



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410000490.1

[43] 公开日 2004年8月11日

[11] 公开号 CN 1520063A

[22] 申请日 2004.2.2

[21] 申请号 200410000490.1

[30] 优先权

[32] 2003. 1. 31 [33] JP [31] 2003 - 24555

[32] 2003. 6. 27 [33] JP [31] 2003 - 185971

[32] 2003. 7. 8 [33] JP [31] 2003 - 193832

[71] 申请人 株式会社 NTT 都科摩

地址 日本东京都

[72] 发明人 山田武史 须田博人 富里繁

[74] 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

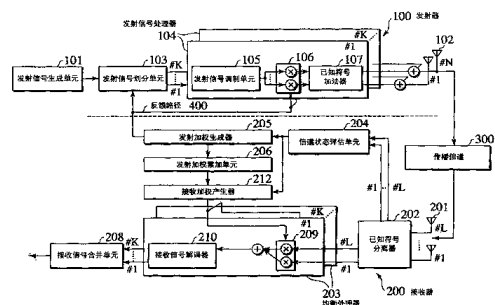
代理人 郝庆芬

权利要求书 29 页 说明书 69 页 附图 45 页

[54] 发明名称 多道输出输入 (MIMO) 通信系统、MIMO 接收器及其接收方法

[57] 摘要

一种 MIMO (多道输出多道输入) 通信系统、用于 MIMO 通信系统中的 MIMO 接收器以及接收 MIMO 发射信号的方法。MIMO 接收器根据 #1 ~ #N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态, 根据信道状态信息来生成反馈信息, 通过反馈路径将反馈信息发送到发射器, 为了对反馈路径的反馈延迟进行补偿而对反馈信息进行处理, 使用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K * L$ 恰当接收加权, 使用恰当的 #1 ~ #L 接收加权分别对各个接收的 #1 ~ #K 信号流的 #1 ~ #L 子流进行放大, 合并 #1 ~ #L 加权子流从而得到各个合成的 #1 ~ #K 信号流并且分别对这些合成的 #1 ~ #K 信号流进行解调, 对解调后的 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。



1. MIMO 通信系统, 其包括带有#1~#N (N 为等于或大于 2 的整数) 天线的发射器以及带有#1~#L (L 为等于或大于 2 的整数) 天线的接收器, 其中,

所述的发射器包括:

发射信号发生器, 用于生成发射信号;

信号划分单元, 根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息中的发射加权, 将发射信号划分为#1~#K (K 为等于或小于 N 或 L 中较小一个的整数) 信号流;

信号调节器, 用于分别调节#1~#K 信号流; 以及,

流处理器, 用于分别将各个#1~#K 调节后的信号流划分为#1~#N 的子流并且通过#1~#N 的发射加权将#1~#N 的子流进行放大;

所述的接收器包括:

信道状态评估装置, 用于对#1~#L 天线接收的信号的每个通信信道的状态进行评估并输出信道状态信息;

反馈信号生成装置, 根据信道状态的信息, 生成反馈信息;

反馈延迟补偿装置, 用于补偿反馈路径的反馈延迟而对反馈信息进行处理;

恰当接收加权生成装置, 使用来自于反馈延迟补偿装置的信道状态信息和处理后的反馈信息来生成恰当接收加权;

接收加权放大器, 分别通过恰当的#1~#L 接收加权对各个#1~#K 信号流的接收的#1~#L 子流进行放大;

解调器, 分别将#1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的#1~#K 信号流并且对合成的#1~#K 信号流进行解调; 以及,

信号合并单元, 与发射器的信号划分单元相对应, 其用于对来自于解调器的解调 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

2. MIMO 通信系统中带有#1~#L (L 为等于或大于 2 的整数) 天线的接收器, 其包括:

信道状态评估单元，用于对#1~#L天线接收的信号的每个通信信道的状态进行评估并且输出信道状态信息；

反馈信息生成装置，根据信道评估信息来生成反馈信息；

反馈延迟补偿装置，为了补偿反馈路径的反馈延迟而对反馈信息进行处理；

恰当接收加权生成装置，使用来自于反馈延迟补偿装置的信道状态信息和处理后的反馈信息来生成恰当接收加权；

接收加权放大器，分别通过恰当的#1~#L接收加权对各个#1~#K信号流的接收的#1~#L子流进行放大；

解调器，分别将#1~#L加权子流进行合成以获得各个合成的#1~#K信号流并且对合成的#1~#K信号流进行解调；以及，

信号合并单元，与发射器的信号划分单元相对应，用于对来自于解调器的解调K信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

3. 根据权利要求2的接收器，其中，

信道状态评估装置包括：信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并且输出作为信道状态信息的信道评估信息；

反馈信号生成装置包括：发射加权生成器，其根据信道状态信息单元的信道状态评估信息来生成 $K*N$ 发射加权，并且将作为反馈信息的发射加权通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并且将累加的发射加权作为处理后的反馈信息输出；以及，

恰当接收加权生成装置包括：接收加权生成器，利用信道状态信息以及处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

4. 根据权利要求2的接收器，其中

信道状态评估装置包括：信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并且输出信道评估信息；以及信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对作为信道状态信息的信

道评估信息进行累加；

反馈信号生成装置包括：发射信号生成器，其根据信道状态信息单元的信道评估信息来生成发射加权并且将发射加权作为反馈信息通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并且将累加的发射加权作为处理后的反馈信息输出；以及

恰当接收加权生成装置包括：接收加权生成器，其利用信道状态信息以及处理后的反馈信息来生成恰当的#1~#L接收加权。

5. 根据权利要求2的接收器，其进一步包括：

接收功率评估单元，其使用信道评估信息、#1~#L天线接收的信号以及已知符号的信息来评估接收功率的条件；以及

在该接收器中，

信道状态评估装置包括：

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号来评估每个通信信道的状态并且输出信道评估信息；以及

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对作为信道状态信息的信道评估信息进行累加；

反馈信号生成装置包括：

发射加权生成器，其根据信道状态信息单元的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且将发射加权作为反馈信息通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并且将累加的发射加权作为处理后的反馈信息输出；以及

恰当接收加权生成装置，其包括：

第一接收加权生成器，其使用信道状态评估单元的信道评估信息以及发射加权累加单元处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权；

第二接收加权生成器，其使用信道信息累加单元的信道评估信息

以及发射加权累加单元处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第二接收加权；
以及

加权选择器，其根据第一接收加权、第二接收加权、处理后的反馈信息、信道状态信息以及接收功率评估单元的接收功率条件对发射质量进行评估，并且选择恰当接收加权。

6. 根据权利要求 2 的接收器，其进一步包括：

接收功率评估单元，其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息来评估接收功率的条件；以及

在该接收器中，

信道状态评估装置包括：

信道状态评估单元，其根据 #1~#L 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态并且输出信道评估信息；以及

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对作为信道状态信息的信道评估信息进行累加；

信道信息选择器，其根据信道状态评估单元的信道评估信息、信道信息累加单元中累加的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择信道信息，并将其用作生成 $K*L$ 恰当接收加权的信道状态信息；

反馈信号生成装置包括：

发射加权生成器，其根据信道状态信息单元的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且将发射加权作为反馈信息通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并且将累加的发射加权作为处理后的反馈信息输出；以及

恰当接收加权生成装置包括：

接收加权生成器，其利用信道信息选择器所选择的信道信息以及发射加权累加单元处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权。

7. 根据权利要求 2 的接收器，其中

信道状态评估装置包括：

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并且输出信道评估信息；

信道信息存储器，其存储信道状态评估单元所输出的以前的信道评估信息；

信道信息调节单元，其根据延迟时间的信息以及在信道信息存储器中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息并且输出调节后的信道评估信息；

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对作为信道状态信息的信道评估信息进行累加；

反馈信息生成装置包括：

发射加权生成器，其根据信道状态信息单元的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且将发射加权作为反馈信息通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并且将其作为处理后的反馈信息。

8. 根据权利要求2的接收器，其进一步包括：

接收功率评估单元，其使用信道评估信息、#1~#L天线接收的信号以及已知符号信息来评估接收功率的条件；以及

在该接收器中，

信道状态评估装置包括：

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并且输出信道评估信息；

信道信息存储器，其存储信道状态评估单元所输出的以前的信道评估信息；

信道信息调节单元，其根据延迟时间的信息以及在信道信息存储器中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息并且输出调节后的信道评估信息；以及

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对作为信道状态信息的信道评估信息进行累加；

反馈信息生成装置包括：

发射加权生成器，其根据信道状态信息单元的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且将发射加权作为反馈信息通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并且将其作为处理后的反馈信息。

恰当的接收加权生成装置，其包括：

第一接收加权生成器，其使用信道信息调节单元的信道评估信息以及发射加权累加单元处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权；

第二接收加权生成器，其使用信道信息累加单元的信道评估信息以及发射加权累加单元处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第二接收加权；

加权选择器，其根据第一接收加权、第二接收加权、处理后的反馈信息、信道状态信息以及接收功率评估单元的接收功率条件对发射质量进行评估，并且选择恰当接收加权。

9. 根据权利要求 2 的接收器，其进一步包括：

接收功率评估单元，其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号信息来评估接收功率的条件；以及

在该接收器中，

信道状态评估装置包括：

信道状态评估单元，其根据 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并且输出信道评估信息；以及

信道信息存储器，其存储信道状态评估单元所输出的以前的信道评估息；

信道信息调节单元，其根据延迟时间的信息以及在信道信息存储器中存储的以前的信道评估息来调节信道评估信息并且输出调节后的信道评估信息；以及

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对作为信道状态信息的信道评估信息进行累加；

信道信息选择器，其根据调节后的信道评估信息、信道信息累加单元中调节和累加的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择信道信息，并将其用作生成恰当接收加权的信道状态信息；

反馈信息生成装置包括：

发射加权生成器，其根据信道信息调节单元调节后的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且将发射加权作为反馈信息通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并且将其作为处理后的反馈信息；以及
恰当接收加权生成装置，其包括：

接收加权生成器，其利用信道信息选择器所选择的信道状态信息以及发射加权累加单元处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权。

10. 根据权利要求 2 的接收器，其中

信道状态评估装置包括：

信道状态评估单元，其根据 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为信道状态信息的信道评估信息；

反馈信息生成装置包括：

发射加权生成器，其根据信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权；
以及

发射加权量化单元，其对发射加权进行量化并且将量化后的发射加权作为反馈信息通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对量化后的发射加权进行累加。

11. 根据权利要求 2 的接收器，其中

信道状态评估装置包括：

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为信道状态信息的信道评估信息；

反馈信息生成装置包括：

发射加权生成器，其根据信道状态信息来生成 $K*N$ 发射加权；

发射加权存储器，其存储发射加权生成器所生成的以前的发射加权；

发射加权调节单元，其根据发射加权存储器中存储的以前的发射加权和延迟时间信息来调节来自于发射加权生成器的发射加权并且通过反馈路径将作为反馈信息的调节后的发射加权通过反馈路径发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对调节后的发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

12. MIMO 通信系统包括带有#1~#N (N为等于或大于2的整数)天线的发射器以及带有#1~#L (L为等于或大于2的整数)天线的接收器，其中所述的发射器包括：

生成发射信号的发射信号发生器；

发送端发射加权生成器，根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权；

信号划分单元，根据发送端发射加权将发射信号划分为#1~#K (K为等于或小于N或L中较小一个的整数)信号流；

信号调节器，用于分别调节#1~#K信号流；

流处理器，用于分别将各个#1~#K调节后的信号流划分为#1~#N的子流并且通过发送端#1~#N发射加权将#1~#N的子流进行放大的；并且

所述的接收器包括：

反馈信息生成装置，其通过接收器#1~#L天线接收的#1~#N子流来生成原始反馈信息；

反馈延迟处理装置，其对原始的反馈信息进行调节以获得反馈信息

并且通过反馈路径将反馈信息发送到发射器；

反馈延迟补偿装置，其对来自于反馈延迟处理装置的反馈信息进行反馈延迟的补偿；

恰当接收加权生成装置，其根据来自于反馈延迟补偿装置的补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权；

接收加权放大器，其分别通过恰当的 #1~#L 接收加权对各个 #1~#K 信号流的接收的 #1~#L 子流进行放大；

解调器，其分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及

信号合并单元，与发射器的信号划分单元相对应的，用于对来自于解调器的解调 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

13. MIMO 通信系统中带有 #1~#L (L 为等于或大于 2 的整数) 天线的接收器，其包括：

反馈信息生成装置，其通过接收器 #1~#L 天线接收的 #1~#N 子流来生成原始反馈信息；

反馈延迟处理装置，其对原始的反馈信息进行调节以获得反馈信息并且通过反馈路径将反馈信息发送到发射器；

反馈延迟补偿装置，其对来自于反馈延迟处理装置的反馈信息进行反馈延迟的补偿；

恰当接收加权生成装置，其根据来自于反馈延迟补偿装置的补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权；

接收加权放大器，其分别通过恰当的 #1~#L 接收加权对各个 #1~#K 信号流的接收的 #1~#L 子流进行放大；

解调器，其分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及

信号合并单元，其用于对来自于解调器的解调 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

14. 根据权利要求 13 的接收器，其中

反馈信息生成装置包括：

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息；在此信道状态评估单元也作为反馈延迟处理装置，用于将作为反馈信息的原始反馈信息通过发射路径发送到发射器和反馈延迟补偿装置中；

反馈延迟补偿装置包括：

信道信息累加单元，其对来自于信道状态评估单元的反馈信息进行累加；以及

接收端发射加权生成器，其根据信道信息累加单元累加的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；

恰当接收加权生成装置包括：

接收加权生成器，其利用信道信息累加单元所累加的反馈信息以及发射加权生成器的反馈延迟补偿后的信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

15. 根据权利要求13的接收器，其进一步包括：

接收功率评估单元，其使用信道评估信息、#1~#L天线接收的信号以及已知符号的信息来评估接收功率的条件；以及

在该接收器中，

反馈信息生成装置包括：

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息；在此信道状态评估单元也作为反馈延迟处理装置，用于将作为反馈信息的原始反馈信息通过发射路径发送到发射器和反馈延迟补偿装置中；

反馈延迟补偿装置包括：

信道信息累加单元，其对来自于信道状态评估单元的原始反馈信息进行累加；以及

接收端发射加权生成器，其根据信道信息累加单元累加的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；

恰当接收加权生成装置包括：

第一接收加权生成器，其使用信道信息评估单元的信道评估信息以及发射加权生成器的反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加

权;

第二接收加权生成器,其使用信道信息累加单元累加的反馈信息以及发射加权生成器的接收端发射加权来生成 $K*L$ 第二接收加权;

加权选择器,其根据第一接收加权、第二接收加权、接收端发射加权、信道评估信息以及接收功率条件对发射质量进行评估,并且选择恰当接收加权。

16. 根据权利要求 13 的接收器,其进一步包括:

接收功率评估单元,其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息来评估接收功率的条件;以及

在该接收器中,

反馈信息生成装置包括:

信道状态评估单元,其根据#1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息;在此信道状态评估单元也作为反馈延迟处理装置,用于将作为反馈信息的原始反馈信息通过发射路径发送到发射器和反馈延迟补偿装置中;

反馈延迟补偿装置包括:

信道信息累加单元,其对来自于信道状态评估单元的原始反馈信息进行累加;以及

接收端发射加权生成器,其根据信道信息累加单元累加的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息;

恰当接收加权生成装置包括:

信道信息选择器,其根据信道评估信息、信道信息累加单元中累加的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于 $K*L$ 恰当接收加权的信道信息;以及

接收加权生成器,其利用信道信息选择器所选择的信道信息以及接收端发射加权累加单元的反馈延迟补偿后的信息来生成 $K*N$ 恰当接收加权。

17. 根据权利要求 13 的接收器,其中

反馈信息生成装置包括:

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息；

反馈信息处理装置包括：

信道信息存储器，其存储信道状态评估单元所输出的以前的信道评估信息；

信道信息调节单元，其根据延迟时间的信息以及在信道信息存储器中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息并且通过反馈路径将调节后的信道评估信息输出到发射器和反馈延迟补偿装置中；以及

反馈延迟补偿装置包括：

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对来自于信道信息调节单元的调节后的信道评估信息进行累加；

接收端发射加权生成器，其根据信道信息累加单元中调节和累加后的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权；

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对接收端发射加权生成器的接收端发射加权进行累加并且将接收端发射加权作为反馈延迟补偿后的反馈信息输出到恰当接收加权生成装置中；

恰当接收加权生成装置，其包括：接收加权生成器，其利用信道信息累加单元中累加的反馈信息以及发射加权生成器中反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*N$ 恰当接收加权。

18. 根据权利要求13的接收器，其进一步包括：

接收功率评估单元，其使用信道评估信息、#1~#L天线接收的信号以及已知符号的信息来评估接收功率的条件；以及

在该接收器中，

反馈信息生成装置包括：

信道状态评估单元，其根据#1~#L天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息；

反馈信息处理装置包括：

信道信息存储器，其存储信道状态评估单元所输出的以前的信道评估信息；

信道信息调节单元，其根据延迟时间的信息以及在信道信息存储器中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息并且通过反馈路径将调节后的信道评估信息作为反馈信息输出到发射器中；

反馈延迟补偿装置包括：

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对来自于信道信息调节单元调节后的信道评估信息进行累加；

接收端发射加权生成器，其根据信道信息累加单元中调节和累加的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权；

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对接收端发射加权生成器的接收端发射加权进行累加并且将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；以及

恰当接收加权生成装置，其包括：

第一接收加权生成器，其使用信道状态评估单元的调节后的信道评估信息以及发射加权累加单元的反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权；

第二接收加权生成器，其使用信道信息累加单元中调节和累加后的信道评估信息以及发射加权累加单元的反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第二接收加权；

加权选择器，其根据第一接收加权、第二接收加权、反馈延迟补偿后的反馈信息、信道信息调节单元调节后的信道评估信息以及接收功率条件对发射质量进行评估，并且选择恰当接收加权。

19. 根据权利要求 13 的接收器，其进一步包括：

接收功率评估单元，其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息来评估接收功率的条件；以及

在该接收器中，

反馈信息生成装置包括：

信道状态评估单元，其根据 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息；

反馈信息处理装置包括：

信道信息存储器，其存储信道状态评估单元所输出的以前的信道评估信息；

信道信息调节单元，其根据延迟时间的信息以及在信道信息存储器中存储的以前的信道评估息来调节信道评估信息并且通过反馈路径将调节后的信道评估信息作为反馈信息输出到发射器中；

反馈延迟补偿装置包括：

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对来自于信道信息调节单元调节后的信道评估信息进行累加；

接收端发射加权生成器，其根据信道信息累加单元中调节和累加的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权；

发射加权累加单元，其在预定的时间间隔内对接收端发射加权生成器的接收端发射加权进行累加并且将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；以及

恰当接收加权生成装置，其包括：

信道信息选择器，其根据信道评估信息、信道信息累加单元中调节和累加后的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择信道信息；以及

接收加权生成器，其利用信道信息选择器所选择的信道信息以及接收端发射加权累加单元的反馈延迟补偿后的信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

20. 根据权利要求 13 的接收器，其中

反馈信息生成装置包括：

信道状态评估单元，其根据 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息；

反馈信息处理装置包括：

信道信息存储器，其存储信道状态评估单元所输出的以前的信道评估信息；

信道信息调节单元，其根据在信道信息存储器中存储的以前的信道评估息和延迟时间的信息来调节信道评估信息并且通过反馈路径将调节

后的信道评估信息输出到发射器中；以及

反馈延迟补偿装置包括：

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对来自于信道信息调节单元的调节后的信道信息进行累加；

接收端发射加权生成器，其根据在信道信息累加单元中调节和累加后的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权；

恰当接收加权生成装置，其包括：

接收加权生成器，其利用信道状态评估单元中的信道评估信息以及反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

21. 根据权利要求 13 的接收器，其中

反馈信息生成装置包括：

信道状态评估单元，其根据 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估来获得作为原始反馈信息的信道评估信息；

反馈信息处理装置包括：

信道量化单元，其用于对信道评估信息进行量化并且通过反馈路径将量化后的信道信息发送到发射器；

反馈延迟补偿装置包括：

信道信息累加单元，其在预定的时间间隔内对量化后的信道信息进行累加；

接收端发射加权生成器，其根据在信道信息累加单元中累加的量化信道信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟后的反馈信息；

恰当的接收加权生成装置，其包括：

接收加权生成器，其利用信道状态评估单元中的信道评估信息以及接收端发射加权生成器中的反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

22. MIMO 通信系统中带有 #1~#L (L 为等于或大于 2 的整数) 天线的接收器包括：

信道状态评估单元，其用于对 #1~#L 天线接收的信号的每个通信

信道的状态进行评估并且获得信道评估信息；

反馈信息生成装置，其根据信道状态评估单元中的信道评估信息来生成反馈信息；

反馈信息处理单元，其根据反馈路径的条件对反馈信息进行处理并且生成将通过反馈路径发送到发射器中的处理后的反馈信息；

反馈信息累加单元，其在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加；

接收加权生成器，其利用信道状态评估单元中的信道评估信息以及反馈信息累加单元中累加的反馈信息来生成 $K \times L$ 接收加权；

接收加权放大器，其通过 #1~#L 接收加权对各个 #1~#K 信号流的接收的 #1~#L 子流进行放大；

解调器，其对 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及

信号合并单元，其用于对来自于解调器的解调 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

23. 接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法中包含以下步骤：

- a) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态并且输出信道状态的信息；
- b) 根据信道状态的信息生成反馈信息；
- c) 通过反馈路径发送反馈信息到发射器；
- d) 为了对反馈路径的反馈延迟进行补偿，对反馈信息进行处理；
- e) 利用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成的 $K \times L$ 恰当接收加权；
- f) 分别通过 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；
- g) 合成 #1~#L 加权后的子流来得到各个合成的 #1~#K 信号流；
- h) 分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及
- i) 对解调后的 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

24. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其中

a) 步骤包括:

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态并且输出作为信道状态信息的信道评估信息;

b) 步骤包括:

(b1) 根据信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的发射加权发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息; 以及

e) 步骤包括:

(e1) 使用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

25. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其中

a) 步骤包括:

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态并且输出信道评估信息;

(a2) 在预定的时间间隔内对信道评估信息进行累加并将其作为信道状态信息;

b) 步骤包括:

(b1) 根据信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的发射加权发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息; 以及

e) 步骤包括:

(e1) 使用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收

加权。

26. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其进一步包括: 步骤 j), 其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估;

所述的方法中,

a) 步骤包括:

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息;

(a2) 在预定的时间间隔内对信道评估信息进行累加并将其作为信道状态信息;

b) 步骤包括:

(b1) 根据信道评估信息生成作为反馈信息的 $K*N$ 发射加权;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的 #1~#L 发射加权发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息; 以及

e) 步骤包括:

(e1) 使用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权;

(e2) 使用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第二接收加权;

(e3) 根据第一接收加权、第二接收加权、处理后的反馈信息、信道状态信息以及接收功率的条件对发射质量进行评估;

(e4) 选择恰当接收加权。

27. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其进一步包括: 步骤 j), 使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估;

所述的方法中：

a) 步骤包括：

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息；

(a2) 在预定的时间间隔内对信道评估信息进行累加以获得累加的信道评估信息；并且

(a3) 根据信道评估信息、累加的信道评估信息和接收功率的条件以及 通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择信道信息，并将其用作信道状态信息；

b) 步骤包括：

(b1) 根据信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权；

c) 步骤包括：

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的发射加权发送到发射器中；

d) 步骤包括：

(d1) 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将得到的累加后的发射加权作为处理后的反馈信息；以及

e) 步骤包括：

(e1) 使用选择的信道信息和处理后的反馈信息来生成接收加权。

28. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其中

a) 步骤包括：

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息；

(a2) 存储 (a1) 步骤中得到的以前的信道评估信息；

(a3) 根据时间延迟信息和以前的信道评估信息对信道评估信息进行调节以获得调节后的信道评估信息；以及

(a4) 在预定的时间间隔内对调节后的信道评估信息进行累加并将其作为信道状态信息；

b) 步骤包括：

(b1) 根据调节后的信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的发射加权发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

29. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其进一步包括: 步骤 j), 其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估;

在该方法中:

a) 步骤包括:

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息;

(a2) 存储 (a1) 步骤中得到的以前的信道评估信息;

(a3) 根据时间延迟信息和以前的信道评估信息对信道评估信息进行调节以获得调节后的信道评估信息; 以及

(a4) 在预定的时间间隔内对调节后的信道评估信息进行累加并将其作为信道状态信息;

b) 步骤包括:

(b1) 根据调节后的信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的发射加权发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将得到的累加后的发射加权作为处理后的反馈信息; 以及

e) 步骤包括:

(e1) 使用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权;

(e2) 使用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 第二接收

加权；

(e3) 根据第一接收加权、第二接收加权、处理后的反馈信息、信道状态信息以及接收功率的条件对发射质量进行评估；

(e4) 选择接收加权并将其用作恰当接收加权。

30. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其进一步包括：步骤 j)，其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估；

在该方法中

a) 步骤包括：

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息；

(a2) 存储 (a1) 步骤中得到的以前的信道评估信息；

(a3) 根据时间延迟信息和步骤 (a2) 中存储的以前的信道评估信息对信道评估信息进行调节以获得调节后的信道评估信息；以及

(a4) 在预定的时间间隔内对调节后的信道评估信息进行累加；

(a5) 根据调节后的信道评估信息、调节和累加后的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用作信道状态信息的信道信息，并用其生成恰当的 #1~#L 接收加权；

b) 步骤包括：

(b1) 根据调节后的信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权；

c) 步骤包括：

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的发射加权发送到发射器中；

d) 步骤包括：

(d1) 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

31. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其中

a) 步骤包括：

(a1)根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息;

b) 步骤包括:

(b1) 根据信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权;

(b2) 对发射加权进行量化;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的量化的发射加权发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对量化的发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

32. 根据权利要求 23 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其中

a) 步骤包括:

(a1)根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息;

b) 步骤包括:

(b1) 根据信道状态信息生成 $K*N$ 发射加权;

(b2) 对 (b1) 过程中生成的以前的发射加权进行存储;

(b3) 根据 (b2) 存储的以前的发射加权和时延信息对发射加权进行调节;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的调节的发射加权发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对调节的发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

33. 接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法中包含以下步骤:

a)根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信

道的状态并且输出信道状态的信息；

- b)根据信道评估信息生成原始的原始的反馈信息；
- c)通过反馈路径将反馈信息发送到发射器；
- d)对反馈信息进行补偿；
- e)利用反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权；
- f)分别通过恰当的 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；
- g)合成 #1~#L 加权后的子流来得到各个合成的 #1~#K 信号流；
- h)分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调； 以及
- i)对解调后的 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

34. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其中

a) 步骤包括：

(a1)根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息；

b) 步骤包括：

(b1) 将原始反馈信息本身作为反馈信息；

d) 步骤包括：

(d1) 在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加；

(d2) 根据 (d1) 中累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息； 以及

e) 步骤包括：

(e1) 使用累加的反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

35. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其进一步包括：步骤 j)，其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估；

在该方法中

a) 步骤包括：

(a1)根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息;

b) 步骤包括:

(b1) 将原始反馈信息本身作为反馈信息;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加;

(d2) 根据 (d1) 中累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息; 以及

e) 步骤包括:

(e1) 使用信道评估信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权;

(e2) 使用 (d1) 步骤中累加的反馈信息 (e1) 步骤中得到的接收端接收加权生成 $K*L$ 第二接收加权;

(e3) 根据第一接收加权、第二接收加权、处理后的反馈信息、信道评估信息以及接收功率的条件对发射质量进行评估;

(e4) 根据发射质量从第一或第二接收加权中选择恰当接收加权。

36. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其进一步包括: 步骤 j), 其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估;

在该方法中

a) 步骤包括:

(a1)根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息;

b) 步骤包括:

(b1) 将原始反馈信息本身作为反馈信息;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加;

(d2) 根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息; 以及

e)步骤包括:

(e1) 根据原始反馈信息、累加的反馈信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于生成 $K*L$ 恰当接收加权的信道信息; 以及

(e2) 使用 (e1) 步骤中选择的信道信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

37. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其中

a) 步骤包括:

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息;

b) 步骤包括:

(b1) 存储步骤 (a1) 中输出的以前的信道评估信息;

(b2) 根据延迟时间信息和 (b1) 步骤中存储的以前的信道评估信息对信道评估信息进行调节;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的调节后的信道评估信息发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对调节后的信道评估信息进行累加并作为累加后的反馈信息;

(d2) 根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权;

(d3) 在预定的时间间隔内对接收端发射加权进行累加并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息; 以及

e) 步骤包括:

(e1) 使用累加的反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

38. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其进一步包括: 步骤 j), 其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号

以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估；

在该方法中

a) 步骤包括：

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息；

b) 步骤包括：

(b1) 存储步骤 (a1) 中输出的以前的信道评估信息；

(b2) 根据延迟时间信息和 (b1) 步骤中存储的以前的信道评估信息对信道评估信息进行调节；

c) 步骤包括：

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的调节后的信道评估信息发送到发射器中；

d) 步骤包括：

(d1) 在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加；

(d2) 根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权；以及

(d3) 在预定的时间间隔内对接收端发射加权进行累加并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；

e) 步骤包括：

(e1) 使用反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权；

(e2) 使用累加的反馈信息 (e1) 和反馈延迟补偿后的反馈信息生成 $K*L$ 第二接收加权；

(e3) 根据第一接收加权、第二接收加权、处理后的反馈信息、反馈信息以及接收功率的条件对发射质量进行评估；

(e4) 根据发射质量从第一或第二接收加权中选择恰当接收加权。

39. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其进一步包括：步骤 j)，其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号的信息对接收功率的条件进行评估；

在该方法中

a) 步骤包括:

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息;

b) 步骤包括:

(b1) 存储步骤 (a1) 中输出的以前的信道评估信息;

(b2) 根据延迟时间信息和 (b1) 步骤中存储的以前的信道评估信息对信道评估信息进行调节;

c) 步骤包括:

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的调节后的信道评估信息发送到发射器中;

d) 步骤包括:

(d1) 在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加;

(d2) 根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权; 以及

(d3) 在预定的时间间隔内对接收端发射加权进行累加并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息;

e) 步骤包括:

(e1) 根据原始反馈信息、累加的反馈信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于生成 $K*L$ 恰当接收加权的信道信息; 以及

(e2) 使用选择的信道信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

40. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法, 其中

a) 步骤包括:

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息;

b) 步骤包括:

(b1) 存储步骤 (a1) 中输出的以前的信道评估信息;

(b2) 根据 (b1) 步骤中存储的以前的信道评估信息和延迟时间信

息对信道评估信息进行调节；

c) 步骤包括：

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的调节后的信道信息发送到发射器中；

d) 步骤包括：

(d1) 在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加；

(d2) 根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；

e) 步骤包括：

(e1) 使用原始的反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

41. 根据权利要求 33 的接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，其进一步包括如下步骤：

a) 步骤包括：

(a1) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息；

b) 步骤包括：

(b1) 对信道评估信息进行量化；

c) 步骤包括：

(c1) 通过反馈路径将作为反馈信息的量化的信道信息发送到发射器中；

d) 步骤包括：

(d1) 在预定的时间间隔内对量化的信道信息进行累加；

(d2) 根据累加的量化后的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；

e) 步骤包括：

(e1) 使用原始的反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

42. 接收和重新生成 MIMO 发射信号的方法，包含以下步骤：

- a)根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息;
- b)根据信道评估信息生成原始的反馈信息;
- c)根据反馈路径的条件对原始反馈信息进行处理并生成处理后的反馈信息并且通过反馈路径将其发送到发射器;
- d)在预定的时间间隔内对原始反馈信息进行累加并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息;
- e)利用信道评估信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权;
- f)分别通过 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大;
- g)合成 #1~#L 加权后的子流来得到各个合成的 #1~#K 信号流;
- h)分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调; 以及
- i)对解调后的 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

