

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 1/707 (2006.01)

H04B 1/10 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200510074659.2

[45] 授权公告日 2007 年 12 月 5 日

[11] 授权公告号 CN 100353679C

[22] 申请日 2005.5.13

[21] 申请号 200510074659.2

[30] 优先权

[32] 2004.5.13 [33] JP [31] 2004-144180

[73] 专利权人 株式会社 NTT 都科摩

地址 日本东京

[72] 发明人 川本润一郎 前田规行 樋口健一
佐和桥卫

[56] 参考文献

US5365234A 1994.11.15

WO2004/028017A 2004.4.1

审查员 吴志彪

[74] 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司
代理人 李 辉

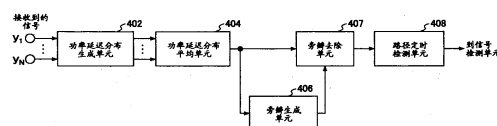
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 8 页

[54] 发明名称

路径搜索器和路径搜索方法

[57] 摘要

路径搜索器和路径搜索方法。用于接收器的路径搜索器(304)包括：功率延迟分布生成单元(402)，被构成为根据接收器接收到的信号来生成功率延迟分布；旁瓣生成单元(406)，被构成为根据接收器的频带限制滤波器的响应特性，识别包含在所述功率延迟分布中的路径的旁瓣分量；旁瓣去除单元(407)，被构成为从所述功率延迟分布去除所述旁瓣分量，以生成经校正的功率延迟分布；以及路径定时检测单元(408)，被构成为根据所述经校正的功率延迟分布来检测路径定时。



1、一种用于接收器的路径搜索器，其包括：

功率延迟分布生成单元，被构成为根据所述接收器接收到的信号来生成功率延迟分布；

旁瓣生成单元，被构成为根据所述接收器的频带限制滤波器的响应特性，识别包含在所述功率延迟分布中的路径的旁瓣分量；

旁瓣去除单元，被构成为从所述功率延迟分布去除所述旁瓣分量，以生成经校正的功率延迟分布；以及

路径定时检测单元，被构成为根据所述经校正的功率延迟分布来检测路径定时。

2、如权利要求1所述的路径搜索器，其中，

从多个发射天线发射并在所述接收器的多个接收天线处接收的多个信号被输入到所述功率延迟分布生成单元，所述功率延迟分布生成单元针对所述多个发射天线之一与所述多个接收天线之一的每一组合来生成功率延迟分布。

3、如权利要求2所述的路径搜索器，其还包括：

路径分布合成单元，被构成为对对应于所述组合而生成的功率延迟分布进行合成，

其中，所述旁瓣生成单元针对合成的功率延迟分布来生成路径的旁瓣分量。

4、如权利要求2所述的路径搜索器，其中，所述旁瓣生成单元针对对应于所述组合而生成的功率延迟分布中的每一个来生成路径的旁瓣分量。

5、一种接收器，其包括：

天线，被构成为接收信号；

频带限制滤波器，被构成为从所述接收到的信号中去除不必要的频率分量；

功率延迟分布生成单元，被构成为根据所述接收到的信号生成功率

延迟分布;

旁瓣生成单元,被构成为根据所述频带限制滤波器的响应特性,识别包含在所述功率延迟分布中的路径的旁瓣分量;

旁瓣去除单元,被构成为从所述功率延迟分布去除所述旁瓣分量,以生成经校正的功率延迟分布;以及

路径定时检测单元,被构成为根据所述经校正的功率延迟分布来检测路径定时。

6、如权利要求5所述的接收器,其中:

所述天线包括多个接收天线,每个接收天线都被构成为接收来自多个发射天线的信号;并且

所述功率延迟分布生成单元针对所述多个发射天线之一与所述多个接收天线之一的每一组合来生成延迟分布。

7、如权利要求6所述的接收器,其还包括:

路径分布合成单元,被构成为对对应于所述组合而生成的功率延迟分布进行合成,

其中,所述旁瓣生成单元针对合成的功率延迟分布来生成路径的旁瓣分量。

8、如权利要求6所述的接收器,其中,所述旁瓣生成单元针对对应于所述组合而生成的功率延迟分布中的每一个来生成路径的旁瓣分量。

9、一种路径搜索方法,其包括以下步骤:

根据接收到的信号生成功率延迟分布;

从所述功率延迟分布中选择超过阈值的路径;

根据频带限制滤波器的响应特性来识别所选择的路径的旁瓣分量;

从所述功率延迟分布去除所述旁瓣分量,以生成经校正的功率延迟分布;以及

根据所述经校正的功率延迟分布来检测路径定时。

路径搜索器和路径搜索方法

技术领域

本发明总体上涉及一种无线通信技术，更具体来说，涉及一种基于功率延迟分布（delay profile）的路径搜索器和路径搜索方法。

背景技术

通常，从无线发送器发送的信号作为直接波（direct wave）到达无线接收器。除直接波以外，或者取代直接波，从建筑物、障碍物或地面反射的一个或更多个反射波也到达无线接收器。直接波和/或反射波构成时间轴上的一系列到达波，该一系列到达波从而形成了多路径功率延迟分布。在无线通信中，通过准确地区分这些路径的幅度和定时，可以将从无线发送器发送的原始信号恢复到令人满意的程度。

利用称为“路径搜索”的技术来检测功率延迟分布中的路径定时。在常规的路径搜索中，将基于噪声电平的阈值设置为一定电平，并根据路径的功率电平是否超过该基于噪声电平的阈值来检测路径。在 JP 2001-217747A 中公开了常规路径搜索技术的示例。

然而，与真实的路径定时不同，功率延迟分布中出现的某些候选路径源自路径的旁瓣分量。例如，当功率相对较大的路径通过滚降滤波器（roll-off filter）时，产生该路径的旁瓣分量，并且该旁瓣分量可能出现在功率延迟分布中。在常规用途或者产品中可以忽略这种旁瓣分量；然而，在将来应用到高性能产品时，旁瓣分量可能降低路径搜索的准确度。难以通过调节基于噪声电平的阈值来消除这种不需要的旁瓣分量，这是因为，如果将基于噪声电平的阈值设置得太低，则会将许多旁瓣分量拾取为真实路径分量，而如果将基于噪声电平的阈值设置得太高，则不仅会消除不需要的旁瓣分量而且会消除真实路径分量。在这种情况下，在功率延迟分布中存在功率电平与真实路径分量的功率电平相当的旁瓣

