

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

H04B 7/08 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200610067692.7

[43] 公开日 2006 年 12 月 6 日

[11] 公开号 CN 1874183A

[22] 申请日 2006.3.27

[21] 申请号 200610067692.7

[30] 优先权

[32] 2005.5.31 [33] JP [31] 2005-160443

[71] 申请人 株式会社东芝

地址 日本东京都

[72] 发明人 青木亚秀

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商

标事务所

代理人 李德山

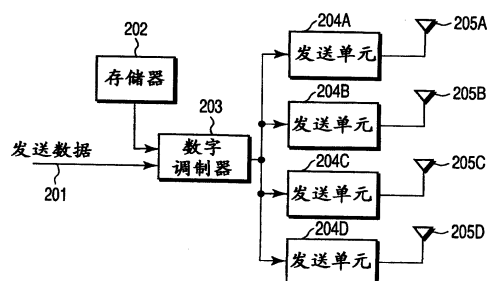
权利要求书 3 页 说明书 19 页 附图 10 页

[54] 发明名称

使用多个天线的无线分组发送设备及方法

[57] 摘要

一种用于通过无线分组与无线接收设备通信的无线发送设备包含多个天线(205A 到 205D), 和信号发生器(202, 203 和 204A 到 204D), 其产生包含 AGC 前同步码序列和数据、使用多个副载波的无线分组的信号。通过在时域中针对每个天线的循环移位来形成在从第 i_{Tx} 个天线(其中 $i_{Tx} = 1, 2, 3, \dots$)发送的 AGC 前同步码序列的时域中信号在时间“t”的值。



1.一种用于通过无线分组与无线接收设备通信的无线发送设备，其特征在于包括：

多个天线(205A到205D)；及

信号发生器(202，203及204A到204D)，用于产生要使用多个副载波发送、包含自动增益控制(AGC)前同步码(105A到105D)序列和数据(110A到110D)的该无线分组的信号，

其中，通过基于下列等式针对每个天线在时域中的循环移位来形成在从第 i_{Tx} 个天线(其中 $i_{Tx}=1, 2, 3, \dots$)发送的AGC前同步码序列的时域中信号在时间" t "的值：

$$r_{MIMOSHORT}^{(i_{Tx})}(t) = \sqrt{N_{Tx}} \sum_{k=-N_s}^{N_s} q^k HTS_k \exp(j2\pi k \Delta_F t)$$

其中 N_{Tx} 表示天线总数； N_s 表示副载波的范围； q^k 表示第 k 个副载波的相位旋转向量； HTS_k 表示AGC前同步码序列的频率分量，这些分量被用于第 k 个副载波；及 Δ_F 表示副载波间隔。

2.如权利要求1所述的无线发送设备，其特征在于，AGC前同步码序列具有通过下列等式表示的频率分量，其中用于无线发送设备的副载波的数量是52：

$HTS_{-26,26} = \{0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0\}$ 。

3.如权利要求1所述的无线发送设备，其特征在于，无线分组还包含用于无线接收设备中的第一AGC的短前同步码序列，并且其中作为MIMO信号的AGC前同步码序列被用于在无线接收设备中的第一AGC之后发生的第二AGC。

4.一种用于通过无线分组与无线接收设备通信的无线发送设备，其特征在于包括：

多个天线(205A到205D)；及

信号发生器(202，203及204A到204D)，用于产生要使用多个副载

波发送、包含自动增益控制(AGC)前同步码(105A到105D)序列和数据(110A到110D)的该无线分组的信号,

其中,通过基于下列等式针对每个天线的循环移位来形成在从第 i_{Tx} 个天线(其中 $i_{Tx}=1, 2, 3, \dots$)发送的AGC前同步码序列的时域中信号在时间" t "的值:

$$r_{MIMOSHORT}^{(i_{Tx})}(t) = \sqrt{N_{Tx}} \sum_{k=-N_s}^{N_s} q^k HTS_k \exp(j2\pi k \Delta_F t)$$

其中 N_{Tx} 表示天线总数; N_s 表示副载波的范围; q^k 表示第 k 个副载波的相位旋转向量; HTS_k 表示AGC前同步码序列的频率分量,这些分量被用于第 k 个副载波;及 Δ_F 表示副载波间隔,并且

相位旋转向量由下列等式表示:

$$q^k = \frac{1}{\sqrt{N_{Tx}}} \begin{bmatrix} \exp(-j2\pi k(i_{Tx} - 1)\Delta_F D) \\ \vdots \\ \exp(-j2\pi k(N_{Tx} - 1)\Delta_F D) \end{bmatrix}$$

其中 D 表示循环移位量。

5.如权利要求4所述的无线发送设备,其特征在于,如此设置循环移位量 D ,使得从一个天线发送的在时域中AGC前同步码的信号序列和通过循环移位该信号序列而获得的信号序列之间的交叉相关值变小。

6.如权利要求4所述的无线发送设备,其特征在于,当天线的总数是2时,循环移位量 D 被设置成8,并且当总数=3时, $D=4$ 。

7.如权利要求4所述的无线发送设备,其特征在于,循环移位量 D 被存储在无线发送设备内的存储器中。

8.如权利要求4所述的无线发送设备,其特征在于,在时域中AGC前同步码的信号序列和通过按循环移位量 D 循环移位该信号序列而获得的信号序列被存储在无线发送设备内的存储器中。

9.如权利要求4所述的无线发送设备,其特征在于,AGC前同步码序列具有通过下列等式表示的频率分量,其中用于无线发送设备的副载波的数量是52:

$$HTS_{-26,26} = \{0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0,$$

$$\{-1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, \\ 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0\}.$$

10.如权利要求4所述的无线发送设备,其特征在于,无线分组还包含用于无线接收设备中的第一AGC的短前同步码序列,并且其中作为MIMO信号的AGC前同步码序列被用于在无线接收设备中的第一AGC之后发生的第二AGC。

11.一种在通过无线分组与无线接收设备通信的无线发送设备中的无线发送方法，该无线发送设备包含多个天线(205A到205D)，该方法的特征在于包括：

产生要使用多个副载波发送、包含自动增益控制(AGC)前同步码序列和数据的该无线分组的信号,

其中,通过基于下列等式针对每个天线在时域上循环移位在从第 i_{Tx} 个天线(其中 $i_{Tx}=1, 2, 3, \dots$)发送的AGC前同步码序列的时域中信号在时间" t "的值:

$$\mathbf{r}_{\text{MIMOSHORT}}^{(i_{\text{Tx}})}(t) = \sqrt{N_{\text{Tx}}} \sum_{k=-N_s}^{N_s} \mathbf{q}^k \text{HTS}_k \exp(j2\pi k \Delta_F t)$$

其中 N_{Tx} 表示天线总数； N_s 表示副载波的范围； q^k 表示第 k 个副载波的相位旋转向量； HTS_k 表示AGC前同步码序列的频率分量，这些分量被用于第 k 个副载波；及 Δ_F 表示副载波间隔。

12.如权利要求11所述的无线发送方法,其特征在于,AGC前同步码序列具有通过下列等式表示的频率分量,其中用于无线发送设备的副载波的数量是52:

$$\text{HTS}_{-26,26} = \{0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0\}.$$

13.如权利要求 11 所述的无线发送方法，其特征在于，无线分组还包含用于无线接收设备中的第一 AGC 的短前同步码序列，并且其中作为 MIMO 信号的 AGC 前同步码序列被用于在无线接收设备中的第一 AGC 之后发生的第二 AGC。

使用多个天线的无线分组发送设备及方法

技术领域

本发明涉及使用包含前同步码和数据的无线分组，在类似无线LAN的移动通信系统中分别发送无线信号的无线发送设备及方法。

背景技术

电气电子工程师协会(IEEE)现在定义了称作IEEE 802.11n的无线LAN标准，其目标是实现100Mbps或更大的高吞吐率。极有可能IEEE 802.11n将使用称作多输入多输出(MIMO)、在发送器和接收器中使用多个天线的技术。IEEE 802.11n需要与其中使用OFDM(正交频分多路复用)的标准IEEE 802.11a共存。所以，需要IEEE 802.11n无线发送设备和接收设备具有所谓向后兼容性。

Jan Boer 等人在 "Backwards Compatibility"，IEEE 802.11-03/714r0中提出的建议引入了MIMO的无线前同步码。在这个建议中，首先从单个特定发送天线发送用于时间同步、频率同步和自动增益控制(AGC)的短前同步码序列，用于估测信道脉冲响应的长前同步码序列，指示无线分组中使用的调制方案的信号字段和用于IEEE 802.11n的另一个信号字段。随后，从其它三个发送天线发送长前同步码序列。在结束前同步码的发送之后，从所有天线发送传输数据。

从短前同步码到第一信号字段，所提出前同步码与假定单个发送天线的IEEE 802.11a中规定的前同步码相同。因此，当遵守IEEE 802.11a的无线接收设备接收包含Boer提出的前同步码的无线分组时，它们识别出分组基于IEEE 802.11a。因而，符合IEEE 802.11a和IEEE 802.11n的所提出的前同步码允许IEEE 802.11a和IEEE 802.11n共存。

通常，在无线接收设备中，通过数字信号处理执行接收信号的解调。因此，在用于数字化所接收的模拟信号的设备中提供模数(A/D)

转换器。A/D转换器具有输入动态范围(要转换的模拟信号的允许水平范围)。因此,有必要执行自动增益控制(AGC)来将接收信号的水平调整在A/D转换器的输入动态范围内。

由于使用上述长前同步码序列的信道脉冲响应的估测由数字信号处理来执行,所以AGC必须使用在长前同步码序列之前发送的信号来执行。在Boer的前同步码中,使用在长前同步码序列之前、从特定发送天线发送的短前同步码序列执行AGC。即,测量短前同步码序列的接收水平,并且执行AGC,使得接收水平处于A/D转换器的输入动态范围内。通过使用短前同步码序列的AGC,能够正确地接收从特定发送天线发送的长前同步码序列和数据。如果分离布置所有天线,则从天线发送的信号的接收水平不可避免地彼此不同。因此,当无线接收设备接收从其它三个发送天线发送的长前同步码序列,或从所有天线发送的数据时,其接收水平可能远高于或远低于通过使用从特定发送天线发送的短前同步码序列的AGC获得的水平。当接收水平超过A/D转换器的输入动态范围的上限时,A/D转换器的输出饱和。另一方面,当接收水平低于A/D转换器的输入动态范围的下限时,A/D转换器的输出出现严重的量化误差。在两种情况下,A/D转换器不能执行适当转换,这消极地影响了A/D转换之后的处理。