多道输出输入 (MIMO) 通信系统、MIMO 接收器及其接收方法 技术领域

本发明涉及一种 MIMO (多道输出多道输入) 通信系统、用于 MIMO 通信系统中的 MIMO 接收器、以及接收 MIMO 发射信号的方法。

背景技术

下一代多媒体移动通信系统要求超过 100Mbps 的高传送速率。为了满足这种需要, 就不可避免地将无线电波传播信道的时延、频率以及空间特征使用到最大程度, 从而提高频率利用的效率。因为 MIMO 通信系统在发射端和接收端使用多单元天线, 因此就希望在不扩充发射波带宽的条件下能够增加通信速率、传送特性以及信道容量。其中之一已在日本专利公开号为 2001-277751 的专利中公开。

发明内容

本发明的目的之一就是提供 MIMO 通信技术, 该技术通过使用反馈同步的信道信息以及在生成加权时的当前信道信息来提高发射加权和接收加权之间的一致性。

本发明的另一个目的就是提供 MIMO 通信技术, 该技术可以提高发射加权和接收加权之间的一致性并且通过使用用于生成接收加权的、处理过的发射加权来抑制传送特性的降低。

本发明的第一个部分为 MIMO 通信系统, 其包括带有 #1~#N (N 为等于或大于 2 的整数) 天线的发射器以及带有 #1~#L (L 为等于或大于 2 的整数) 天线的接收器以及用于该系统的 MIMO 接收器, 其中发射器包括: 发射信号发生器, 用于生成发射信号; 信号划分单元, 根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息中的 $K \times N$ 发射加权, 将发射信号划分为 #1~#K (K 为等于或小于 N 或 L 中较小一个的整数) 信号流; 信号调节器, 用于分别调节 #1~#K 信号流; 流处理器, 用于分别将各个 #1~#K 调节后的信号流划分为 #1~#N 的子流并且通过 #1~#N 的发射加权将 #1~#N 的子流进行放大; 其中接收器包括: 信道状态评估

单元, 用于对 #1~#L 天线接收的信号的每个通信信道的状态进行评估并输出信道状态信息; 反馈信号生成装置, 根据信道状态的信息来生成反馈信息; 反馈延迟补偿装置, 补偿反馈路径的反馈延迟而对反馈信息进行处理; 恰当接收加权生成装置, 使用来自于反馈延迟补偿装置的信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权; 接收加权放大器, 分别通过恰当的 #1~#L 接收加权对各个 #1~#K 信号流的接收的 #1~#L 子流进行放大; 解调器, 分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调; 以及信号合并单元, 与发射器的信号划分单元相对应, 用于对来自于解调器的解调 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

在本发明第一方面的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器中, 发射器生成传输信号, 根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息中的 $K*N$ 发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流, 并且分别对 #1~#K 信号流进行调制。发射器进一步将各个 #1~#K 调制信号流划分为 #1~#N 子流, 并通过 #1~#N 发送加权分别对 #1~#N 子流进行放大, 并且通过其安装的 #1~#N 天线将各个 #1~#K 信号流加权后的 #1~#N 子流发送出去。

具有 #1~#L 天线的接收器接收来自于发射器且通过其 #1~#L 天线发射的 #1~#N 子流。接收器根据 #1~#L 天线接收的接收信号对每个通信信道的状态进行评估并输出信道状态的信息, 根据信道状态的信息生成反馈信息, 并通过反馈路径将反馈信息发送给发射器。接收器为了补偿反馈路径的反馈延迟对反馈信息进行进一步的处理, 使用信道状态的信息和处理后的反馈信息生成 $K*L$ 恰当接收加权, 并且通过恰当的 #1~#N 接收加权分别对各个 #1~#K 信号流的被接收 #1~#L 子流进行放大。接收器进一步对 #1~#L 加权子流进行合并从而分别得到各个合成的 #1~#K 信号流, 并且解调 K 信号流而重新生成最初的发射信号。

本发明的第二方面是 MIMO 通信系统, 其包括带有 #1~#N 天线的发射器以及带有 #1~#L 天线的接收器以及用于该系统的 MIMO 接收

器，其中发射器包括：发射信号发生器，生成发射信号；发送端发射加权生成器，根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权；信号划分单元，根据发送端发射加权来将发射信号划分为 #1~#K (K 为等于或小于 N 或 L 中较小一个的整数) 信号流；信号调节器，用于分别调节 #1~#K 信号流；流处理器，用于分别将各个 #1~#K 调节后的信号流划分为 #1~#N 的子流并且通过发送端 #1~#N 的发射加权将 #1~#N 的子流进行放大；其中接收器包括：反馈信息生成装置，根据接收器的 #1~#L 天线接收的 #1~#L 子流来生成原始的反馈信息；反馈延迟处理装置，对原始的反馈信息进行调节以获得反馈信息并且通过反馈路径将反馈信息发送到发射器；反馈延迟补偿装置，补偿来自于反馈延迟处理装置的反馈信息的反馈延迟；恰当接收加权生成装置，使用来自于反馈延迟补偿装置的反馈延迟补偿反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权；接收加权放大器，分别通过恰当的 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；解调器，分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及信号合并单元，其与发射器的信号划分单元相对应，用于对来自于解调器的解调 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

在本发明第二方面的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器中，发射器生成传输信号，根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权，并且根据发送端发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流。发射器进一步对 #1~#K 信号流进行调制，将各个 #1~#K 调制信号流划分为 #1~#N 子流，并通过发送端 #1~#N 发送加权分别对 #1~#N 子流进行放大，并且通过其安装的 #1~#N 天线将各个 #1~#K 信号流加权后的 #1~#N 子流发送出去。

带有 #1~#L 天线的接收器接收发射器通过其 #1~#L 天线发射的 #1~#N 子流。接收器从 #1~#L 天线接收的 #1~#L 子流来生成原始的反馈信息，对原始的反馈信息进行调节以获得反馈信息并且通过反馈路径将反馈信息发送到发射器。接收器进一步对来自于反馈延迟处

理装置的反馈信息补偿反馈延迟，并使用来自于反馈延迟处理装置的经反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K \times L$ 恰当接收加权，并且使用恰当的 #1~#L 接收加权分别对其所接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。接收器进一步将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流，分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调，并且来自于解调器的解调 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

本发明的第三方面是 MIMO 通信系统，其包括带有 #1~#N 天线的发射器以及带有 #1~#L 天线的接收器以及用于该系统的 MIMO 接收器，其中发射器包括：发射信号发生器，用于生成发射信号；发送端发射加权生成器，根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息来生成 $K \times N$ 发送端发射加权；信号划分单元，根据发送端发射加权来将发射信号划分为 #1~#K (K 为等于或小于 N 或 L 中较小一个的整数) 信号流；信号调节器，用于分别调节 #1~#K 信号流；流处理器，用于分别将各个 #1~#K 调节后的信号流划分为 #1~#N 的子流并且通过发送端 #1~#N 的发射加权将 #1~#N 的子流进行放大；接收器包括：信道状态评估单元，用于对 #1~#L 天线接收的信号的每个通信信道的状态进行评估以获得信道评估信息；反馈信息生成装置，根据来自于信道状态评估单元的信道评估信息来生成反馈信息；反馈信息处理单元，根据反馈路径的条件对反馈信息进行处理并生成处理后的反馈信息并且通过反馈路径将其发送到发射器；反馈信息累加单元，在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加；接收加权生成器，使用来自于信道状态评估单元的信道评估信息来生成 $K \times L$ 接收加权并且并且在反馈信息累加单元中对反馈信息进行累加；接收加权放大器，分别通过恰当的 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；解调器，分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及信号合并单元，对解调的 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

在本发明第三方面的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器中，发射器生成传输信号，根据接收器通过反馈路径得到的反馈信息来生成 $K \times N$ 发送

端发射加权，并且根据发送端的发射加权来将发射信号划分为#1~#K信号流。发射器进一步对#1~#K信号流进行调制，将各个#1~#K调制信号流划分为#1~#N子流，并通过发送端发送加权分别对#1~#N子流进行放大，并且通过其安装的#1~#N天线将各个#1~#K信号流加权后的#1~#N子流发送出去。

带有#1~#L天线的接收器接收发射器通过其#1~#L天线发射的#1~#N子流。接收器从#1~#L天线接收的接收信号来评估每个通信信道的评估状态从而获得信道评估信息，并且根据信道评估信息生成反馈信息，根据反馈路径的条件对反馈信息进行处理，生成处理后的反馈信息并通过反馈路径将其发送到发射器。接收器进一步在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加，使用信道评估信息和累加的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权，分别通过#1~#L接收加权对各个接收的#1~#K信号流的#1~#L子流进行放大，合成#1~#L加权后的子流来得到各个合成的#1~#K信号流，再分别对合成的#1~#K信号流进行解调，并且对解调后的K信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

本发明的第四个方面为接收和再生MIMO发射信号的方法，该方法包括如下步骤：(a)根据MIMO接收器的#1~#L天线接收的信号来评估每个通信信道的状态并且输出信道状态的信息；(b)根据信道状态的信息生成反馈信息；(c)通过反馈路径发送反馈信息到发射器；(d)为了对反馈路径的反馈延迟进行补偿，对反馈信息进行处理；(e)利用信道状态信息和处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权；(f)分别通过#1~#L接收加权对各个接收的#1~#K信号流的#1~#L子流进行放大；(g)合成#1~#L加权后的子流来得到各个合成的#1~#K信号流；(h)分别对合成的#1~#K信号流进行解调；以及(i)对解调后的K信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

本发明的第五个方面为接收和再生MIMO发射信号的方法，该方法包括如下步骤：(a)根据接收器的#1~#N天线接收的#1~#L子流来生成原始反馈信息；(b)对原始反馈信息进行调节生成反馈信息；(c)通过反馈路径发送反馈信息到发射器；(d)对反馈信息补偿反馈延迟；(e)

利用反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权；(f) 分别通过 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；(g) 合成 #1~#L 加权后的子流来得到各个合成的 #1~#K 信号流；(h) 分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及 (i) 对解调后的 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

本发明的第六个方面为接收和再生 MIMO 发射信号的方法，该方法包括如下步骤：(a) 根据 MIMO 接收器的 #1~#N 天线接收的信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息；(b) 根据信道评估信息生成原始的原始的反馈信息；(c) 根据反馈路径的条件对原始反馈信息进行处理并生成处理后的反馈信息并且通过反馈路径将其发送到发射器；(d) 在预定的时间间隔内对原始反馈信息进行累加并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息；(e) 利用信道评估信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权；(f) 分别通过 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；(g) 合成 #1~#L 加权后的子流来得到各个合成的 #1~#K 信号流；(h) 分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调；以及 (i) 对解调后的 K 信号流进行合并而重新生成最初的发射信号。

根据本发明的这些方面，可以减少由发射加权的反馈延迟造成的缺点如发射加权和接收加权之间的不一致性，以及可减小传送特征的降低。

附图说明

图 1 为示意图，显示了本发明第一个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 2A 和 2B 为流程图，显示了第一个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 3 为示意图，显示了本发明第二个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 4 为流程图，显示了第二个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 5 为示意图，显示了本发明第三个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 6 为流程图，显示了第三个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 7 为示意图，显示了本发明第四个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 8 为流程图，显示了第四个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 9 为示意图，显示了本发明第四个实施方式的 MIMO 通信系统的 MIMO 接收器中含有的通信量相关信息存储器的功能结构；

图 10 为图表，显示了通信量相关信息存储器中存储的通信量的特征；

图 11 为示意图，显示了本发明第五个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 12A 和 12B 为流程图，显示了第五个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 13 为示意图，显示了本发明第六个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 14 为流程图，显示了第六个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 15 为示意图，显示了本发明第七个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 16 为流程图，显示了第七个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 17 为示意图，显示了本发明第八个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 18 为流程图，显示了第八个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 19 为示意图，显示了本发明第九个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 20 为流程图，显示了第九个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 21 为示意图，显示了本发明第十个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 22 为流程图，显示了第十个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 23 为示意图，显示了本发明第十一个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 24 为流程图，显示了第十一个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法；

图 25 为示意图，显示了本发明第十二个实施方式的 MIMO 通信系统；

图 26 为流程图，显示了第十二个实施方式的 MIMO 接收器所使用的

MIMO 接收方法;

图 27 为示意图,显示了本发明第十三个实施方式的 MIMO 通信系统;

图 28 为流程图,显示了第十三个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法;

图 29 为示意图,显示了本发明第十四个实施方式的 MIMO 通信系统;

图 30 为流程图,显示了第十四个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法;

图 31 为示意图,显示了本发明第十五个实施方式的 MIMO 通信系统;

图 32 为流程图,显示了第十五个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法;

图 33 为表,显示了发射加权信息、通信信道信息和接收加权信息,其分别被本发明的第十四个实施方式和第十五个实施方式所使用;

图 34 为示意图,显示了本发明第十六个实施方式的 MIMO 通信系统;

图 35 为流程图,显示了第十六个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法;

图 36 为示意图,显示了本发明第十七个实施方式的 MIMO 通信系统;

图 37 为流程图,显示了第十七个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法;

图 38 为示意图,显示了本发明第十八个实施方式的 MIMO 通信系统;

图 39 为流程图,显示了第十八个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法;

图 40 为示意图,显示了本发明第十九个实施方式的 MIMO 通信系统;

图 41 为流程图,显示了第十九个实施方式的 MIMO 接收器所使用的 MIMO 接收方法;

图 42 为一个表,显示了设置在本发明的第一个实施方式和第二个实施方式中实施例 1 的发射支路和接收支路之间的相互关系;

图 43 为图表,分别显示了本发明的第一个实施方式和第二个实施方式的通信系统的信道相似性和流量之间的关系;

图 44 为图表,显示了本发明的第十四个实施方式和第十六个实施方

式的 MIMO 通信系统的通信特征。

具体实施方式

本发明优选实施方式的详细描述。

实施方式 1

图 1 中所示的本发明第一个实施方式的 MIMO 通信系统为基本结构。MIMO 通信系统包括：一个发射器 100，其具有 #1~#N (N 为等于或大于 2 的整数) 天线 102，一个接收器 200，其具有 #1~#L (L 为等于或大于 2 的整数) 天线 201，以及用于在发射器 100 和接收器 200 之间传送信号的传播信道 300。

发射器包括：一个用于生成发射信号的发射信号生成器 100；#1~#N 天线 102；一个信号划分单元 103，根据接收器 200 通过反馈路径 400 得到的反馈信息中的发射加权来将发射信号划分为 #1~#K (K 为等于或小于 N 或 L 中较小一个的整数) 信号流；以及 #1~#K 发射信号处理器 104。每个 #1~#K 发射信号处理器 104 包括：信号调制器 105，用于分别调制 #1~#K 信号流；流处理器 106，分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分并且通过 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大；以及已知符号加法器 107，用于将已知的符号添加到各个 #1~#N 子流中。

接收器 200 包括：#1~#L 天线 201；已知符号分离器 202；#1~#K 均衡处理器 203；信道状态评估单元 204，从 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并输出信道评估信息；发射加权生成器 205，根据信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100；发射加权累加单元 206，用于在预定的时间间隔内对发射加权进行累加；接收加权生成器 212，使用信道评估信息以及在发射加权累加单元 206 中累加的发射加权来生成接收加权；以及一个信号合并单元 208。

#1~#K 均衡处理器 203 中的每一个都包括：一个接收加权放大器 209，分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；以及一个解调器 210，分别将 #1~#L 加权子流进

行合成以获得各个合成的#1~#K信号流并且对合成的#1~#K信号流进行解调；信号合并单元208，与发射器100的信号划分单元103相对应，用于对来自于#1~#K均衡处理器203的各个解调器210的解调后的K信号流进行合并而重新生成发射器100所发出的原始发射信号。

根据该MIMO通信系统，发射器100在发送发射信号前通过反馈路径400从接收器200处接收发送加权信息。反馈信息为一组#1~#L信息，其中L等于接收器200中的接收天线201的数目。#1~#L反馈信息含有K*N条发射加权信息，其中N等于发射器100中的发射天线102的数目。发射器100中的发射信号划分单元103根据从接收器200反馈回来的发射加权信息将发射信号划分为#1~#K信号流，其中K等于除含0的所有发射加权信息以外的其它的组的数目。各个发射信号处理器104的调制器105对信号流进行调制。流处理器106通过#1~#N发射加权分别将调制后的信号流划分为#1~#N子流。已知符号加法器107将已知的符号添加到各个#1~#N子流中。将各个#1~#N加权后的子流合并为各个#1~#K信号流，并且从各个发射天线102发送到传播信道300。

多路发射信号向量 $X(t)$ 被表示为表达式(1)，其中 $S_k(t)$ 为#1~#K信号流的第K个信号流，N表示发射天线102的数目，并且 W_{TK} 为到第K个信号流的发射加权向量(Nx1矩阵)。

$$X(t) = \sum_{k=1}^K W_{TK} S_k(t) \quad (1)$$

接收器200接收通过传播信道300后失真的发射信号。发射信号流的失真特性取决于传播信道300本身的特征以及发射天线102和接收天线201之间的关系。在这里，传播信道300被认为其每个信道为均匀减弱的信道，其不受延迟波的影响。通过在信道评估单元204上估计发射端和接收端之间的传播信道特征，可以使用表达式(2)的信道矩阵A来表示传播信道300的特征。在表达式(2)中，L为接收天线201的数目。

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1N} \\ \vdots & a_{ij} & \vdots \\ a_{L1} & \cdots & a_{LN} \end{bmatrix} \quad (2)$$

通过各个天线 201 接收的信号 $\mathbf{r}(t)$ 可通过表达式 (3) 来表示, 其中 $\mathbf{n}(t)$ 为噪音向量。

$$\mathbf{r}(t) = \mathbf{A}\mathbf{X}(t) + \mathbf{n}(t) \quad (3)$$

通过各个天线 201 接收的接收信号被分为已知的符号和发射信息符号。发射信息符号被输入到各个 K 均衡处理器 203 中, 其中 K 等于 #1~# K 发射信号流的数目。已知的符号被输入到信道评估单元 204 中。信道评估单元 204 评估发射天线 101 和接收天线 201 之间的传播信道 300 特征, 并且输出信道评估信息。

接收器 200 的发射加权生成器 205 生成发射加权信息。生成器 205 使用特征值操作或奇异值操作来生成发射加权信息。实际上, 当 K 描述为 $K = \min(N, L)$ 时, 能满足表达式 (4) 所表达的关系的特征值 e_k 能够从信道相关矩阵 $\mathbf{A}^H\mathbf{A}$ 的特征值分解得到。

$$\begin{aligned} \mathbf{e}_i^H (\mathbf{A}^H \mathbf{A}) \mathbf{e}_i &= \lambda_i \quad (i = 0, \dots, K) \\ \mathbf{e}_i^H (\mathbf{A}^H \mathbf{A}) \mathbf{e}_j &= 0 \quad (i \neq j) \end{aligned} \quad (4)$$

在表达式 (4) 中, λ_i 是第 i 个特征向量的特征值。

与第 k 个信号流相对应的发射加权向量 \mathbf{W}_{TK} 可使用上述表示的 e_k 来得到。

$$\mathbf{W}_{TK} = \mathbf{e}_k \quad (5)$$

将此时得到的发射加权通过反馈路径 400 发送到发射器 100, 并且它们在下一个信号发射中使用。

通过发射加权生成器 205 生成的发射加权通过发射加权累加单元 206 保存, 直到生成的发射加权被反馈回发射器 100, 发射器 100 将它们用于下一个信号发射并且接收器 200 接收它们。在反馈发射加权被接收后, 累加的发射加权被输入到接收加权生成器 212 中。接收加权生成器 212 通过使用累加的发射加权和来自于信道评估单元 204 的信道信息来计算

接收加权。 $1 \times N$ 矩阵的接收加权向量 W_{RK} 通过表达式 (6) 来生成。

$$W_{RK} = (Ae_k)^H \quad (6)$$

在各个均衡处理器 203 中, 放大器 209 通过来自于接收加权生成器 212 的接收加权对接收的子流进行放大, 并且解调器将加权后的子流进行合成并对合成的信号进行解调以获得各个接收信号流。第 k 个解调后的信号流 $y_k(t)$ 通过表达式 (7) 来表示。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= W_{Rk} A X(t) \\ &= W_{Tk}^H A^H A \sum_{m=1}^K W_{Tm} S_m(t) + W_{Tk}^H A^H n(t) \\ &= \lambda_k S_k(t) + W_{Tk}^H A^H n(t) \end{aligned} \quad (7)$$

来自于 #1 ~ #K 个均衡处理器 203 的 #1 ~ #K 解调后的信号流通过信号合并单元 208 进行合并, 从而重新生成发射器 100 发射的原始传送信号。信号合并单元 208 使用与发射器 100 的信号划分单元 103 进行划分方式相对应的方法合并信号流。

图 2A 和图 2B 为流程图, 描述了在 MIMO 接收器 200 中所使用的接收方法。

在步骤 S1, 接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S2, 接收器 200 通过 #1 ~ #L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态, 并且将信道评估信息作为信道状态信息输出。

在步骤 S3, 接收器 200 根据信道评估信息生成 $K \times N$ 发射加权。

在步骤 S4, 接收器 200 通过反馈路径 400 将发射加权作为反馈信息发送到发射器 100。

在步骤 S5, 接收器 200 将发射加权在预定时间间隔内进行累积并作为处理后的反馈信息。

在步骤 S6, 接收器 200 使用信道状态信息和处理后的反馈信息生成恰当的 $K \times L$ 接收加权。

在步骤 S7 ~ S9, 接收器 200 分别使用恰当的 #1 ~ #L 接收加权对各个接收的 #1 ~ #K 信号流的 #1 ~ #L 子流进行放大, 合并 #1 ~ #L 加权后的子流以得到各个合成的 #1 ~ #K 信号流, 并且对合成的 #1 ~ #K 信号流分别进行解调。

最后，在步骤 S10，接收器 200 合并解调后的 K 信号流而重新生成最初的发射信号。

根据第一个实施方式中使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器，通过生成和使用发射加权和接收加权，有可能得到不受其它多路信号流任何干涉的目标信号流，因此大大提高了频率利用的效率。

实施方式 2

在本发明第一个实施方式的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器中，从接收器到发射器的反馈路径上引起反馈延迟是不可避免的。该反馈延迟容易引起通信信道的变化。该变化会引起发射加权和接收加权之间的一致性并且降低了通信性能。在下文中将对该现象进行更详细的描述。当生成发射加权向量时，在用于发射加权向量的信道矩阵中引入 C，并且在用于实际通信的信道矩阵中引入 C'。然后，根据信道矩阵 C 生成发射加权向量，但是接收加权向量 W_{Rk} 根据信道矩阵 C' 得到，如 $W_{Rk} = (C'e_k)^H$ 所表示。相应地，接收器中的合成信号流 $y_k(t)$ 通过表达式 (8) 来表示。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= W_{Rk} C' X(t) \\ &= W_{Tk}^H C'^H C' \sum_{m=1}^K W_{Tm} S_m(t) + W_{Tk}^H C'^H n(t) \end{aligned} \quad (8)$$

在该表达式中，因为 W_{Tk} 不是 $C'^H C'$ 的特征向量，而是 $C^H C$ 的特征向量，所以就不可能消除来自于其它子流的干涉。因此，通信性能的下降就不可避免。

此外，在第一个实施方式的 MIMO 通信系统中，如表达式 (5) 和 (6) 所示，根据信道评估信息进行特征值的计算，然后，计算符合当前通信路径的发射加权和接收加权并用于通信。然而，因为反馈信息是通过反馈路径进行发送的，所以由于反馈路径的信号速度使得信息通知是在反馈延迟后被发送器 100 收到。反馈延迟打乱了接收加权和发射加权之间的一致性，其中接收加权不受反馈延迟的影响，所以降低了通信性能。

为了减少发射加权和接收加权之间由于反馈延迟所导致的不一致性，有可能使用一种发射加权调节技术。该调节技术就是根据延迟时间信息和在预先确定的一段时间间隔内在发射加权累加设备中累加的发射

加权, 使用如线性外推处理法来调节发射加权。延迟时间信息可通过测量发射端和接收端中生成和调节发射加重的过程所消耗的时间以及测量发射加权反馈从接收器到在发射器中的实际使用所消耗的时间来确定。然而, 在发射加权和接收加权之间以及由于延迟时间的信息准确性和发射加权调节的误差使得通信信道之间仍然可能存在不一致性。

第二个实施方式的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器是一种能够解决第一个实施方式中这些假设缺陷的技术。本发明的第二个实施方式将参考图 3 在下文中进行描述。

MIMO 通信系统包括: 一个发射器 100, 其具有 #1~#N 天线 102; 一个接收器 200, 其具有 #1~#L 天线 201; 以及用于在发射器 100 和接收器 200 之间传送信号的传播信道 300。发射器 100 包括: 一个发射信号生成器 101, 用于生成发射信号; L 发射天线 102; 一个信号划分单元 103, 根据接收器 200 通过反馈路径 400 得到的反馈信息中的发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流; 以及 K 发射信号处理器 104。每个发射信号处理器 104 包括: 信号调制器 105, 用于分别调制 #1~#K 信号流; 流处理器 106, 分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分并且通过 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大; 以及已知符号加法器 107, 用于将已知的符号添加到各个 #1~#N 子流中。

接收器 200 包括: #1~#L 天线 201; 已知符号分离器 202; #1~#K 均衡处理器 203; 信道状态评估单元 204, 从 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并输出信道评估信息; 信道信息累加单元 211, 在预定的时间间隔内累加信道评估信息; 发射加权生成器 205, 根据来自于信道状态评估单元 204 的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100; 发射加权累加单元 206, 用于在预定的时间间隔内对 #1~#L 发射加权进行累加; 接收加权生成器 212, 使用信道信息累加单元 211 中的累加信道评估信息以及在发射加权累加单元 206 中累加的发射加权来生成 $K*L$ 接收加权; 以及一个信号合并单元 208, 与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应, 用于对来自于 K 均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成发射器

100 所发出原始发射信号。

各个均衡处理器 203 包括：一个接收加权放大器 209，分别使用 #1～#L 接收加权对各个接收的 #1～#K 信号流的 #1～#L 子流进行放大的；以及一个解调器 210，分别将 #1～#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1～#K 信号流并且对合成的 #1～#K 信号流进行解调。

根据在图 1 中所示的第一个实施方式的 MIMO 通信系统中进行的信号处理，当生成发射加权和接收加权时使用实时的信道估计信息。与第一个实施方式相比，在第二个实施方式的 MIMO 通信系统中，安装的信道信息累加单元 211 是用于在预定的时间间隔内累加信道评估信息，因此在这里使用累加的信道评估信息来生成加权。换句话说，在第一个实施方式中进行信号处理时，如表达式 (5) 和 (6) 所表示，为了得到与当前通信路径一致的发射加权和接收加权，特征值的计算根据信道评估信息进行，并将其用于信号发射。然而，因为发射加权是通过反馈路径进行反馈，因此在反馈发射加权反映在发射信号之前存在时间滞后。该时间滞后扰乱了传播信道的一致性并且降低了发射容量。

为解决这种干扰，第二个实施方式的 MIMO 系统包含了信道信息累加单元 211 来作为其特征元件。对于第二个实施方式来讲，由于发射加权的反馈延迟有可能降低发射加权和接收加权之间的一致性。将参考数学表达式对第二个实施方式进行更详细的描述。

根据第二个实施方式的信号处理，如 $W_{RK} = (C e_k)^H$ 生成接收加权，代替第一个实施方式的 $W_{RK} = (C' e_k)^H$ 。然后，如表达式 (9) 得到合成的信号流 $y_k(t)$ 。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= W_{Rk} C' X(t) \\ &= W_{Tk}^H C^H C' \sum_{m=1}^K W_{Tm} S_m(t) + W_{Tk}^H C'^H n(t) \end{aligned} \quad (9)$$

图 4 和图 2B 为流程图，显示了第二个实施方式的 MIMO 接收器中使用的接收方法。

在步骤 S1，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S201 和 S202，接收器 200 通过 #1～#L 天线 201 接收的接

收信号来评估每个通信信道的状态，并且输出信道评估信息，以及将信道评估信息进行累加作为在预定的时间间隔内的信道状态信息。

在步骤 S301，接收器 200 根据信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权。

在步骤 S401，接收器 200 通过反馈路径 400 将发射加权作为反馈信息发送到发射器 100。

在步骤 S501，接收器 200 将发射加权在预定时间间隔内进行累积并作为处理后的反馈信息。

在步骤 S601，接收器 200 使用信道状态信息和处理后的反馈信息生成恰当的 $K*L$ 接收加权。

下面的步骤 S7~S10 与图 2B 中所示的第一个实施方式的那些步骤是相同的。根据该过程，第二个实施方式有可能减小反馈延迟所带来的影响并且提高通信性能的提升。

实施方式 3

图 5 描述了本发明第三个实施方式中使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器。在第三个实施方式的 MIMO 通信系统中，发射器 100 的功能结构与图 3 中描述的第二个实施方式的 MIMO 通信系统的发射器 100 相同，但是接收器 200 的功能结构发生了如下变化。在图 5 中，相同的数字用于表示与图 3 中相同的元件。

如图 5 所示，接收器 200 包括 L 接收天线 201、已知符号分离器 202、K 均衡处理器 203、信道状态评估单元 204；信道信息累加单元 211、发射加权生成器 205、发射加权累加单元 206、以及信号合并单元 208。这些元件均与图 3 中描述的第二个实施方式的接收器 200 中元件相同。

第三个实施方式的 MIMO 接收器 200 还进一步包括：第一接收加权生成器 2121，其使用信道状态评估单元 204 的信道评估信息来生成第一个 #1~#L 接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加 #1~#N 发射加权；以及第二接收加权生成器 2122，其使用信道信息累加单元 204 的累加的信道评估信息来生成第二个 #1~#L 接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加 #1~#N 发射加权。第一接收加权生成器 2121 与第一个实施方式中 212 中的接收加权生成器 212 是相同的，并且第二

接收加权生成器 2122 与第二个实施方式中 212 中的接收加权生成器 212 是相同的。

接收器 200 还进一步包括：接收功率评估单元 220，其使用信道状态评估单元 204 的信道评估信息，#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号对接收的功率条件进行评估，并且将接收的功率条件输出到加权选择器 213 和已知符号信息单元 225 中。

此外，第三个实施方式的接收器 200 还包括：加权选择器 213，其根据第一接收加权生成器 2121 的第一个 #1~#L 接收加权、第二接收加权生成器 2122 的第二个 #1~#L 接收加权、累加的 #1~#N 发射加权、信道评估信息以及来自于接收功率评估单元 220 的接收的功率条件来对发射质量进行评估，并且选择恰当的 #1~#L 接收加权用于各个 #1~#K 均衡处理器 203。

至于在第二个实施方式的 MIMO 通信系统中使用的信号处理，可以保持发射加权和接收加权之间的一致性，但是在传播信道和接收加权之间的一致性会被打乱，因此就降低了通信性能。与之相比，在第三个实施方式的 MIMO 通信系统中，根据图 1 所示的第一个实施方式的当前信道评估信息来生成发射加权和接收加权，以及根据图 3 所示的第二个实施方式的累加信道信息来生成发射加权和接收加权，并且加权选择器 213 为了选择恰当的加权，会根据接收的功率条件对发射质量进行评估。因此，第三个实施方式的 MIMO 通信系统可以保持好的发射质量。

图 6 和图 2B 为流程图，描述了第三个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S211 和 S212，接收器 200 通过 #1~#L 天线接收的接收信号来评估每个通信信道的状态来获得信道评估信息，并且将信道评估信息进行累加作为在预定的时间间隔内的信道状态信息。

在步骤 S11，接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线所接收的信号以及已知符号的信息来评估接收的功率条件。

在步骤 S311，接收器 200 根据信道评估信息生成 #1~#N 发射加权

并将其作为反馈信息。

在步骤 S4, 接收器 200 通过反馈路径 400 将 #1~#N 发射加权作为反馈信息发送到发射器 100。

在步骤 S511, 接收器 200 将 #1~#L 发射加权在预定时间间隔内进行累积并作为处理后的反馈信息。

在步骤 S611~S613, 接收器 200 利用信道评估信息以及处理的反馈信息生成第一个 #1~#L 接收加权; 利用信道状态信息以及处理的反馈信息生成第二个 #1~#L 接收加权; 并且根据第一个 #1~#L 接收加权、第二个 #1~#L 接收加权、处理后的反馈信息、信道状态信息以及接收的功率条件来对发射质量进行评估, 并且选择恰当的 #1~#L 接收加权。

