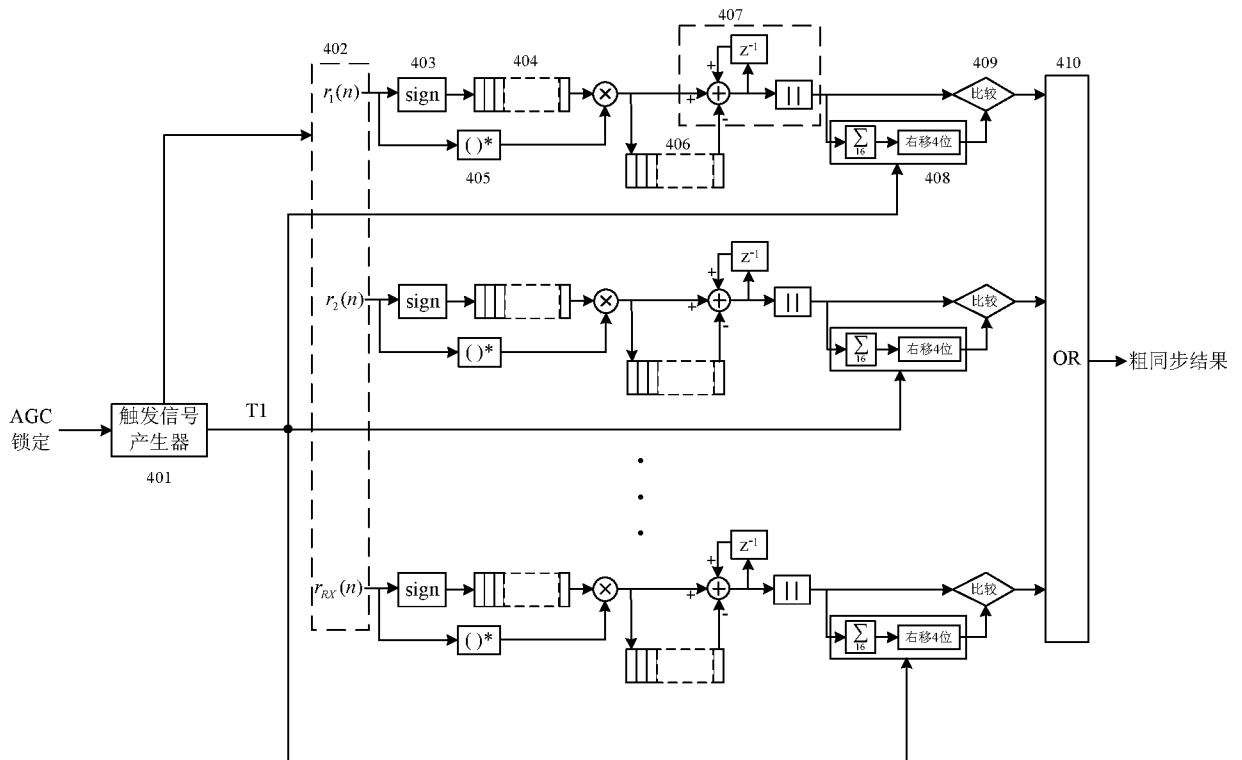


图 4

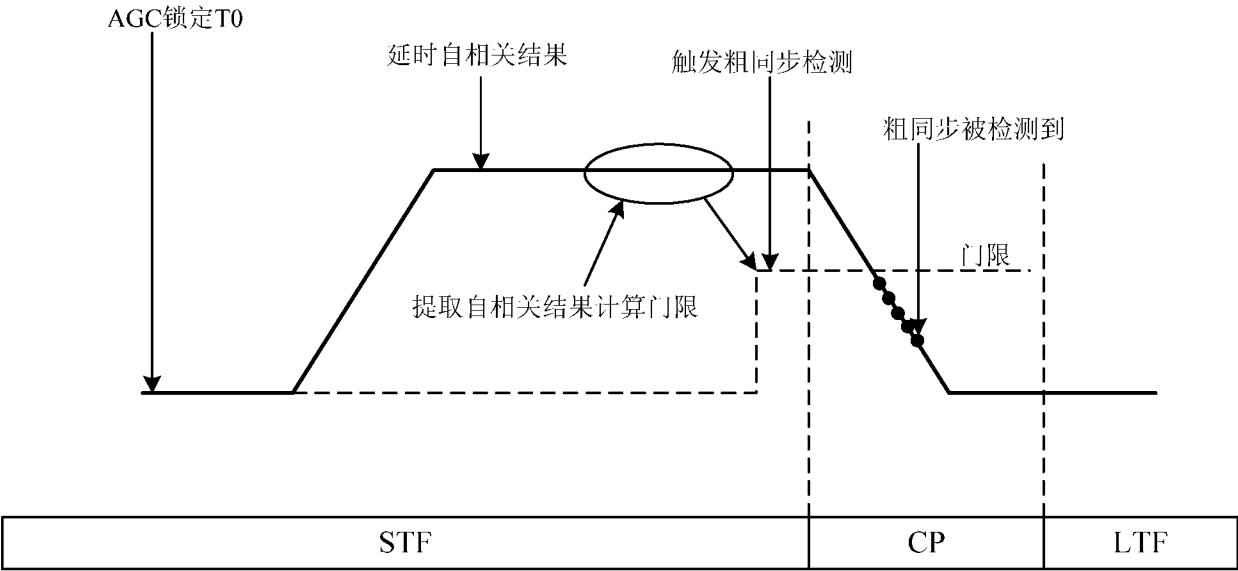


图 5

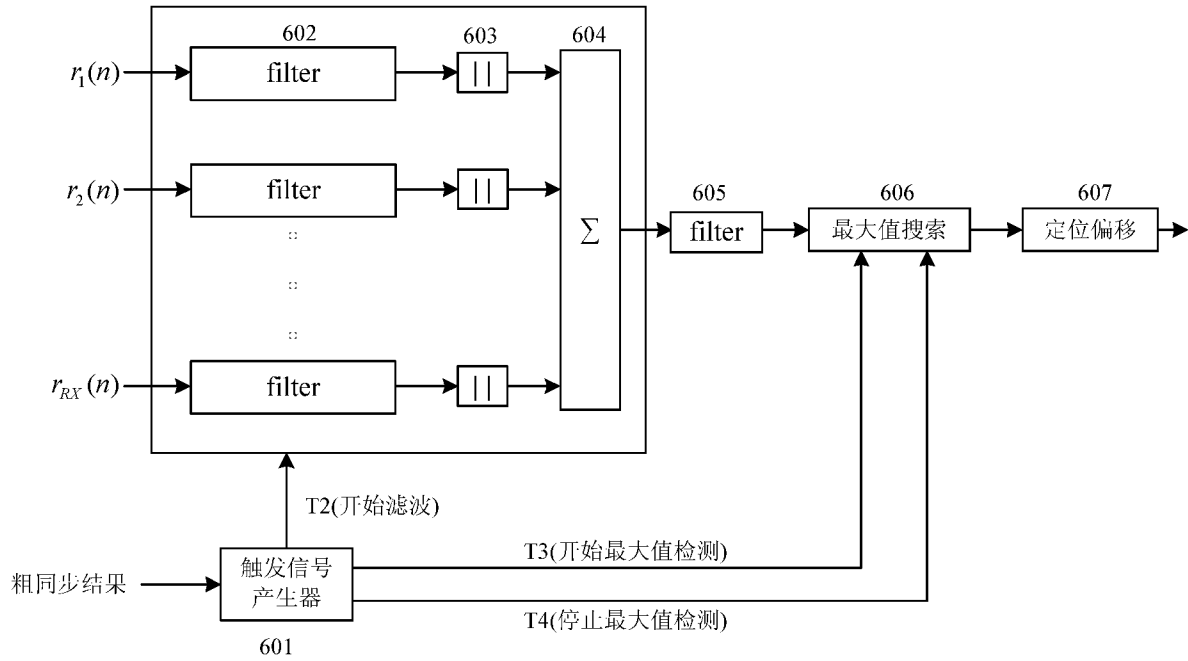


图 6

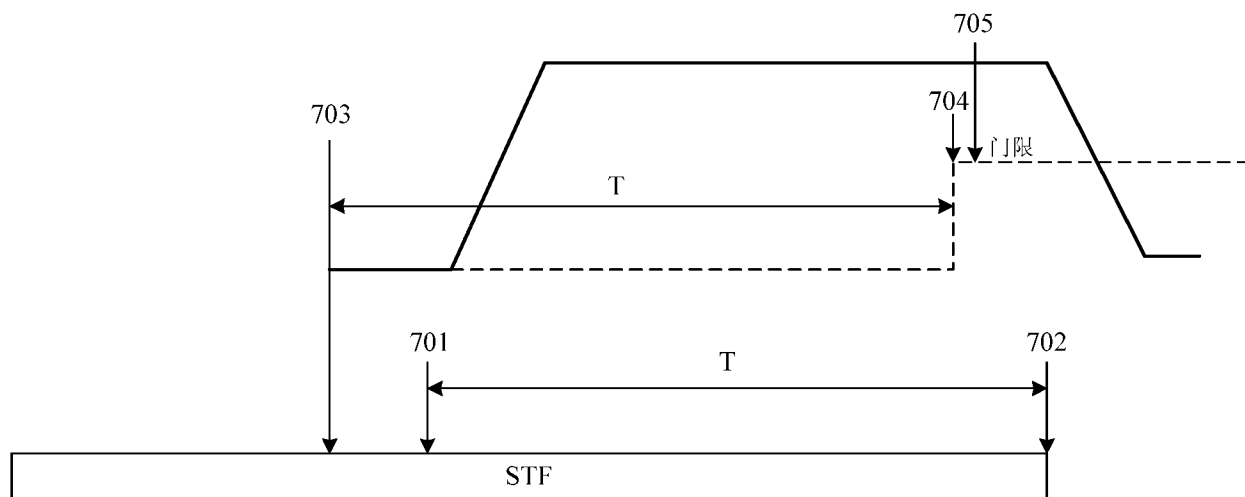


图 7

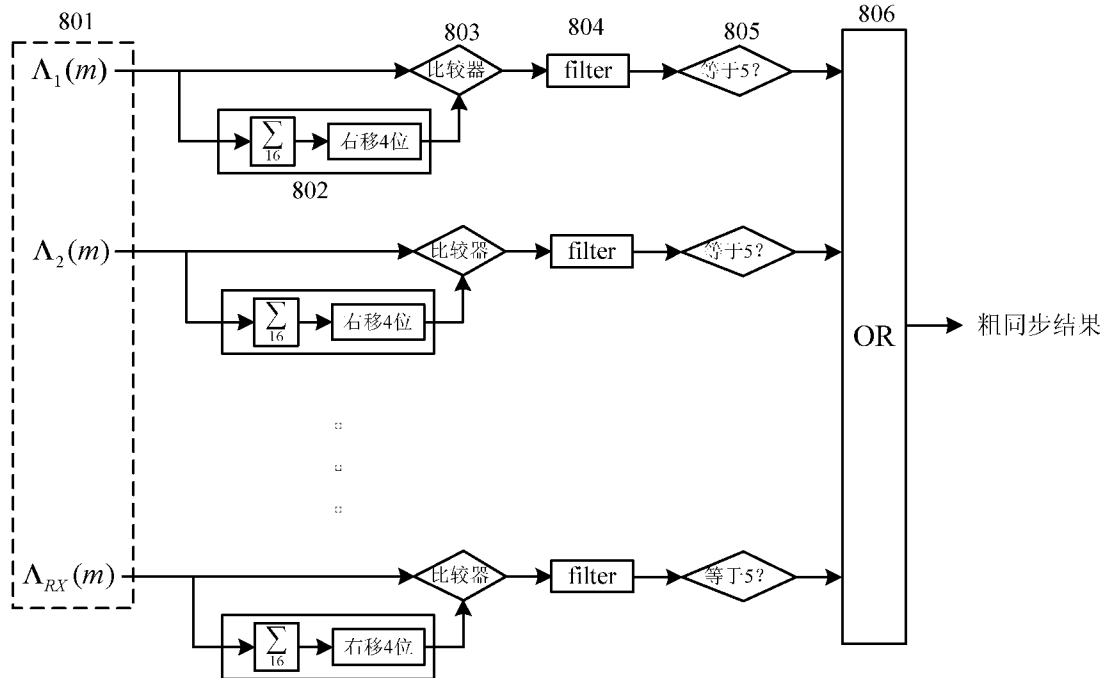


图 8

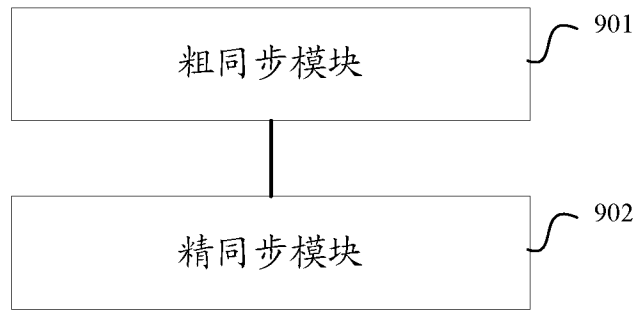


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2018/083072

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04B 7/0413 (2017.01) i

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)

H04B, H04L, H04J

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)

CNXTX; CNABS; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI: OFDM, 延时, 自相关, 互相关, 最大值, 极大值, 峰值, 同步, 加权, MIMO, synchron+, correlation, maximum, weight, peak, delay, LTF, STF

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103200144 A (SMARTCHIP MICROELECTRONICS TECHNOLOGY (SUZHOU) CO., LTD.), 10 July 2013 (10.07.2013), description, paragraphs 24-35, and figures 1 and 2	1-14