此外,数据从所有天线发送。因此,在数据传输期间,接收水平变化的范围被进一步增加,这恶化了上述A/D转换器输出的饱和和/或其中的量化误差,从而显著降低了接收性能。

如上所述,在Boer提出的前同步码中,在接收端只使用从单个发送天线发送的短前同步码序列执行AGC,这使得难以处理在接收从其它天线以MIMO模式发送的信号时可能出现的接收水平变化。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种无线发送设备和方法,其允许在接收从多个发送天线发送的信号时进行高精度的AGC和适当的A/D转换。

根据本发明一个方面,提供了用于与具有无线分组的无线接收设

备通信的无线发送设备,其特征在于包括:多个天线;及信号发生器,用于产生要使用多个副载波发送、包含自动增益控制(AGC)前同步码序列和数据的该无线分组的信号,其中,通过基于下列等式针对每个天线在时域中的循环移位来形成在从第 i_{Tx} 个天线(其中 $i_{Tx}=1, 2, 3, \dots$)发送的AGC前同步码序列的时域中信号在时间" t "的值:

$$r_{MIMOSHORT}^{(i_{Tx})}(t) = \sqrt{N_{Tx}} \sum_{k=-N_s}^{N_s} q^k HTS_k \exp(j2\pi k \Delta_F t)$$

其中 N_{Tx} 表示天线总数; N_s 表示副载波的范围; q^k 表示第 k 个副载波的相位旋转向量; HTS_k 表示AGC前同步码序列的频率分量,这些分量被用于第 k 个副载波;及 Δ_F 表示副载波间隔。

附图说明

图1是图解了包含本发明的一个实施例中使用的无线通信的AGC前同步码的无线分组的格式的图例;

图2是图解基于该实施例的无线发送设备的结构的模块图;

图3是图解基于实施例的无线接收设备的结构的模块图;

图4是图解并入图3的设备中的接收单元的结构例子的模块图;

图5是图解现有技术中短前同步码及数据的接收功率的分布的曲线图;

图6是图解该实施例中短前同步码及数据的接收功率的分布的曲线图;

图7是图解接收单元的另一个结构例子的模块图;

图8是说明增益控制器的操作的流程图;

图9是图解基于实施例的修改的无线接收设备的模块图;

图10是图解并入图9的无线接收设备中的接收单元的结构例子的模块图;

图11是图解出现在图3中的传播路径估测单元的结构例子的模块图;

图12是图解出现在图1中的AGC前同步码的结构例子的图例;

图13是图解出现在图1中的AGC前同步码的其它结构例子的图例;

图14是图解基于本发明的另一个实施例的无线发送设备的图例；
图15A和15B是出现在图1中的AGC前同步码的另一个例子的图例；

图16A，16B和16C是出现在图1中的AGC前同步码的另一个例子的图例；及

图17示出了时域中的AGC前同步码和通过循环移位获得的序列之间的交叉相关值，并且它也示出交叉相关值和循环移位量之间的关系。

具体实施方式

参考附图详细描述本发明的实施例。

图1示出了本发明的第一实施例中使用的无线分组的格式。这个格式是MIMO(多输入多输出)模式的物理层协议数据单元格式，并且提供与IEEE802.11a无线工作站的互操作性及并存。

如图1所示，前同步码包含从天线Tx1发送的物理层会聚协议(PLCP)信号。PLCP信号包含短前同步码序列101，第一长前同步码序列102，第一信号字段(信号)103及第二信号字段(信号2)104。短前同步码序列101包含若干单元前同步码SP。长前同步码序列102包含具有相应预定长度的单元前同步码LP。前同步码LP长于前同步码SP。

短前同步码序列101，第一长前同步码序列102及第一信号字段103遵守IEEE 802.11a，而第二信号字段104是新无线LAN标准IEEE 802.11n所需的。符合IEEE 802.11a的第一信号字段103可以被称作"传统信号字段"。由于为新的高吞吐率无线LAN标准提供第二信号字段104，所以它可以被称作"高吞吐率信号字段"。在短前同步码序列101和长前同步码序列102之间插入保护间隔GI。

在PLCP信号之后，安排从多个天线Tx1到Tx4并行发送的AGC前同步码105A到105D。AGC前同步码105A到105D被同时从多个天线Tx1到Tx4发送。由于AGC前同步码被多个天线Tx1到Tx4发送并且被多个接收天线接收，所以它们是MIMO信号。在执行MIMO通信时，AGC前同步码105A到105D被用于允许接收设备执行精细AGC。这些

前同步码是特有的，以便为根据IEEE 802.11n执行MIMO模式接收而进行精细调整AGC。因此，AGC前同步码105A到105D可以被称作"高吞吐率短训练字段"。另一方面，由于短前同步码序列101遵守IEEE 802.11a，被用于粗AGC操作，所以它可以被称作"传统短训练字段"。

在AGC前同步码105A到105D之后，安排第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C及106D到109D。在实施例中，相同信号序列被用作AGC前同步码105A到105D。然而，不同信号序列可以被用作AGC前同步码105A到105D。保护间隔GI被插入在形成第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C及106D到109D的单元前同步码LP中每对相邻前同步码LP之间。如以后描述的，第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C及106D到109D具有正交关系。每个发送天线的单元前同步码LP 106-109的数量等于MIMO模式的发送天线的数量。为了区分两种长前同步码序列，符合IEEE 802.11a的第一长前同步码序列102可以被称作"传统长训练字段"。由于为新的高吞吐率无线LAN标准提供第二长前同步码序列106-109，所以它可以被称作"高吞吐率长训练字段"。

在第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C及106D到109D的每个之后，安排从天线Tx1到Tx4分别发送的发送数据(数据)110A到110C的字段。同时从多个天线Tx1到Tx4分别发送第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C及106D到109D。

现在参照图2，描述基于实施例的无线发送设备。首先，数字调制器203通过组合发送数据201及上述从存储器202输出的前同步码来形成无线分组的信号。因而获得的无线分组的信号被发送到发送单元204A到204D，在其中它们被进行发送所需的处理，例如数模(D/A)转换，频率转换到射频(RF)频带(上变转换)及功率放大。此后，结果信号被发送到对应于参考图1描述的天线Tx1到Tx4的多个天线205A到205D，在其中RF信号被从每个发送天线205A到205D发送到图3中示出的无线接收设备。在下面的描述中，图1中示出的天线Tx1到Tx4被分

别称作天线205A到205D。

在实施例中，图1中示出的包含短前同步码序列101，第一长前同步码序列102，第一信号字段103及第二信号字段104的PLCP信号被从图2中示出的发送单元204A的发送天线205A发送。在所有发送天线205A到205D上发送如图1所示在PLCP信号之后安排的AGC前同步码105A到105D，第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C及106D到109D，及数据110A到110D。

在图3中示出的无线接收设备中，多个接收天线301A到301D接收从图2示出的无线发送设备发送的RF信号。无线接收设备可以具有一个接收天线或多个接收天线。由接收天线301A到301D接收的RF信号被分别发送到接收单元302A到302D。接收单元302A到302D均执行各种接收处理，诸如从RF频带到BB(基带)的频率转换(下变转换)，自动增益控制(AGC)，模数转换等等，从而产生基带信号。

来自接收单元302A到302D的基带信号被发送到信道脉冲响应估测单元303A到303D和数字解调器304。这些单元303A到303D估测图2的无线发送设备和图3的无线接收设备之间的相应传播路径的脉冲响应。后面会详细描述信道脉冲响应估测单元303A到303D。数字解调器304基于由单元303A到303D提供的估测信道脉冲响应来解调基带信号，从而产生对应于图2示出的发送数据201的接收数据305。

更具体地，数字解调器304在其输入部分具有信道脉冲响应的均衡器。均衡器基于估测的信道脉冲响应执行用于校正传播路径中畸变的接收信号的均衡处理。数字解调器304也在由时间同步确定的适当定时解调经过均衡的信号，从而再现数据。

现在描述图3中示出的接收单元302A到302D。图4详细示出了接收单元302A的结构。由于其它接收单元302B到302D具有与单元302A相同的结构，所以只描述接收单元302A。由接收天线301A接收的RF接收信号被下变转换器401下变转换成基带信号。此时，RF信号可以被直接转换成基带信号，或可以被首先转换成中频(IF)信号并且接着转换成基带信号。

由下变转换器401产生的基带信号被发送到可变增益放大器402,在其中执行AGC,即信号水平调节。从可变增益放大器402输出的信号被A/D转换器403采样和量化。从A/D转换器403输出的数字信号被发送到接收单元302的外部及增益控制器404。增益控制器404基于从A/D转换器403输出的数字信号执行增益计算,并且控制可变增益放大器402的增益。后面会描述增益控制的特定过程。

所执行的用于接收包含其格式如图1所示的前同步码的无线分组的图3和4中所示无线接收设备的操作如下。首先,无线接收设备接收从图2的发送天线205A发送的短前同步码序列101,并且接着使用对应于短前同步码序列101的基带信号,执行分组边缘检测,时间同步,自动频率控制(AFC)和AGC。AFC也被称作频率同步。能够使用已知技术执行分组边缘检测,时间同步和AFC,因此不提供其描述。下面只说明AGC。

可变增益放大器402根据预定初始增益值放大对应于短前同步码序列101的基带信号。可变增益放大器402输出的信号通过A/D转换器403被输入到增益控制器404。增益控制器404由在A/D转换之后获得的对应于短前同步码序列101的接收信号的水平计算增益,并且根据计算的增益控制可变增益放大器402的增益。

在这里假定在A/D转换之前获得的、对应于短前同步码序列101的基带信号的水平是X。如果水平X较高,则输入到A/D转换器403的基带信号超出A/D转换器403的输入动态范围的上限。结果,从A/D转换器403输出的信号(数字信号)被饱和并且降低信号接收的质量。另一方面,如果水平X非常低,则从A/D转换器402输出的信号(即,通过A/D转换获得的数字信号)存在严重的量化误差。因而,当水平X极高或极低时,A/D转换器403不能执行适当转换,从而显著降低信号接收的质量。

为了克服这个问题,增益控制器404控制可变增益放大器402的增益,使得对应于短前同步码序列101的基带信号的水平X被调整到目标值Z。如果输入基带信号具有非常高的水平以致A/D转换器403的输出

限于其上限水平,或如果它具有非常低的水平,则可变增益放大器402的增益可能不适当地被一个控制过程控制。在这种情况下,重复执行增益控制。结果,输入到A/D转换器403的基带信号的水平能够被调整到处于A/D转换器403的输入动态范围内的值。因而,使用对应于短前同步码序列101的基带信号适当地控制可变增益放大器402的增益,从而执行适当A/D转换以避免信号接收质量的降低。