下面的步骤 S7~S10 与图 2B 中所示的第一个实施方式的那些步骤是相同的。

在已知符号信息单元 225 中存储的已知符号被加入到发射信号的发射中。接收功率评估单元 220 使用已知符号分离器 202 的 #1~#L 子流来对接收功率、接收信号的各个功率以及噪音功率的条件进行评估。

此处 r_1 表示第一个分支流接收的已知符号流、 $S_{\text{training } k}$ 、 h_k 分别表示第 k 个流的已知符号流和信道评估值。第 k 个流接收的信号功率 P_{S_k} 以及噪音功率 P_N 通过表达式 (10) 来表示。

$$\begin{aligned} P_{S_k} &= (h_k S_{\text{training } k})^2 \\ P_N &= \left[\frac{1}{L} \left(\sum_{l=1}^L r_l - \sum_{i=1}^K h_i S_{\text{training } i} \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (10)$$

发射质量“容量”使用下述的表达式 (11) 进行计算。

$$\begin{aligned} \text{Capacity} &= \sum_{k=1}^K \log_2 (1 + S_k / (I_k + N_k)) \\ S_k(t) &= (\mathbf{W}_{R_k}^H \mathbf{A} \mathbf{W}_{T_k})^2 P_{S_k} \\ I_k &= \sum_{\substack{m=1 \\ m \neq k}}^K (\mathbf{W}_{R_k}^H \mathbf{A} \mathbf{W}_{T_m})^2 P_{S_m} \\ N_k &= (\mathbf{W}_{R_k}^H)^2 P_N \end{aligned} \quad (11)$$

第一接收加权和第二接收加权分别作为接收加权被代入到表达式(11)的 W_{Rk} 中, 并且分别对各个流的发射质量“容量”进行评估。然后, 第一接收加权和第二接收加权中能够生成更好结果的那个被选作恰当的加权。在该过程中, 尽管系统结构的复杂化增加, 但是有可能在所有用于各个接收流的接收加权组合 (K 个流存在 2^k 种组合) 中选择能够得到最好的发射质量的最佳组合。

根据第三个实施方式的 MIMO 通信系统和接收器, 考虑到发射加权和接收加权之间的不一致性以及通信路径和接收加权之间的不一致性, 可确定恰当的接收加权, 因此可保证好的通信性能, 使其独立于通信路径的条件和反馈延迟。

实施方式 4

在下文中将参考图 7 对本发明的第四个实施方式中使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。在第四个实施方式的 MIMO 通信系统中, 发射器 100 的功能结构与第一个到第三个实施方式中的发射器相同。用于该实施方式的接收器 200 的功能结构如下。在图 7 中, 与图 3 中所示相同的元件使用相同的数字进行标识。

接收器 200 包括: #1~#L 接收天线 201; 已知符号分离器 202; 信道状态评估单元 204, 从 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并输出信道评估信息; 信道信息累加单元 211, 在预定的时间间隔内累加信道评估信息; 发射加权生成器 205, 根据来自于信道状态评估单元 204 的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100; 发射加权累加单元 206, 用于在预定的时间间隔内对发射加权进行累加。该 MIMO 接收器 200 还进一步包括: 接收功率评估单元 220 和已知符号信息单元 225, 它们与第三个实施方式中同的元件是相同的。

接收器 200 还进一步包括: 通信量信息存储器 216, 用于存储各个加权生成方式的通信量特征; 信道信息选择器 215, 其根据信道评估信息、在信道信息累加单元 204 中累加的信道评估信息和接收功率的条件以及在通信量信息存储器 216 中存储的通信量信息、延迟时间信息和多普勒

频率信息来选择用于 $K*L$ 接收加权生成的信道信息。此外，接收器 200 包括接收加权生成器 212，其使用信道信息选择器 215 中选择的信道信息来生成接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加发射加权、 K 均衡处理器 203 以及将来自于均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成发射器 100 所发出的原始发射信号的信号合并单元 208。接收功率评估单元 220 使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及来自于已知符号信息单元 225 的已知符号对接收的功率条件进行评估。

各个均衡处理器 203 与第一个到第三个实施方式中的均衡处理器相同，并且包括接收加权放大器 209，其分别使用 #1~#L 接收加权来对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大，以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。

图 8 和图 2B 为流程图，描述了第四个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S221，接收器通过 #1~#L 天线接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息。

在步骤 S11，接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线所接收的信号以及已知符号的信息来评估接收的功率条件。

在步骤 S222 和 S223 中，接收器 200 在预定的时间间隔内累加信道评估信息以得到累加的信道评估信息并且选择将被用作信道状态信息的信道信息，根据信道评估信息、累加的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

在步骤 S321，接收器 200 根据信道评估信息生成 $K*N$ 发射加权。

在步骤 S421，接收器 200 通过反馈路径 400 发射作为反馈信息的发射加权到发射器 100。

在步骤 S521，接收器 200 将发射加权在预定时间间隔内进行累积得

到累加的发射加权并将其作为处理后的反馈信息。

在步骤 S621，接收器 200 使用选择的信道信息和处理后的反馈信息来生成接收加权。

下面的步骤 S7~S10 与图 2B 中所示的第一个实施方式的那些步骤是相同的。

需要输入的延迟时间信息 218 是从系统协议在设计的时候获得的。多普勒频率信息是通过多普勒频率估计单元 217 估计得到的。当将时间 t_1 时估计的信道响应 h_1 和时间 t_2 时估计的信道响应 h_2 代入时，多普勒频率 f_D 可从表达式 (12) 得到。

$$f_D = \frac{\tan^{-1}(\text{Im}(h_2)/\text{Re}(h_2)) - \tan^{-1}(\text{Im}(h_1)/\text{Re}(h_1))}{2\pi(t_2 - t_1)} \quad (12)$$

在表达式 (12) 中， $\text{Re}(x)$ 和 $\text{Im}(x)$ 分别表示实际部分和假设部分的运算。

为获得通信量特征的通信量特征获取方法将被存储在通信量信息存储器 216 中。通信系统使用的计算机模拟器 240A 和 240B 显示在图 9 中。需要使用的各种参数如多普勒频率的范围、时间延迟信息、信道波动的特征、接收的 SNR 将通过多普勒频率设置器 231、时间延迟设置器 232、信道特征设置器 233 以及 SNR 设置器 234 被设置在这些模拟器 240A 和 240B 中，并且计算得到用于各个加权生成方法中的通信量特征且在实际通信前将其存储在通信量信息存储器 216 中。将被存储在存储器 216 中的通信量特征实施方式如图 10 所示。在图 10 中，实线表示在模拟器 240A 中通过生成方法 1 得到的通信量特征，虚线表示在模拟器 240B 中通过生成方法 2 得到的通信量特征。

信道信息选择器 215 使用这些通信量特征来选择与能够给出当前信道较好特征的一组加权相对应的恰当的信道信息，并且将所选择的信息输出到接收加权生成器 212 中。

尽管第三个实施方式和第四个实施方式不同，但是它们能够得到相同的结果。第四个实施方式的优点就是通过使用事先得到的特征数据，

因此能够减少加权生成器的数目并且降低接收器结构的复杂程度。此外，通过在信道信息选择器中使用合适的加权和组合以及在二组信道信息之间使用合适的选择方法，就可能得到更为准确的信道信息。

实施方式 5

在下文中将参考图 11 对所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。与图 3 中显示的第二个实施方式相反，在第五个实施方式的 MIMO 通信系统中，通信信道信息被用作反馈信息。如后面所述，有可能使用某些处理过的信息作为用来反馈的信道信息。例如，可使用信道信息估计值的量化值来代替信道信息自身的估计值。

在 MIMO 通信系统中，发射器 100 包括：一个发射信号生成器 101，用于生成发射信号；#1~#L 发射天线 102；一个信号划分单元 103，根据发送端发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流；以及对划分的 #1~#K 信号流进行处理并且将其输出到 #1~#N 天线 102 的 #1~#K 发射信号处理器 104。此外，发射器 100 还进一步包括发送端发射加权生成器 110，其利用接收器 200 通过反馈路径 400 得到的信道估计信息来生成发送端 $K*N$ 发射加权。每个 #1~#K 发射信号处理器 104 包括：用于分别调制 #1~#K 信号流的信号调制器 105、分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分并且通过 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大的流处理器 106、以及用于将已知的符号添加到各个 #1~#N 子流中的已知符号加法器 107。

该 MIMO 通信系统的接收器 200 包括 L 接收天线 201、已知符号分离器 202、K 均衡处理器 203、信道状态评估单元 204；信道信息累加单元 211、接收端发射加权生成器 205、接收加权生成器 212 以及一个信号合并单元 208。

在该接收器 200 中，信道状态评估单元 204 从 #1~#L 天线接收的信号得到信道评估信息并且通过反馈路径 400 将信道评估信息发送到发射器 100。信道信息累加单元 211 在预定的时间间隔内累加信道评估信息。接收端发射加权生成器 205 根据在信道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息来生成接收端的 $K*N$ 发射加权。接收加权生成器 212 使用在信

道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息以及从接收端发射加权生成器 205 中得到的接收端发射加权来生成 $K*N$ 接收加权。

#1~#K 均衡处理器 203 中的每一个都包括：一个分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大的接收加权放大器 209、以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。信号合并单元 208 与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应，用于对来自于解调器 210 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成发射器 100 所发出的原始发射信号。

在下文中将对本发明的第五个实施方式中使用的 MIMO 通信系统的信号处理进行描述。图 12A 和图 12B 为流程图，描述了第五个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1101，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S2101，接收器 200 将该原始反馈信息本身作为反馈信息。

在步骤 S1300，接收器 200 通过反馈路径 400 发射反馈信息到发射器 100。

在步骤 S1401 和 S1402，接收器 200 在预定时间间隔内累加反馈信息并且根据在步骤 S1401 中累加的反馈信息来生成接收端的 $K*N$ 发射加权，并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1501，接收器 200 使用累加的反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

在步骤 S1600，接收器 200 分别使用恰当的 #1~#L 接收加权对接收的各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。

在步骤 S1700，接收器 200 合并 #1~#K 加权子流得到各个合成的 #1~#K 信号流。

在步骤 S1800，接收器 200 分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调。

在步骤 S1900, 接收器 200 合并解调后的 K 信号流而重新生成最初的发射信号。

如果在传播信道中存在 P 路径并且使用具有 M ($P < M$) 子载波的 OFDM (正交频分多路) 发射系统, 通过从加权信息将反馈信息改变为信道信息, 就可能减少通过反馈路径从用于加权信息的 NLM 到用于信道信息 NLP 的整个发射信息的数量。

在第五个实施方式中, 由于上述原因, 反馈信息从第二个实施方式中的加权信息变为信道信息。此外, 根据反馈信息的改变, 在发射器 100 中新使用了发送端发射加权生成器 110。发送端发射加权生成器 110 进行表达式 (4) 的特征值运算或奇异值运算以得到特征向量, 并且将该特征向量用于表达式 (5)。

根据第五个实施方式, 尽管发射器 100 和接收器 200 的反馈信息以及功能结构与第二个实施方式的发射器和接收器存在轻微的差别, 但是在减少发射加权和接收加权之间不一致的有效性方面与第二个实施方式相同。相应地, 有可能降低反馈延迟带来的影响并且改善发射特征的降级。

第五个实施方式的 MIMO 通信系统具有第二个实施方式中的反馈信息由加权信息变为信道信息的特征。这种改变也被用在第三个和第四个实施方式中。在下文中, 这些实施方式将被作为第六个和第七个实施方式进行描述。

实施方式 6

在下文中将参考图 13 对所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。实施方式 6 中发射器 100 的功能结构与图 11 中描述的第五个实施方式的发射器相同。

该实施方式的接收器 200 包括: #1~#L 接收天线 201; 已知符号分离器 202; #1~#K 均衡处理器 203; 以及从 #1~#L 天线接收的信号得到信道评估信息并且通过反馈路径 400 将信道评估信息发送到发射器 100 信道状态评估单元 204。

接收器 200 还进一步包括: 接收功率评估单元 220, 其使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号对接收的功率条件

进行评估；信道信息累加单元 211，其在预定的时间间隔内累加信道评估信息；接收端发射加权生成器 205，其根据累加的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权；第一接收加权生成器 2121，其使用信道状态评估单元 204 的信道评估信息以及接收端发射加权生成器 205 的接收端 #1~#L 发射加权来生成 $K*L$ 第一接收加权；以及第二接收加权生成器 2122，其使用信道信息累加单元 211 的累加的信道评估信息以及接收端发射加权生成器 205 的接收端发射加权来生成 $K*L$ 第二接收加权；以及加权选择器 213，其根据第一接收加权、第二接收加权、接收端发射加权、信道评估信息和接收的功率条件来对发射质量进行评估，并且选择 $K*L$ 恰当接收加权用于各个 #1~#K 均衡处理器 203；以及与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应的信号合并单元 208。

每一个均衡处理器 203 都包括：一个接收加权放大器 209，分别使用从接收加权选择器中得到的 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；以及一个解调器 210 分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 对解调器 210 解调后的 K 信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

根据第六个实施方式的 MIMO 通信系统，在发射器 100 中，发送端发射加权生成器 110 在信号发射前利用接收器 200 的信道评估反馈信息来生成发送端发射加权。发射信号生成器 101 生成发射信号并且发射信号划分单元 103 使用发送端发射加权生成器 110 生成的发送端发射加权将发射信号划分为 #1~#K 信号流。在 #1~#K 各个发射信号处理器 104 中，信号调制器 105 对各个信号流进行解调。并且，在各个信号处理器 104 中，流处理器 106 将各个调制后的信号流划分为 #1~#N 发射子流并且分别使用 #1~#N 发射信号加权对各个子流进行放大，并且已知符号加法器 107 将已知符号添加到各个 #1~#N 子流中。将各个 #1~#K 信号处理器 104 中输出的 #1 子流进行合并并且从 #1 发射天线 102 中发射出去，来自于各个信号处理器 104 的 #2 子流也以同样的方式合并并从 #2 天线发射出去，其它的子流也通过相同的方式进行合并并通过各

个发射天线发射到通信信道 300 中。

在接收器 200 中，信道状态评估单元 204 使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估从而得到信道评估状态，并且通过反馈路径 400 将信道评估信息发送到发射器 100 中。接收功率评估单元 220 使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号信息单元 225 中的已知符号对接收的功率条件进行评估。信道信息累加单元 211 在预定的时间间隔内累加信道评估信息。接收端发射加权生成器 205 根据信道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息来生成 $K \times N$ 接收端发射加权。第一接收加权生成器 2121 使用信道状态评估单元 204 的信道评估信息以及从接收端发射加权生成器 205 中得到的接收端发射加权来生成 $K \times L$ 第一接收加权。第二接收加权生成器 2122 使用在信道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息以及从接收端发射加权生成器 205 中得到的接收端发射加权来生成 $K \times L$ 第二接收加权。加权选择器 213 根据第一接收加权、第二接收加权、接收端发射加权、信道评估信息以及接收的功率条件来对发射质量进行评估，并且选择恰当的 #1~#L 接收加权用于各个 #1~#K 均衡处理器 203。

在各个均衡处理器 203 中，接收加权放大器 209 通过接收加权选择器 213 选择的 #1~#L 接收加权对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得 #1~#K 信号流之一的合成信号流并且对合成的信号流进行解调。信号合并单元 208 对 #1~#K 各个解调器解调后的信号流进行合并并生成原始的发射信号。

图 14 和图 12B 为流程图，描述了第六个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1111，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S2000 中，接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线 201

所接收的信号以及已知符号信息来评估接收功率的条件。

在步骤 S1211, 接收器 200 将该原始反馈信息本身作为反馈信息。

在步骤 S1300, 接收器 200 通过反馈路径 400 发射反馈信息到发射器 100。

在步骤 S1411 和 S1412, 接收器在预定时间间隔内累加反馈信息并且根据在步骤 S1411 中累加的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权, 并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1511~S1514, 接收器 200 使用累加的反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权; 使用步骤 S1411 中的累加的反馈信息以及在步骤 S1511 中得到的接收端发射加权来生成 $K*L$ 第二接收加权; 根据第一个 #1~#L 接收加权、第二个 #1~#L 接收加权、接收端的 #1~#N 发射加权、信道评估信息以及接收的功率条件来评估发射质量, 并且根据发射质量从第一个或第二个接收加权中选择 $K*L$ 合适的接收加权。

下面的步骤 S1600~S1900 与图 12B 中所示的第六个实施方式的那些步骤是相同的。

第六个实施方式中使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器 200 与第五个实施方式的操作 / 结果相同, 并且优于第三个实施方式。即, 它能够将信道信息作为从接收器返回给发射器 100 的反馈信息, 从而减少通过反馈路径的总的发射信息的数量。

实施方式 7

在下文中将参考图 15 对本发明的第七个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。

第七个实施方式的 MIMO 通信系统的发射器 100 与第六个实施方式中使用的发射器具有相同的结构。

该实施方式的接收器 200 包括: #1~#L 接收天线 201; 已知符号分离器 202; #1~#K 均衡处理器 203; 以及从 #1~#L 天线 201 接收的信号得到信道评估信息并且通过反馈路径 400 将信道评估信息发送到发射器 100 信道状态评估单元 204。

接收器 200 还进一步包括：接收功率评估单元 220，其使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号对接收的功率条件进行评估；信道信息累加单元 211，其在预定的时间间隔内累加信道评估信息；接收端发射加权生成器 205，其根据在信道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权。

接收器 200 还进一步包括：通信量信息存储器 216，用于存储各个加权生成方式的通信量特征；信道信息选择器 215，其根据信道评估信息、在信道信息累加单元 204 中累加的信道评估信息和接收功率的条件以及在通信量信息存储器 216 中存储的通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于 $K*L$ 接收加权生成的信道信息。此外，接收器 200 包括接收加权生成器 212，其使用信道信息选择器 215 中选择的信道信息来生成 $K*L$ 接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加发射加权、 K 均衡处理器 203 以及将来自于均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成发射器 100 所发出的原始发射信号的信号合并单元 208。

#1~#K 均衡处理器 203 中的每一个都包括：一个接收加权放大器 209，分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；以及一个解调器 210，分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。

延迟时间信息单元 218 和多普勒频率估计单元 217 与第四个实施方式中的相同。存储在通信量信息存储器 216 中的通信量特征的获取方法也与第四个实施方式中的方式相同。信道信息选择器 215 使用这些通信量特征来选择与能够给出当前信道较好特征的一组加权相对应的恰当的信道信息，并且将所选择的信息输出到接收加权生成器 212 中。

根据该 MIMO 通信系统，在发射器 100 中，发送端发射加权生成器 110 利用接收器 200 的信道评估反馈信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权。发射信号生成器 101 生成发射信号并且发射信号划分单元 103 使用发送端发射加权生成器 110 生成的发送端发射加权将发射信号划分为 #1~#K 信号流。在 #1~#K 各个发射信号处理器 104 中，信号调制器 105 对

各个信号流进行解调。并且，在各个信号处理器 104 中，流处理器 106 将各个调制后的信号流划分为 #1~#N 发射子流并且分别使用 #1~#N 发射信号加权对各个子流进行放大，并且已知符号加法器 107 将已知符号添加到各个 #1~#N 子流中。将各个 #1~#K 信号处理器 104 中输出的 #1 子流进行合并并且从 #1 发射天线 102 中发射出去，来自于各个信号处理器 104 的 #2 子流也以同样的方式合并并从 #2 天线发射出去，其它的子流也通过相同的方式进行合并并通过各个发射天线发射到通信信道 300 中。

在接收器 200 中，信道状态评估单元 204 使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估从而得到信道评估状态，并且通过反馈路径 400 将信道评估信息发送到发射器 100 中。接收功率评估单元 220 使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号信息单元 225 中的已知符号对接收的功率条件进行评估。信道信息累加单元 211 在预定的时间间隔内累加信道评估信息。接收端发射加权生成器 205 根据信道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权。信道信息选择器 215 根据信道评估信息、在信道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于 #1~#L 接收加权生成的合适的信道信息。接收加权生成器 212 使用在信道信息选择器 215 中选择的信道信息以及接收端发射加权生成器 205 的得到的接收端发射加权来生成 $K*L$ 接收加权。在每一个均衡处理器 203 中，接收加权放大器 209 使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 使用与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应的方式对解调后的 K 信号流进行合并并且重新生成原始发射信号。

图 16 和图 12B 为流程图，描述了第七个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1121, 接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S2000 中, 接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线所接收的信号以及已知符号信息来评估接收功率的条件。

在步骤 S1221, 接收器 200 将该原始反馈信息本身作为反馈信息。

在步骤 S1300, 接收器 200 通过反馈路径 400 发射反馈信息到发射器 100。

在步骤 S1421 和 S1422, 接收器在预定时间间隔内累加反馈信息并且根据累加的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权, 并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1521~S1522, 接收器 200 根据原始反馈信息、累加的反馈信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于恰当接收加权的生成的信道信息, 并且使用在步骤 S1521 中选择的信道信息以及反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权。

下面的步骤 S1600~S1900 与图 12B 中所示的第六个实施方式的那些步骤是相同的。

第七个实施方式中使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器 200 具有第五个实施方式和第六个实施方式的操作 / 结果, 并且优于第四个实施方式。即, 它能够将信道信息作为从接收器返回给发射器 100 的反馈信息, 从而减少通过反馈路径的总的发射信息的数量。

实施方式 8

在下文中将参考图 17 对本发明的第八个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。在图 1 所示的第一个实施方式中, 使用未经任何调节的通信信道信息来生成接收加权。与之相对比的是, 本实施方式具有信道信息调节单元, 用于调节通信信道信息来生成发射加权和接收加权。

本实施方式的发射器 100 的功能结构与图 3 中描述的第二个实施方

式的发射器相同，并且包括生成发射信号的发射信号生成器 101；L 发射天线 201；信号划分单元 103，根据接收器 200 通过反馈路径 400 得到的反馈信息中的发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流；以及 K 发射信号处理器 104。每个发射信号处理器 104 包括：信号调制器 105，用于分别调制 #1~#K 信号流；流处理器 106，分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分成 #1~#N 子流并且通过接收器 200 反馈的 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大；以及已知符号加法器 107。

该实施方式的接收器 200 包括：#1~#L 接收天线 201；已知符号分离器 202；#1~#K 均衡处理器 203；信道状态评估单元 204；发射加权生成器 205，根据信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 发送发射加权到发射器 100；发射加权累加单元 206，用于在预定的时间间隔内对发射加权进行累加；信道信息累加单元 211；接收加权生成器 212；以及一个信号合并单元 208。这些元件与第二个实施方式中的元件相同。此外，#1~#K 均衡处理器 203 中的每一个都与图 1 中第一个实施方式的相同，并且其包括：接收加权放大器 209，使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；以及一个解调器 210，分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。

在该实施方式中，接收器 200 还进一步包括：信道信息存储器 222，其用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息；信道信息调节单元 221，其根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且将调节后的信道估计信息输出到发射加权生成器 205 中；以及信道信息累加单元 211，其用于在预定的时间间隔内对调节后的信道信息进行累加。

下文将对 MIMO 通信系统的信号发射和接收过程进行描述。为了维持发射加权和接收加权之间的一致性，信道信息调节单元 221 根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且在预定的时间间隔内将调

节后的信道估计信息输出到发射加权生成器 205 和信道信息累加单元 211 中用于进行累加。

发射加权生成器 205 根据信道信息调节单元 221 的调节信息来生成 $K \times N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100。发射加权累加单元在预定的时间间隔内对发射加权进行累加。接收加权生成器 212 使用在信道信息累加单元 211 中累加的调节后的信道评估信息来生成接收加权并且在发射加权累加单元 206 中对 #1~#N 发射加权进行累加, 并且将其输出到每个均衡处理器 203 中。在各个均衡处理器 203 中, 放大器 209 使用 #1~#L 接收加权对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 对来自于 K 均衡处理器 203 的 K 合成信号流进行合并而重新生成发射器 100 所发出的原始发射信号。

图 18 和图 2B 为流程图, 描述了第八个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1, 接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S231~S234, 接收器 200 通过 #1~#L 天线接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息, 存储在步骤 S231 中得到的以前的信道评估信息, 根据给定的时间延迟信息以及以前的信道评估信息来调节信道评估信息, 从而得到调节后的信道评估信息并且在预定的时间间隔内对调节后的信道信息进行累加并将其作为信道状态信息。

在步骤 S331, 接收器 200 根据调节后的信道评估信息来生成 $K \times N$ 发射加权。

在步骤 S431, 接收器 200 将发射加权作为反馈信息通过反馈路径 400 发送到发射器 100。

在步骤 S531, 接收器 200 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

在步骤 S6, 接收器 200 使用信道状态信息以及处理后的反馈信息来

生成 $K \times L$ 恰当接收加权。

下面的步骤 S7~S10 与图 2B 中所示的第一个实施方式的那些步骤是相同的。

发射加权生成器 205 和接收加权生成器 212 使用的操作与在第二个实施方式中使用的操作相同。即，该实施方式的 MIMO 通信系统使用调节前的信道信息 \mathbf{A} 来计算反馈延迟时间间隔内所通过的调节后的通信信道信息。如果设置调节后的信道信息为 $\hat{\mathbf{A}}$ ，则发射加权 \hat{w}_{TK} 可通过表达式 (13) 来表示。

$$\hat{\mathbf{W}}_{TK} = \hat{\mathbf{e}}_k \quad (13)$$

在表达式 (13) 中， $\hat{\mathbf{e}}_k$ 可通过下面表达式的奇异值分解或特征值分解得到。

$$\hat{\mathbf{A}}^H \hat{\mathbf{A}}$$

在第一个实施方式中，接收加权通过下面的表达式得到。

$$\mathbf{W}_{RK} = (\hat{\mathbf{A}} \hat{\mathbf{W}}_{TK})^H$$

在第一个实施方式的这种情况下，合成信号 $y_k(t)$ 通过表达式 (14) 得到。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{RK} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \hat{\mathbf{W}}_{TK}^H \mathbf{A}'^H \mathbf{A}' \sum_{m=1}^K \hat{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \hat{\mathbf{W}}_{TK}^H \mathbf{A}'^H \mathbf{n}(t) \end{aligned} \quad (14)$$

相反的是，在该实施方式中，接收加权通过下面的表达式得到。

$$\mathbf{W}_{RK} = (\hat{\mathbf{A}} \hat{\mathbf{W}}_{TK})^H$$

然后，通过表达式 (15) 得到 $y_k(t)$ 。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{RK} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \hat{\mathbf{W}}_{TK}^H \hat{\mathbf{A}}'^H \mathbf{A}' \sum_{m=1}^K \hat{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \hat{\mathbf{W}}_{TK}^H \hat{\mathbf{A}}'^H \mathbf{n}(t) \end{aligned} \quad (15)$$

在该表达式中， \hat{w}_{TK} 为 $\hat{\mathbf{A}}^H \hat{\mathbf{A}}$ 的特征值。

因此，由于该实施方式的调节误差使得合成信号 $y_k(t)$ 的影响要小于其在一个实施方式中的影响。

因此，第八个实施方式可以减小由反馈带来的误差所生成的发射加权和接收加权之间的一致性并且抑制发射特征的降低。

实施方式 9

在下文中将参考图 19 对本发明的第九个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。该实施方式具有信道信息调节单元，其根据时间延迟信息和信道信息存储器中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且输出调节后的信道估计信息用于生成发射加权和接收加权，该单元被添加到图 C 所示的第三个实施方式的结构中。

发射器 100 与图 5 中描述的第三个实施方式或图 17 中描述的第八个实施方式的发射器相同，并且包括生成发射信号的发射信号生成器 101；L 发射天线 201；信号划分单元 103，根据接收器 200 通过反馈路径 400 得到的反馈信息中的 $K*N$ 发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流；以及 K 发射信号处理器 104。每个发射信号处理器 104 包括：信号调制器 105，用于分别调制 #1~#K 信号流；流处理器 106，分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分并且通过来自于接收器 200 反馈的 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大；以及已知符号加法器 107。

该实施方式的接收器 200 包括 #1~#L 接收天线 201；已知符号分离器 202；#1~#K 均衡处理器 203；信道状态评估单元 204。这些元件与第三个实施方式中的元件相同。

接收器 200 还进一步包括接收功率评估单元 220，其使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号对接收的功率条件进行评估；信道信息存储器 222，其用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息；信道信息调节单元 221，其根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且输出调节后的信道估计信息；以及信道信息累加单元 211，其用于在预定的时间间隔内对调节后的信道信息进行累加；发射加权生成器 205，其根据信道信息调节单元 221 的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100；以及用于在预定的时间间隔内对 #1~#L 发射加权进行累加

的发射加权累加单元 206。

接收器 200 还进一步包括：第一接收加权生成器 2121，其使用信道信息调节单元 221 调节的信道评估信息来生成 $K*L$ 第一接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加发射加权；以及第二接收加权生成器 2122，其使用信道信息累加单元 211 调节的信道评估信息来生成 $K*L$ 第二接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加发射加权。加权选择器 213，其根据第一个 #1~#L 接收加权、第二个 #1~#L 接收加权、累加的发射加权、调节后的信道评估信息以及接收功率的条件来对发射质量进行评估；信号合并单元 208，其与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应，用于对来自于 K 均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成发射器 100 所发出的原始发射信号。

#1~#K 均衡处理器 203 中的每一个都与图 1 中第一个实施方式的不同，并且其包括使用加权选择器 213 选择的 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大的接收加权放大器 209、以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。

根据第九个实施方式的 MIMO 通信系统，为了维持发射加权和接收加权之间的一致性，接收器 200 中的信道信息调节单元 221，如在第八个实施方式中所示，根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息，并且在预定的时间间隔内将调节后的信道估计信息输出到发射加权生成器 205 和信道信息累加单元 211 中进行累加。

发射加权生成器 205 根据信道信息调节单元 221 调节的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100 和发射加权累加单元 206 中。发射加权累加单元在预定的时间间隔内对发射加权进行累加。接收功率评估单元 220 信道评估信息和已知符号信息单元 225 中的已知符号对接收的功率条件进行评估。

第一个接收加权生成器 212 使用发射加权累加单元 206 中调节后的信道评估信息累加的发射加权来生成 $K*L$ 第一接收加权。第二接收加权

生成器 2122 使用累加的信道评估信息和累加的发射加权来生成 $K \times L$ 第二接收加权。加权选择器 213 根据第一接收加权、第二接收加权、累加的发射加权、调节后的信道评估信息以及接收的功率条件对发射质量进行评估,并且选择第一或第二接收加权作为用于给予每个均衡处理器 203 的恰当接收加权。在 #1~#K 的每个均衡处理器 203 中,放大器 209 通过所选的 #1~#L 接收加权对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得 #1~#K 信号流之一的合成信号流并且对每个合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 对 K 均衡处理器 203 的 K 合成信号流进行合并并生成发射器 100 所发出的原始的发射信号。

图 20 和图 2B 为流程图,描述了第九个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1,接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S241,接收器 200 通过 #1~#L 天线接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息。

在步骤 S11,接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号信息来评估接收功率的条件。

在步骤 S232~S244,存储在步骤 S241 中得到的以前的信道评估信息,根据给定的时间延迟信息以及在步骤 241 中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息,并且在预定的时间间隔内对调节后的信道评估信息进行累加并将其作为信道状态信息。

在步骤 S341,接收器 200 根据调节后的信道评估信息来生成 $K \times N$ 发射加权。

在步骤 S441,接收器 200 将 #1~#L 发射加权作为反馈信息通过反馈路径 400 发送到发射器 100。

在步骤 S541,接收器 200 在预定的时间间隔内对 #1~#L 发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