分量。

同时，在被设计为实现高通信容量的多输入多输出（MIMO）系统中，在发送器/接收器中使用多个发射天线和多个接收天线。因此，如图 1 和图 2 所示，不仅在从一发射天线 206-p 到某接收天线 208-x 的传播路径中出现多径干扰，而且在从另一发射天线 206-q 到所述接收天线 208-x 的路径中也出现多径干扰。在 MIMO 系统中，随着天线数量增加，候选路径也增加，需要高准确度的路径搜索。同时，路径搜索准确度的劣化是令人关注的问题。

发明内容

鉴于上述问题设想了本发明，本发明的目的是提供一种路径搜索器和路径搜索方法，其能够从功率延迟分布去除路径的旁瓣分量以正确地检测真实路径，这些旁瓣分量是接收到的信号通过频带限制滤波器时产生的。

为了实现该目的，根据接收到的信号创建功率延迟分布，并根据频带限制滤波器的响应特性计算路径的旁瓣分量。从功率延迟分布去除旁瓣分量，以生成经校正的功率延迟分布，并根据经校正的功率延迟分布来检测路径定时。

在本发明的一个方面，一种路径搜索器包括：

（a）功率延迟分布生成单元，被构成为根据接收到的信号生成功率延迟分布；

（b）旁瓣分量确定单元，被构成为利用频带限制滤波器的响应特性来识别旁瓣分量；

（c）功率延迟分布校正单元，被构成为从所述功率延迟分布中去除所述旁瓣分量，以校正功率延迟分布；以及

（d）路径定时检测单元，被构成为根据经校正的功率延迟分布来检测路径定时。

在本发明的另一方面，提供了一种路径搜索方法。该路径搜索方法包括以下步骤：

- (a) 根据接收到的信号创建功率延迟分布;
- (b) 选择功率电平超过阈值电平的路径;
- (c) 根据频带限制滤波器的响应特性来识别所选择路径的旁瓣分量;
- (d) 从所述功率延迟分布中去除所述旁瓣分量, 以生成经校正的功率延迟分布; 以及
- (e) 根据经校正的功率延迟分布检测路径定时。

利用该路径搜索器和路径搜索方法, 高效地从功率延迟分布中去除了接收到的信号通过频带限制滤波器时产生的路径旁瓣分量, 该旁瓣分量是不能通过简单地调节基于噪声电平的阈值来去除的。因此, 可以进行准确且可靠的路径检测。

如果上述路径搜索技术应用于 MIMO 系统, 那么可以针对发射天线与接收天线的组合中的每一个 (每条由发射路径和接收路径限定的传播路径) 创建功率延迟分布。

在此情况下, 例如可以通过对多个功率延迟分布进行平均来将这些功率延迟分布合成为单个分布。可以根据经平均的功率延迟分布来计算路径的旁瓣。当根据经平均的功率延迟分布执行对旁瓣分量的检测和去除时, 因为向随后的信号检测处理给出基于经平均的功率延迟分布的路径定时, 所以可以减少信号检测所需的算术操作量。如果在信号检测中对准确度赋予优先级, 那么希望对针对多条传播路径创建的功率延迟分布中的每一个进行校正, 而不是对这些功率延迟分布进行平均。

附图说明

结合附图来阅读以下详细说明, 本发明的其他目的、特征和优点更加明显, 在附图中:

图 1 是示出功率延迟分布的示意图;

图 2 是示出 MIMO 无线通信系统的示意图;

图 3 是 MIMO 接收器的示意图;

图 4 是根据本发明实施例的用于 MIMO 接收器的路径搜索器的框图;

图 5 是示出合成的功率延迟分布的曲线图；
图 6 是滚降滤波器的脉冲响应特性的曲线图；
图 7 是示出根据本发明实施例的路径搜索器的操作的流程图；
图 8 是示出该实施例与常规技术相比的仿真结果的图；以及
图 9 是根据本发明另一实施例的用于 MIMO 接收器的路径搜索器的框图。

具体实施方式

以下结合附图对本发明进行详细描述。

图 2 是包括发送器 202 和接收器 204 的多输入多输出 (MIMO) 通信系统的示意图。本实施例使用的 MIMO 系统是空间复用 MIMO 系统，从发射天线 206-1 到 206-N 以相同频率同时发送各个信号。本发明可以应用于其中从发射天线同时发送内容基本相同的信号的 MIMO 分集系统。在多个接收天线 208-1 到 208-N 接收从发射天线 206-1 到 206-N 发送的多个信号。在该示例中，为了简化起见，发射天线的数量与接收天线的数量相同 (N 个天线)。然而，发射天线与接收天线之间的天线数量可以不同。

图 3 是图 2 所示的接收器 204 的示意图。在各个接收天线处接收到的接收信号 y_1 至 y_N 输入到信号检测单元 302。接收信号 y_1 至 y_N 还输入到路径搜索器 304。路径搜索器根据接收的信号 (其包含发送器 202 和接收器 204 所公知的导频信号) 对信道进行估计，创建功率延迟分布，并向信号检测单元 302 提供关于路径定时和衰落补偿的信息。

信号检测单元 302 根据接收的信号和估计的路径定时，对从多个发射天线 206-1 到 206-N 分别发送的信号进行检测，并使其彼此分离。可以使用最小均方差 (MMSE)、最大似然检测 (MLD)、或 QR 分解和 M 算法的最大似然检测 (QRM-MLD) 来执行信号分离。经分离的信号提供给用于随后的解码处理的信道解码器。

图 4 是根据本发明实施例的路径搜索器 304 的功能框图。路径搜索器 304 包括功率延迟分布生成单元 402、功率延迟分布平均单元 404、旁瓣生成单元 406、旁瓣去除单元 407、以及路径定时检测单元 408。

功率延迟分布生成单元 402 根据在接收天线 208-1 到 208-N 处接收到的并已经进行频带限制处理的接收信号 y_1 至 y_N 来生成多个功率延迟分布。更具体地说, 功率延迟分布生成单元 402 根据接收到的导频信号对发射天线 206 与接收天线 208 的每个组合执行信道估计, 检查包含在接收信号中的路径的功率电平和定时, 并输出关于功率延迟分布的信息项。因此, 功率延迟分布生成单元 402 生成 $N_{Tx} \times N_{Rx}$ 个功率延迟分布, 其中, N_{Tx} 表示发射天线 206 的数量, N_{Rx} 表示接收天线 208 的数量。在 MIMO 系统中, 在接收天线 208 处接收到的信号包括源自 N_{Tx} 个发射天线 206 的信号。可以利用在发射天线 206-1 到 206-N 中不同的导频信号将发射天线 206 与接收天线 208 的 $N_{Tx} \times N_{Rx}$ 个组合相互区分。优选地, 以使其彼此正交的方式来选择导频信号。