在上述实施例中,使用从A/D转换器403输出的数字信号测量计算可变增益放大器402的增益所需的接收水平。然而,能够使用在A/D转换之前获得的模拟信号执行这种水平测量。此外,可以在IF频带或RF频带而不是BB中测量接收水平。

无线接收设备接收从发送天线205A发送的第一长前同步码序列102,并且执行信道脉冲响应的估测,即使用对应于长前同步码序列102的基带信号,估测无线发送设备到无线接收设备之间的传播路径的响应(频率传递函数)。由于从发送天线205A发送的信号已如上所述经过AGC,所以当执行信道脉冲响应的估测时,到A/D转换器403的输入的水平被适当调整。因此,对于从发送天线205A发送的信号,从A/D转换器403获得高度精确的数字信号。通道脉冲的估测能够使用所获得的数字信号来精确执行。

无线接收设备接收从发送天线205A发送的第一信号字段103,并且使用数字解调器304和上述传播路径估测结果,解调对应于第一信号字段103的基带信号。第一信号字段103包含指示调制方案的信息,和在前同步码之后要发送的数据的无线分组长度。第一信号字段103是传送一种涉及无线分组的属性信息的字段。无线接收设备在从包含在第一信号字段103中的无线分组长度信息中识别出的无线分组的时长内,使用数字解调器304继续解调。

由于从短前同步码序列101到第一信号字段103的分组格式提供了与IEEE 802.11a站点的互操作性,所以IEEE 802.11a站点能够执行普通接收操作而不破坏无线分组。换言之,在接收到第一信号字段103时,符合IEEE 802.11a标准的另一个IEEE 802.11a无线发送和接收设

备(传统站点)被禁止发送信号，直到无线分组结束，以便不破坏无线分组。

随后，无线接收设备接收从发送天线205A发送的第二信号字段104。第二信号字段104包含指示对应于除IEEE 802.11a之外、例如IEEE 802.11n的标准的无线分组的标识信息。换言之，第二信号字段104指示后续AGC前同步码105A到105D，第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C和106D到109D是对应于例如IEEE 802.11n的信号。

无线接收设备接收从发送天线205A到205D并行发送的AGC前同步码105A到105D。从已经发送短前同步码序列101，第一长前同步码序列102，第一信号字段103和第二信号字段104的发送天线205A，并且从迄今为止未发送信号的发送天线205B到205D发送AGC前同步码105A到105D。因此，虽然以某个接收水平接收从发送天线205A发送的信号(即，短前同步码序列101，第一长前同步码序列102，第一信号字段103和第二信号字段104)，但是以不同于来自发送天线205A的接收信号的水平的接收水平接收AGC前同步码105A到105D。换言之，在使用多个发送天线的MIMO传输之后改变接收水平。

如上所述，无线接收设备接收第二信号字段104并且使用数字解调器304解调它，从而识别出当前无线分组对应于IEEE 802.11n。之后，数字解调器304发出用于重新开始精细调整AGC的指令到接收单元302A到302D，从而对AGC前同步码105A到105D重新执行AGC。结果，通过MIMO信道从发送天线205A到205D发送并且在接收单元302A到302D接收的信号以经过适当调整的接收水平被输入到A/D转换器403。

即，通过使用对应于AGC前同步码105A到105D的基带信号、在图4所示的A/D转换之后获得的水平，在可变增益放大器402执行增益控制。数字解调器304发出指令以开始使用AGC前同步码105A到105D的AGC的时间不限于获得第二信号字段104的解码结果的时间。例如，数字解调器304可以使用例如匹配滤波器确认AGC前同步码105A到105D的接收，并且接着为接收单元302A到302D提供指令以开始AGC。

在以前描述的Jan Boer提出的前同步码中，只使用从单个发送天线发送的短前同步码序列(传统短前同步码)执行AGC。使用从发送短前同步码序列的天线发送的信号所具有接收水平执行AGC。当无线接收设备接收从其它三个天线发送的信号时，设备通过使用所获得的增益来执行增益控制。

图5是图解在使用Jan Boer提出的前同步码时获得的短前同步码和数据的接收功率的分布的曲线图。信道处于具有50毫微秒延迟散布的多径环境中(一个数据符号的时长是4 μ s)。如该图所示，短前同步码(传统短前同步码)的接收水平与数据的接收水平的比值变化显著。

在例如图5的区域A中，尽管数据的接收水平较低，但以较高接收水平接收短前同步码。因此，如果根据短前同步码的接收功率调整AGC，则数据的接收功率低于短前同步码的接收功率，导致A/D转换器403中的量化误差。在图5的区域B中，尽管数据的接收水平较高，但以较低接收水平接收短前同步码。因此，如果根据短前同步码的接收功率调整AGC，则A/D转换器的输出在输入数据时饱和。因而，可以理解，由于在传统模式中数据与短前同步码的接收功率比不恒定；接收特性由于A/D转换器的输出中的量化误差或饱和而降级。

另一方面，在实施例1中，发送数据信号的所有天线205A到205D分别发送AGC前同步码105A到105D。图6基于实施例示出短前同步码和数据的接收功率的分布。信道环境与图5的情况相同。

如图6所示，AGC前同步码的接收功率基本与数据110A到110D的接收功率成比例。这指示A/D转换器的输入水平被适当调整，使得接收精度与图5相比较被显著增强。

图7示出接收单元302A的修改。通常，可变增益放大器402使用相对较大增益作为初值以检测未知信号。因此，如果在AGC前同步码105A到105D被接收时初始化可变放大器402的增益，则有必要重复增益控制，直到增益被稳定。图7示出的修改提供了存储器405。这个存储器405存储在使用短前同步码序列101执行AGC之后获得的增益值。当接收AGC前同步码105A到105D时，如果放大器402的增益未返回到

在后备状态设置的初值，但是从存储器405中读取的增益被用作其初值，则与未使用这种存储值的情况相比较，AGC能够精确执行，并且在短时间内结束。

接着参考图8A的流程图，详细描述增益控制器404的操作。

在接收到短前同步码序列101的头时，接收设备开始AGC(步骤S1)。

接着，零被设置为计数器值(i)(步骤S2)。

接着，参考计数器值，确定AGC处于初步阶段还是中间阶段(步骤S3)。此时，由于计数器值是零，所以对步骤S3的问题的回答为“是”，从而前进到步骤S4。

之后，确定是否现在正接收前同步码105 (步骤S4)。在这种情况下，由于作为无线分组的头的短前同步码序列101正被接收，所以对步骤S4的问题的回答为“否”，从而前进到步骤S5。在步骤S5，设置预定初值。

在下一个步骤S6，根据所设置的初值改变可变增益放大器的放大系数。在下一个步骤S7，测量当前短前同步码序列的接收水平。在步骤S8确定所测量的水平是否是对于A/D转换器合适的水平(目标水平)。如果对步骤S8的问题的回答是“否”，则过程前进到步骤S9。

在步骤S9，递增计数器值，并且接着过程返回到步骤S3。在步骤S3，确定i不是0，过程前进到步骤S10。在步骤S10，使用在步骤S7测量的水平执行增益计算。

因而，重复S10→S6→S7→S8→S9的循环，直到接收水平达到目标水平。当接收水平已经达到目标水平时，在步骤S11把设定增益写入到存储器405，从而结束对从天线Tx1发送的信号执行的AGC。与后面会描述的使用AGC前同步码105的对MIMO接收的更精细AGC操作(第二AGC)相比，这个AGC操作(第一AGC)在接收设备起“粗AGC”的作用。

接收单元302A接着接收长前同步码序列102，第一信号字段103和第二信号字段104。接收单元302A开始使用AGC前同步码105对

MIMO接收的AGC。AGC从步骤S1开始，并且转移到S2，S3和S4。在步骤S4，由于接收单元302A正接收AGC前同步码105，过程前进到步骤S12，从而读取先前写入存储器405的增益值，并且后跟步骤S6。在步骤S6之后，执行与上述相同的处理。

如下概括了上述流程。概括的流程图在图8B中示出。首先，在无线接收设备处接收短前同步码序列101(步骤S21)。接着，开始第一AGC操作(步骤S22)并且设置可变增益放大器402A到402D的增益(步骤S23)。接着，把设定增益写入到存储器405(步骤S24)。在第一AGC操作之后，接着用使用MIMO技术从多个发送天线发送的AGC前同步码105A到105D的接收的结果来开始第二AGC操作(步骤S25)。接着，参考写入存储器405的增益(步骤S26)，并且为每个可变增益放大器402A到402D设置新增益(步骤27)。

因而，当接收AGC前同步码105A到105D时，增益未回到后备状态中设定的初值，但是通过第一AGC获得的、存储在存储器405中的增益被用作初值。因为这个操作，所以AGC前同步码105A到105D允许无线接收设备在短时间段内执行MIMO接收的精细AGC。这个精细AGC为MIMO接收提供了足够的精确度。

图9是图解图3的其中公共地执行AGC的无线接收设备的修改的图例。图9不同于图3的地方在于，在前者中为天线301A到301D提供公共接收单元302。

图10详细示出图9的接收单元302。图10的结构不同于图7的地方在于，在前者中为天线301A到301D提供单个增益控制器404和存储使用短前同步码序列101获得的增益值的存储器405。

具体地，天线301A到301D的输出信号通过下变转换器401A到401D和可变增益放大器402A到402D被分别输入到A/D转换器403A到403D。A/D转换器403A到403D的输出信号被输入到公共增益控制器404。由增益控制器404确定的增益公共地被输入到可变增益放大器402A到402D。例如，允许把经过A/D转换器403A到403D的A/D转换之后获得的水平中的最高水平设置成目标Z的增益可以公共地被输入到

可变增益放大器402A到402D。

同样在图9和10中示出的接收设备中，数字解调器304确认短前同步码序列101的接收，并且向接收单元302提供指令以开始第一AGC。之后，数字解调器304确认第二信号字段104或AGC前同步码105的接收，并且向接收单元302提供指令以开始MIMO接收模式的第二AGC。

此后，无线接收设备接收第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C和106D到109D，其在AGC前同步码105A到105D之后从发送天线205A到205D发送。形成第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C和106D到109D的单元前同步码LP基本上是与形成第一长前同步码序列102的那些信号相同的信号。