在步骤 S641~S644,接收器 200 使用调节后的信道评估信息以及处理后的反馈信息来生成 $K \times L$ 第一接收加权,使用信道状态信息以及处理

后的反馈信息来生成 $K*L$ 第二接收加权，并且根据第一接收加权、第二接收加权、处理后的反馈信息、调节后的信道评估信息以及接收功率的条件来评估发射质量，并且选择第一或第二接收加权作为恰当接收加权。

下面的步骤 S7~S10 与图 2B 中所示的第一个实施方式的那些步骤是相同的。

第九个实施方式具有第八个实施方式的操作 / 结果，并且优于第三个实施方式。即，根据当前信道信息来生成发射和接收加权以及根据累加的信道信息来生成这些加权是同时进行的。然后，使用这二种加权信息、其相应的信道信息以及接收的功率条件对通信质量进行评估，最后，确定合适的发射加权和接收加权。通过此过程，该实施方式能够提高发射加权和接收加权之间的一致性并且对通信特征的下降生成抑制作用。此外，第九个实施方式通过使用反馈时的信道信息以及加权生成时的当前信道信息，能够更好地提高发射加权和接收加权之间的一致性并且更有效地对通信特征的下降生成抑制作用。

实施方式 10

在下文中将参考图 21 对本发明的第十个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。该实施方式的 MIMO 通信系统包括：具有 #1~#N 天线 102 的发射器 100 以及具有 #1~#L 天线 201 的接收器 200。发射器 100 与接收器 200 通过通信信道 300 和反馈路径 400 进行通联。

发射器 100 的结构与第四个、第七个和第九个实施方式中的发射器结构相同。

该实施方式的接收器 200 包括：#1~#L 接收天线 201；已知符号分离器 202；#1~#K 均衡处理器 203；信道状态评估单元 204。这些元件与第四个实施方式中的元件相同。接收器 200 还进一步包括信道信息存储器 222，其用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息；接收功率评估单元 220，其使用信道评估信息、#1~#L 天线所接收的信号以及已知符号对接收的功率条件进行评估；信道信息调节单元 221，其根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存

存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且输出调节后的信道估计信息；以及信道信息累加单元 211，其用于在预定的时间间隔内对调节后的信道信息进行累加；发射加权生成器 205，其根据信道信息调节单元 221 的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100；以及用于在预定的时间间隔内对发射加权进行累加的发射加权累加单元 206。

此外，接收器 200 包括：信道信息选择器 215，其根据调节后的信道评估信息、在信道信息累加单元 211 中调节和累加后的信道评估信息、接收功率的条件以及在通信量信息存储器 216 中存储的通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于 $K*L$ 接收加权生成的信道信息；接收加权生成器 212，其使用信道信息选择器 215 中选择的信道信息来生成 $K*L$ 接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加发射加权；以及与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应的信号合并单元 208，其将来自于各个均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成发射器 100 所发出的原始发射信号。

与其它的实施方式一样，接收器 200 的每一个均衡处理器 203 都包括：一个分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大的接收加权放大器 209、以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。

在接收器 200 中，延迟时间信息单元 218 和多普勒频率估计单元 217 与第四个实施方式中的相同，并且通信量特征的获取方法也与第四个实施方式中的方式相同。

根据该第十个实施方式，其操作 / 结果与第四个实施方式以及第七个和第九个实施方式是相同的。在接收器 200 中，信道状态评估单元 204 使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对信道的状态进行评估并且输出信道评估信息。接收功率评估单元 220 使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号信息单元 225 中的已知符号对接收的功率条件进行评估。信道信息存储器 222 用于存储从信道状态评估单元 204 中

输出的以前的信道评估信息。信道信息调节单元 221 根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且输出调节后的信道评估信息。信道信息累加单元 211，其用于在预定的时间间隔内对调节后的信道评估信息进行累加。发射加权生成器 205 根据信道信息调节单元 221 中调节的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权并且通过反馈路径 400 将发射加权发送到发射器 100 中。发射加权累加单元 206 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加。

信道信息选择器 215 根据调节后的信道评估信息、在信道信息累加单元 211 中调节和累加后的信道评估信息、接收功率的条件以及在通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于 $K*L$ 接收加权生成的信道信息。接收加权生成器 212 使用信道信息选择器 215 中选择的信道信息来生成 $K*L$ 接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中对发射加权进行累加。

在每一个均衡处理器 203 中,接收加权放大器 209 分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大;解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且分别对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 对各个均衡处理器 203 解调后的 K 信号流进行合并并且重新生成原始发射信号。

图 22 和图 2B 为流程图,描述了第十个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1, 接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S251, 接收器 200 通过 #1~#L 天线接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息。

在步骤 S11, 接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号信息来评估接收功率的条件。

在步骤 S252~S255, 接收器 200 存储在步骤 S251 中得到的以前的信道评估信息, 根据给定的时间延迟信息以及在步骤 252 中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息, 从而得到调节后的信道评估信息,

并且在预定的时间间隔内对调节后的信道评估信息进行累加，并且根据调节后的信道评估信息、调节后和累加后的信道评估信息、接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于生成 $K*L$ 恰当接收加权的信道状态信息。

在步骤 S351, 接收器 200 根据调节后的信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权。

在步骤 S451, 接收器 200 将发射加权作为反馈信息通过反馈路径 400 发送到发射器 100。

在步骤 S551, 接收器 200 在预定的时间间隔内对发射加权进行累加并将其作为处理后的反馈信息。

在步骤 S6, 接收器 200 使用信道状态信息以及处理后的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权。

下面的步骤 S7~S10 与图 2B 中所示的第一个实施方式的那些步骤是相同的。

根据第十个实施方式, 该系统利用事先得到的特征数据对通信质量进行评估并且确定所需要的信道信息。因此, 其能够提高发射加权和接收加权之间的一致性并且对通信特征的下降生成抑制作用。此外, 还能够减少所使用的接收加权的数目并且简化接收器的结构。此外, 第十个实施方式通过使用反馈时的信道信息以及加权生成时的当前信道信息, 能够更好地提高发射加权和接收加权之间的一致性并且更有效地对通信特征的下降生成抑制作用。

实施方式 11

在下文中将参考图 23 对本发明的第十个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。该实施方式的 MIMO 通信系统包括: 具有 #1~#N 天线 102 的发射器 100 以及具有 #1~#L 天线 201 的接收器 200。发射器 100 与接收器 200 通过通信信道 300 和反馈路径 400 进行通联。

发射器 100 的结构与图 11~图 15 中所示的第五个~第七个实施方式中的发射器结构相同, 并且它还包括: 生成发射信号的发射信号生成器

101; 发送端发射加权生成器 110, 利用接收器 200 通过反馈路径 400 得到的调节后的信道估计信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权; 信号划分单元 103, 根据发送端发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流; 以及 #1~#K 发射信号处理器 104。每个 K 发射信号处理器 104 包括: 信号调制器 105, 用于分别调制 #1~#K 信号流; 流处理器 106, 分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分并且通过 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大; 以及已知符号加法器 107, 用于将已知的符号添加到各个 #1~#N 子流中。

接收器 200 包括: #1~#L 接收天线 201; 已知符号分离器 202; 信道状态评估单元 204, 使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对信道的状态进行评估并且输出信道评估信息; 信道信息存储器 222, 用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息; 信道信息调节单元 221, 其根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息, 并且通过反馈路径 400 发送调节后的信道估计信息到发射器 100; 以及信道信息累加单元 211, 其用于在预定的时间间隔内对信道信息调节单元 221 调节后的信道信息进行累加。

接收器 200 还进一步包括: 接收端发射加权生成器 205, 其根据信道信息调节单元 221 中调节和累加后的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权; 发射加权累加单元 206, 其用于在预定的时间间隔内对接收端发射加权进行累加; 接收加权生成器 212, 其使用信道信息累加单元 211 中的累加信道评估信息以及在发射加权累加单元 206 中累加的接收端发射加权来生成 $K*L$ 接收加权; 以及一个与发射器的信号划分单元相对应的信号合并单元 208。

每一个均衡处理器 203 包括: 一个接收加权放大器 209, 分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大; 以及一个解调器 210, 分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 对来自于各个均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行

合并而重新生成原始发射信号。

根据第十一个实施方式的 MIMO 通信系统，在发射器 100 中，发送端发射加权生成器 110 在信号发射前利用接收器 200 的调节后的信道评估反馈信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权。发射信号生成器 101 生成发射信号并且发射信号划分单元 103 使用发送端发射加权生成器 110 生成的发送端发射加权将发射信号划分为 #1~#K 信号流。在 #1~#K 各个发射信号处理器 104 中，信号调制器 105 对各个信号流进行解调。并且，在各个信号处理器 104 中，流处理器 106 将各个调制后的信号流划分为 #1~#N 发射子流并且分别使用 #1~#N 发射信号加权对各个子流进行放大，并且已知符号加法器 107 将已知符号添加到各个 #1~#N 子流中。将各个 #1~#K 信号处理器 104 中输出的 #1 子流进行合并并且从 #1 发射天线 102 中发射出去，来自于各个信号处理器 104 的 #2 子流也以同样的方式合并并从 #2 天线发射出去，其它的子流也通过相同的方式进行合并并通过各个发射天线发射到通信信道 300 中。

在接收器 200 中，信道状态评估单元 204 使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并且输出信道评估状态。信道信息存储器 222 用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息。信道信息调节单元 221 根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且通过反馈路径 400 输出调节后的信道评估信息到发射器 100 中。信道信息累加单元 211 在预定的时间间隔内对信道信息调节单元 221 中调节后的信道评估信息进行累加。接收功率评估单元 220 使用信道评估信息、#1~#L 天线所接收的信号以及已知符号信息单元 225 中的已知符号对接收的功率条件进行评估。

接收端发射加权生成器 205 根据信道信息累加单元 211 中调节和累加后的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权。发射加权累加单元 206 在预定的时间间隔内对接收端发射加权生成器 205 的接收端发射加权进行累加。接收加权生成器 212 使用在信道信息累加单元 211 中累加和调节后的信道评估信息来生成 $K*L$ 接收加权并且在发射加权累加单元 206

中对发射加权进行累加。

在各个均衡处理器 203 中，接收加权放大器 209 使用 #1~#L 接收加权对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；并且解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。最后，信号合并单元 208 对来自于各个均衡处理器 203 的解调后的 K 合成信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

图 24 和图 12B 为流程图，描述了第十一实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1131，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S1231 和 S1232，接收器 200 存储在步骤 S1131 中输出的以前的信道评估信息，并且根据时间延迟信息以及在步骤 S1231 中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息。

在步骤 S1331，接收器 200 通过反馈路径 400 将调节后的信道评估信息作为反馈信息发送到发射器 100。

在步骤 S1431~S1433，接收器在预定时间间隔内累加反馈信息并将其作为反馈信息，根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并且在预定时间间隔内累加接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1531，接收器 200 使用累加的反馈信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

下面的步骤 S1600~S1900 与图 12B 中所示的第六个实施方式的那些步骤是相同的。

根据第十一个实施方式的 MIMO 通信系统，它能够将调节后的信道信息作为从接收器 200 反馈到发射器 100 的反馈信息，从而减少通过反馈路径的总的发射信息的数量。此外，第十一个实施方式通过使用反馈时

的信道信息以及加权生成时的当前信道信息,能够更好地提高发射加权和接收加权之间的一致性并且更有效地对通信特征的下降生成抑制作用。

实施方式 12

在下文中将参考图 25 对本发明的第十二个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。该实施方式的 MIMO 通信系统包括:具有 #1~#N 天线 102 的发射器 100 以及具有 #1~#L 天线 201 的接收器 200。发射器 100 与接收器 200 通过通信信道 300 和反馈路径 400 进行通联。

发射器 100 的结构与图 23 中所示的第十一个实施方式中的发射器结构相同。因此,在图 23 中,与第十一个实施方式中相同的元件都用相同的数字来表示。

接收器 200 包括: #1~#L 接收天线 201; 已知符号分离器 202; #1~#K 均衡处理器 203、使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对信道的状态进行评估并且输出信道评估信息的信道状态评估单元 204; 用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息的信道信息存储器 222; 信道信息调节单元 221, 其根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息, 并且通过反馈路径 400 发送调节后的信道估计信息到发射器 100。

接收器 200 还进一步包括: 接收功率评估单元 220, 其使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号对接收的功率条件进行评估; 信道信息累加单元 211, 其用于在预定的时间间隔内对信道信息调节单元 221 调节后的信道信息进行累加; 接收端发射加权生成器 205, 其根据信道信息调节单元中调节和累加后的信道评估信息来生成接收端 $K*N$ 发射加权; 发射加权累加单元 206, 其用于在预定的时间间隔内对接收端发射加权生成器 205 所生成的接收端发射加权进行累加。

接收器 200 还进一步包括: 第一接收加权生成器 2121, 其使用信道状态评估单元 221 的调节后的信道评估信息来生成 $K*L$ 第一接收加权, 并且在发射加权累加单元 206 中对接收端发射加权进行累加; 以及第二

接收加权生成器 2122, 其使用信道信息累加单元 221 的累加的信道评估信息来生成 $K \times L$ 第二接收加权, 并且在发射加权累加单元 206 中累加接收端发射加权; 加权选择器 213, 其根据第一接收加权、第二接收加权、累加后的接收端发射加权、调节后的信道评估信息以及接收功率的条件来对发射质量进行评估, 并且选择所需要的接收加权; 信号合并单元 208, 其与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应, 用于对来自于 K 均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

每一个均衡处理器 203 的都与其它实施方式的均衡处理器相同, 并且其包括使用加权选择器选择的 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大的接收加权放大器 209, 以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。

根据第十二个实施方式的 MIMO 通信系统, 在发射器 100 中, 正如实施方式十一中的 MIMO 通信系统, 发送端发射加权生成器 110 在信号发射前利用接收器 200 的调节后的信道评估反馈信息来生成 $K \times N$ 发送端发射加权。发射信号生成器 101 生成发射信号并且发射信号划分单元 103 使用发送端发射加权生成器 110 生成的发送端发射加权将发射信号划分为 #1~#K 信号流。在 #1~#K 各个发射信号处理器 104 中, 信号调制器 105 对各个信号流进行解调。并且, 在各个信号处理器 104 中, 流处理器 106 将各个调制后的信号流划分为 #1~#N 发射子流并且分别使用 #1~#N 发射信号加权对各个子流进行放大, 并且已知符号加法器 107 将已知符号添加到各个 #1~#N 子流中。将各个 #1~#K 信号处理器 104 中输出的 #1 子流进行合并并且从 #1 发射天线 102 中发射出去, 来自于各个信号处理器 104 的 #2 子流也以同样的方式合并并从 #2 天线发射出去, 其它的子流也通过相同的方式进行合并并通过各个发射天线发射到通信信道 300 中。

另一方面, 在接收器 200 中, 如图 23 中所示的第十二个实施方式的接收器, 信道状态评估单元 204 使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估并且输出信道评估状态。信道信息存储器 222

用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息。信道信息调节单元 221 根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且通过反馈路径 400 输出调节后的信道评估信息到发射器 100 中。信道信息累加单元 211 在预定的时间间隔内对信道信息调节单元 221 中调节后的信道评估信息进行累加。

接收端发射加权生成器 205 根据信道信息累加单元 211 中调节和累加后的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权。发射加权累加单元 206 在预定的时间间隔内对接收端发射加权生成器 205 的接收端发射加权进行累加。第一接收加权生成器 2121 使用信道状态评估单元 204 的调节后的信道评估信息来生成 $K*L$ 第一接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中对接收端发射加权进行累加。第二接收加权生成器 2122 使用信道信息累加单元 211 的累加的信道评估信息来生成 $K*L$ 第二接收加权，并且在发射加权累加单元 206 中累加接收端发射加权。加权选择器 213 根据第一接收加权、第二接收加权、累加后的接收端发射加权、信道信息调节单元 221 中调节后的信道评估信息以及接收功率的条件来对发射质量进行评估，并且选择所需要的接收加权。

在各个均衡处理器 203 中，接收加权放大器 209 使用加权选择器 213 选择的 #1~#L 接收加权对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。最后，信号合并单元 208 对来自于各个均衡处理器 203 的解调后的 K 合成信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

图 26 和图 12B 为流程图，描述了第十一实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1141，接收器 200 通过 #1~#L 天线接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S2000，接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线接收

的信号以及已知符号对接收的功率条件进行评估。在步骤 S1241 和 S1242, 接收器 200 存储在步骤 S1141 中获得的以前的信道评估信息, 并且根据时间延迟信息以及在步骤 S1241 中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息。

在步骤 S1341, 接收器 200 通过反馈路径 400 将调节后的信道评估信息作为反馈信息发送到发射器 100。

在步骤 S1441~S1442, 接收器 200 在预定时间间隔内累加反馈信息, 根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并且在预定时间间隔内进行累加接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1541~S1544, 接收器 200 根据反馈信息、反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第一接收加权, 根据累加后的反馈信息、反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 第二接收加权, 根据第一接收加权、第二接收加权、反馈延迟补偿后的反馈信息、反馈信息以及接收功率的条件来对发射质量进行评估, 并且根据发射质量从第一或第二接收加权中选择恰当接收加权。

下面的步骤 S1600~S1900 与图 12B 中所示的第六个实施方式的那些步骤是相同的。

根据第十二个实施方式的 MIMO 通信系统, 它能够将调节后的信道信息作为从接收器 200 反馈到发射器 100 的反馈信息, 从而减少通过反馈路径的总的发射信息的数量。此外, 第十二个实施方式通过使用反馈时的信道信息以及加权生成时的当前信道信息, 能够更好地提高发射加权和接收加权之间的一致性并且更有效地对通信特征的下降生成抑制作用。

实施方式 13

在下文中将参考图 27 对本发明的第十三个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。该系统中发射器 100 的结构与图 23 和图 25 中所示的第十一个和第十二个实施方式中的发射器结构相同。在图 27 中, 与第十一个和第十二个实施方式中相同的元件都用相同的数字来表示。

如第十一个和第十二个实施方式中的接收器 200, 该实施方式的接收器 200 包括: #1~#L 接收天线 201; 已知符号分离器 202; 信道状态评估单元 204; 信道信息存储器 222; 信道信息调节单元 221, 其根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息, 并且通过反馈路径 400 发送调节后的信道估计信息到发射器 100; 信道信息累加单元 211, 其用于在预定的时间间隔内对信道信息调节单元 221 调节后的信道信息进行累加; 接收端发射加权生成器 205, 其根据信道信息累加单元 211 中调节和累加后的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权; 发射加权累加单元 206, 其用于对接收端发射加权生成器所生成的接收端发射加权进行累加; 接收功率评估单元 220, 其使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 接收的信号以及已知符号信息单元 225 中的已知符号对接收的功率条件进行评估。这些元件均与第十一个和第十二个实施方式中的元件相同。

接收器 200 还进一步包括: 信道信息选择器 215, 其根据调节后的信道评估信息、在信道信息累加单元 211 中调节和累加的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于 $K*L$ 接收加权生成的信道信息; 接收加权生成器 212, 其使用信道信息选择器 215 中选择的信道信息来生成 $K*L$ 接收加权, 并且在发射加权累加单元 206 中累加发射加权、#1~#K 均衡处理器 203 以及与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应的信号合并单元 208。

每一个均衡处理器 203 都包括: 一个分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大的接收加权放大器 209, 以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。信号合并单元 208 与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应并且对来自于 #1~#K 各个均衡处理器 203 解调后的 K 合成信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

延迟时间信息单元 218 和多普勒频率估计单元 217 与第四个、第七个和第十个实施方式中的相同。存储在通信量信息存储器 216 中的通信

量特征的获取方法也与第四个实施方式中的方式相同。信道信息选择器 215 使用这些通信量特征来选择与能够给出当前信道较好特征的一组加权相对应的恰当的信道信息，并且将所选择的信息输出到接收加权生成器 212 中。

根据第十三个实施方式的 MIMO 通信系统，在其发射器 100 中与在第十一个和第十二个实施方式的发射器中相同，发送端发射加权生成器 110 利用接收器 200 的信道评估反馈信息来生成发送端发射加权。发射信号生成器 101 生成发射信号并且发射信号划分单元 103 使用发送端发射加权生成器 110 生成的发送端发射加权将发射信号划分为 #1~#K 信号流。在 #1~#K 各个发射信号处理器 104 中，信号调制器 105 对各个信号流进行解调。并且，在各个信号处理器 104 中，流处理器 106 将各个调制后的信号流划分为 #1~#N 发射子流并且分别使用 #1~#N 发射信号加权对各个子流进行放大，并且已知符号加法器 107 将已知符号添加到各个 #1~#N 子流中。将各个 #1~#K 信号处理器 104 中输出的 #1 子流进行合并并且从 #1 发射天线 102 中发射出去，来自于各个信号处理器 104 的 #2 子流也以同样的方式合并并从 #2 天线发射出去，其它的子流也通过相同的方式进行合并并通过各个发射天线发射到通信信道 300 中。

另一方面，在接收器 200 中，如在第十一个和第十二个实施方式的接收器中一样，信道状态评估单元 204 使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估从而得到信道评估状态，并且输出信道评估信息。接收功率评估单元 220 使用信道评估信息、#1~#L 天线 201 所接收的信号以及已知符号信息单元 225 中的已知符号对接收的功率条件进行评估。信道信息存储器 222 用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息。信道信息调节单元 221 根据延迟时间信息单元 218 中的时间延迟信息和信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息来调节信道估计信息，并且通过反馈路径 400 将调节后的信道估计信息输出到发射器 100 中。信道信息累加单元 211 在预定的时间间隔内对信道信息调节单元 221 调节的信道评估信息进行累加。接收端

发射加权生成器 205 根据信道信息累加单元 211 中调节和累加的信道评估信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权。发射加权累加单元 206 在预定的时间间隔内对接收端发射加权生成器 205 的接收端发射加权进行累加。

此外，在接收器 200 中，信道信息选择器 215 根据调节后信道评估信息、在信道信息累加单元 211 中累加的信道评估信息和接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于 $K*L$ 接收加权生成的信道信息。接收加权生成器 212 使用在信道信息选择器 215 中选择的信道信息以及发射加权累加单元 206 中得到的累加发射加权来生成 $K*L$ 接收加权。

在每一个均衡处理器 203 中，接收加权放大器 209 使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；解调器 210 将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 对来自于各个均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并并且重新生成原始发射信号。

图 28 和图 12B 为流程图，描述了第十三实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1151，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S2000，接收器 200 使用信道评估信息、#1~#L 天线接收的信号以及已知符号对接收的功率条件进行评估。

在步骤 S1251 和 S1252，接收器 200 存储在步骤 S1151 中获得的以前的信道评估信息，并且根据时间延迟信息以及在步骤 S1251 中存储的以前的信道评估信息来调节信道评估信息。

在步骤 S1351，接收器 200 通过反馈路径 400 将调节后的信道评估信息作为反馈信息发送到发射器 100。

在步骤 S1451~S1453，接收器 200 在预定时间间隔内累加反馈信息，

根据累加的反馈信息生成 $K*N$ 接收端发射加权并且在预定时间间隔内对接收端发射加权进行累加并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1551~S1552, 接收器 200 根据反馈信息、累加后的反馈信息、接收功率的条件以及通信量信息、延迟时间信息和多普勒频率信息来选择用于恰当接收加权生成的信道信息, 并且使用所选择的信道信息以及反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

下面的步骤 S1600~S1900 与图 12B 中所示的第六个实施方式的那些步骤是相同的。

根据第十三个实施方式的 MIMO 通信系统, 它能够将调节后的信道信息作为从接收器 200 反馈到发射器 100 的反馈信息, 从而减少通过反馈路径的总的发射信息的数量。此外, 第十二个实施方式通过使用反馈时的信道信息以及加权生成时的当前信道信息, 能够更好地提高发射加权和接收加权之间的一致性并且更有效地对通信特征的下降生成抑制作用。

实施方式 14

在下文中将参考图 29 对本发明的第十四个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。MIMO 通信系统基本包括: 具有 #1~#N 天线的发射器 100、具有 #1~#L 天线的接收器 200 以及在发射器 100 与接收器 200 之间通联的传播信道 300。

发射器 100 包括: 生成发射信号的发射信号生成器 101; 信号划分单元 103; #1~#K 发射信号处理器 104; #1~#N 加法器 108; 以及发送端发射加权生成器 110, 利用接收器 200 通过反馈路径 400 得到的信道估计信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权。每个发射信号处理器 104 包括: 信号调制器 105, 用于分别调制 #1~#K 信号流; 流处理器 106, 分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分并且通过 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大; 以及已知符号加法器 107, 用于将已知的符号添加到各个 #1~#N 子流中。

另一方面, 接收器 200 包括: 已知符号分离器 202; 信道状态评估单元 204, 从 #1~#L 天线接收的信号对每个通信信道的状态进行评估以

获得信道评估信息；反馈信息生成器 251，根据信道状态评估单元 204 的信道评估信息来生成反馈信息；反馈信息处理单元 252，根据反馈路径 400 的条件对反馈信息进行处理并且生成处理后的反馈信息并将其通过反馈路径 400 发送到发射器 100 中；以及反馈信息累加单元 253，在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加。接收器 200 还进一步包括：接收加权生成器 212，其使用信道状态评估单元中的信道评估信息以及在反馈信息累加单元 253 中累加的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权；#1~#K 均衡处理器 203 以及信号合并单元 208。

每一个均衡处理器 203 都包括：一个接收加权放大器 209，分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；以及一个解调器 210，分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应并且对来自于 #1~#K 各个均衡处理器 203 解调后的 K 合成信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

从接收器 200 发送给发射器 100 的反馈信息中含有 #1~#L 信息，其中 L 等于接收天线 201 的数目。#1~#L 信息含有 N 发射加权信息，其中 N 等于发射天线 102 的数目。

发射器 100 的发送端发射加权生成器 110 利用接收器 200 的反馈信息来生成 $K*N$ 发送端发射加权。在此过程中，使用了特征值运算或奇异值运算。特别地，用 \mathbf{A} 表示信道矩阵，那么满足下述关系 (16) 的 K 个特征向量 \mathbf{e}_k 可通过对信道关联行列式 $\mathbf{A}^H\mathbf{A}$ 的特征值分解得到，其中 $K=\min(N, L)$ 。

$$\left. \begin{aligned} \mathbf{e}_i^H (\mathbf{A}^H \mathbf{A}) \mathbf{e}_i &= \lambda_i \quad (i=0, \dots, K) \\ \mathbf{e}_i^H (\mathbf{A}^H \mathbf{A}) \mathbf{e}_j &= 0 \quad (i \neq j) \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

在该表达式 (16) 中，符号 H 表示复变换、并且 λ_i 表示第 i 个特征向量的特征值。

通过使用特征值 \mathbf{e}_k 可通过下述表达式 (17) 来创建第 k 流的发射加

权向量。

$$W_{TK} = e_k \quad (17)$$

发射信号划分单元 103 将发射信号生成器 101 的发射信号划分为与发射加权不全为零的组的数目相同的信号流。每一个划分后的信号流使用发射信号调制器 105 进行调制，相同的发射加权进行放大并且在其上加入已知符号。该已知符号将被用于接收器 200 的均衡处理器中。各个信号流使用与各个天线 102 相对应的加法器 108 进行合成并且发送到传播信道 300 中。用 $S_k(t)$ 表示被划分的第 k 个信号流， W_{TK} 表示与第 k 流相对应的发射加权向量 ($N \times 1$ 矩阵)，然后多路发射信号向量 $X(t)$ 可通过表达式 (18) 来表示。

$$X(t) = \sum_{k=1}^K W_{TK} S_k(t) \quad (18)$$

接收器 200 接收通过传播信道 300 后失真的发射信号。发射信号流的失真特性取决于传播信道 300 本身的特征以及发射天线 102 和接收天线 201 之间的位置关系。在这里，传播信道 300 被认为其每个信道为均匀减弱的信道，其不受延迟波的影响。

在接收器 200 中，已知符号分离器 202 将接收到的信号分离为已知符号和发射信息符号。发射信息符号被输入到与发射信号流的编号相同的均衡处理器 203 中。已知符号被输入到信道状态评估单元 204 中。信道状态评估单元 204 使用已知符号对每个传播信道的特征进行评估，并且输出信道状态信息。

传播信道特征可使用下述表达式 (19) 所示的信道矩阵 A 来表示，其中 L 表示接收天线 201 的数目。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1N} \\ \vdots & a_{ij} & \vdots \\ a_{L1} & \cdots & a_{LN} \end{bmatrix} \quad (19)$$

每个天线 201 所接收的每个接收信号 $r(t)$ 通过下述表达式 (20) 来表示，其中 $n(t)$ 表示噪音向量。

$$r(t) = AX(t) + n(t) \quad (20)$$

反馈信息生成器 251 根据信道状态评估单元 204 的信道评估信息来生成反馈信息。当发射加权被用作反馈信息时，在反馈信息生成器 251 中进行相同的过程，因此，发送端发射加权生成器 110 对于发射器 100 来讲就是非必要的。另一方面，如果通信信道信息被用作反馈信息，信道评估信息就不经过任何处理而通过该反馈信息生成器 251。

生成的反馈信息被输入到反馈信息处理单元 252 和反馈信息累加单元 253 中。反馈信息处理单元 252 对反馈信息进行处理使其与反馈路径 400 的带宽及反馈信息的质量相一致。处理后的反馈信息通过反馈路径 400 通知给发射器 100。在反馈信息累加单元 253 中，保留来自于反馈信息生成器 251 的反馈信息直到处理过的反馈信息被通知到发射器 100 并且反馈信息所反射的新的发射信号被接收器 200 所接收。当信道评估信息被用作反馈信息并且通过反馈信息生成器 251 时，反馈信息累加单元 253 在预定的时间间隔后用作发射器 100 的发射加权生成器 110，并且输出作为反馈信息的发射加权。

当预定的时间间隔结束后，累加的反馈信息被输出到接收加权生成器 212 中。接收加权生成器 212 使用信道评估信息以及累加的反馈信息来生成接收加权。接收加权向量 W_{RK} 通过表达式 (21) 得到。

$$W_{RK} = (Ae_k)^H \quad (21)$$

使用接收信号对生成的接收加权进行放大。对第 k 信号流合成后输出的信号 $y_k(t)$ 可通过表达式 (22) 来表示。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= W_{Rk} A X(t) \\ &= W_{Tk}^H A^H A \sum_{m=1}^K W_{Tm} S_m(t) + W_{Tk}^H A^H n(t) \\ &= \lambda_k S_k(t) + W_{Tk}^H A^H n(t) \end{aligned} \quad (22)$$

图 30 和图 12B 为流程图，描述了第十四实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S2100，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号

来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息。

在步骤 S2200,接收器 200 根据信道评估信息来生成原始的反馈信息。

在步骤 S2300,接收器 200 根据反馈路径 400 的条件对原始的反馈信息进行处理以获得通过反馈路径 400 发送给发射器 100 的反馈信息。

在步骤 S2400,接收器 200 在预定的时间间隔内对原始反馈信息进行累加并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S2500,接收器 200 使用信道评估信息和反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 接收加权。

在步骤 S2600,接收器 200 分别使用 #1~#L 接收加权对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。

在步骤 S2700,接收器 200 对 #1~#L 加权后的子流进行合成从而得到各个合成后的 #1~#K 信号流。

在步骤 S2800,接收器 200 分别对合成后的 #1~#K 信号流进行解调。

最后,在步骤 S2900,接收器 200 合并解调后的 K 信号流以重新生成原始的发射信号。

通过上面所述的方式,可以得到不受其它多路信号流任何干涉的目标信号流。相应地,第十四个实施方式的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器与常规的单流发射技术相比,能够大大地提高频率的利用效率。

实施方式 15

在下文中将参考图 31 对本发明的第十五个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。对于图 29 中的第十四个实施方式所使用的 MIMO 通信系统来讲,在将反馈信息从接收器发送给发射器时,可能会对与反馈路径的带宽和数量相对应的反馈信息进行处理,从而使得反馈信息可能发生下降。

在第十四个实施方式中,将处理前和处理后的发射信息分别作为 W_{Tk} 、 \hat{w}_{Tk} ,通过下面的表达式可得到接收加权 W_{Rk} 。

$$W_{Rk} = (AW_{Tk})^H$$

在这种情况下,合成的信号 $y_k(t)$ 变为通过表达式 (23) 来表示。

$$\begin{aligned}
 y_k(t) &= \mathbf{W}_{rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\
 &= \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \tilde{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \quad (23)
 \end{aligned}$$