功率延迟分布平均单元 404 在对功率延迟分布生成单元 402 创建的多个功率延迟分布进行适当定时的同时, 将这多个功率延迟分布合成为单个分布。通常可以通过进行平均(例如算术平均或加权算术平均)对功率延迟分布进行合成。为此, 功率延迟分布平均单元 404 是功率延迟分布合成装置的一个示例。

图 5 是示出合成的功率延迟分布的示例的图。该功率延迟分布包括功率电平超过基于噪声电平的阈值 E_{th} 的 9 个路径(由向下的箭头表示)。在这 9 个路径中, 6 个路径 501 至 506 是真实路径, 而 3 个路径 511 至 513 可能是真实路径的旁瓣分量(这些分量的真实信道并不存在)。如果将旁瓣分量错误地检测为真实路径, 就可能降低后续处理中的在信号检测单元 302 处执行的信号分离的准确度, 并且可能难以实现令人满意的信号恢复。旁瓣分量是当功率电平相对较高的路径通过滚降(频带限制)滤波器时产生的。

图 4 所示的旁瓣生成单元 406 利用滚降滤波器(频带限制滤波器)的脉冲响应特性, 生成出现于功率延迟分布的旁瓣分量。在接收器 204 中已知滚降滤波器的脉冲响应特性 $h_{rc}(t)$ 。脉冲响应特性 $h_{rc}(t)$ 例如具有图 6 所示的特性, 并由公式 (1) 表示。

$$h_{RC}(t) = \left(\frac{\sin(\pi t / T_c)}{\pi t / T_c} \right) \left(\frac{\cos(\pi \alpha t / T_c)}{1 - (4\alpha t / (2T_c))^2} \right) \quad (1)$$

其中， T_c 表示码片周期， α 表示滚降因数。在图 6 所示的示例中， α 设置为 0.22 ($\alpha=0.22$)。通常，从负码片周期到正码片周期的范围 ($|t| \leq T_c$) 内的部分称为指向真实路径的主瓣，而其他在范围 $|t| > T_c$ 内的部分指向旁瓣。

例如，根据图 5 所示的第一到达路径 501 的功率电平和定时，可以由公式 (1) 计算该路径的旁瓣的功率电平和定时。根据第二到达路径 502 的功率电平和定时，可以利用公式 (1) 来确定路径 502 的旁瓣。类似地，选择功率电平相对较大的路径（例如， Y 个路径），并确定各个所选择路径的旁瓣分量。理论上，存在许多旁瓣分量，根据用途来选择需要数量的旁瓣分量（例如，在主瓣任一侧上的 Z 个旁瓣分量）。针对每个路径确定所选择旁瓣分量的功率电平和定时。可以从其功率电平超过阈值电平的那些路径中按功率电平的降序（例如，具有 Y 个最高功率电平的 Y 个路径）选择对其计算旁瓣分量的路径。

图 4 所示的旁瓣去除单元 407 从功率延迟分布平均单元 404 生成的功率延迟分布中去除旁瓣生成单元 406 识别出的旁瓣分量。因此，从图 5 所示的功率延迟分布中去除了不希望的路径 511、512 以及 513，6 个真实路径 501 至 506 保留在功率延迟分布中。

路径定时检测单元 408 根据由旁瓣去除单元 407 校正的功率延迟分布来提取路径定时。在图 5 所示的示例中，通过路径功率电平与基于噪声电平的阈值 E_{th} 之间的比较从而提取出 6 个路径 501 至 506。

按此方式，本实施例的路径搜索器 304 基于已从其中去除了不希望的路径分量的功率延迟分布来执行路径搜索，因此，可以实现准确的路径搜索。

图 7 是示出根据本发明实施例的路径搜索器 304 执行的操作的流程图。该流程示出了从功率延迟分布选择最高的 Y 个路径的示例。处理在步骤 71 开始。在步骤 72，在图 4 所示的功率延迟分布生成单元 402 处，根据接收信号，针对 MIMO 系统中的发射天线与接收天线的组合中的每一

个生成功率延迟分布。然后，通过算术平均、加权平均或其他适当方法，将生成的多个功率延迟分布合成为单个功率延迟分布。

在步骤 73，从合成的功率延迟分布中包括的多个路径中选择功率电平为第 N 高的路径。参数 N 的初值设为 1 ($N=1$)。

在步骤 74，根据所选择路径的定时和功率电平，利用如公式 (1) 所示的滚降（或频带限制）滤波器的响应特性，旁瓣生成单元 406 计算规定数量个（例如， Z 个）旁瓣分量。

在步骤 75，旁瓣去除单元 407 从所选择路径（第 N 高的路径）的合成功率延迟分布中去除 Z 个识别出的旁瓣分量，并且参数 N 加 1。

在步骤 76 中，确定 N 是否小于或等于 Y ($N \leq Y$)。如果 N 小于或等于 Y （在步骤 76 为“是”），则处理返回步骤 73，选择具有下一最大功率电平的下一路径，并且重复步骤 74-76。如果在步骤 76 中 N 大于 Y ，则处理进行到步骤 77。此时，已对功率延迟分布进行了校正，以使其包括 Y 个最大路径的主瓣分量以及较小路径的主瓣分量和旁瓣分量，而不包括 Y 个最大路径的旁瓣分量。

在步骤 77，根据经校正的功率延迟分布来确定 Y 个最大路径和其他路径的功率电平和定时，处理在步骤 78 结束。

图 8 是示出根据本实施例的路径搜索与常规技术相比较的仿真结果的图。仿真中设置的条件如下：

调制方式：8PSK

Turbo 编码率 R ：3/4

最大多普勒频率 f_D ：20 Hz

导频功率与数据信道的比率：30%

最大指数数量：6

在仿真中，使用 2db 指数衰减 6 路径信号模型，功率电平在第二路径和后继路径中的每个路径处衰减 2db。该图的横轴表示每接收天线的每比特信噪平均功率密度比 (E_b/N_0)，纵轴表示平均块错误率 (BLER)。黑圆圈表示巧妙计算的理想估计结果，它们也表示估计限。位于非常靠近理想曲线处的白圆圈、三角形以及正方形表示本实施例的估计结果。绘