此外，第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C及106D到109D是使用Walsh序列被正交化的信号。换言之，在图1中，每个具有符号"-LP"的单元前同步码具有与具有符号"LP"的每个单元前同步码的极性相反的极性。无线接收设备接收彼此合成的第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C和106D到109D。如后面会描述的，通过将第二长前同步码序列乘以Walsh序列来再现从发送天线205A到205D发送的信号。

下面将详细描述信道脉冲响应估测单元303A到303D。图11详细图解了信道脉冲响应估测单元303A。由于其它估测单元类似于估测单元303A，所以只描述估测单元303A。信道脉冲响应估测单元303A包括估测单元501A到501D，其用于分别估测在接收天线301A和无线发送设备的天线Tx1到Tx4(对应发送天线205A到205D)之间的传播路径的响应。

估测单元501A包含用于存储所接收的第二长前同步码序列的相应符号的数据存储器502A到502D，用于存储与所接收的第二长前同步码序列的相应符号相乘的相应系数的系数存储器503A到503D，乘法器504A到504D和加法器505。其它估测单元501B到501D具有与估测单元501A相同的结构，除了与所接收的第二长前同步码序列的相应符号相乘的系数值之外。数据存储器502A到502D被串联连接，从而形成移位

寄存器。

在估测单元501A中，所接收的第二长前同步码序列106A到109A，106B到109B，106C到109C和106D到109D被存储在数据存储器502A到502D中。具体地，存储器502A存储通过组合第二长前同步码序列中包含的长前同步码序列106A到106D而获得的信号的值的值。类似地，存储器502B存储通过组合长前同步码序列107A到107D而获得的信号的值的值，存储器502C存储通过组合长前同步码序列108A到108D而获得的信号的值的值，及存储器502D存储通过组合长前同步码序列109A到109D而获得的信号的值的值。

假定在发送天线205A到205D和接收天线301A之间的传播路径的响应是 h_1 ， h_2 ， h_3 和 h_4 ，数据存储器502A，502B，502C和502D中存储的信号值 S_{502A} ， S_{502B} ， S_{502C} 和 S_{502D} 通过下式指定：

$$S_{502A} = LP * h_1 + LP * h_2 + LP * h_3 + LP * h_4 \quad (1)$$

$$S_{502B} = LP * h_1 + LP * h_2 - LP * h_3 - LP * h_4 \quad (2)$$

$$S_{502C} = LP * h_1 - LP * h_2 - LP * h_3 + LP * h_4 \quad (3)$$

$$S_{502D} = LP * h_1 - LP * h_2 + LP * h_3 - LP * h_4 \quad (4)$$

乘法器504A，504B，504C和504D把数据存储器502A，502B，502C和502D中存储的信号值分别乘以系数存储器503A，503B，503C和503D中存储的系数。在估测单元501A中，系数1被存储在用于估测发送天线205A和接收天线301A之间的信道脉冲响应估测的所有系数存储器503A，503B，503C和503D中。即，系数存储器503A，503B，503C和503D中存储的系数由序列(1, 1, 1, 1)表示。

此后，加法器505将乘法器504A到504D的乘法结果相加。在这种情况下，把由等式(1)到(4)指定的信号值 S_{502A} ， S_{502B} ， S_{502C} 和 S_{502D} 相加。从等式(1)到(4)显而易见，只有长前同步码PL和指示天线Tx1(发送天线205A)和接收天线之间的信道脉冲响应的值 h_1 保留为加法结果。如果形成长前同步码序列的每个单元前同步码PL均被提供为无线发送设备和无线接收设备的预定位模式，则发送天线205A和接收天线301A之间的信道脉冲响应能够由通过组合从所有发送天线205A到205D发

送的信号而获得的接收信号来估测。

另一方面，在估测单元501B，501C和501D中，系数存储器503B，503C和503D分别存储 Walsh序列(1,1, -1, -1)，(1, -1, -1,1)和(1, -1,1, -1)。结果，估测单元501B，501C和501D能够分别估测天线Tx2，Tx3和Tx4(发送天线205B，205C和205D)和接收天线301A之间的信道脉冲响应。

如上所述，信道脉冲响应估测单元303A估测每个发送天线205A到205D和接收天线301A之间的传播路径的响应。类似地，信道脉冲响应估测单元303B到303C估测发送天线205A到205D和接收天线301B到301C之间的信道脉冲响应。

在使用AGC前同步码105A到105D的AGC中，通过将使用从单个发送天线205A发送的信号调整的可变增益放大器402的增益值用作初值，来执行增益控制，结果是能够实现精细和快速的增益控制。现在描述AGC前同步码105A到105D的例子。在图12(a)，(b)，(c)和(d)中示出的AGC前同步码105A到105D均由包含多个时域样本(在图12的情况下为10个样本)的信号序列构成。例如，从天线Tx1发送的AGC前同步码105A包括序列(a0,a1,a2,...,a8,a9)。

此外，通过循环移位单个信号序列的时域中的样本来形成在图12(a)，(b)，(c)和(d)中示出的AGC前同步码105A到105D。具体地，通过循环移位从某个参考天线发送的AGC前同步码序列的时域中的样本而获得的信号序列是从另一个天线发送的AGC前同步码序列。例如，从天线Tx2发送的AGC前同步码序列105B是(a1,a2,...,a9,a0)，其通过将参考天线Tx1发送的AGC前同步码105A的样本的时间位置循环移位一个样本来获得。

类似地，通过将参考天线Tx1发送的AGC前同步码105A的样本的时间位置循环移位两个样本来获得从天线Tx3发送的AGC前同步码105C。通过将作为参考的天线Tx1发送的AGC前同步码105A的样本的时间位置循环移位三个样本来获得从天线Tx4发送的AGC前同步码105D。

如果AGC前同步码105A到105D由彼此相同的信号序列构成, 则它们可能在传输期间互相干扰。这种干扰可能导致类似于当执行有向天线传输时出现的、取决于多径状态或接收点的电场。结果, 空点可能出现。换言之, 可能出现在其处不能接收任何AGC前同步码并且不可精确测量接收水平的接收点。

在实施例中, 有意产生由通过循环移位其样本的时间位置而获得的信号序列(即, AGC前同步码105A到105D)构成的多径。在这种情况下, 即使信号序列中的某个样本的接收水平由于信号干扰而被降低, 另一个样本的接收水平降低的发生概率也较低。因此, 实现精确的接收水平测量, 这增强了无线接收设备的接收性能。例如, 能够实现不抵触IEEE 802.11中规定的协议CSMA/CA(带碰撞避免的载波检测多路存取)的通信系统。

图13(a)到(d)示出AGC前同步码105A到105D的其它例子。在图12(a)到(d)中示出的AGC前同步码105A到105D是通过彼此循环移位其样本的时间位置而获得的时域信号序列。另一方面, 在图13(a)到(d)中示出的AGC前同步码105A到105D是频域信号序列, 并且具有不同频率分量。在图13中, f_0 到 f_{15} 指示副载波频率, 并且有阴影的副载波传递信号, 而非阴影的副载波不传递信号。

例如, 从天线Tx1发送的AGC前同步码105A由 f_0 , f_4 , f_8 和 f_{12} 构成。类似地, 从天线Tx2发送的AGC前同步码105B由副载波 f_1 , f_5 , f_9 和 f_{13} 构成。从天线Tx3发送的AGC前同步码105C由副载波 f_2 , f_6 , f_{10} 和 f_{14} 构成。此外, 从天线Tx4发送的AGC前同步码105D由副载波 f_3 , f_7 , f_{11} 和 f_{15} 构成。从天线Tx1发送的副载波不被任何其它天线发送。类似地, 从天线Tx2发送的副载波不被任何其它天线发送。

实际上, 在通过快速富立叶逆变换(IFFT)或离散富立叶变换(DFT)将AGC前同步码105A到105D转换成时域信号序列之后, 发送AGC前同步码105A到105D。在无线发送设备中, 如图14所示, 存储器202存储涉及如图13(a)到(d)所示的频域信号序列的数据作为AGC前同步码。从存储器202读取的频域信号序列数据被IFFT电路206转换成时域

信号序列，并且输入到数字调制器203。数字调制器203可以引入IFFT电路206的功能。此外，存储器202可以预先存储被转换为如图13(a)到(d)示出的频域信号序列数据的时域信号序列数据。在这种情况下，不需要IFFT电路206。

如图13(a)到(d)所示，由于AGC前同步码105A到105D是在四个天线上交织的频率，所以来自天线Tx1到Tx4的信号不包含相同频率分量，因此能够到达无线接收设备而不彼此干扰。结果，无线接收设备能够执行精确接收水平测量，并且因此表现出高接收性能。

本发明不限于上述实施例，在不偏离范围的前提下可以各种方式进行修改。例如，在图2示出的实施例中，在发送单元204A到204D中分别执行数模(D/A)转换。但是，可以修改为由数字调制器203而不是发送单元204A到204D来执行这种D/A转换。类似地，在图3示出的实施例中，在接收单元302A到302D中分别执行模数(A/D)转换。但是，可以修改为由数字调制器304而不是单元302A到302D来执行这种A/D转换。

对于分组格式，如图1所示从天线Tx1发送短前同步码序列101，第一长前同步码序列102，第一信号字段(信号)103及第二信号字段(信号2)104。但是，也可以从至少一个发送天线发送这种前同步码信号。每个第二长前同步码序列可以类似图13(a)到(d)中示出的AGC前同步码105A到105D具有不同频率分量。

在下面等式(5)中示出AGC前同步码的另一个序列。等式(5)表示当用于无线发送设备的副载波的数量是52时，频域中AGC前同步码的序列。

$$HTS_{-26,26} = \{0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, -1-j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0, 0, 1+j, 0, 0\} \quad (5)$$

从第一发送天线Tx1发送在频域中表示的等式(5)中的HTS。尽管通过如图12中示出的那样在时域中循环移位来自天线Tx1的信号来形成从其它天线发送的HTS，但是在这个例子中，使用了通过例如象图

15A和15B或图16A, 16B和16C中示出的那样在时域中循环移位等式(5)的序列而获得的序列。在时域中的循环移位相当于在频域中的相位旋转。第k个副载波的相位旋转向量被写作:

$$q^k = \frac{1}{\sqrt{N_{Tx}}} \begin{bmatrix} \exp(-j2\pi k(i_{Tx} - 1)\Delta_F D) \\ \vdots \\ \exp(-j2\pi k(N_{Tx} - 1)\Delta_F D) \end{bmatrix} \quad (6)$$

其中 N_{Tx} 表示发送天线的总数; i_{Tx} 表示天线编号; Δ_F 表示副载波间隔; "j"是虚数; 及"D"表示循环移位量。例如, $N_{Tx}=2$ 时 $D=8$ 。