此时, 由于在 \mathbf{W}_{Tk} 、 $\hat{\mathbf{W}}_{Tk}$ 之间、处理前后发射加权信息之间存在误差, 所以可能干扰发射加权和接收加权之间的一致性。如果出现一致性方面的干扰, 就不能够完全消除其它流所带来的干涉。因此, 可以预测通信特征会出现下降。

在这种情况下, 因为在 \mathbf{W}_{Tk} 、 $\hat{\mathbf{W}}_{Tk}$ 之间、发射加权信息在处理前后之间存在误差, 所以会干扰发射加权和接收加权之间的一致性。如果出现这种一致性的干扰, 就不能完全消除其它流所带来的干涉。因此, 可以预知通信特征会发生下降。

第十五个实施方式的 MIMO 通信系统可以解决在第十四个实施方式中出现的可预知性缺陷。在图 31 中, 与图 29 中所示相同的元件使用相同的数字进行标识。

该实施方式的特点就是反馈信息累加单元 253 对反馈信息处理单元 252 中处理过的反馈信息进行累加, 代替在第十四个实施方式中对反馈信息生成器 251 的原始反馈信息进行累加, 并且接收加权生成器 212 使用在反馈信息累加单元 253 中进行过一次累加的处理后的反馈信息。其它的元件都与图 29 中所示的第十四个实施方式的元件相同, 并且相同的数字用来表示相同的元件。

图 33 中的表显示了在第十四个实施方式和第十五个实施方式中使用的加权信息的种类。在第十四个实施方式中, 根据表达式 (17) 表示的信道评估值进行特征值的计算。然后, 计算与当前信道相一致并用于发射的发射加权和接收加权。另一方面, 为通过反馈路径 400 返回反馈信息, 需进行处理使其与反馈路径的信息比例相一致。因此, 可以预测在处理的发射加权和未处理的接收加权之间的一致性会收到干扰, 并且会出现通信量的降低。

与之相比, 在第十五个实施方式中, 发射加权和接收加权之间的一致性可以被维持因为可以使用处理后的反馈信息来生成接收加权。

图 32 和图 12B 为流程图，描述了第十五实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1100，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的 #1~#L 子流来生成原始的反馈信息。

在步骤 S1200，接收器 200 调节原始的反馈信息以获得反馈信息。

在步骤 S1300，接收器 200 通过反馈路径 400 发送反馈信息给发射器 100。

在步骤 S1400，接收器 200 对反馈信息进行反馈延迟的补偿。

在步骤 S1500，接收器 200 使用反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

在步骤 S1600，接收器 200 分别使用 #1~#L 接收加权对接收的各个 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大。

在步骤 S1700，接收器 200 对 #1~#L 加权后的子流进行合成从而得到各个合成后的 #1~#K 信号流。

在步骤 S1800，接收器 200 分别对合成后的 #1~#K 信号流进行解调。

在步骤 S1900，接收器 200 合并解调后的 K 信号流以重新生成原始的发射信号。

通过该方法，可以减少发射加权和接收加权之间由于反馈延迟所带来的不一致性。在下文中将对该原因进行描述。

W_{Tk} 表示使用预处理的反馈信息生成的发射加权， \tilde{w}_{Tk} 表示使用处理后的反馈信息生成处理的发射加权，然后该实施方式的接收加权使用下面的表达式生成

$$W_{Rk} = (A \tilde{w}_{Tk})^H$$

来代替第十四个实施方式中使用的表达式

$$W_{Rk} = (A W_{Tk})^H$$

此时，合成信号 $y_k(t)$ 变为表达式 (24)。

$$\begin{aligned}
 y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\
 &= \widetilde{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \widetilde{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t)
 \end{aligned} \tag{24}$$

根据第十五个实施方式，可能减小反馈信息处理过程中的误差所带来的影响，因此，可抑制发射特征的降低。

实施方式 16

在下文中将参考图 34 对本发明的第十六个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。该实施方式的目标就是减小由于反馈所带来的量化误差。在第十四个实施方式中，非量化的发射加权用于生成接收加权。与之相比，在第十六个实施方式中，在发射加权量化单元中量化的发射加权被用于生成接收加权。

如图 34 所示，第十六个实施方式的 MIMO 通信系统包括：具有多个发射天线 102 的发射器 100；具有多个接收天线 201 的接收器 200；以及连接发射器 100 和接收器 200 的传播信道 300。

发射器 100 的结构几乎与第十四个实施方式中的发射器相同，但是它不包括发送端发射加权生成器。发射器 100 使用从接收器 200 返回的量化发射加权来代替在发射器自身所生成的发射加权。在图 34 中，与图 29 中第十四个实施方式所示相同的元件使用相同的数字进行标识。

接收器 200 包括：已知符号分离器 202；#1~#K 均衡处理器 203；信道状态评估单元 204，使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估以获得信道评估信息；接收端发射加权生成器 205，根据信道评估信息来生成 K*N 发射加权；发射加权量化单元 255，其用于对发射加权进行量化，并且将量化后的发射加权通过反馈路径 400 发送到发射器 100。接收器 200 还进一步包括：发射加权累加单元 206，其用于在预定的时间间隔内对 #1~#L 量化后的发射加权进行累加；接收加权生成器 212，其使用信道状态评估单元 204 中的信道评估信息以及在发射加权累加单元 206 中累加的量化后的发射加权来生成 K*L 接收加权；以及一个信号合并单元 208。

每一个均衡处理器 203 都与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应，并且包括：一个接收加权放大器 209，分别使用 #1~#L 接收加权对各

个接收的#1~#K信号流的#1~#L子流进行放大；以及一个解调器210,分别将#1~#L加权子流进行合成以获得各个合成的#1~#K信号流并且对合成的#1~#K信号流进行解调。信号合并单元208用于对各个均衡处理器203解调后的K信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

在第十四个实施方式中,根据表达式(17)表示的信道评估值进行特征值的计算。然后,计算与当前信道相一致并用于发射的发射加权和接收加权。另一方面,通过反馈路径返回的反馈信息被处理以使其与反馈路径的信息比例相一致。因此,可以预测在处理的发射加权和未处理的接收加权之间的一致性会收到干扰,并且会出现通信量的降低。

与之相比,在第十六个实施方式中,为了维持发射加权和接收加权之间的一致性,可使用量化后的发射加权来生成接收加权并将其作为处理后的反馈信息。

图35和图12B为流程图,描述了第十六实施方式的MIMO接收器200中使用的接收方法。

在步骤S1,接收器200将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤S261,接收器200通过#1~#L天线201接收的接收信号来评估每个通信信道的状态,并且将信道评估信息作为信道状态信息。

在步骤S361和S362,接收器200根据信道评估信息以及量化的发射加权来生成 $K*N$ 发射加权。

在步骤S461,接收器200通过反馈路径400将#1~#L量化后的发射加权作为反馈信息发送到发射器100。

在步骤S561,接收器200将#1~#L量化后的发射加权在预定时间间隔内进行累积并作为处理后的反馈信息。

在步骤S6,接收器200使用信道状态信息和处理后的反馈信息生成 $K*L$ 接收加权。

下面的步骤S7~S10与图2B中所示的第一个实施方式的那些步骤是相同的。

通过该方法,可以减小发射加权和接收加权之间由于反馈延迟所带来的一致性。该原因将描述如下。

用 W_{Tk} 和 \tilde{w}_{Tk} 分别表示量化前的发射加权和量化后的发射加权, 然后使用下面的表达式来生成该实施方式的接收加权:

$$W_{Rk} = (A \tilde{w}_{Tk})^H$$

来代替第十四个实施方式中使用的表达式

$$W_{Rk} = (A W_{Tk})^H$$

此时, 合成信号 $y_k(t)$ 变为表达式 (25)。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= W_{Rk} A X(t) \\ &= \tilde{W}_{Tk}^H A^H A \sum_{m=1}^K \tilde{W}_{Tm} S_m(t) + \tilde{W}_{Tk}^H A^H n(t) \end{aligned} \quad (25)$$

根据第十六个实施方式, 可能减小反馈信息处理过程中的量化误差所带来的影响, 因此, 可抑制发射特征的降低。

实施方式 17

在下文中将参考图 36 对本发明的第十七个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。在第十六个实施方式中, 在接收器 200 中被量化的量化发射加权通过反馈路径 400 反馈给发射器 100。与之相比, 在第十七个实施方式中, 量化的通信信道信息通过反馈路径 400 从接收器 200 中反馈给发射器 100, 并且使用发射器端生成发射加权。

如图 36 所示, 第十七个实施方式的 MIMO 通信系统包括: 具有多个发射天线 102 的发射器 100; 具有多个接收天线 201 的接收器 200; 以及连接发射器 100 和接收器 200 的传播信道 300。在图 36 中, 与图 29 中第十四个实施方式所示相同的元件使用相同的数字进行标识。

发射器 100 包括: 生成发射信号的发射信号生成器 101; 利用接收器 200 通过反馈路径 400 得到的量化后的信道信息来生成 $K \times N$ 发送端发射加权的发送端发射加权生成器 110; 根据发送端发射加权来将发射信号划分为 #1~#K 信号流的信号划分单元 103; #1~#K 发射信号处理器 104 以及与 #1~#N 发射天线 102 中的每一个相对应的 #1~#N 加法器 108。每个发射信号处理器 104 包括: 用于分别调制 #1~#K 信号流的信号调制器 105、分别对各个 #1~#K 调制后的信号流进行划分并且通过发送端 #1~#N 发射加权对 #1~#N 子流进行放大的流处理器 106、

以及用于将已知的符号添加到各个发射子流中的已知符号加法器 107。

接收器 200 包括：已知符号分离器 202；#1~#K 均衡处理器 203；从 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估以获得信道评估信息的信道状态评估单元 204；信道量化单元 256，其用于对信道评估信息进行量化并且通过反馈路径 400 将量化后的信道信息发送到发射器 100 中；以及在预定的时间间隔内对量化的信道信息进行累加的信道信息累加单元 211。

接收器 200 还进一步包括：接收端发射加权生成器 205，其根据累加并量化后的信道信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权；接收加权生成器 212，使用信道状态评估单元 204 的信道评估信息以及在发射加权生成器 205 中的接收端发射加权来生成 $K*L$ 接收加权；#1~#K 均衡处理器 203 以及与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应的信号合并单元 208。

#1~#K 均衡处理器 203 中的每一个都包括：一个分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大的接收加权放大器 209、以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。信号合并单元 208 对各个均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

图 37 和图 12B 为流程图，描述了第十六实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。此方法描述如下。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1171，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S1271，接收器 200 对信道评估信息进行量化。

在步骤 S1371，接收器 200 通过反馈路径 400 将作为反馈信息的量化的信道信息发送到发射器 100。

在步骤 S1471 和 S1472，接收器 200 在预定的时间间隔内对量化的信道信息进行累加并且使用累加后量化的信道信息来生成 $K*N$ 接收端发射

加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1571, 接收器 200 使用原始反馈信息以及反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K \times L$ 恰当接收加权。

下面的步骤 S1600~S1900 与图 12B 中所示的第六个实施方式的那些步骤是相同的。

根据反馈路径 400 的信息比例, 如果发射加权根据量化的信道信息来生成, 那么就可以预测在量化的发射加权和量化的发射加权之间的一致性受到干扰并且发射量下降。根据该实施方式, 为了避免这种状态并且维持发射加权和接收加权之间的一致性, 接收加权生成器 212 使用量化的信道信息来生成接收加权。

因此, 第十七个实施方式的 MIMO 通信系统能够抑制由于发射加权的反馈延迟所带来的发射加权和接收加权之间的不一致性, 原因如下。

用 \mathbf{A} 和 $\tilde{\mathbf{A}}$ 分别表示量化前的信道信息和量化后的信道信息, 并且 $\tilde{\mathbf{e}}_k$ 表示通过奇异值或特征值分解或 $\tilde{\mathbf{A}}^H \tilde{\mathbf{A}}$ 的分解所得到的特征向量。然后通过表达式 (26) 来表示发射加权。

$$\mathbf{W}_{Tk} = \tilde{\mathbf{e}}_k \quad (26)$$

与该发射加权的表达式相对应, 使用下面的表达式得到该实施方式的接收加权

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A} \tilde{\mathbf{W}}_{Tk})^H$$

来代替第十四个实施方式中使用的表达式

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A} \mathbf{W}_{Tk})^H$$

此时, 合成信号 $y_k(t)$ 变为表达式 (27)。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \mathbf{W}_{Tk}^H \tilde{\mathbf{A}}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \hat{\mathbf{W}}_{Tm} S_m(t) + \tilde{\mathbf{W}}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \end{aligned} \quad (27)$$

根据第十七个实施方式, 可能减小反馈信息处理过程中的量化误差所带来的影响, 因此, 可抑制发射特征的降低。

实施方式 18

在下文中将参考图 38 对本发明的第十八个实施方式所使用的 MIMO

通信系统和 MIMO 接收器进行描述。该实施方式的特点就是对作为反馈误差的调节误差进行处理，该误差是为了对反馈延迟进行补偿时进行调节时出现的误差。

在第十四个实施方式中，根据表达式 (17) 表示的信道评估值进行特征值的计算。然后，计算与当前信道相一致并用于发射的发射加权和接收加权。另一方面，通过反馈路径返回的反馈信息被处理以使其与反馈路径的信息比例相一致。因此，可以预测在处理的发射加权和未处理的接收加权之间的一致性会收到干扰，并且会出现通信量的降低。

为了减少发射加权和接收加权之间由于反馈延迟所导致的不一致性，有可能使用一种发射加权调节单元。该调节单元就是根据在在发射加权存储器中存储的以前的发射加权和延迟时间信息，使用如线性外推处理法来调节发射加权。延迟时间信息可通过测量实际通信过程中发射加权的发射端和接收端中生成和调节过程所消耗的时间。然而，由于延迟时间的信息准确性和发射加权调节的误差使得加权和通信信道之间仍然可能存在不一致性。

为了保持发射加权和接收加权之间的一致性，该 MIMO 通信系统能够调节发射加权并且使用调节后的发射加权来生成接收加权。

如图 38 所示，第十八个实施方式的 MIMO 通信系统包括：具有多个发射天线 102 的发射器 100 以及具有多个接收天线 201 的接收器 200，以及连接发射器 100 与接收器 200 的传播信道 300。发射器 100 的结构与图 34 所示的第十六个实施方式的发射器结构相同，因此此处就不再对发射器的结构进行描述。在图 38 中，与图 34 中第十六个实施方式所示相同的元件使用相同的数字进行标识。

接收器 200 包括：已知符号分离器 202；#1~#K 均衡处理器 203；信道状态评估单元 204，使用 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估以获得信道评估信息；发射加权生成器 205，根据信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权；发射加权存储器 256，存储发射加权生成器 205 所生成的以前的发射加权；发射加权调节单元 257，其根据发射加权存储器 256 中存储的以前的发射加权以及延迟时间信息单元 218

中的时间延迟信息对来自于发射加权生成器 205 的发射加权进行调节，并且将 #1~#L 调节后的发射加权通过反馈路径 400 发送到发射器 100；发射加权累加单元 206，其用于在预定的时间间隔内对调节后的发射加权进行累加。

接收器 200 还进一步包括：接收加权生成器 212，其使用信道状态评估单元 204 中的信道评估信息以及在发射加权累加单元 206 中累加的发射加权来生成 $K*L$ 接收加权；#1~#K 均衡处理器 203；以及与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应的信号合并单元 208。

每一个均衡处理器 203 都包括：一个接收加权放大器 209，分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大；以及一个解调器 210，分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调。信号合并单元 208 对来自于 K 均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

图 39 和图 2B 为流程图，描述了第十八个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。该方法将在下文中进行描述。

在步骤 S1，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S271，接收器 200 通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态，并且将信道评估信息作为信道状态信息。

在步骤 S371~S373，接收器 200 根据信道评估信息来生成 $K*N$ 发射加权，存储在步骤 S271 中生成的以前的发射加权，并且根据在步骤 S272 中存储的以前的发射加权以及时间延迟信息来调节发射加权。

在步骤 S373，接收器 200 通过反馈路径将调节后的发射加权作为反馈信息发送到发射器。

在步骤 S571，接收器 200 将调节后的发射加权在预定时间间隔内进行累积并作为处理后的反馈信息。

在步骤 S6，接收器 200 使用信道状态信息和处理后的反馈信息生成 $K*L$ 接收加权。

下面的步骤 S7~S10 与图 2B 中所示的第一个实施方式的那些步骤是

相同的。

根据该 MIMO 通信系统，为了维持发射加权和接收加权之间的一致性，可使用调节后的发射加权来生成接收加权并将其作为处理后的反馈信息。通过该方法，可以减小由于反馈延迟所带来的发射加权和接收加权之间的不一致性，其原因如下。

用 W_{Tk} 和 \hat{w}_{Tk} 分别表示量化前的发射加权和量化后的发射加权，然后使用下面的表达式来生成该实施方式的接收加权：

$$W_{Rk} = (A \hat{w}_{Tk})^H$$

来代替第十四个实施方式中使用的表达式

$$W_{Rk} = (A W_{Tk})^H$$

此时，合成信号 $y_k(t)$ 变为表达式 (28)。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= W_{Rk} A X(t) \\ &= \hat{W}_{Tk}^H A^H A \sum_{m=1}^K \hat{W}_{Tm} S_m(t) + \hat{W}_{Tk}^H A^H n(t) \end{aligned} \quad (28)$$

根据第十八个实施方式，考虑到调节误差所带来的影响，有可能维持发射加权和接收加权之间的一致性。因此，当出现反馈误差时就有可能降低其所带来的影响并且抑制发射特征的降低。

实施方式 19

在下文中将参考图 40 对本发明的第十九个实施方式所使用的 MIMO 通信系统和 MIMO 接收器进行描述。在第十八个实施方式中，接收器生成发射加权并且通过反馈路径将其发送到发射器。相比而言，第十九个实施方式的特点就是接收器通过反馈路径将调节后的信道信息发送到发射器并且发射器使用反馈回来的信道信息来生成发射加权。

第十九个实施方式的 MIMO 通信系统包含：具有 #1~#N 天线 102 的发射器 100；具有 #1~#L 天线 201 的接收器 200 以及在它们之间进行通联的传播信道 300。

发射器 100 的结构与图 31 和图 36 中所示的发射器结构基本相同，但是该发射器 100 含有发送端发射加权生成器 110，其利用接收器 200 得到反馈回来的信道信息来生成发射加权。

该实施方式的接收器 200 包括：符号分离器 202；信道状态评估单元 204，从 #1~#L 天线 201 接收的信号对每个通信信道的状态进行评估以获得信道评估信息；信道信息存储器 222，其用于存储从信道状态评估单元 204 中输出的以前的信道评估信息；信道信息调节单元 221，其根据信道信息存储器 222 中存储的以前的信道评估信息延迟和时间信息单元 218 中的时间延迟信息来调节信道估计信息，并且通过反馈路径 400 将调节后的信道信息输出到发射器 100 中；以及信道信息累加单元 211，其用于在预定的时间间隔内对信道信息调节单元 221 中调节后的信道信息进行累加。接收器 200 还进一步包括：发射加权生成器 205，其根据在信道信息累加单元 211 中累加的调节后的信道信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权；接收加权生成器 212，其根据信道状态评估单元 204 中的信道评估信息以及在接收端发射加权生成器 205 中的接收端发射加权来生成 $K*L$ 接收加权；#1~#K 均衡处理器 203；以及与发射器 100 的信号划分单元 103 相对应的信号合并单元 208。每个均衡处理器 203 包括：一个分别使用 #1~#L 接收加权对各个接收的 #1~#K 信号流的 #1~#L 子流进行放大的接收加权放大器 209，以及一个分别将 #1~#L 加权子流进行合成以获得各个合成的 #1~#K 信号流并且对合成的 #1~#K 信号流进行解调的解调器 210。信号合并单元 208 对来自于 K 均衡处理器 203 的解调后的 K 信号流进行合并而重新生成原始发射信号。

图 41 和图 12B 为流程图，描述了第十九个实施方式的 MIMO 接收器 200 中使用的接收方法。该方法将在下文中进行描述。

在步骤 S1000，接收器 200 将接收信号分为已知符号和发射子流。

在步骤 S1161，通过 #1~#L 天线 201 接收的接收信号来评估每个通信信道的状态以获得信道评估信息并将其作为原始反馈信息。

在步骤 S1261 和 S1262，接收器 200 存储在步骤 S1161 中生成的以前的信道评估信息并且根据在步骤 S1261 中存储的以前的信道信息和时间延迟信息来调节信道评估信息。

在步骤 S1361，接收器 200 通过反馈路径 400 将作为反馈信息的调节后的信道信息发送到发射器 100。

在步骤 S1461 和 S1462, 接收器 200 在预定的时间间隔内对反馈信息进行累加并且使用累加后的反馈信息来生成 $K*N$ 接收端发射加权并将其作为反馈延迟补偿后的反馈信息。

在步骤 S1561, 接收器 200 使用原始反馈信息以及反馈延迟补偿后的反馈信息来生成 $K*L$ 恰当接收加权。

下面的步骤 S1600~S1900 与图 12B 中所示的第六个实施方式的那些步骤是相同的。

如果发射器 100 使用反馈回来的信道信息来生成发射加权, 由于反馈回来的信息受到与反馈路径 400 的信息比例相对应的反馈延迟的影响, 所以不受任何反馈延迟影响所得到的发射加权和接收加权之间一致性会受到干扰并且出现通信量的降低。

为了处理这种情况并且维持发射加权和接收加权之间的一致性, MIMO 接收器 200 也使用调节后的信道信息来生成发射加权和接收加权。通过这种处理, 就可能限制由于反馈延迟所导致的发射加权和接收加权之间的不一致性, 其原因如下。

用 \mathbf{A} 和 $\tilde{\mathbf{A}}$ 分别表示调节前的信道信息和调节后的信道信息, 然后通过表达式 (29) 来表示发射加权 \mathbf{W}_{Tk} 。

$$\mathbf{W}_{Tk} = \hat{\mathbf{e}}_k \quad (29)$$

在表达式 (29) 中, $\hat{\mathbf{e}}_k$ 表示通过奇异值或特征值分解或下面的表达式 $\hat{\mathbf{A}}^H \hat{\mathbf{A}}$ 的分解所得到的特征向量。

在第十四个实施方式中, 接收加权可使用下面的表达式得到。

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\mathbf{A} \mathbf{W}_{Tk})^H$$

此时, 合成信号 $y_k(t)$ 可通过表达式 (30) 得到。

$$\begin{aligned} y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\ &= \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \mathbf{W}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \mathbf{A}^H \mathbf{n}(t) \end{aligned} \quad (30)$$

相反的是, 在该实施方式中, 接收加权可通过下面的表达式得到。

$$\mathbf{W}_{Rk} = (\hat{\mathbf{A}} \mathbf{W}_{Tk})^H$$

此时, 合成信号 $y_k(t)$ 可通过表达式 (31) 得到。

$$\begin{aligned}
 y_k(t) &= \mathbf{W}_{Rk} \mathbf{A} \mathbf{X}(t) \\
 &= \mathbf{W}_{Tk}^H \hat{\mathbf{A}}^H \mathbf{A} \sum_{m=1}^K \mathbf{W}_{Tm} S_m(t) + \mathbf{W}_{Tk}^H \hat{\mathbf{A}}^H \mathbf{n}(t)
 \end{aligned} \tag{31}$$

在该表达式中，发射加权 \mathbf{W}_{Tk} 为 $\hat{\mathbf{A}}^H \hat{\mathbf{A}}$ 的特征向量。

因此，由于该实施方式的不一致性对合成信号 $y_k(t)$ 带来的影响要比第十四个实施方式所带来的影响要小。

根据第十九个实施方式，可能减小由于反馈延迟所带来的影响，并且可抑制发射特征的降低。

在此前的本发明的每个实施方式中，单一的已知符号被用于每个子流，但对于每个子流或每个发射信号，可能使用多个不同的已知符号

实施例 1

根据对第一个和第二个实施方式进行 MIMO 通信系统的计算机模拟，以对其操作/结果进行评价。分别设定发射天线和接收天线为四。调制方式根据传播信道的质量在 BPSK、QPSK、16QAM 以及 64QAM 之间进行切换。对信道不使用信道编码。每个发射信号流使用一致的功率进行发射。假设传播信道为均匀衰减的信道，其中可忽略发射天线和接收天线之间的反馈延迟的影响。根据如下参考文档的案例 II，对发射和接收部分之间的相关特征进行设置。此外，设置平均功率和噪音的比率为 40dB，并且根据衰减对每个信号的接收加权进行更新。

[参考]

“Joint 3GPP 3GPP2 Spatial Channel Modeling AHG Status Report”，RAN1 #27, July 2-5, 2002。

对第一个和第二个实施方式进行评价的结果如图 43 所示，其中横轴表示反馈状态前后的传播路径的相关性，纵轴表示平均吞吐量。尽管在二个实施方式中由于相关性的降低而导致吞吐量的逐渐降低，但是第二个实施方式的特征与第一个实施方式相比可以维持在一个较高的位置。

实施例 2

根据对第十四个和第十六个实施方式进行 MIMO 通信系统的计算机

模拟，以对其操作/结果进行评价。分别设定发射天线和接收天线为四。调制方式根据传播信道的质量在 BPSK、QPSK、16QAM 以及 64QAM 之间进行切换。对信道不使用信道编码。每个发射信号流使用一致的功率进行发射。假设传播信道为单波瑞利信道。发射和接收部分之间的相关特征的设置如实施例 1 中根据参考文档的案例 II 进行的设置相同。此外，设置平均功率和噪音的比率为 20dB。

对第十四个和第十六个实施方式进行评价的结果如图 44 所示，其中横轴表示总的定量的比特数，纵轴表示平均吞吐量。尽管在二个实施方式中由于相关性的降低而导致吞吐量的逐渐降低，但是第十六个实施方式的特征与第十四实施方式相比可以维持在一个较高的位置。

如上所述，根据本发明，可以提供一种新的 MIMO 通信系统、MIMO 接收器和 MIMO 方法。还可以使用反馈时的信道信息以及生成加权时的当前信道信息来提高发射加权和接收加权之间的一致性。

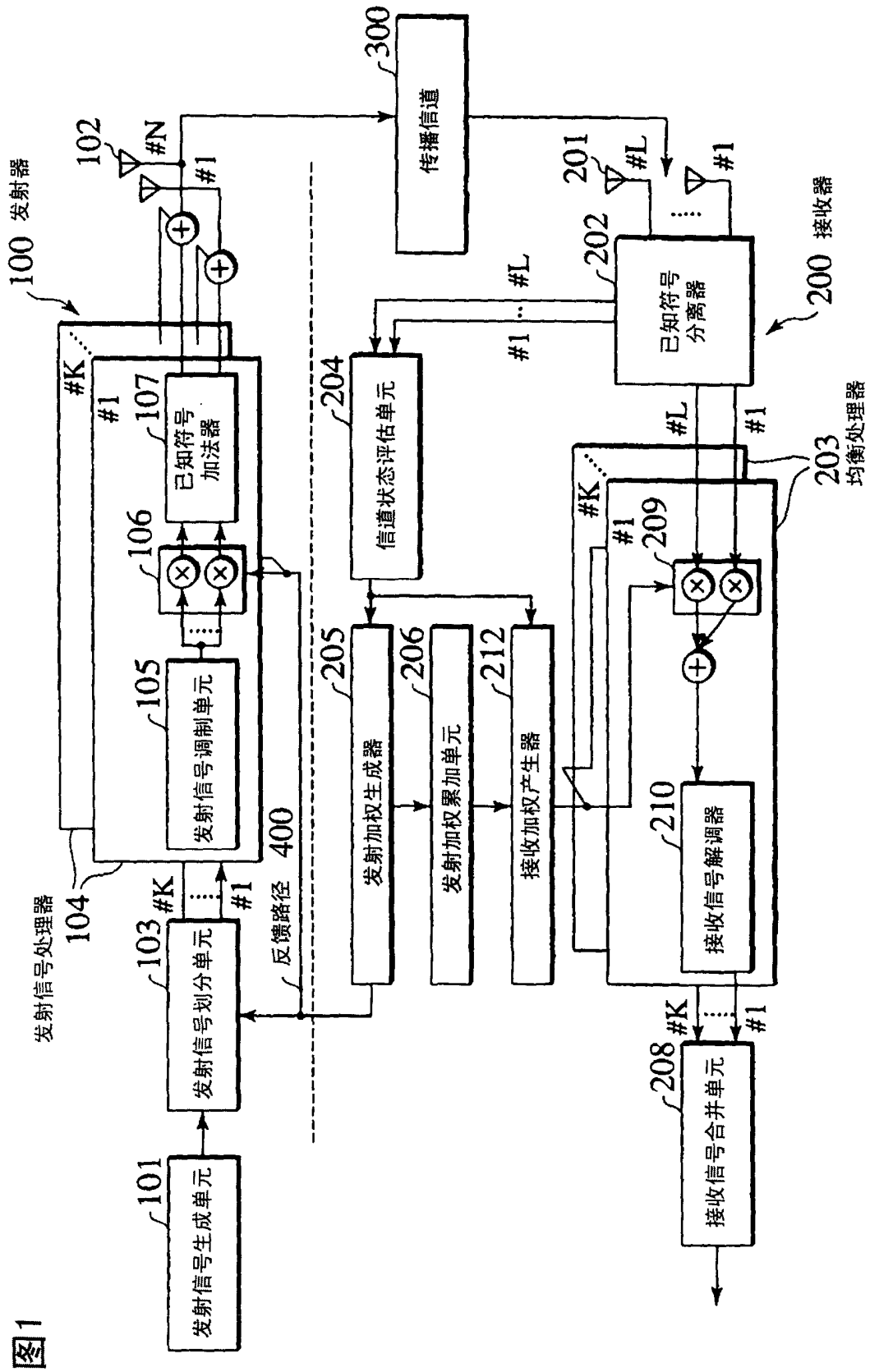


图1

图2A

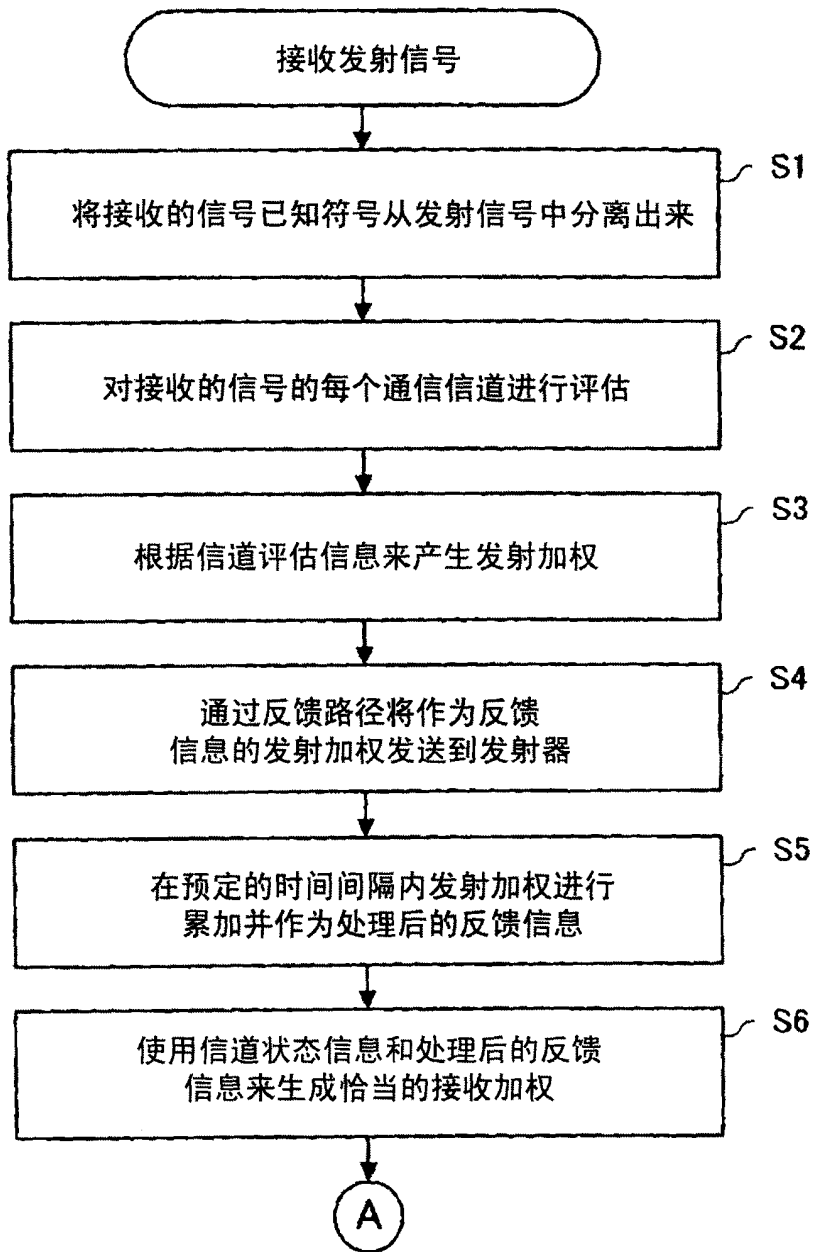
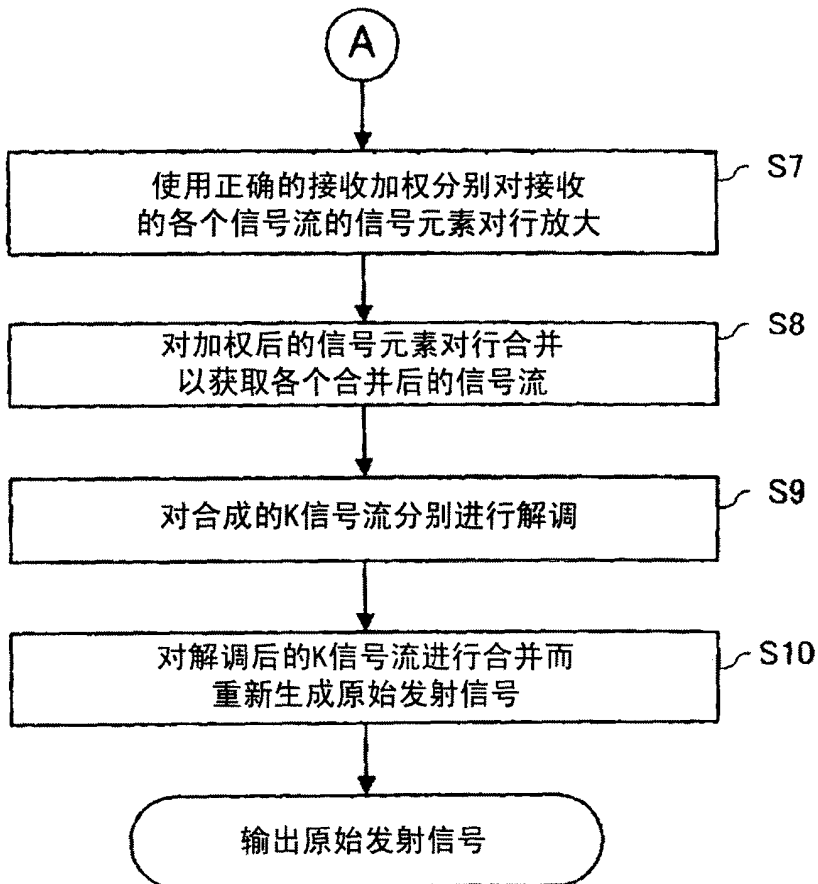