于椭圆中的正方形、三角形、叉标记、以及倒三角形表示常规方法的估计结果。

常规方法的估计结果的四种符号表示路径搜索功率电平的不同阈值 (E_{th})。正方形表示功率阈值设置为某基准功率电平 P_A ($E_{th}=P_A$) 时的估计结果, 三角形表示功率阈值设置为基准功率电平 P_A 的 3 倍 ($E_{th}=3 \times P_A$) 时的估计结果, 叉标记表示该阈值设置为基准功率电平 P_A 的 5 倍 ($E_{th}=5 \times P_A$) 时的估计结果, 而倒三角形表示该阈值设置为基准功率电平 P_A 的 7 倍 ($E_{th}=7 \times P_A$) 时的估计结果。该仿真中使用的基准功率电平是通过从功率延迟分布去除 24 个最大路径然后对剩下路径的功率电平进行平均而确定的平均功率电平。当阈值电平设置得太低时, 估计结果不能令人满意。这是因为被选为超过该阈值的路径除真实路径之外还包括不希望的路径。当阈值设置得太高时, 估计结果也不能令人满意, 因为未能选择某些功率电平低于该阈值的真实路径。

本实施例的估计结果的三个符号表示待去除的旁瓣分量的不同数量 (Y)。将用于路径搜索的功率阈值设置为基准功率电平的两倍 ($E_{th}=2 \times P_A$)。三角形表示去除出现在真实路径的每侧上的一个旁瓣分量时的估计结果 ($Y=1$)。正方形表示去除出现在真实路径的每侧上的两个旁瓣分量时的估计结果 ($Y=2$)。圆圈表示去除出现在真实路径的每侧上的三个旁瓣分量时的估计结果 ($Y=3$)。在任一情况下, 估计结果都非常接近理想曲线 (由黑圆圈所限定), 这与常规方法的估计结果不同。

图 9 是根据本发明另一实施例的路径搜索器的功能框图。图 9 所示的路径搜索器包括功率延迟分布生成单元 402、 N 个旁瓣生成单元 406- n 、 N 个旁瓣去除单元 407- n 、以及 N 个路径定时检测单元 408- n ($n=1, \dots, N_{all}$)。因此, 本实施例的路径搜索器具有 N_{all} 条路径搜索线, 其中 $N_{all}=N_{Tx} \times N_{Rx}$, N_{Tx} 表示发射天线的数量, N_{Rx} 表示接收天线的数量。

功率延迟分布生成单元 402 根据接收到的导频信号, 对发射天线与接收天线的每个组合进行信道估计, 并创建 $N_{Tx} \times N_{Rx}$ 个功率延迟分布。可以利用多个发射天线中不同的导频信号, 将发射天线与接收天线 208 的 $N_{Tx} \times N_{Rx}$ 个组合彼此区分开来。各个功率延迟分布都提供给对应的旁瓣生

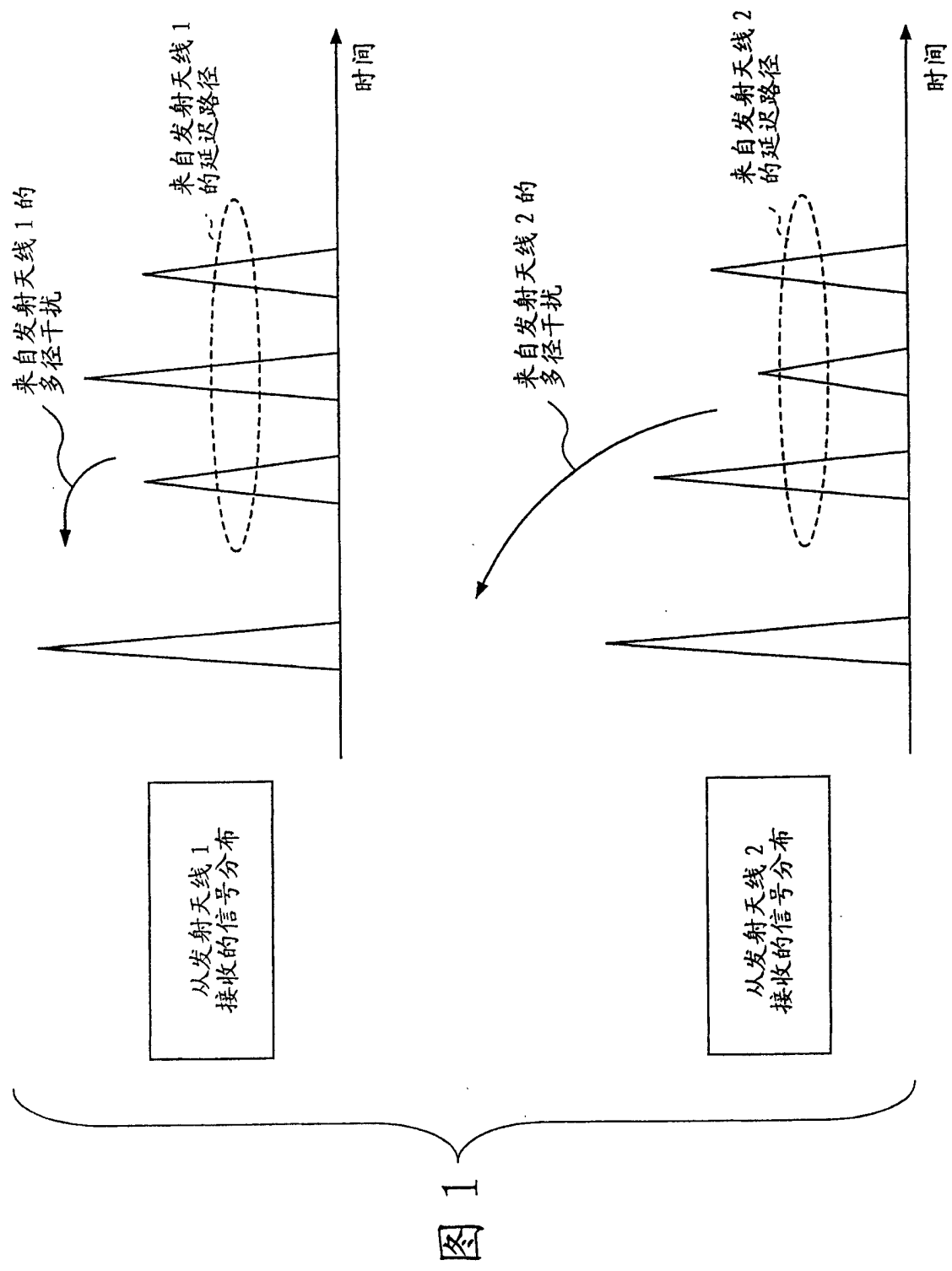
成单元 406 和旁瓣去除单元 407。由于 N_{all} 条路径搜索线中包含的部件具有相同的结构和相同的功能，所以仅对第一路径搜索线中包括的部件进行说明。