因此, 通过基于下列等式针对每个天线在时域中的循环移位来形成在从第 i_{Tx} 个天线(其中 $i_{Tx}=1, 2, 3, \dots$)发送的AGC前同步码序列的时域中信号在时间"t"的值:

$$r_{MIMOSHORT}^{(i_{Tx})}(t) = \sqrt{N_{Tx}} \sum_{k=-N_s}^{N_s} q^k HTS_k \exp(j2\pi k \Delta_F t) \quad (7)$$

其中 N_s 表示使用的副载波的范围, 在等式(5)的例子中, 它表明在第-26和第26的范围中的一部分副载波用于AGC前同步码的发送。由于第-26, 第-25, 第+25和第+26处的值为0, 所以在第-24和第+24之间的副载波被有效地用于发送。 q^k 表示第k个副载波的相位旋转向量。 HTS_k 表示AGC前同步码序列的频率分量, 这些频率分量被用于第k个副载波, 即, HTS_k 表示使用等式(5)中示出的HTSs的第k个分量。

图17示出了在通过把等式(5)的HTS转换到时域上而获得的序列和通过循环移位所转换的HTS而获得的序列之间的交叉相关值。更准确地说, 图17示出了通过把等式(5)的HTS转换到时域上而获得的序列和所转换的HTS的一部分序列的交叉相关值。由于通过把等式(5)的HTS转换到时域上而获得的序列的一个周期具有16个样本, 所以上述部分的循环移位序列也具有16个样本的长度。

图17中的X-轴指示D值, 并且Y-轴指示交叉相关值。当发送天线 N_{Tx} 的总数是2时, 图17示出对于图15A和15B中示出的那样 $D=8$, 交叉相关值最小(变成0)。

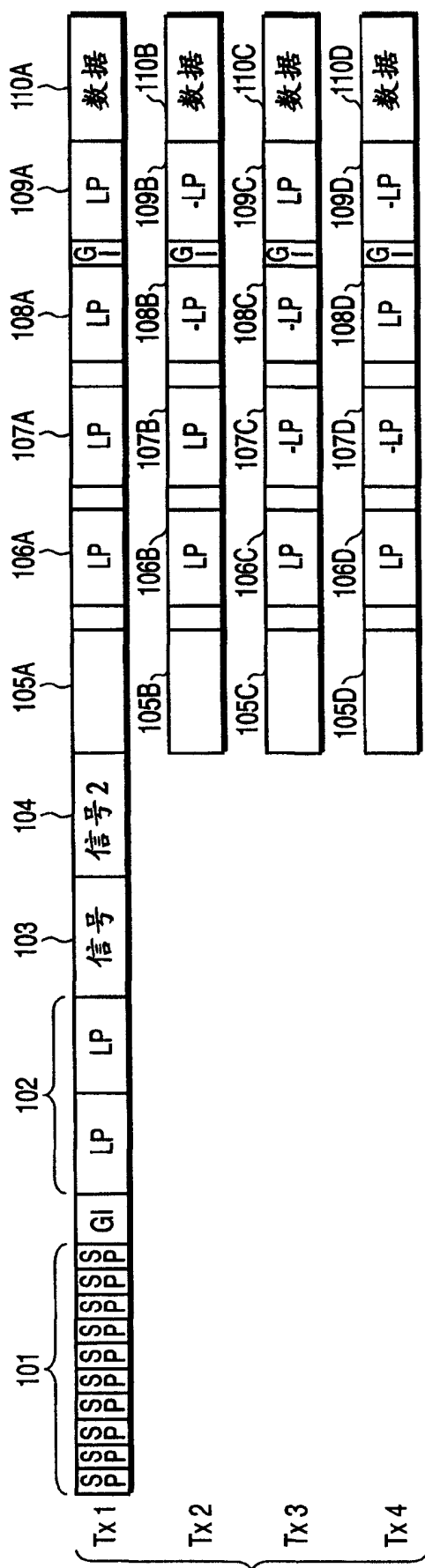
因而, 对于 $D=8$, 从天线 T_{x1} , T_{x2} 发送的信号不相关, 所以每个信号不彼此干扰地到达接收器。因此可以在接收器端准确测量来自天

线Tx1, Tx2的发送功率,于是可以在接收器端使用多个天线的接收中进行AGC,即MIMO-AGC。

当发送天线 N_{Tx} 的总数是3时, D被设置成4以使交叉相关值象图16A, 16B和16C中示出的那样尽可能小。注意, 在等式(5)中, D值被设置成对于所有发送天线是公共的, 但是它可以取另一个值。确定的循环移位时D被存储在无线传输设备的存储器(参见图2的202)中。通过预先设定存储器中的D值, 例如针对使用一对发送天线的情况, $D=8$, 针对三个发送天线的情况, $D=4$, 针对四个发送天线的情况, $D=2$, 可以根据使用的发送天线的数量发送AGC前同步码的最适当序列。在图2的发送设备的例子中, 天线的数量是4, 然而, 这种方案在使用的天线的数量能够根据需要变化的情况下有用。

另外, 一组预先循环移位的AGC前同步码信号序列可以被存储在存储器中, 并且该组信号序列可以根据使用的天线的数量从存储器中检索出。即, 假定使用的天线的数量是2, 则图15中示出的AGC前同步码的信号序列组将被存储在存储器中。假定数量是3, 则图16中示出的AGC前同步码的信号序列组将被存储在存储器中。也能够根据使用的天线的数量发送AGC前同步码的最适当序列。

本领域的技术人员会很容易地想到其它优点和修改。因此, 本发明的范围不限于图中示出和这里描述的具体细节和典型实施例。因此, 在不偏离如所附权利要求书及其等同描述定义的总的发明构思的实质或范围的前提下, 可以进行各种修改。