图2B



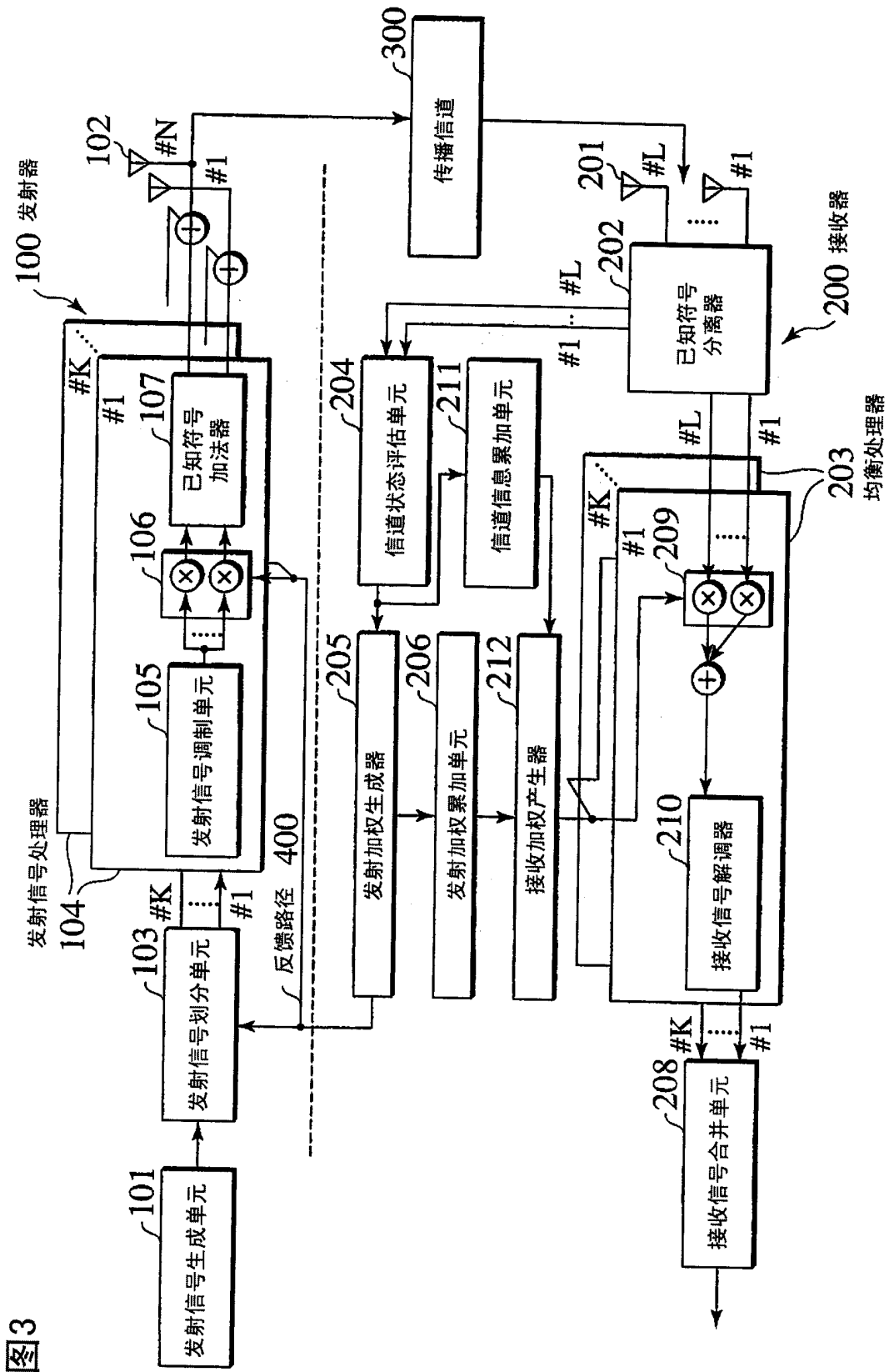
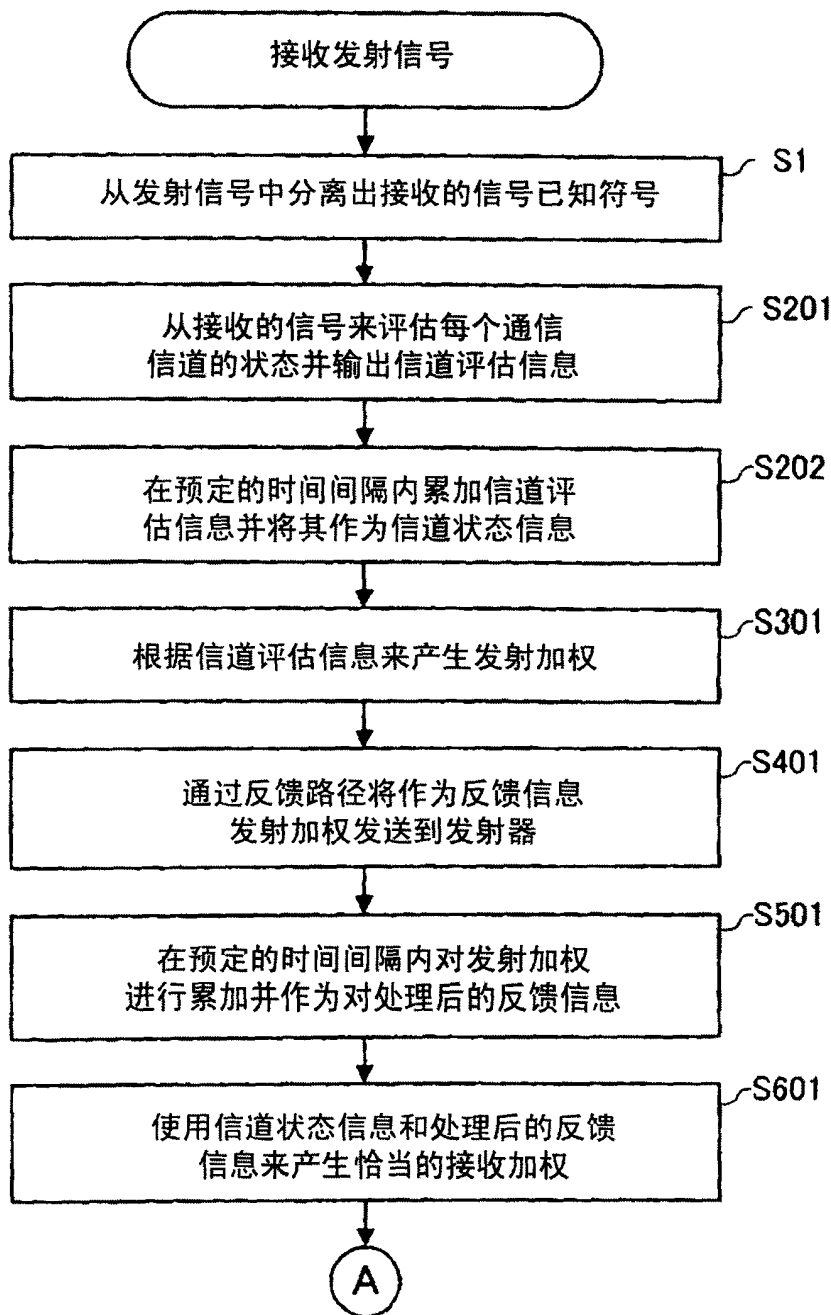


图3

图4



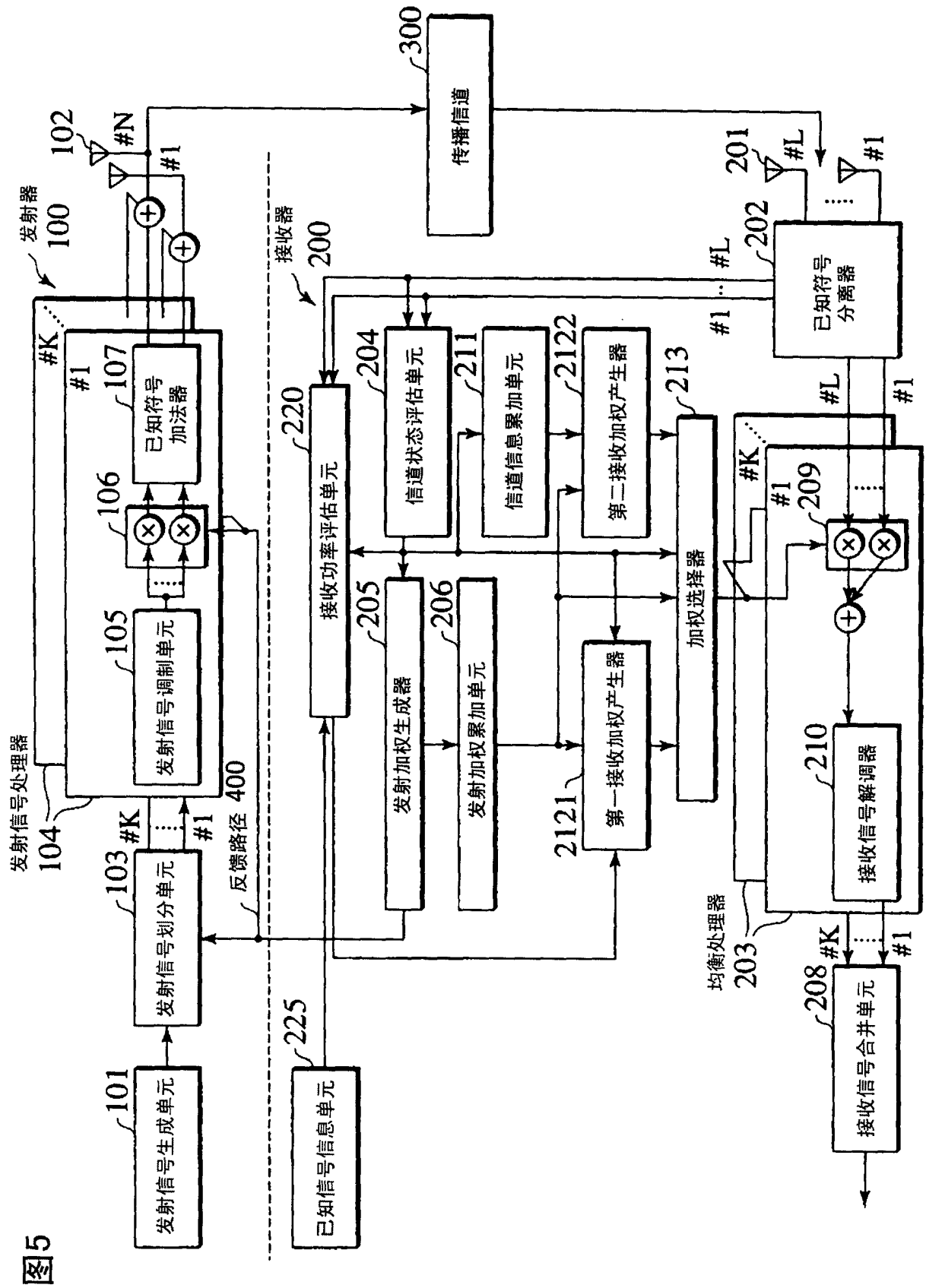
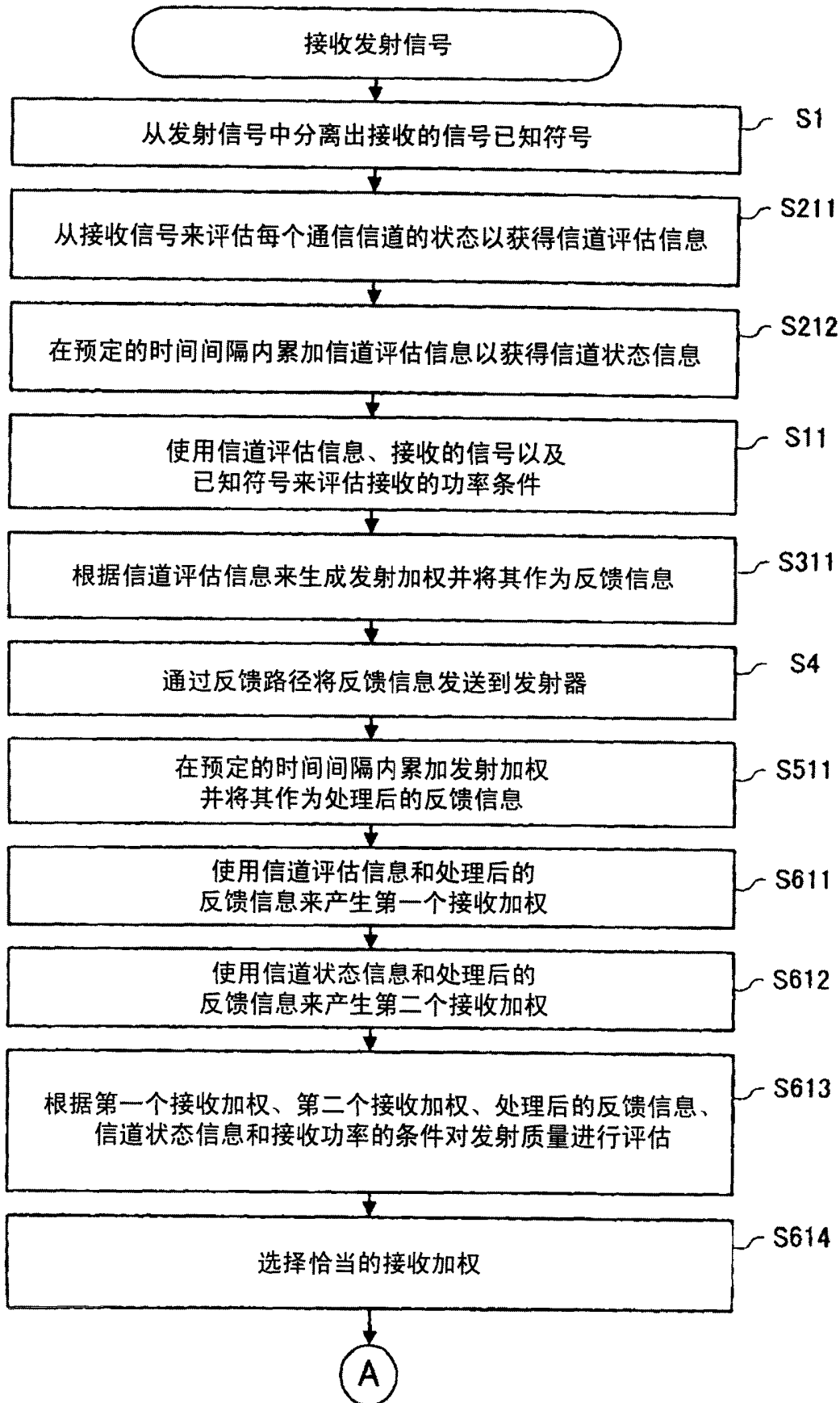


图6



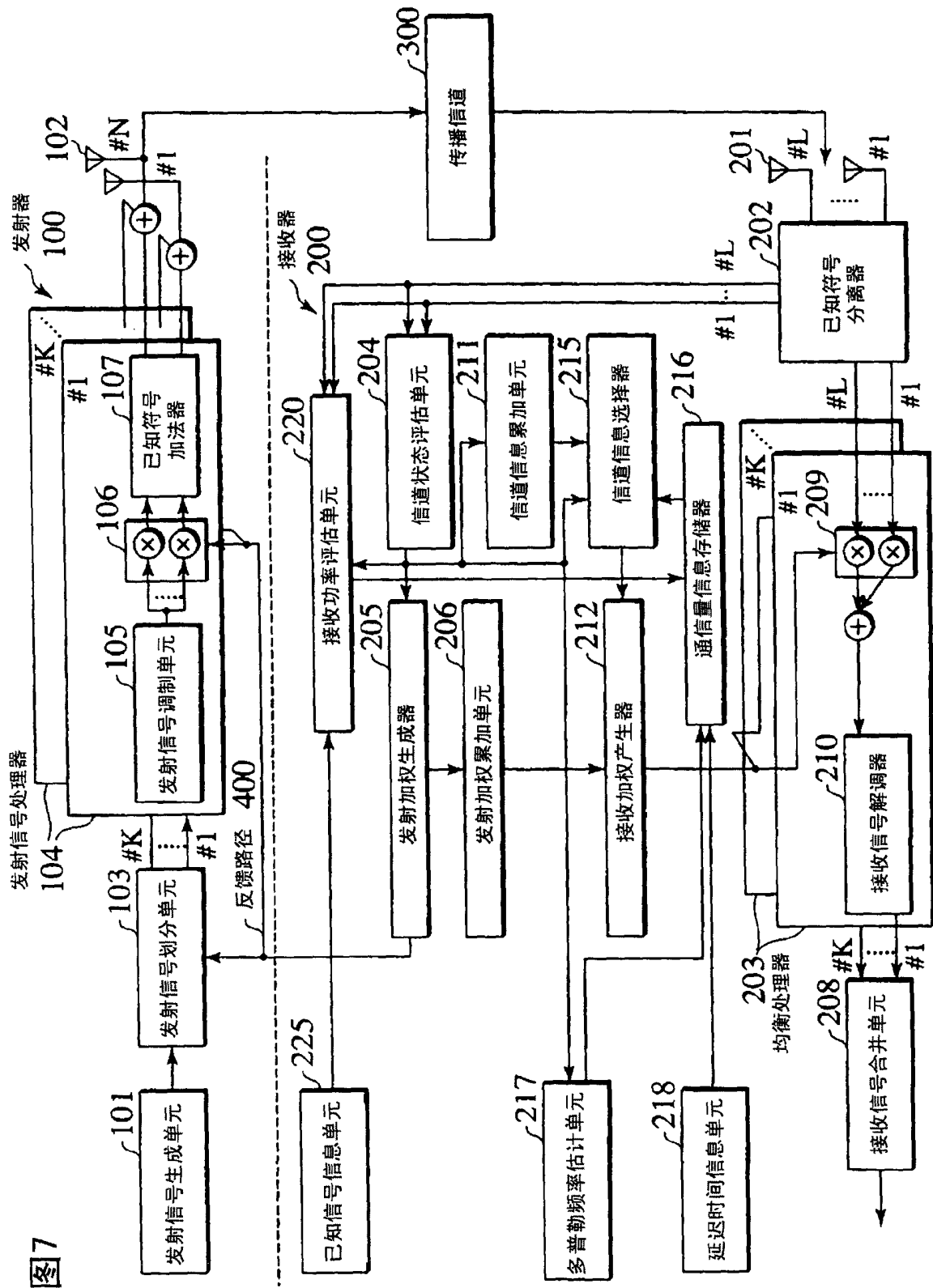


图7

图8

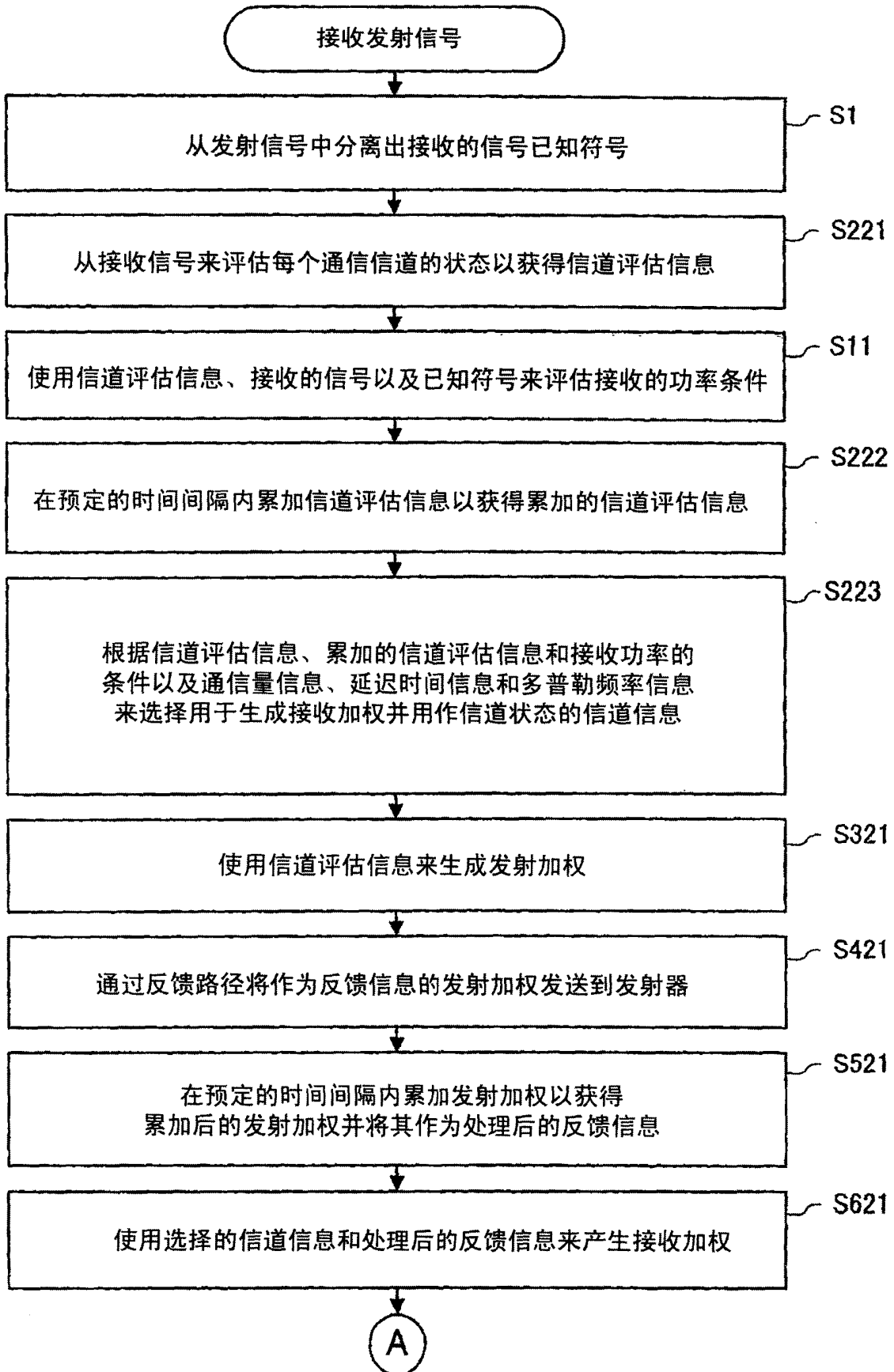


图9

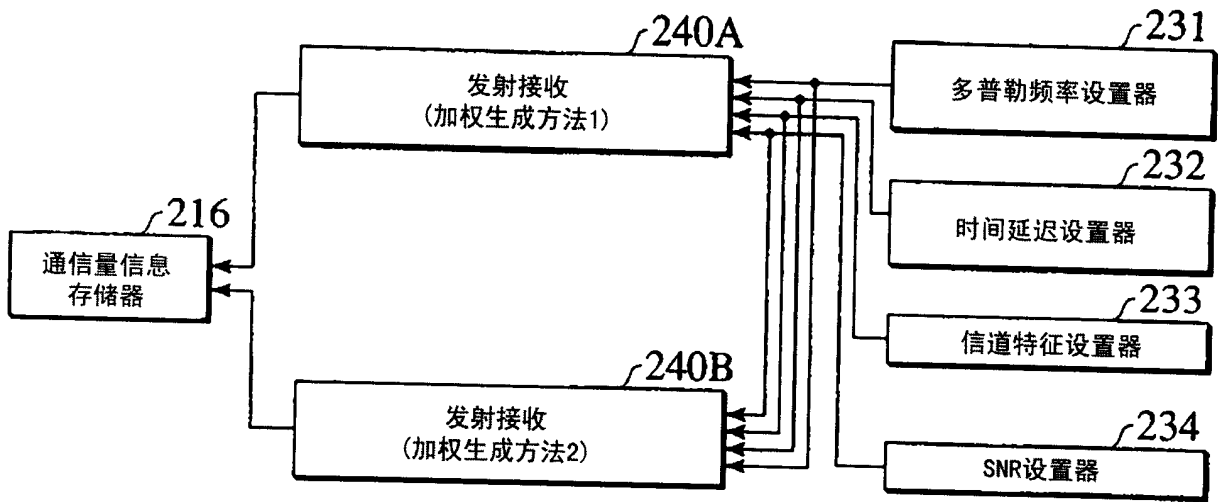
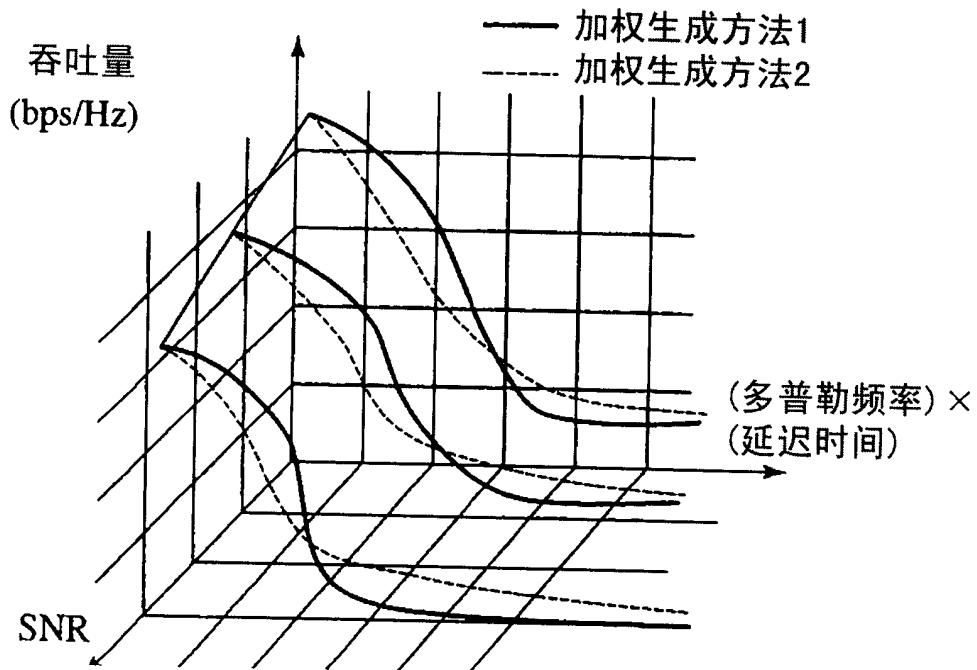