旁瓣生成单元 406-1 利用滚降滤波器（公示（1）表示其特性）的脉冲响应特性，生成功率延迟分布中出现的旁瓣分量。根据用途来确定要生成的表示功率电平和定时的旁瓣分量的数量。

旁瓣去除单元 407-1 从功率延迟分布生成单元 402 生成的功率延迟分布中去除旁瓣生成单元 406-1 识别出的旁瓣分量。路径定时检测单元 408 根据由旁瓣去除单元 407-1 进行了校正的功率延迟分布来提取路径定时。

在本实施例中，不对 N_{all} 个功率延迟分布进行平均，而是针对每个功率延迟分布执行对旁瓣分量的去除和对路径定时的检测。路径定时检测结果提供给图 3 所示的信号检测单元 302。与前一实施例相比，信号检测单元 302 基于针对根据发射天线与接收天线的组合而互不相同的各个传播路径来确定的准确的路径定时，从而更准确地执行信号分离。

本专利申请基于 2004 年 5 月 13 日提交的日本专利申请 No. 2004-144180 并要求其较早提交日期的优先权，在此通过引用并入其全部内容。



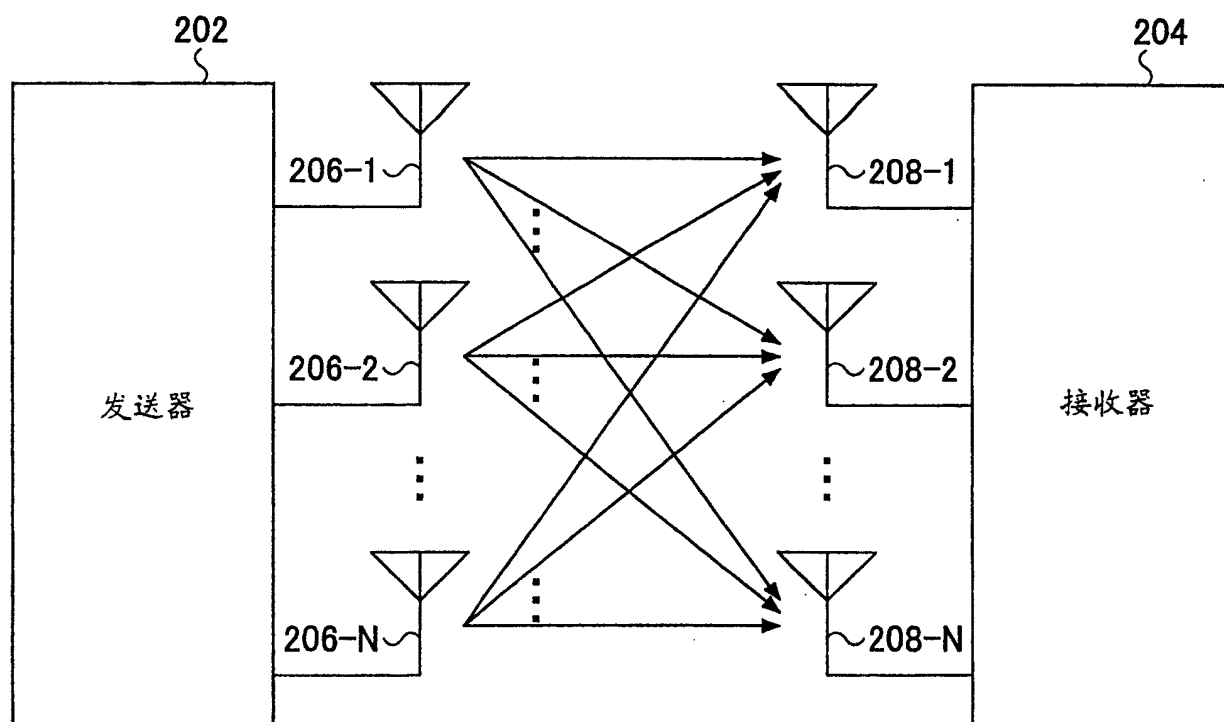


图 2

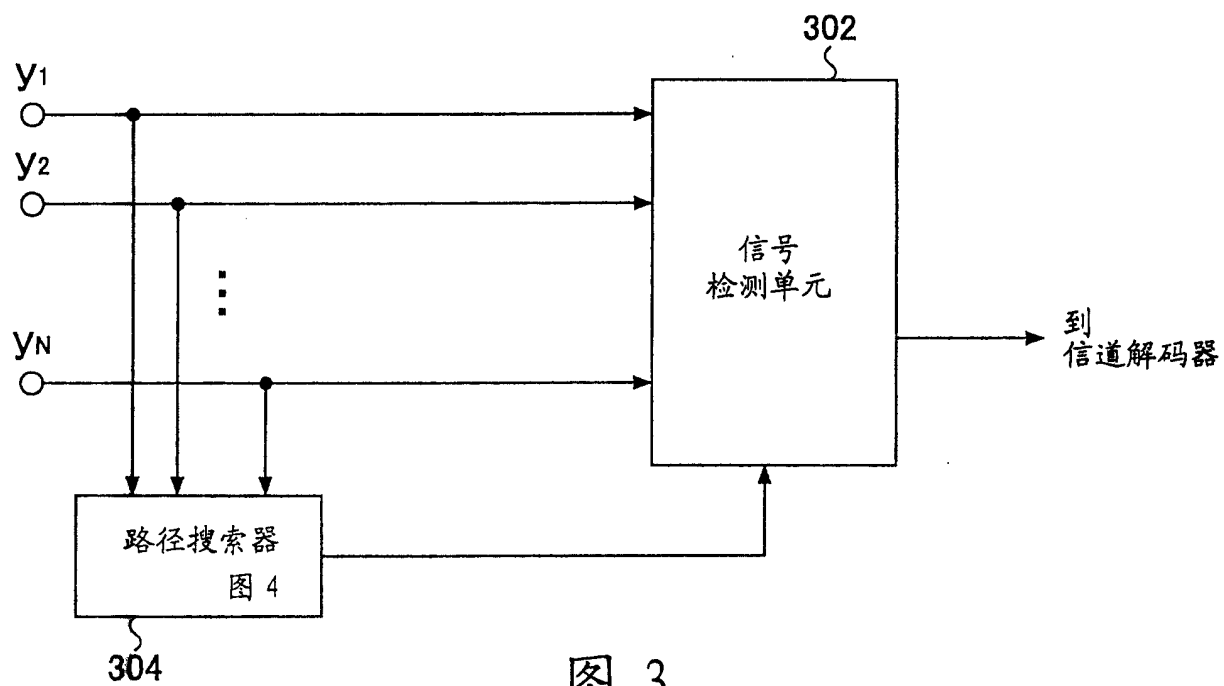


图 3

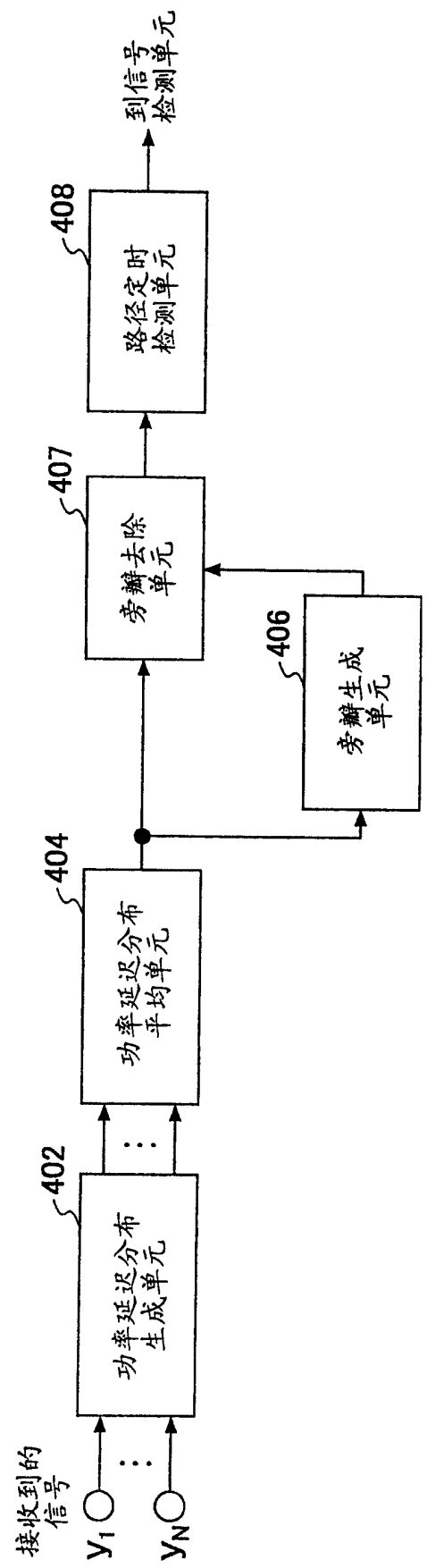


图 4

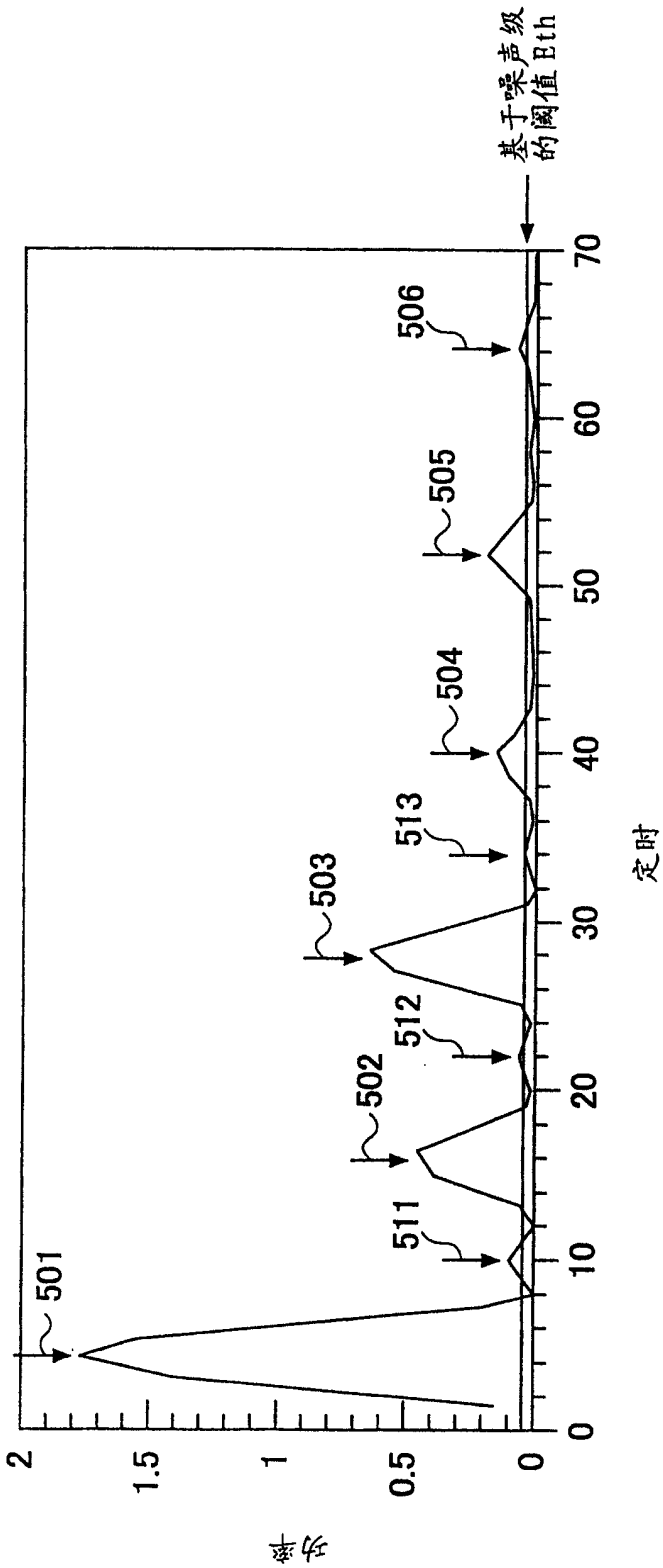