一、圖

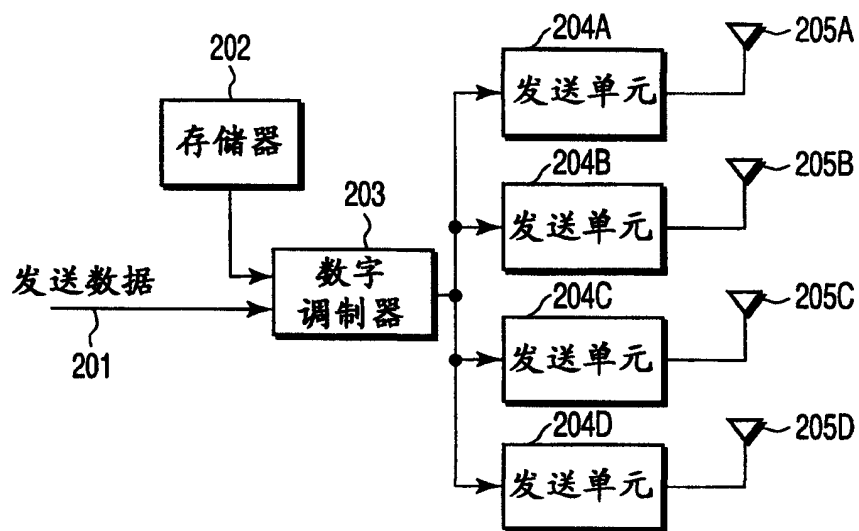


图 2

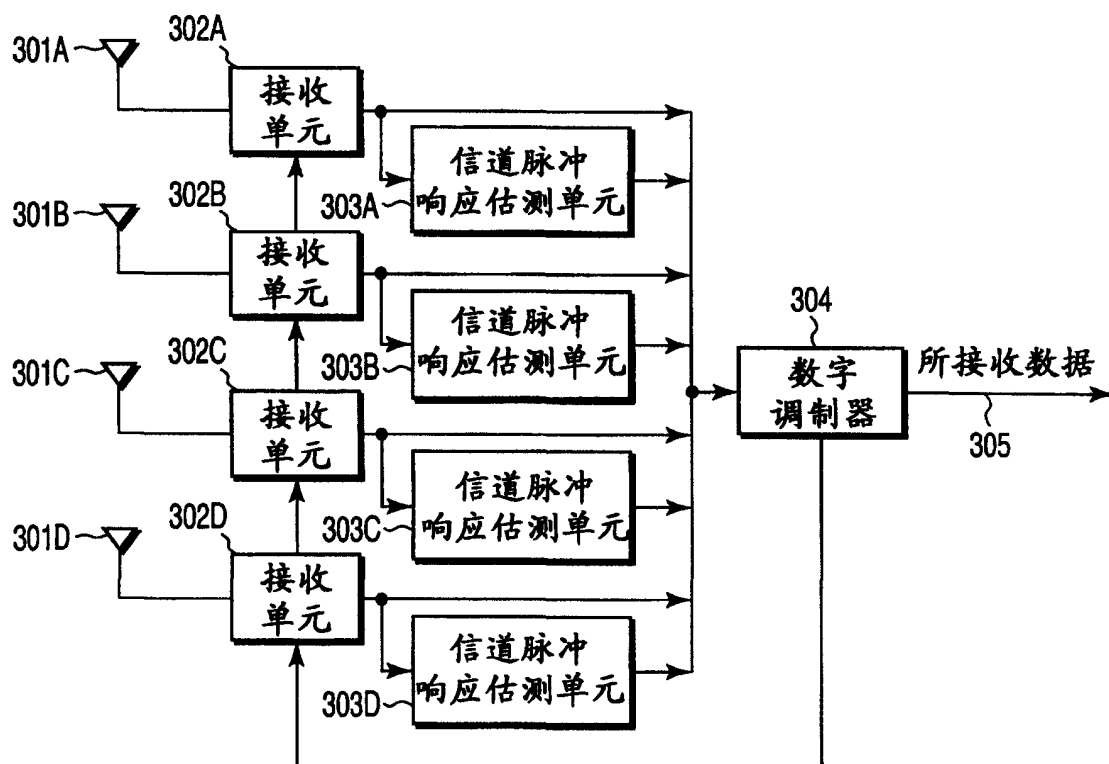


图 3

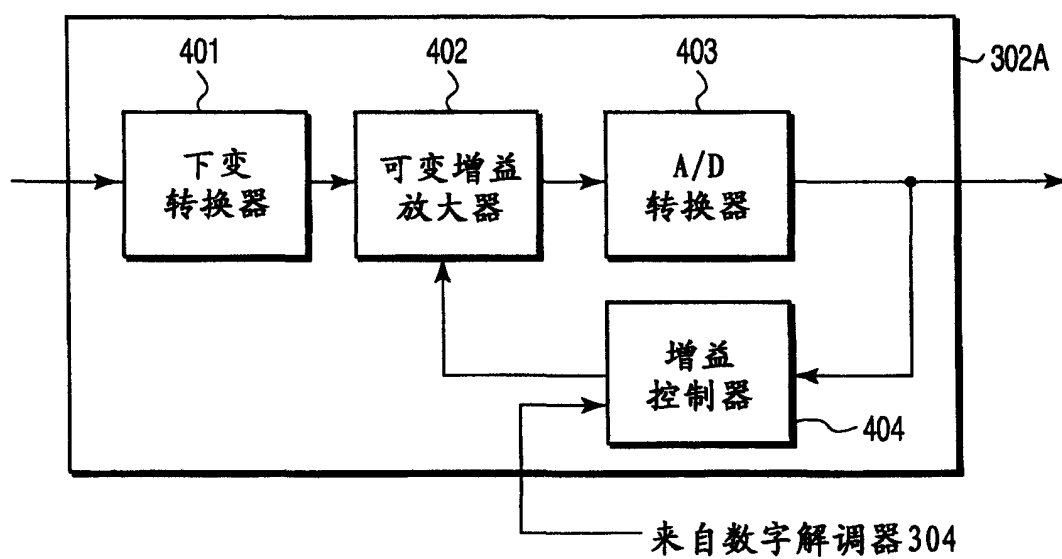


图 4

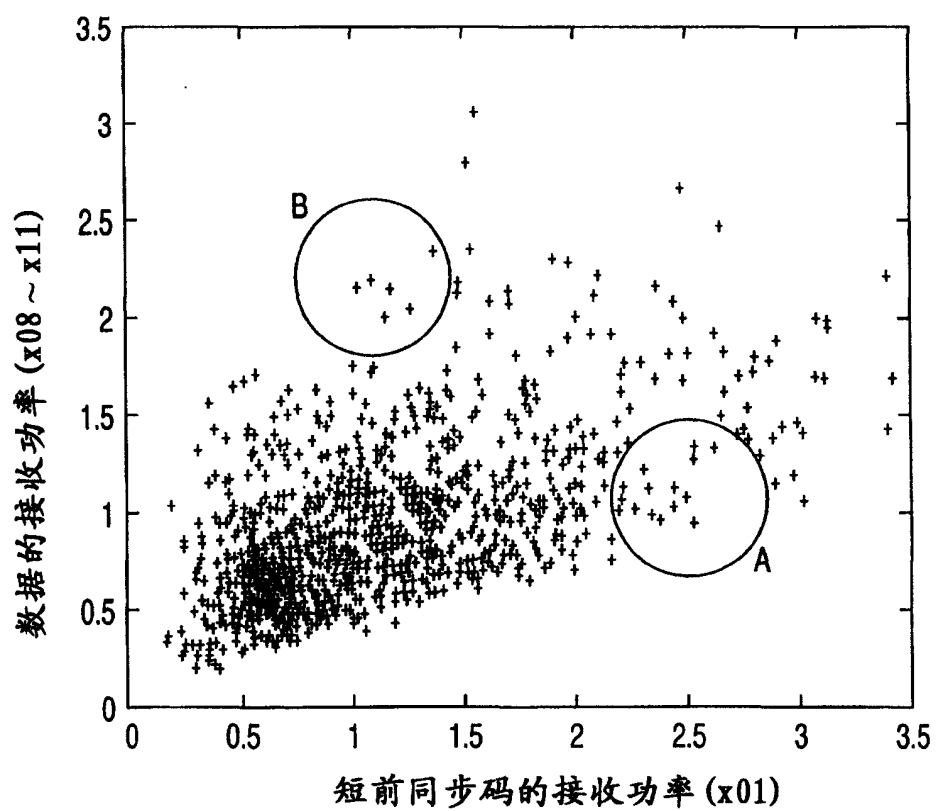


图 5