图10



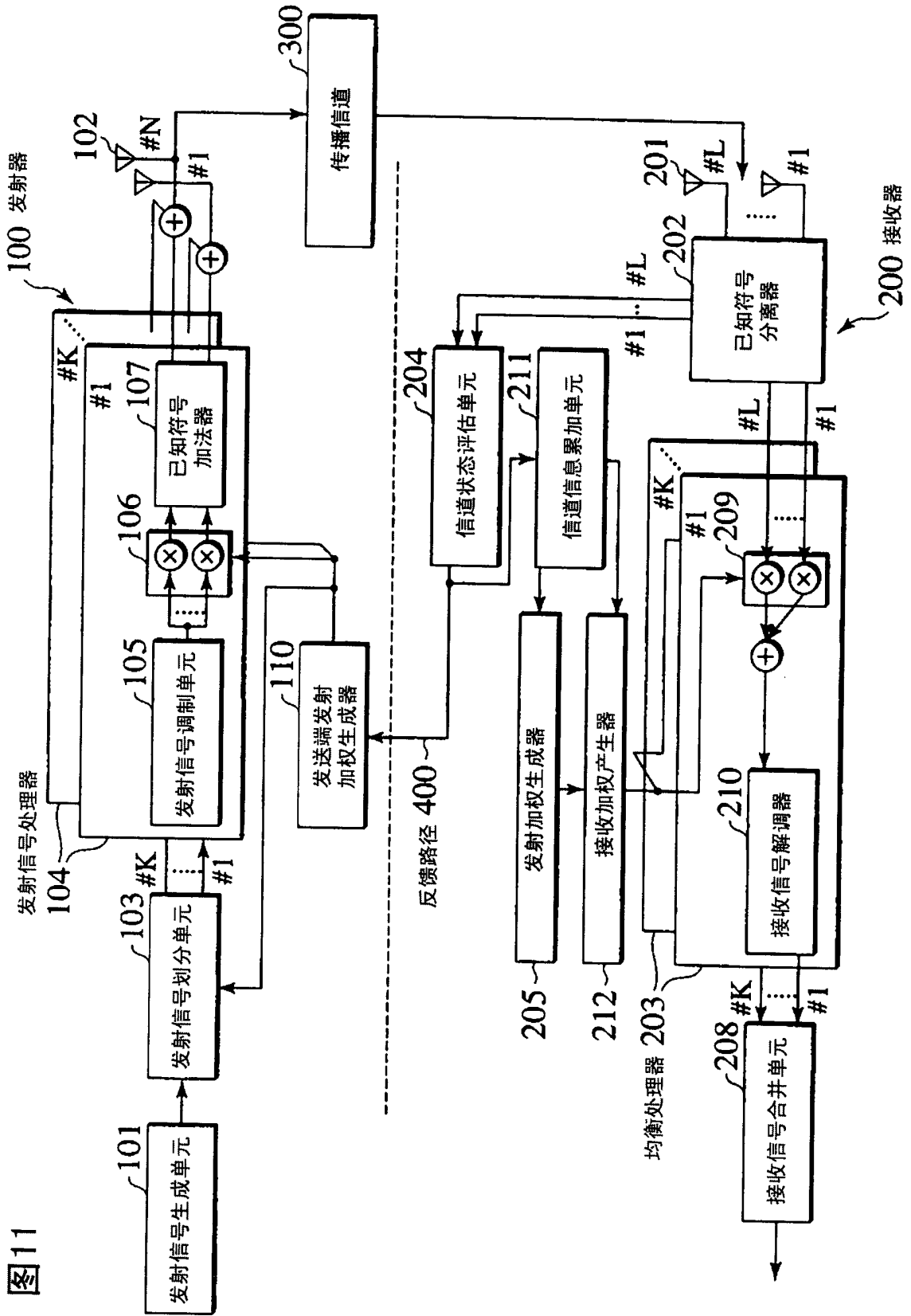


图 11

图12A

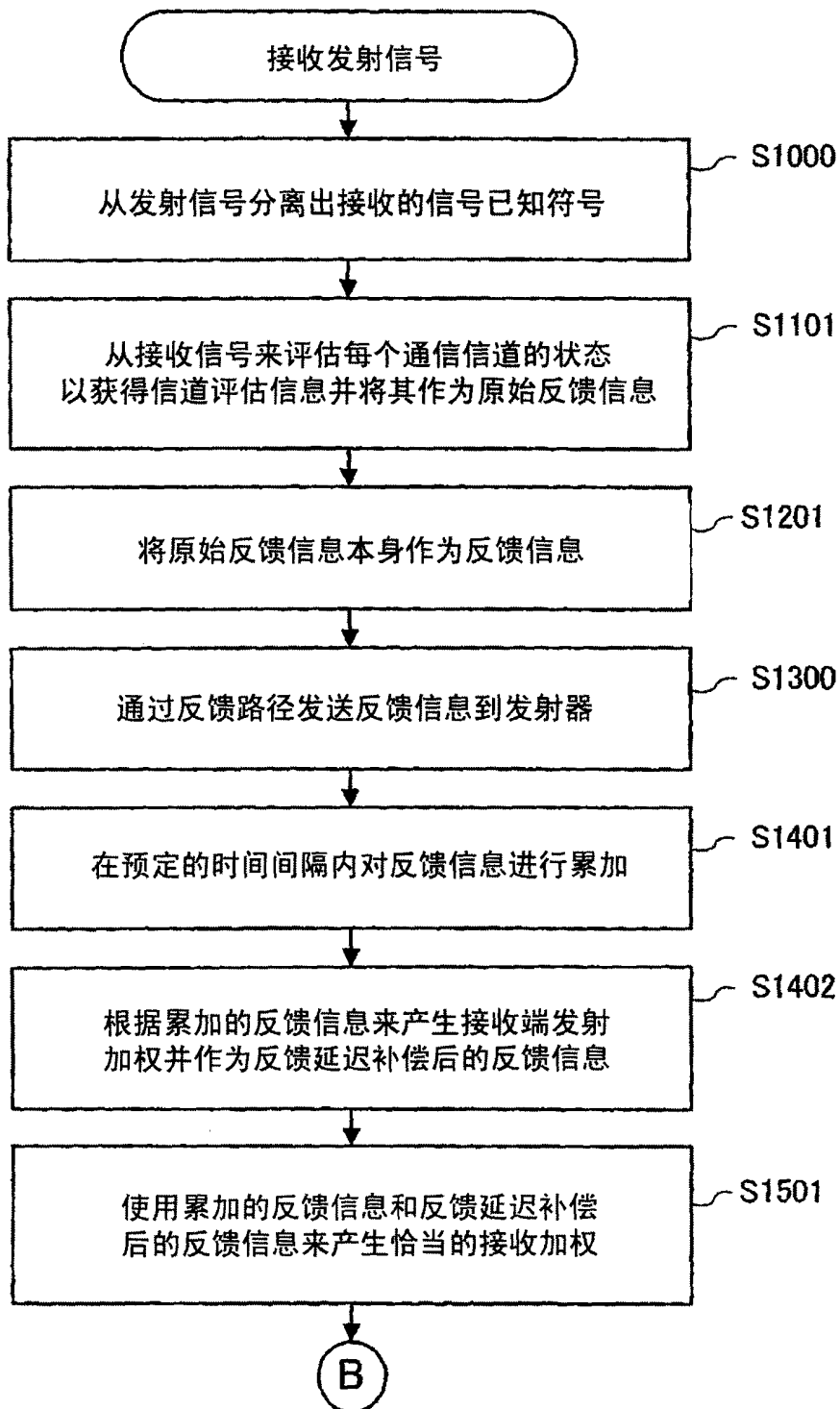
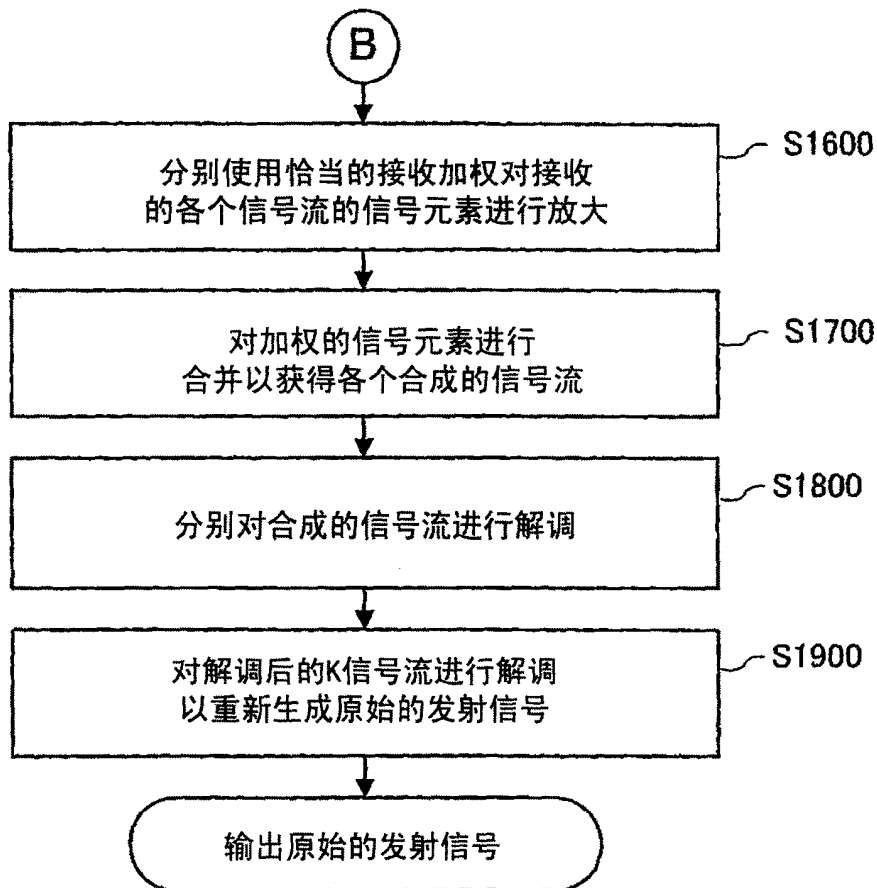


图12B



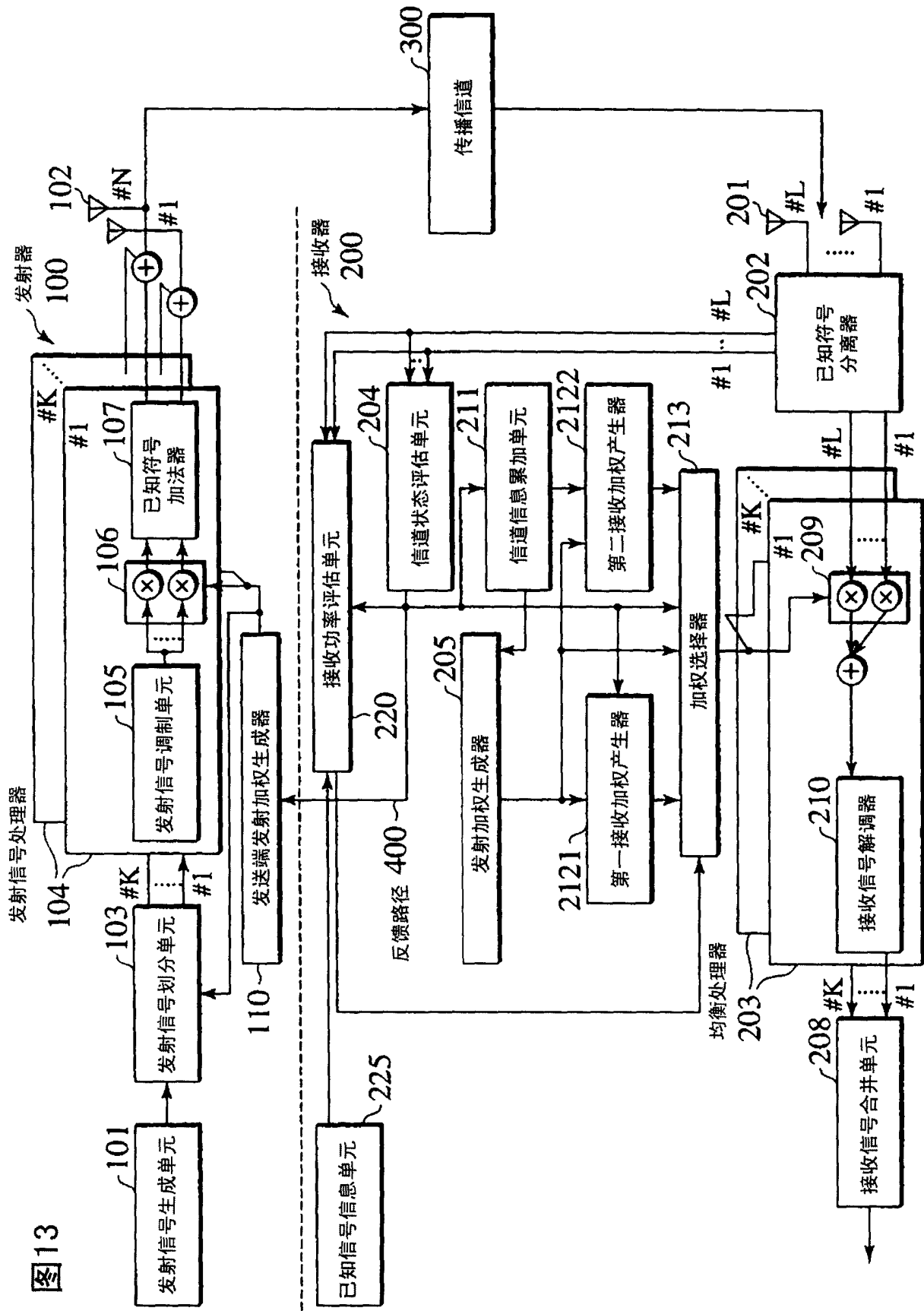
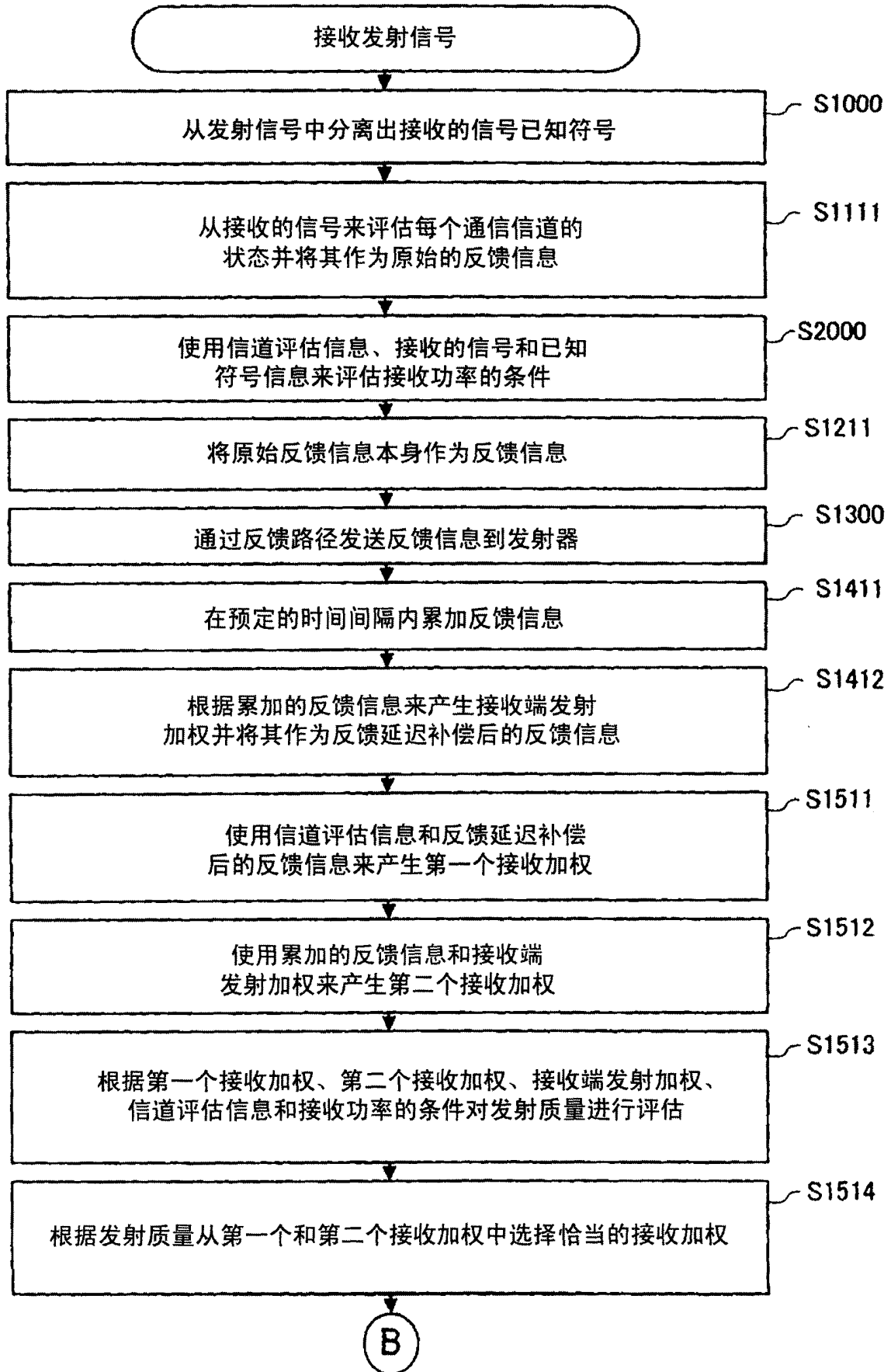


图13

图14



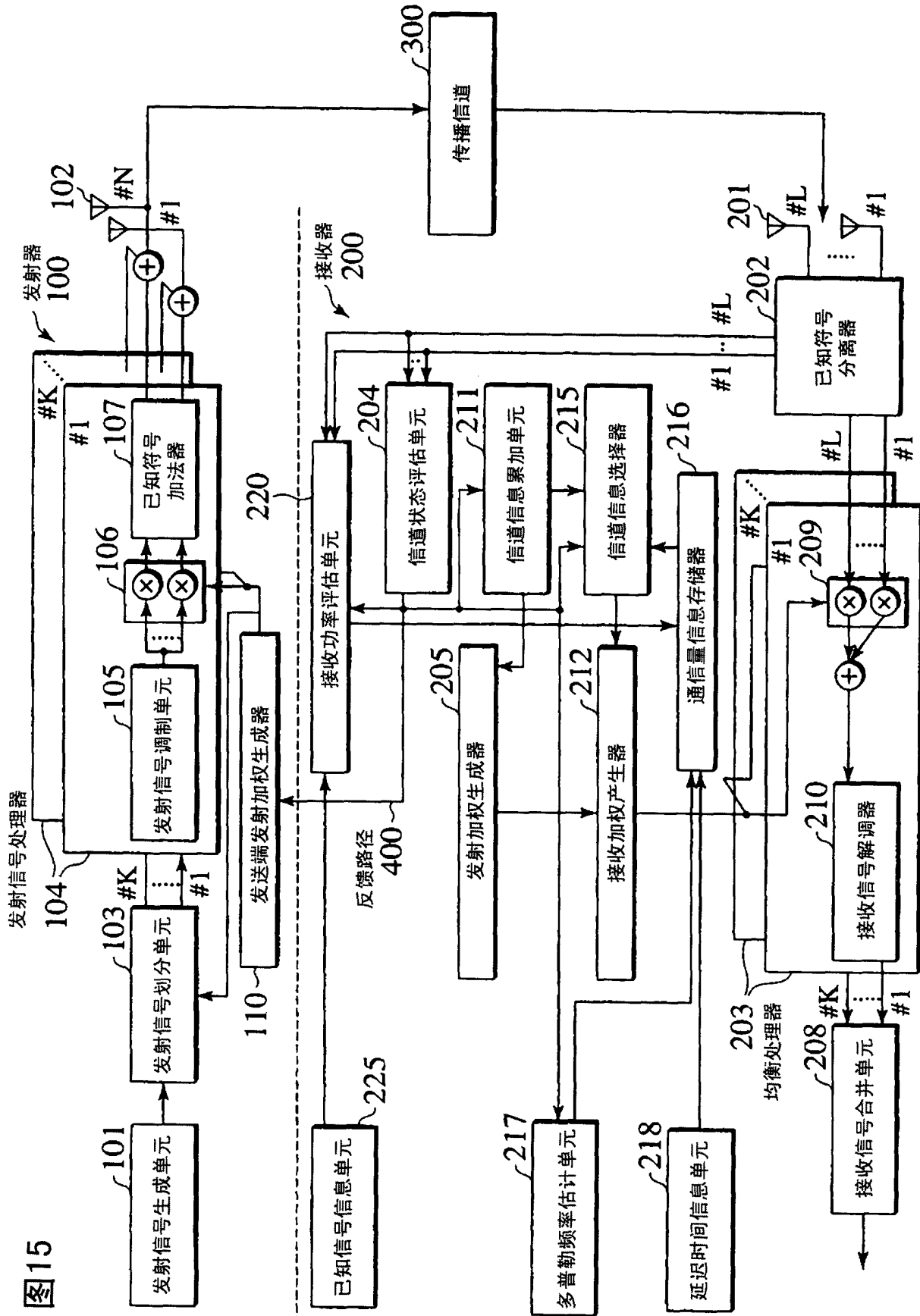


图15

图16

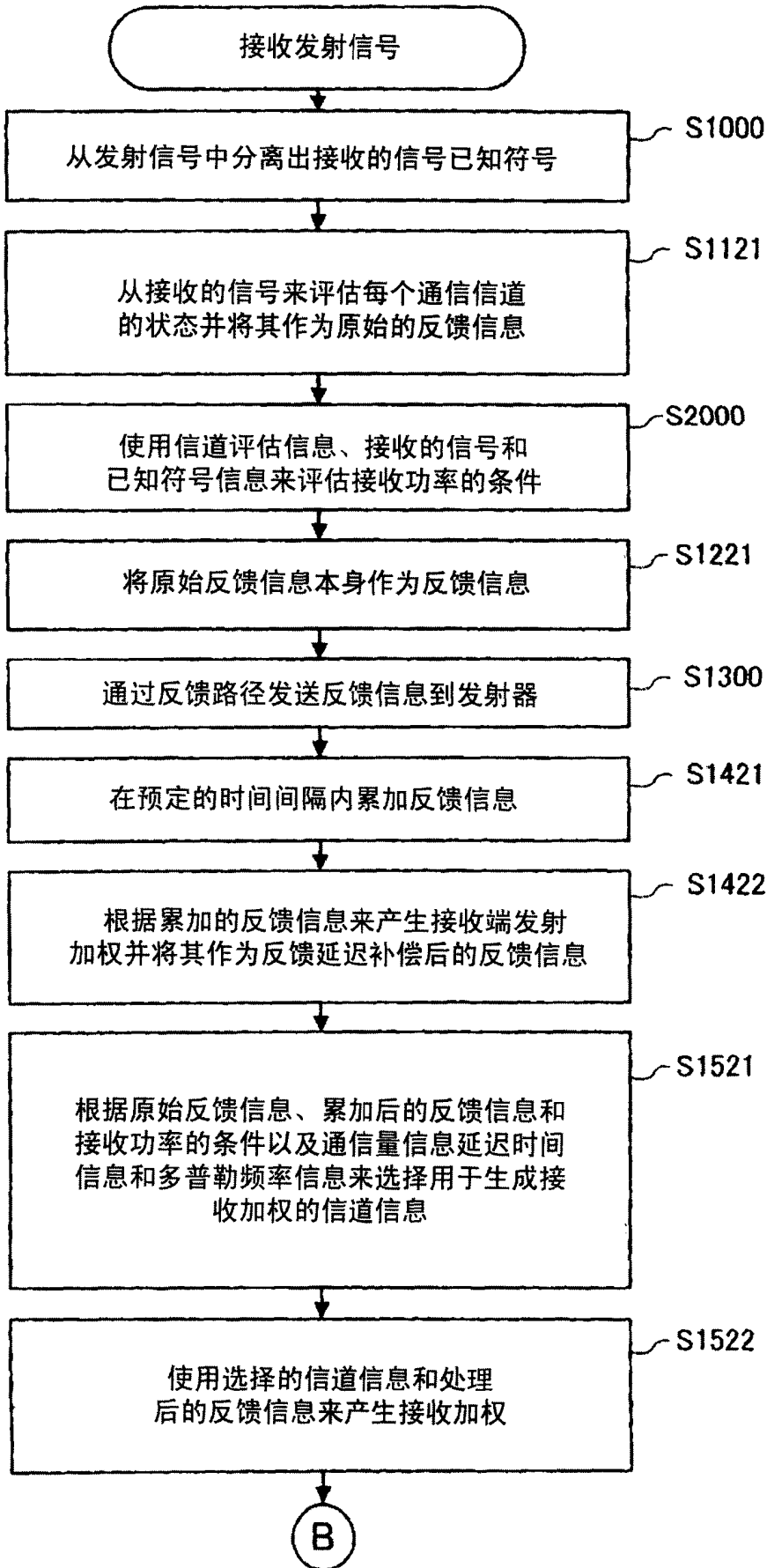


图17

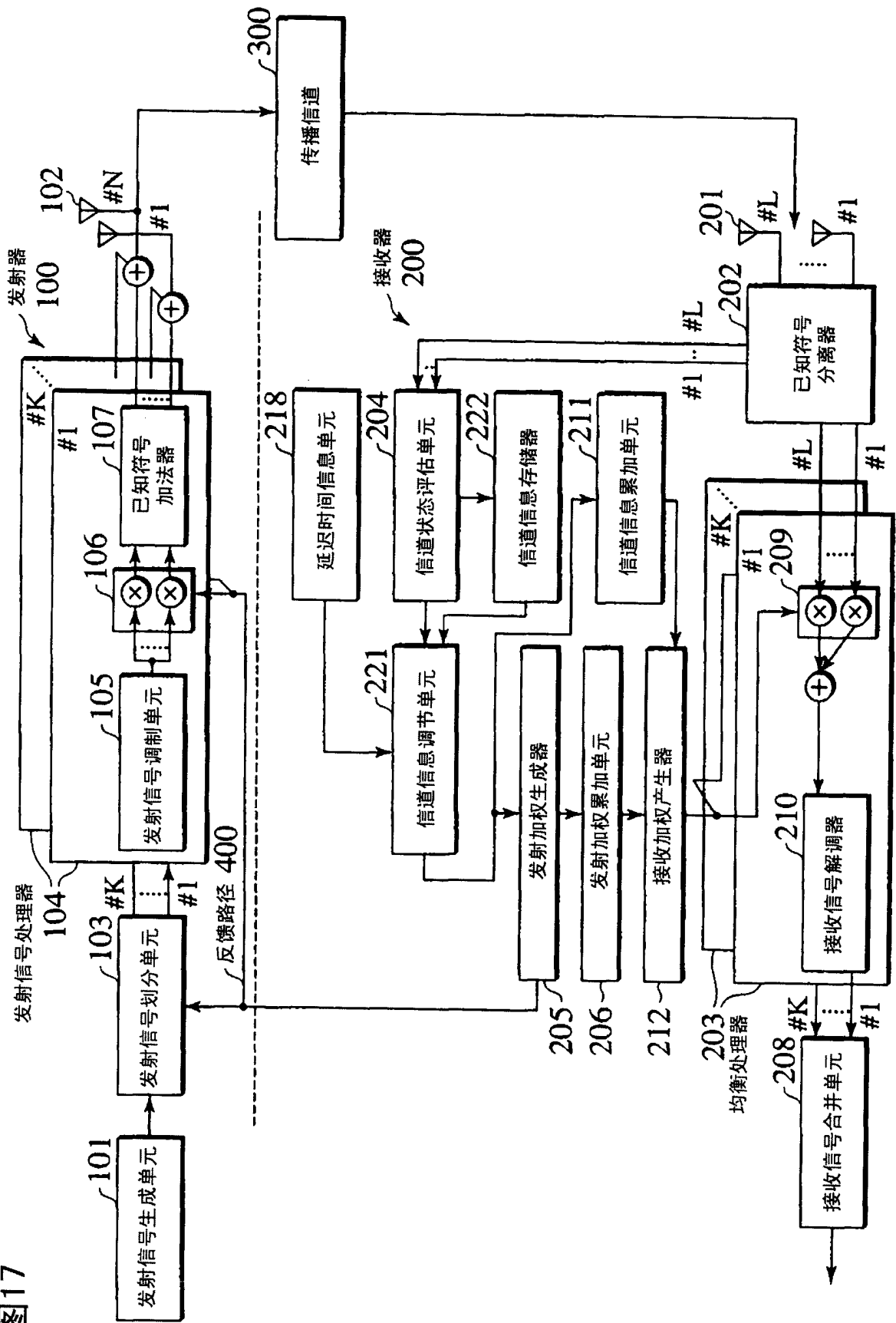
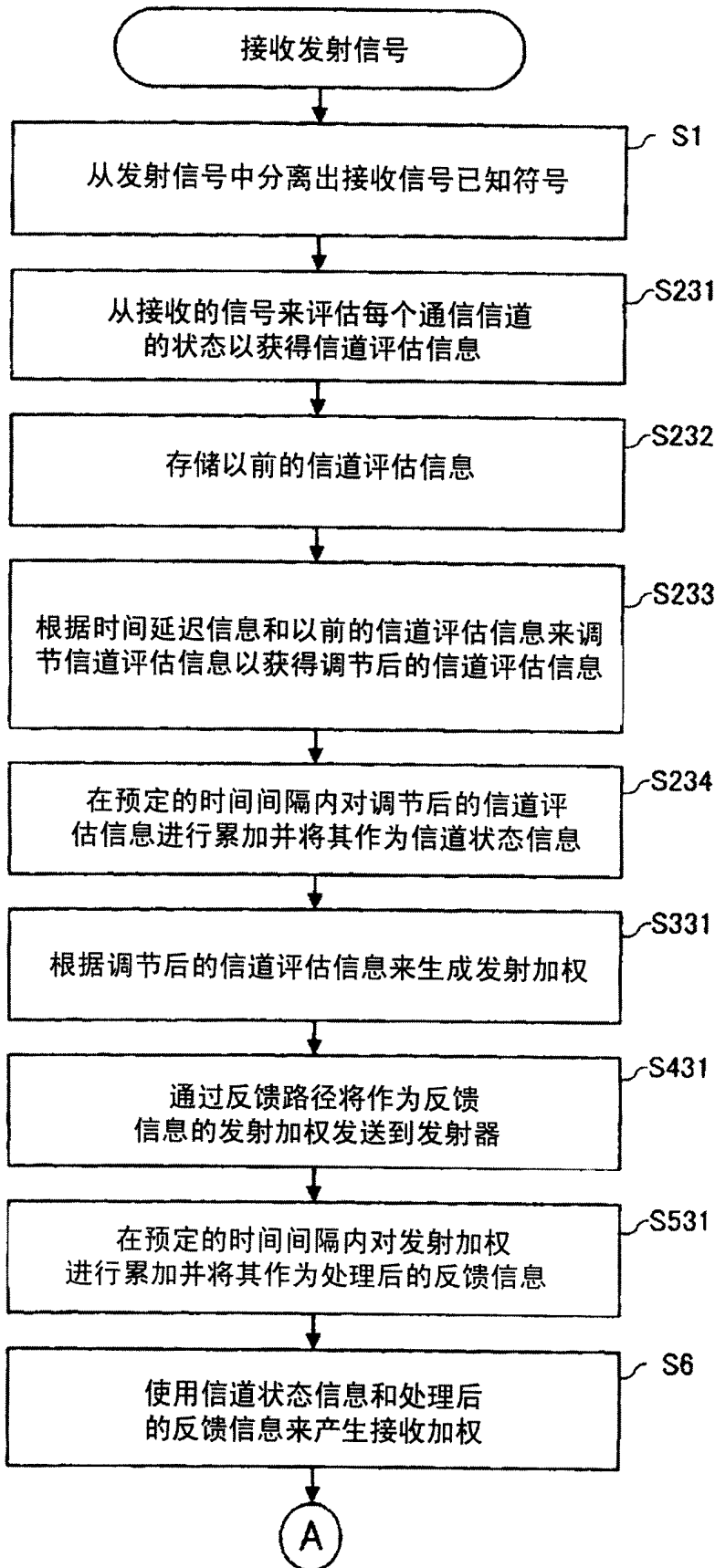