图 5

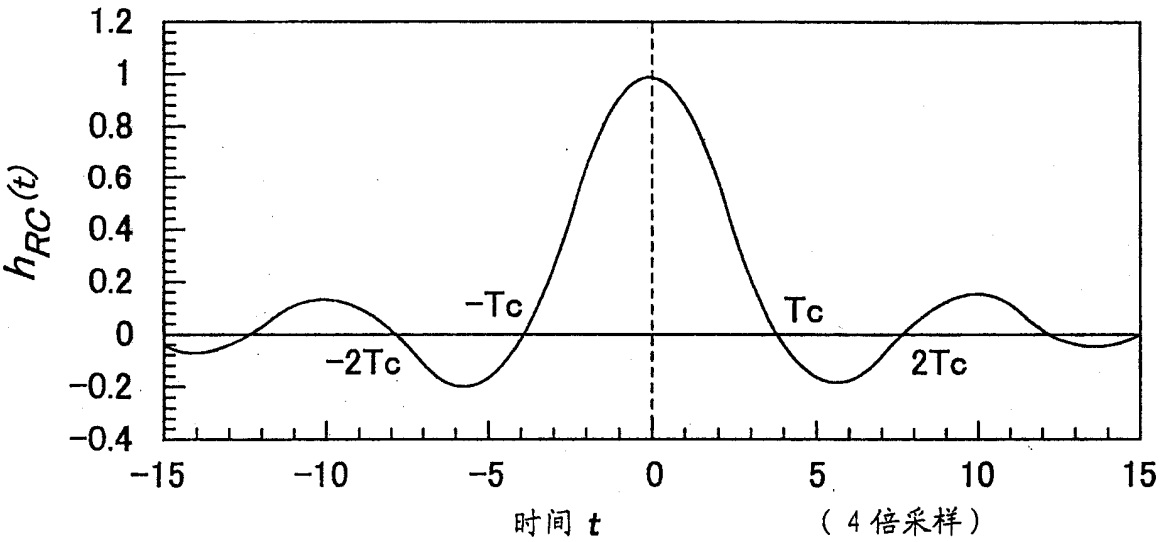


图 6

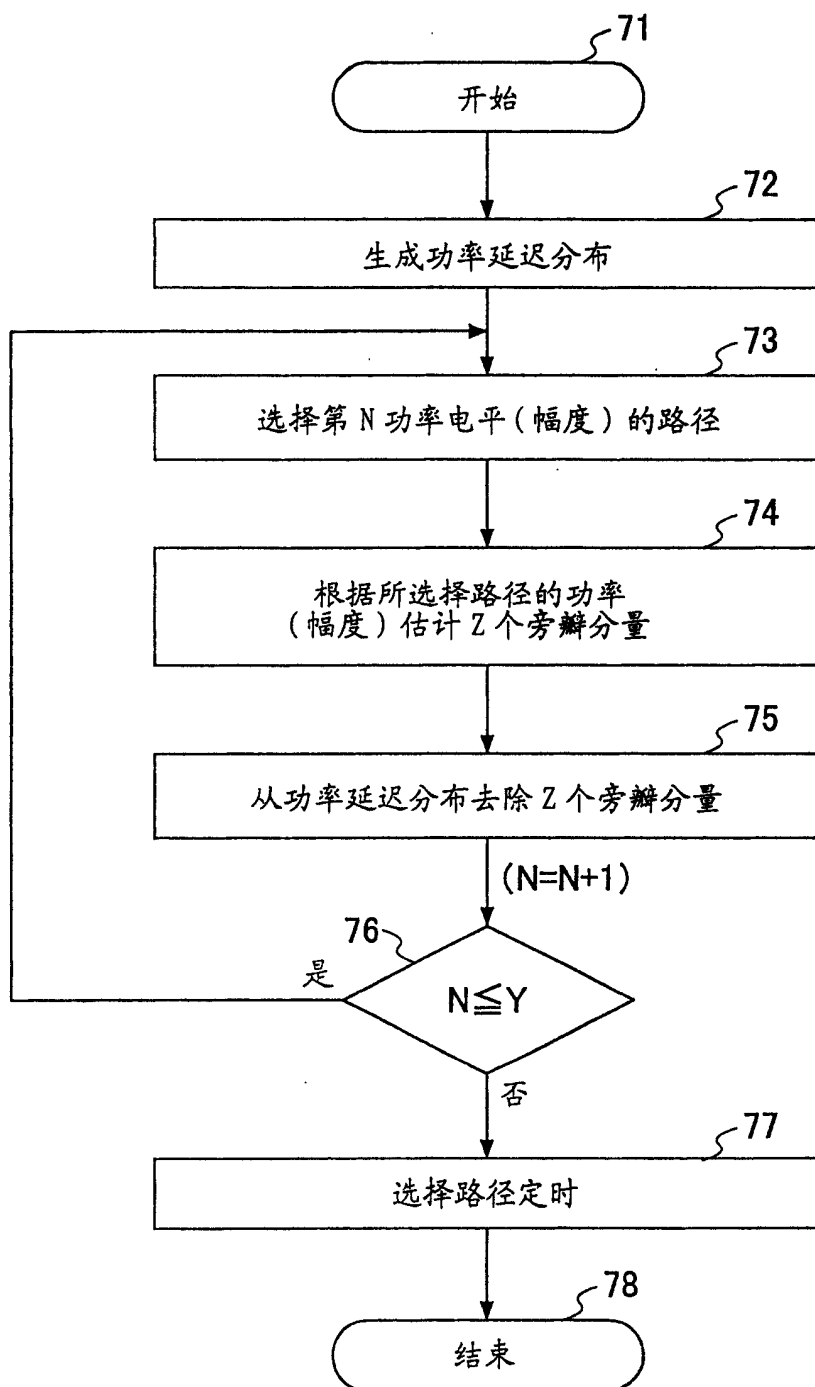


图 7

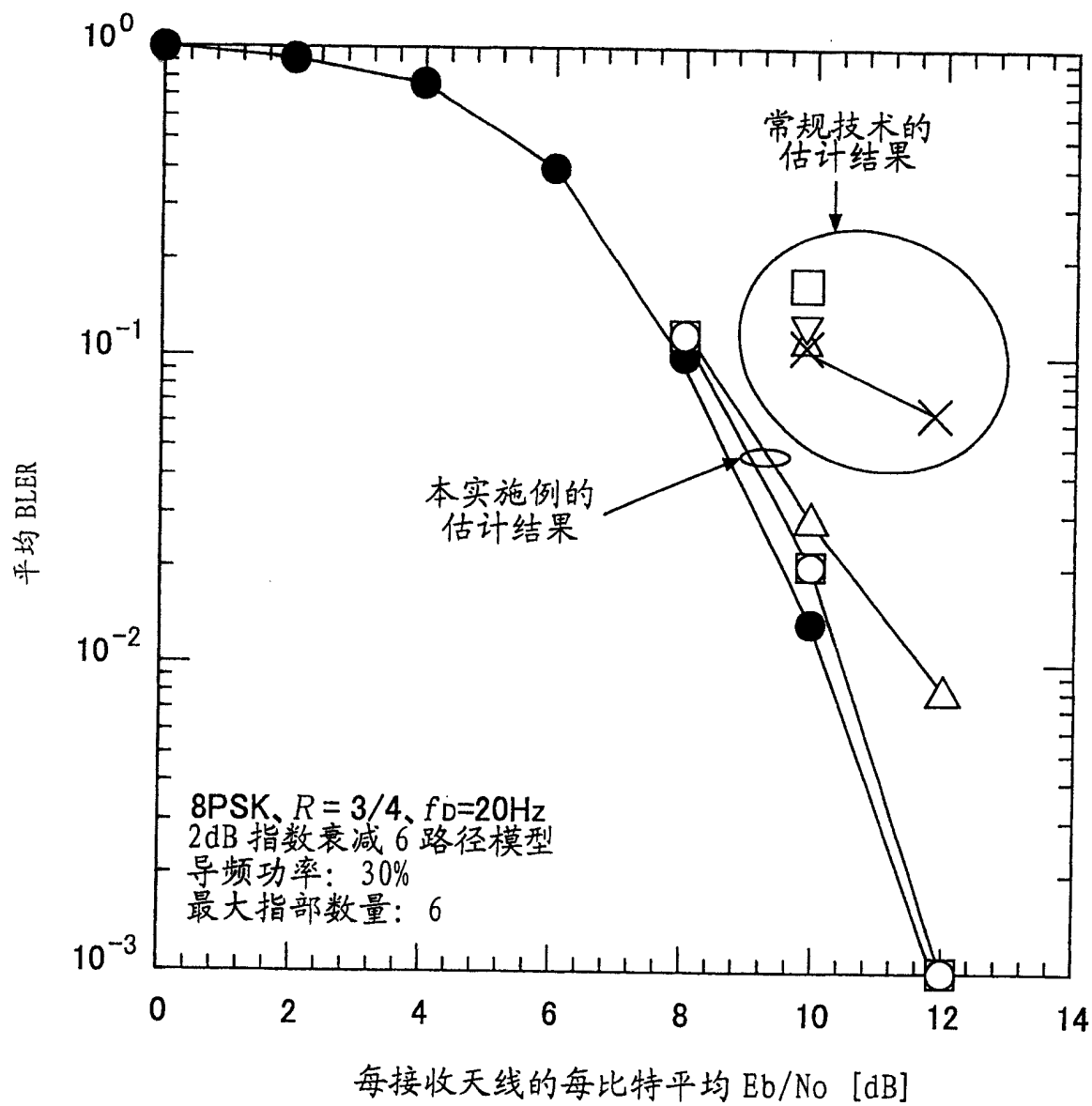


图 8

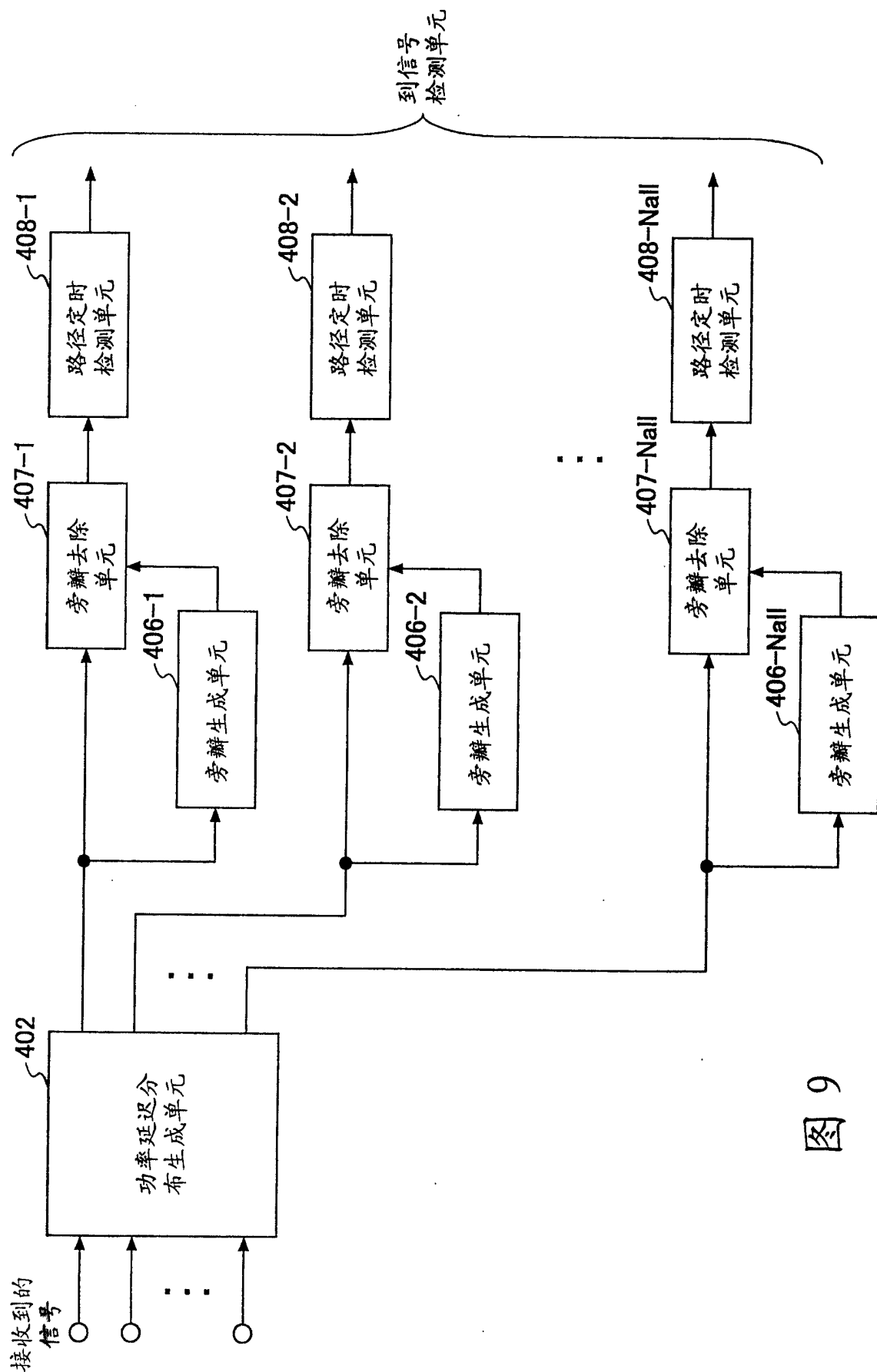


图9