A	CN 101534280 A (DATANG MICROELECTRONICS TECHNOLOGY CO., LTD.), 16 September 2009 (16.09.2009), description, page 3, line 10 to page 5, line 16	1-14
A	US 2012189085 A1 (QUALCOMM ATHEROS INC.), 26 July 2012 (26.07.2012), description, paragraphs 2-28	1-14

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 10 June 2018	Date of mailing of the international search report 10 June 2018
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, Wenxu Telephone No. (86-512) 88996077

International application No.
PCT/CN2018/083072

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (January 2015)

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/083072

A. 主题的分类 H04B 7/0413(2017.01) i 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) H04B; H04L; H04J 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)) CNTXT; CNABS; VEN; USTXT; WOTXT; EPTXT; CNKI: OFDM, 延时, 自相关, 互相关, 最大值, 极大值, 峰值, 同步, 加权, MIMO, synchron+, correlation, maximum, weight, peak, delay, LTF, STF														
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>CN 103200144 A (灵芯微电子科技有限公司苏州有限公司) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第24-35段, 附图1、2</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101534280 A (大唐微电子技术有限公司) 2009年 9月 16日 (2009 - 09 - 16) 说明书第3页第10行-5页第16行</td> <td>1-14</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2012189085 A1 (QUALCOMM ATHEROS INC) 2012年 7月 26日 (2012 - 07 - 26) 说明书第2-28段</td> <td>1-14</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	A	CN 103200144 A (灵芯微电子科技有限公司苏州有限公司) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第24-35段, 附图1、2	1-14	A	CN 101534280 A (大唐微电子技术有限公司) 2009年 9月 16日 (2009 - 09 - 16) 说明书第3页第10行-5页第16行	1-14	A	US 2012189085 A1 (QUALCOMM ATHEROS INC) 2012年 7月 26日 (2012 - 07 - 26) 说明书第2-28段	1-14
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求												
A	CN 103200144 A (灵芯微电子科技有限公司苏州有限公司) 2013年 7月 10日 (2013 - 07 - 10) 说明书第24-35段, 附图1、2	1-14												
A	CN 101534280 A (大唐微电子技术有限公司) 2009年 9月 16日 (2009 - 09 - 16) 说明书第3页第10行-5页第16行	1-14												
A	US 2012189085 A1 (QUALCOMM ATHEROS INC) 2012年 7月 26日 (2012 - 07 - 26) 说明书第2-28段	1-14												
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。														
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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										
* 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 2018年 6月 10日		国际检索报告邮寄日期 2018年 6月 28日												
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 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 王文旭 电话号码 (86-512)88996077												

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/083072

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	103200144	A	2013年 7月 10日	CN	103200144	B	2015年 10月 7日
CN	101534280	A	2009年 9月 16日	CN	101534280	B	2012年 5月 23日
US	2012189085	A1	2012年 7月 26日	US	8170160	B1	2012年 5月 1日