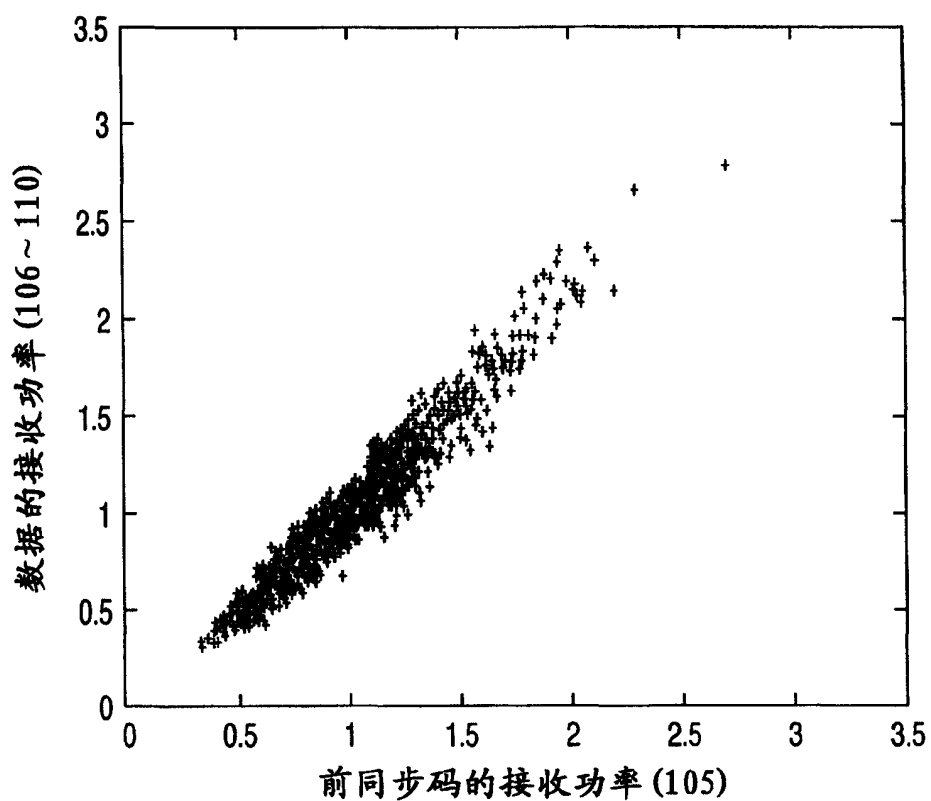


图 6

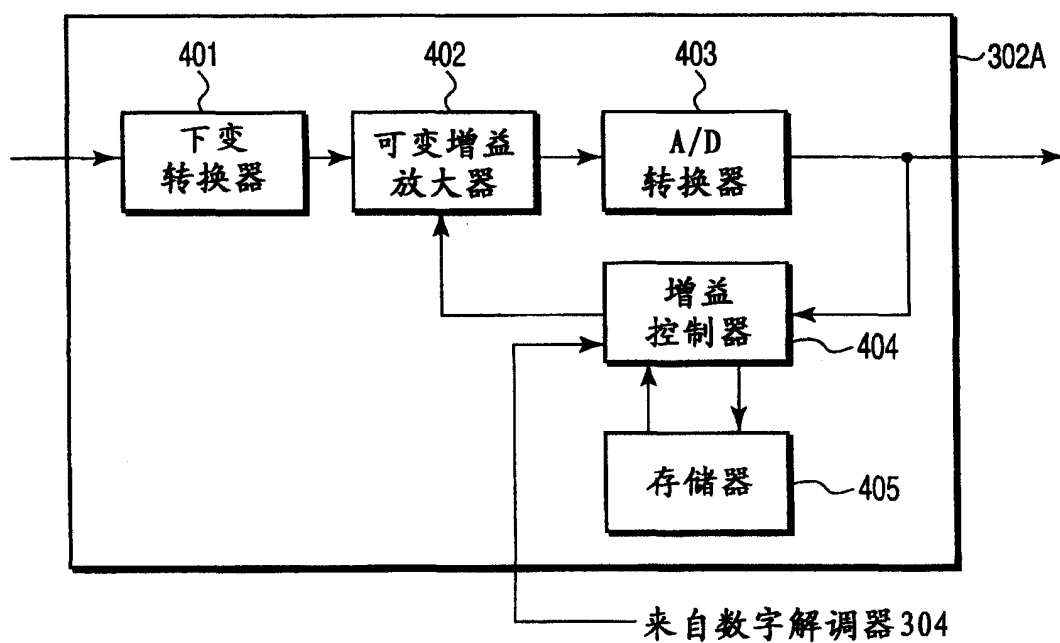


图 7

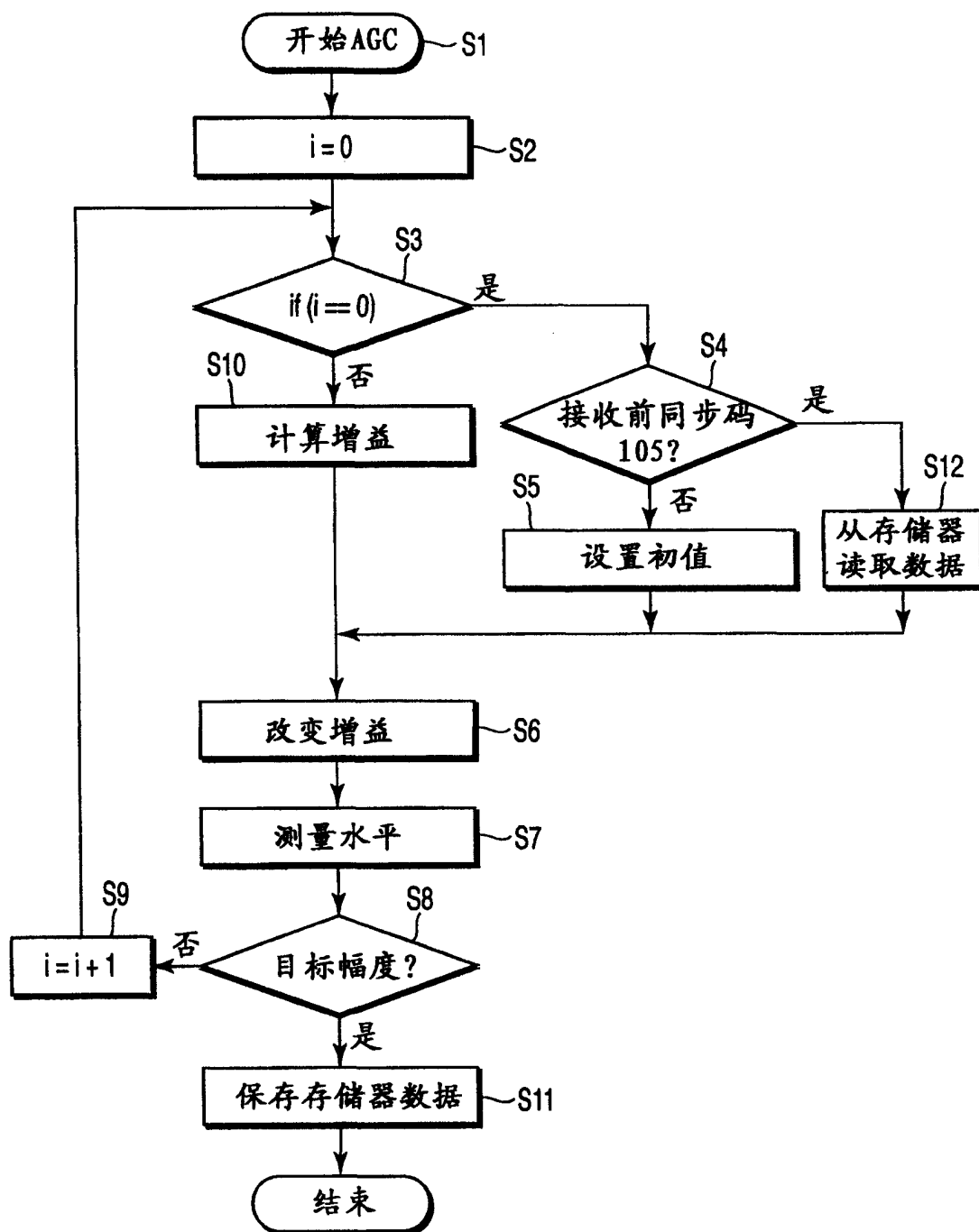
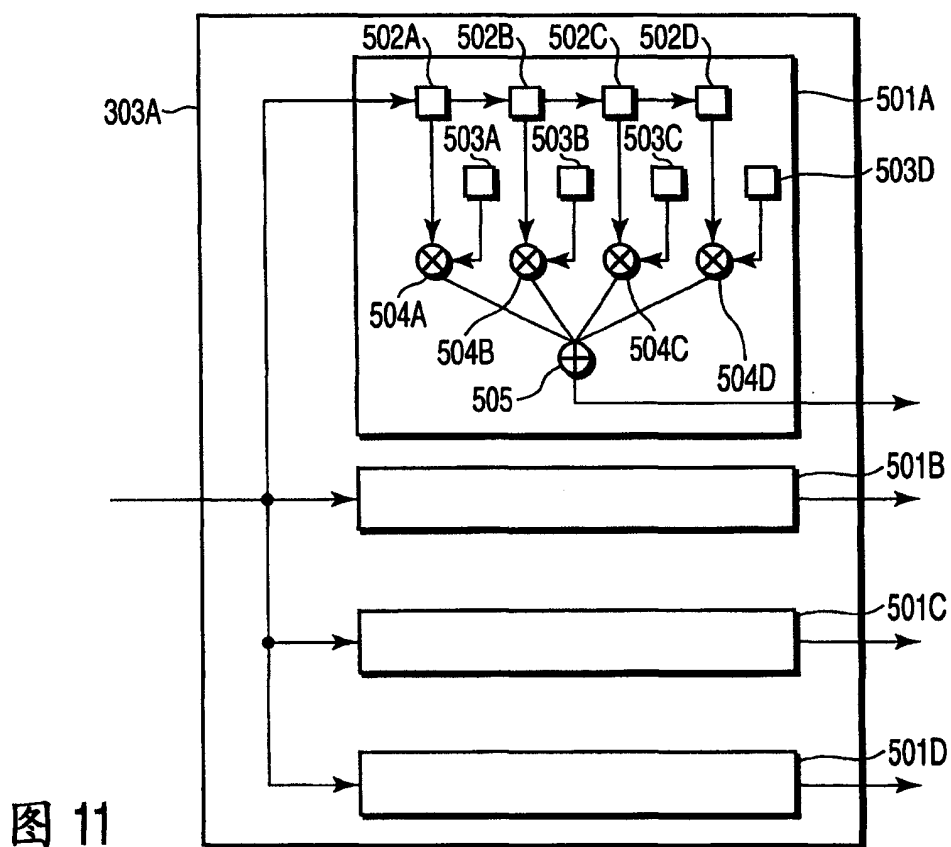
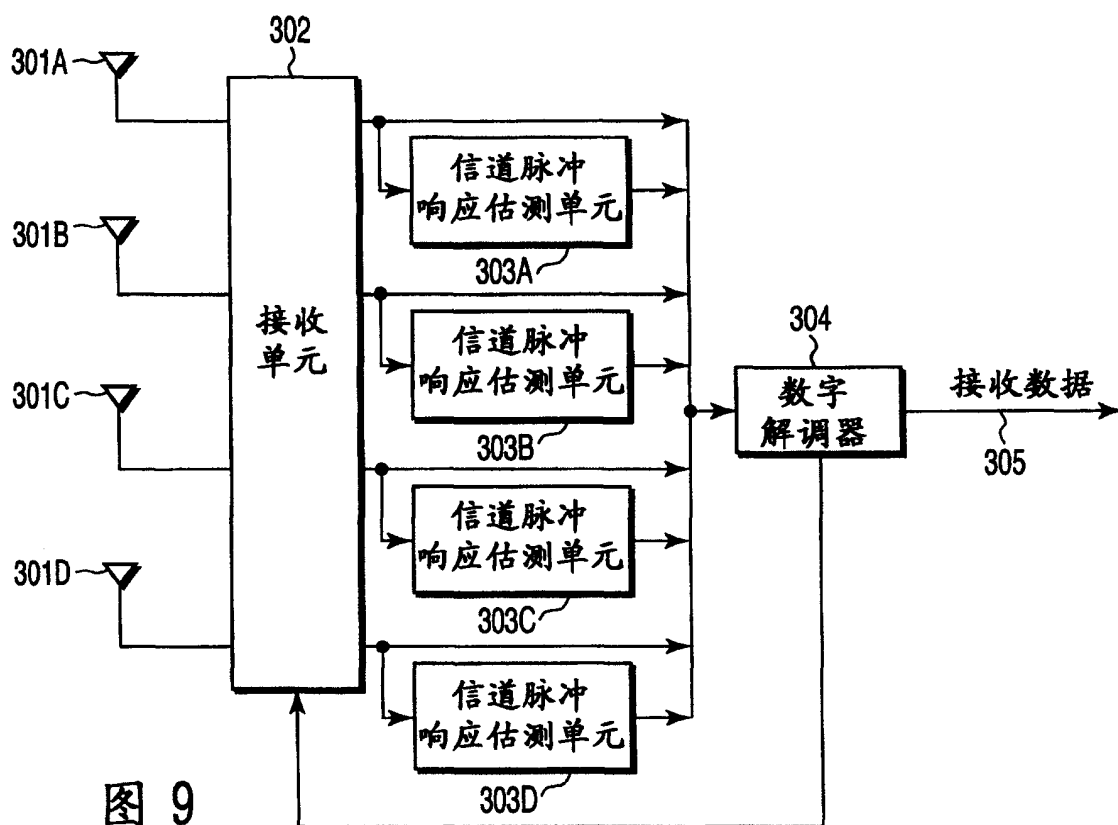


图 8



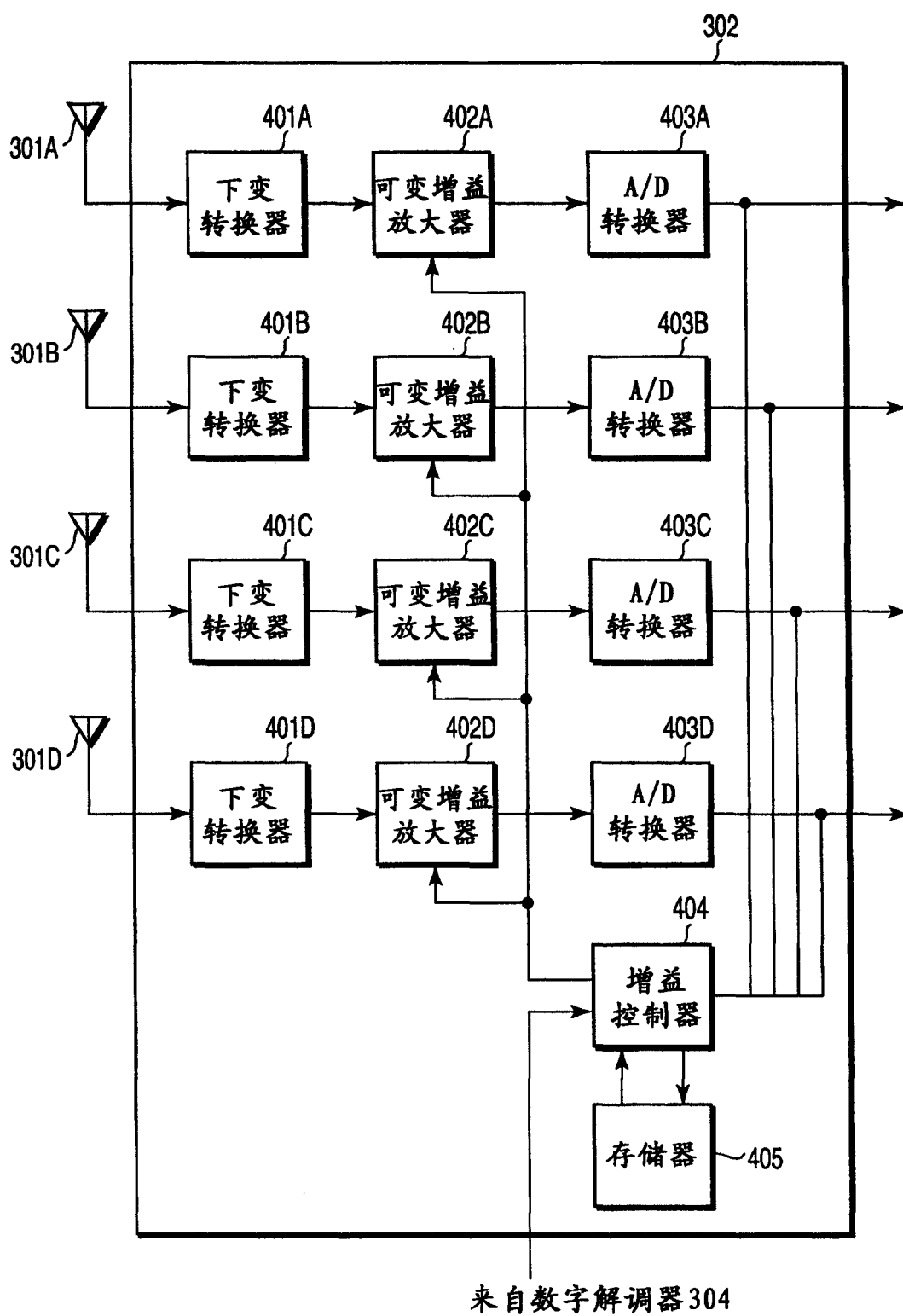


图 10

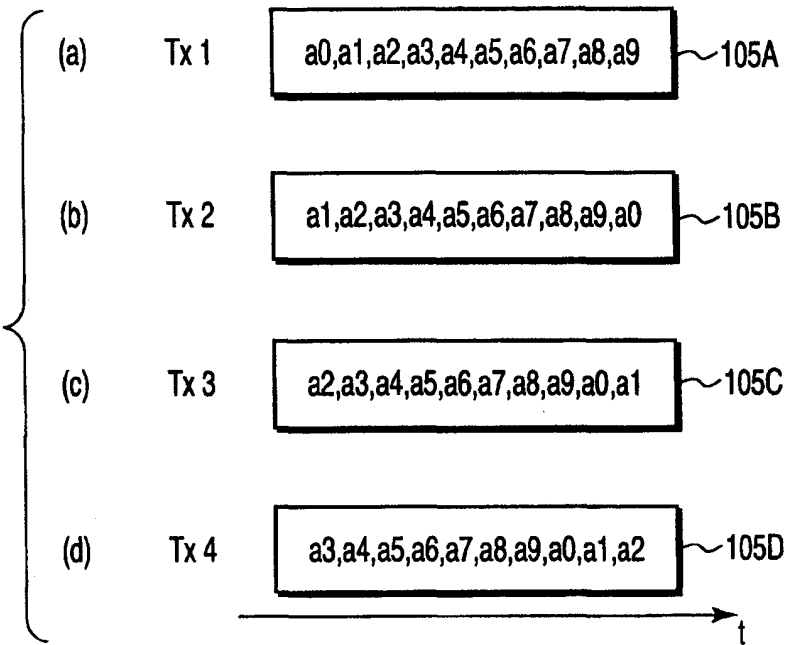


图 12

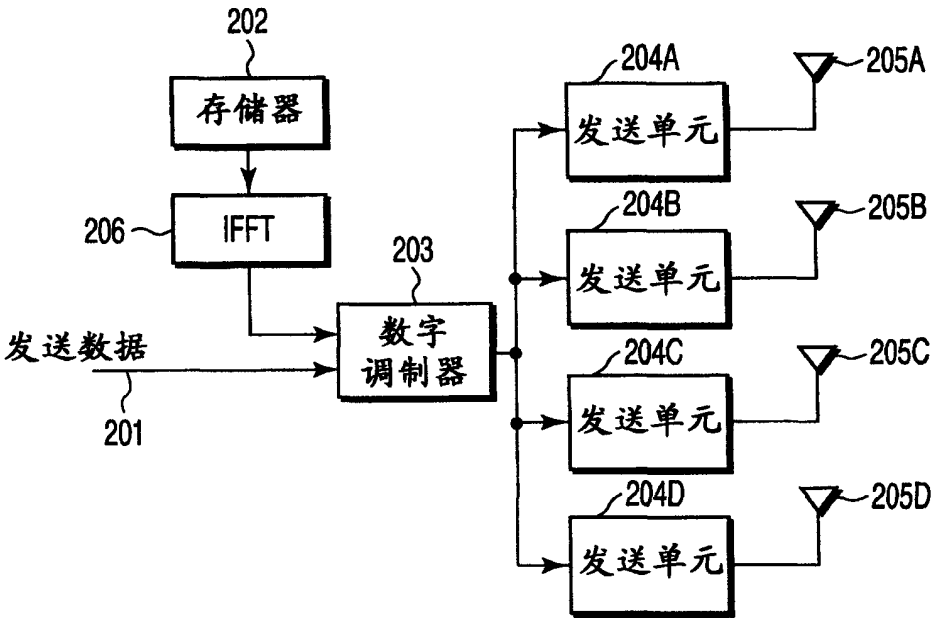


图 14

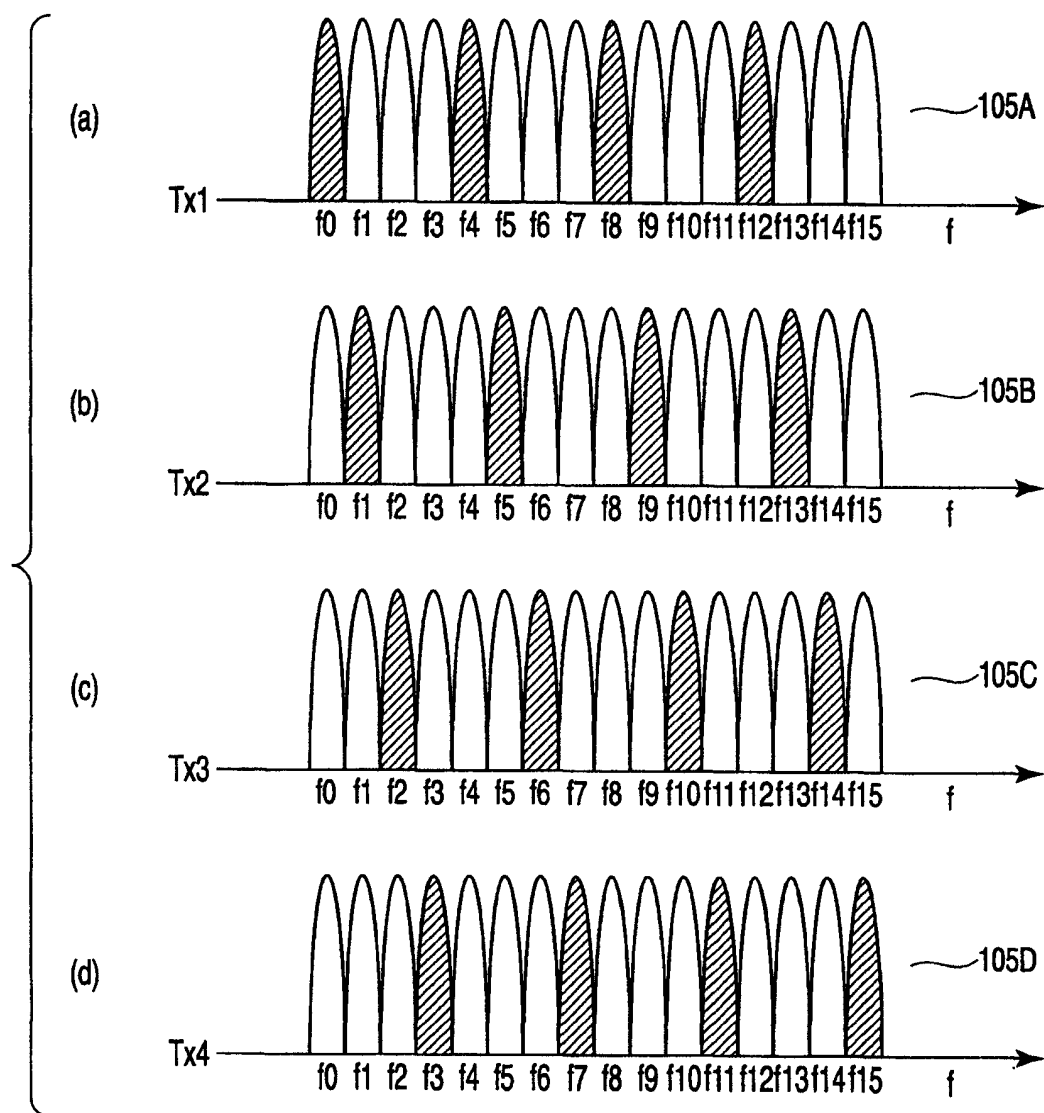


图 13

Tx1 a0, a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, ..., a60, a61, a62, a63

图 15A

Tx2 a56, a57, a58, a59, a60, a61, a62, a63, a0, ..., a52, a53, a54, a55

图 15B

Tx1 a0, a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7, a8, ..., a60, a61, a62, a63

图 16A

Tx2 a60, a61, a62, a63, a0, a1, a2, a3, a4, ..., a56, a57, a58, a59

图 16B

Tx3 a56, a57, a58, a59, a60, a61, a62, a63, a0, ..., a52, a53, a54, a55

图 16C

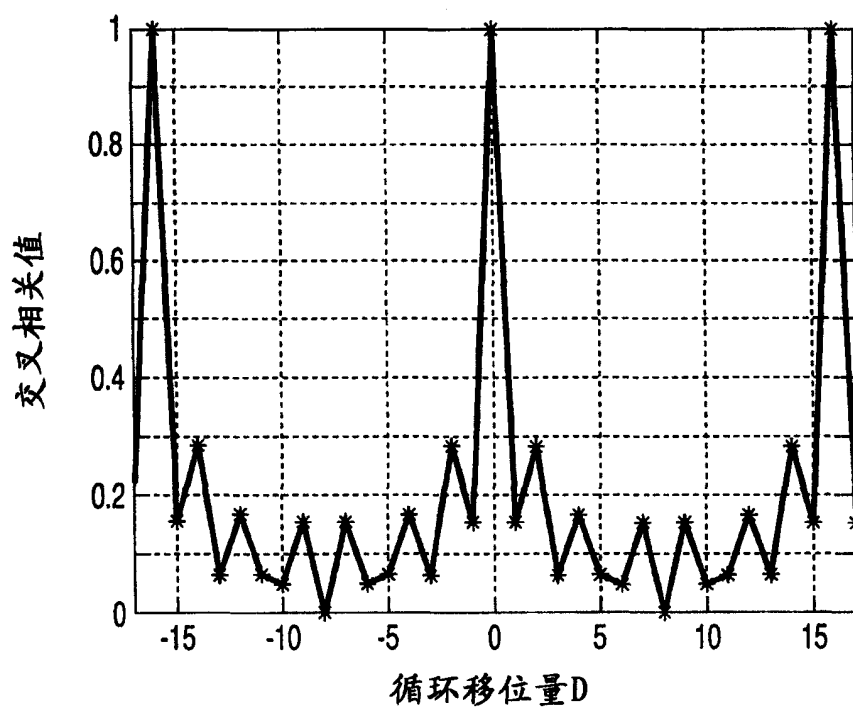


图 17