图18



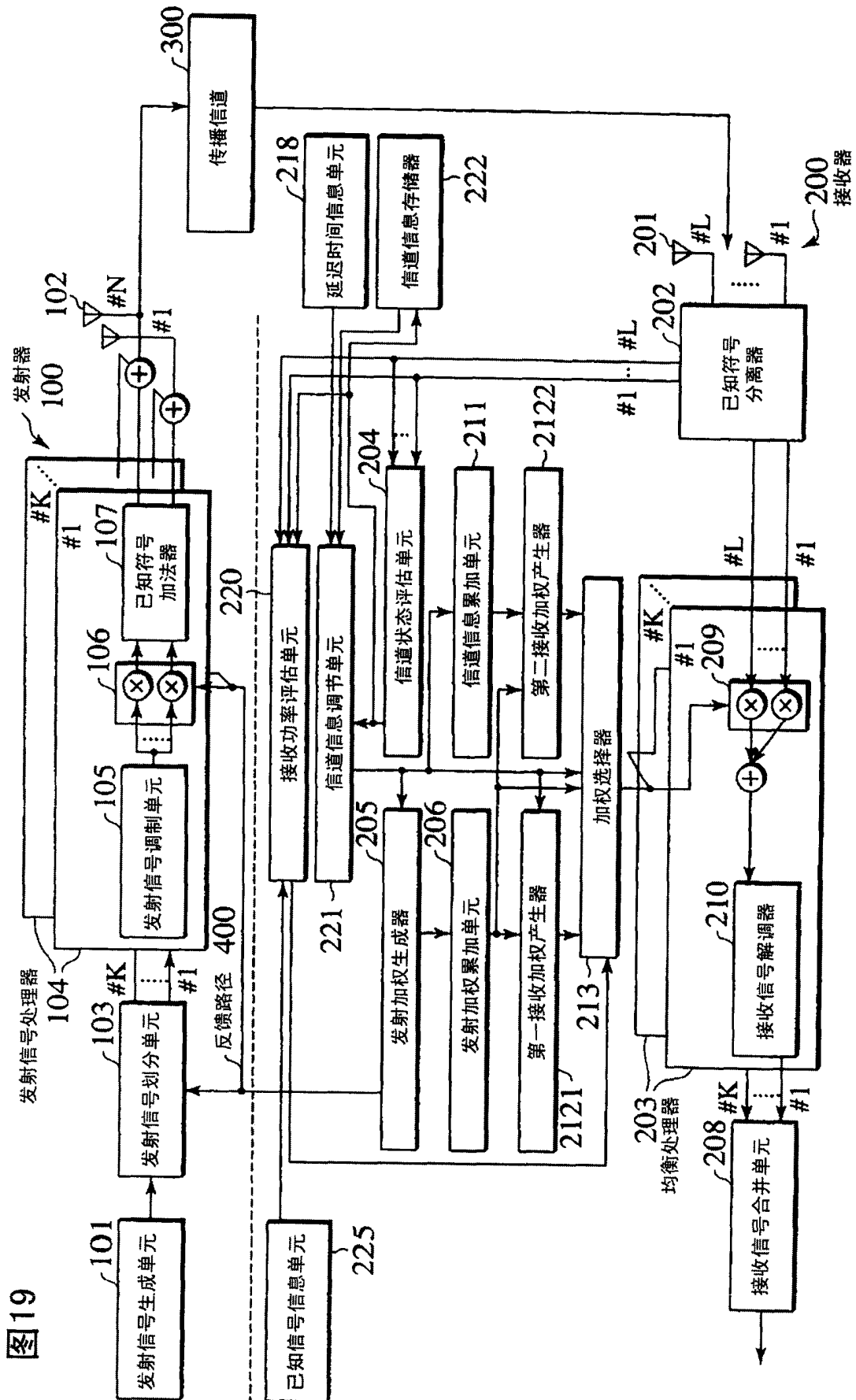
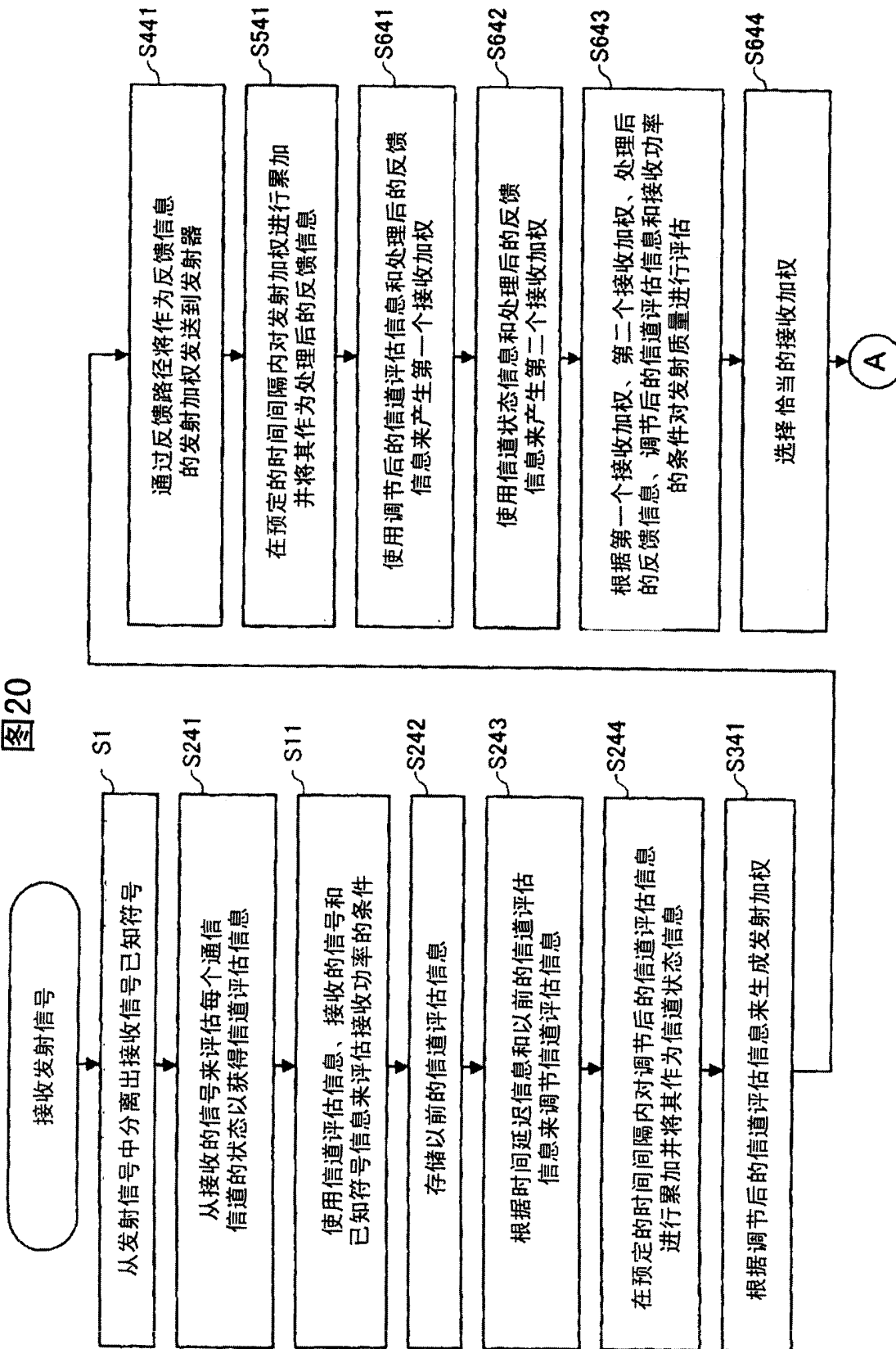


图19

图20



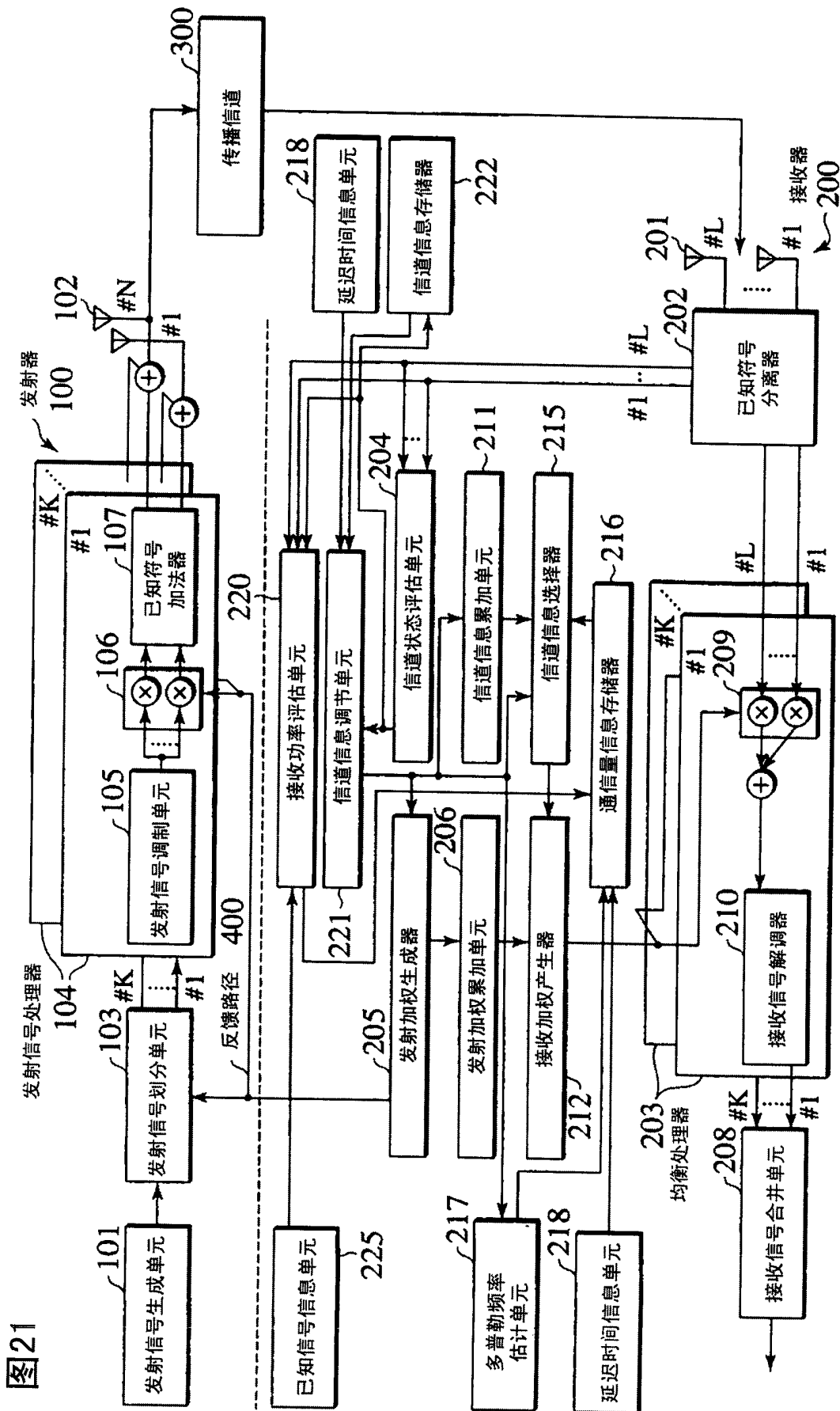
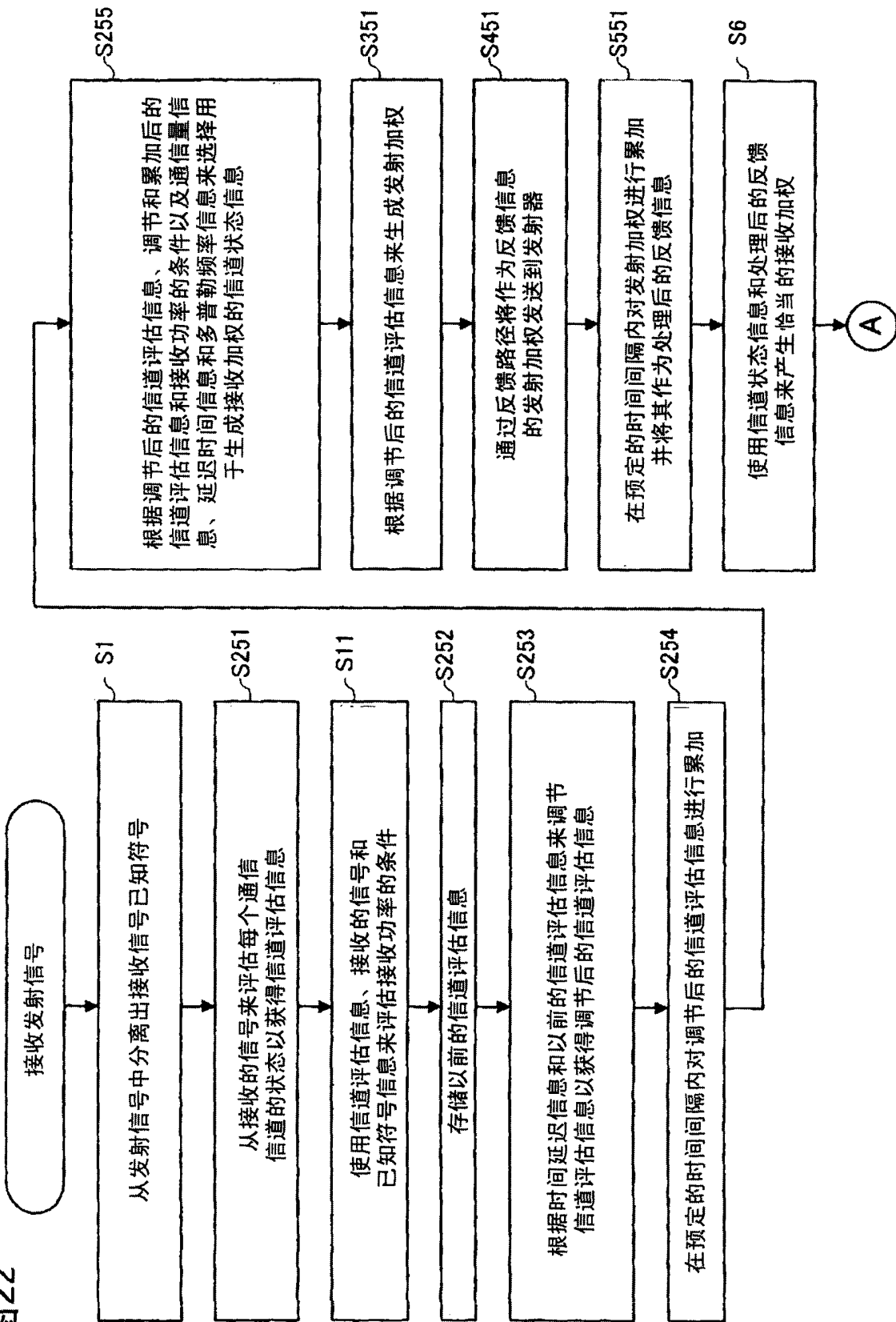


图21

图22



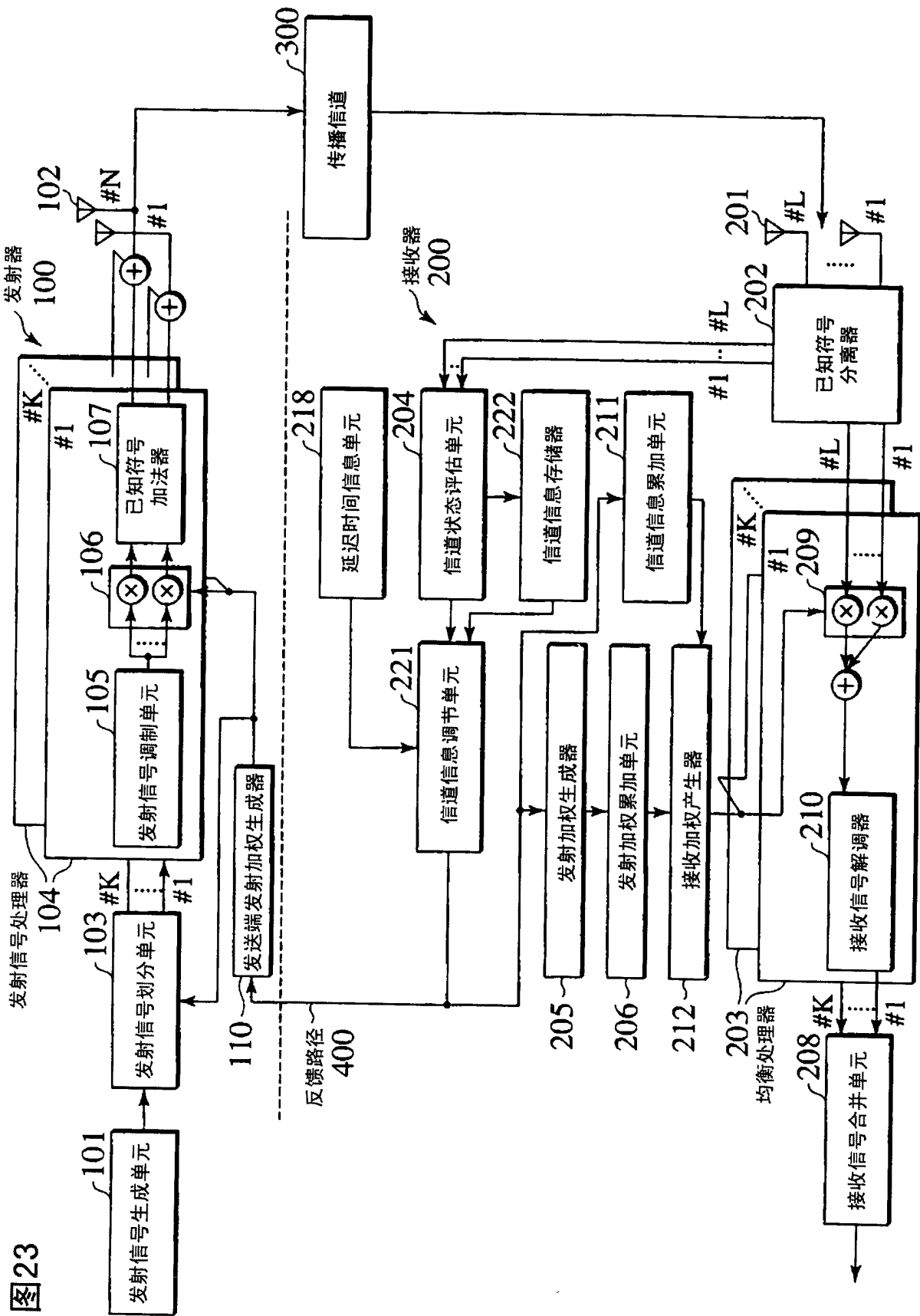
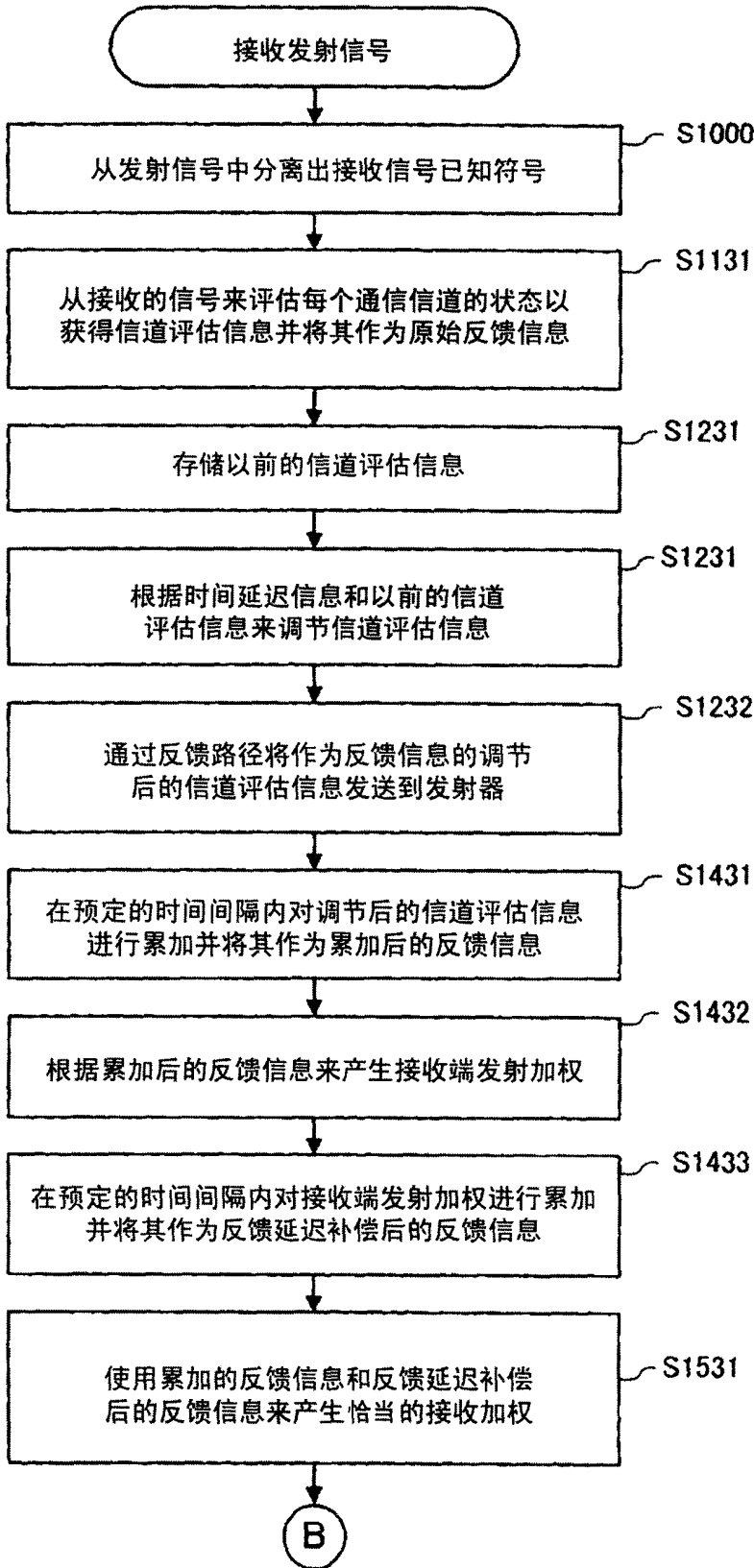


图24



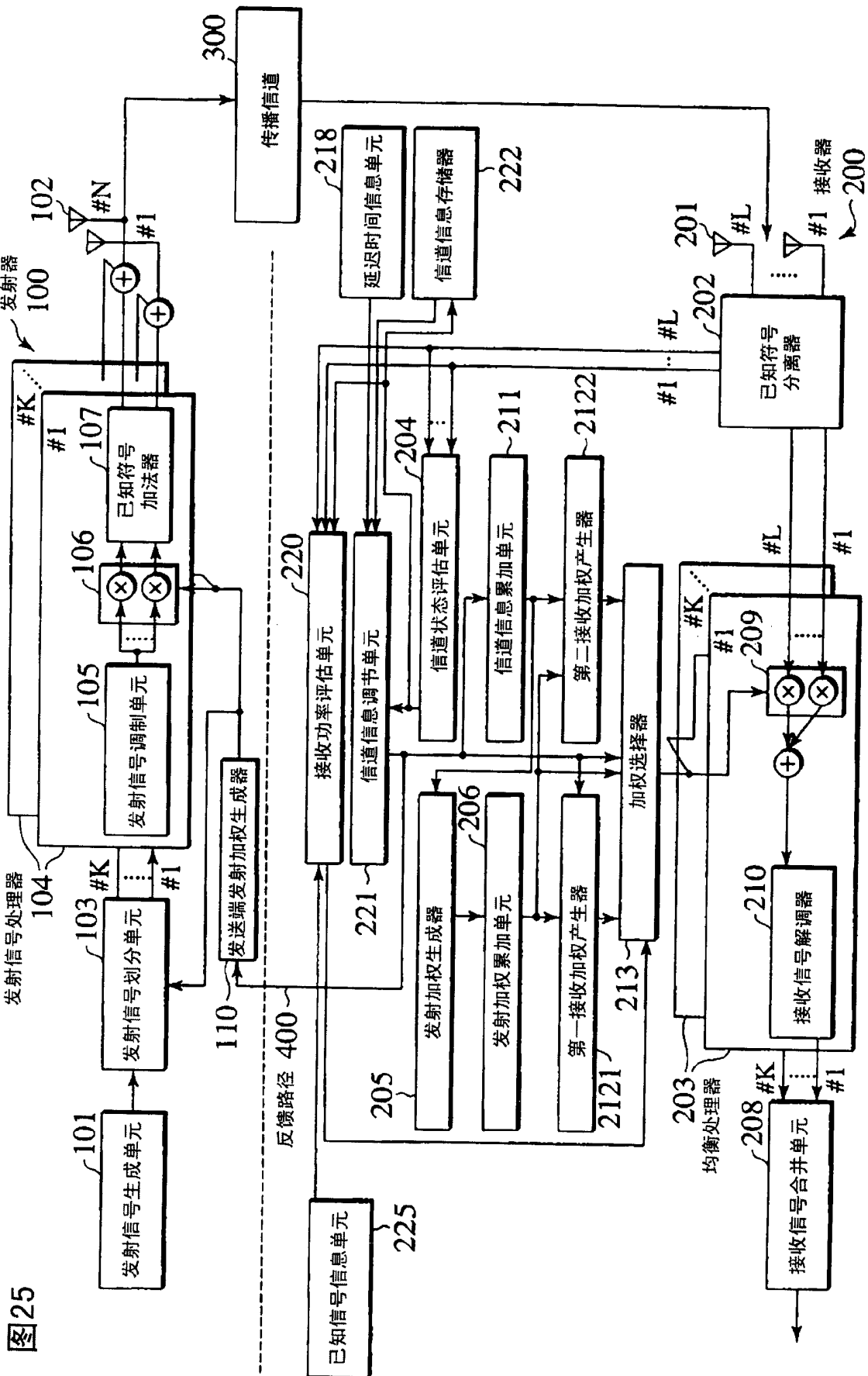
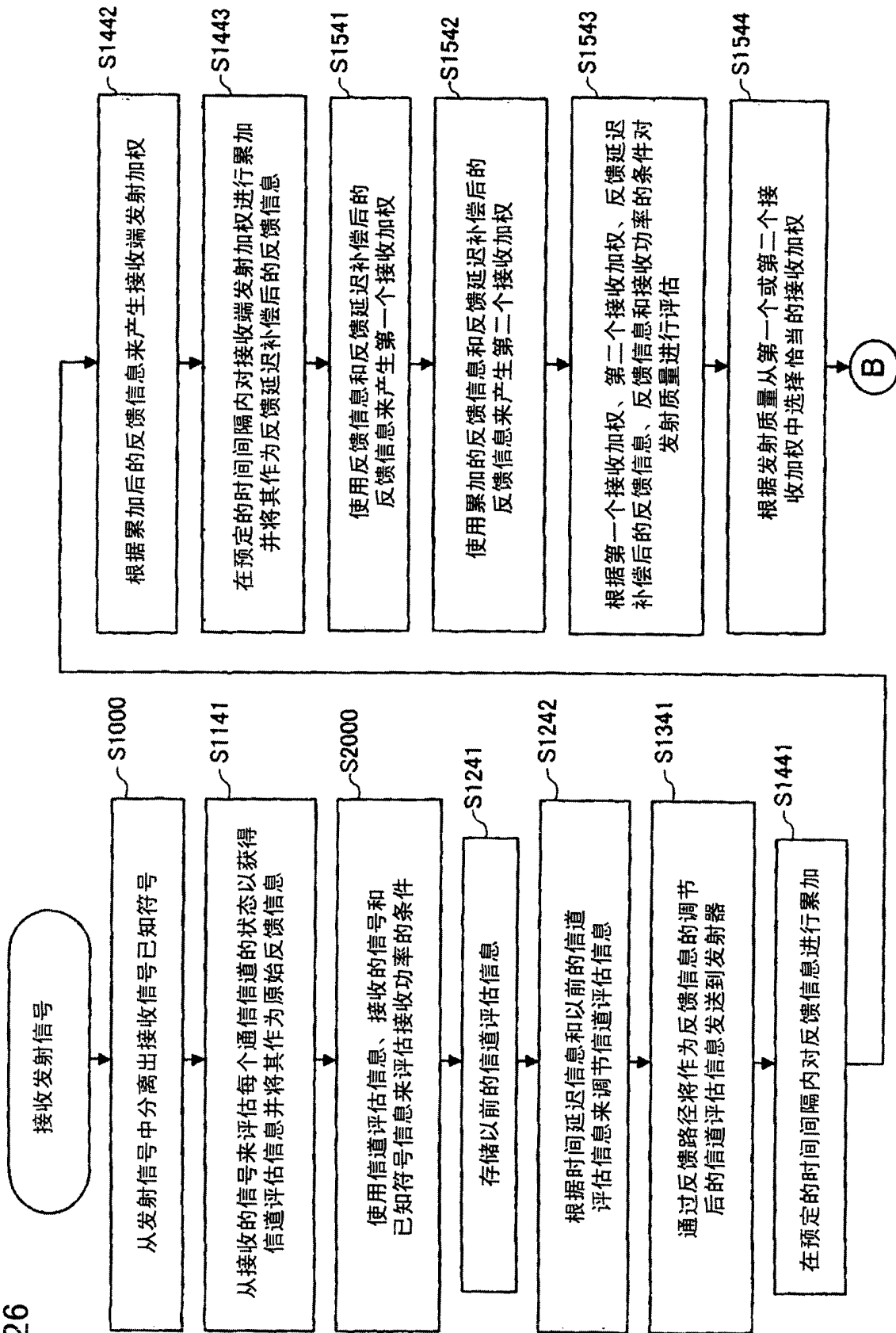


图25

图26



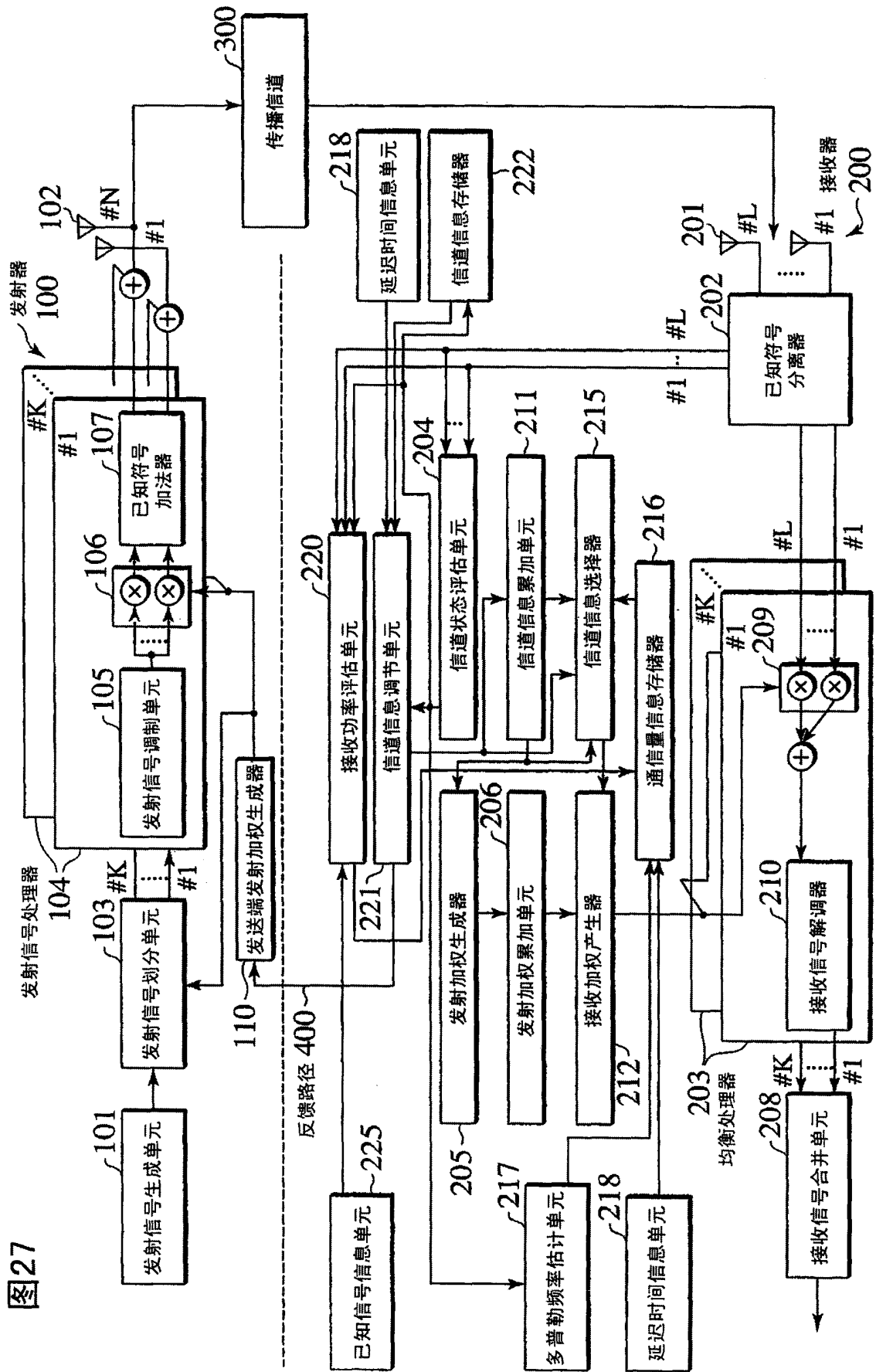
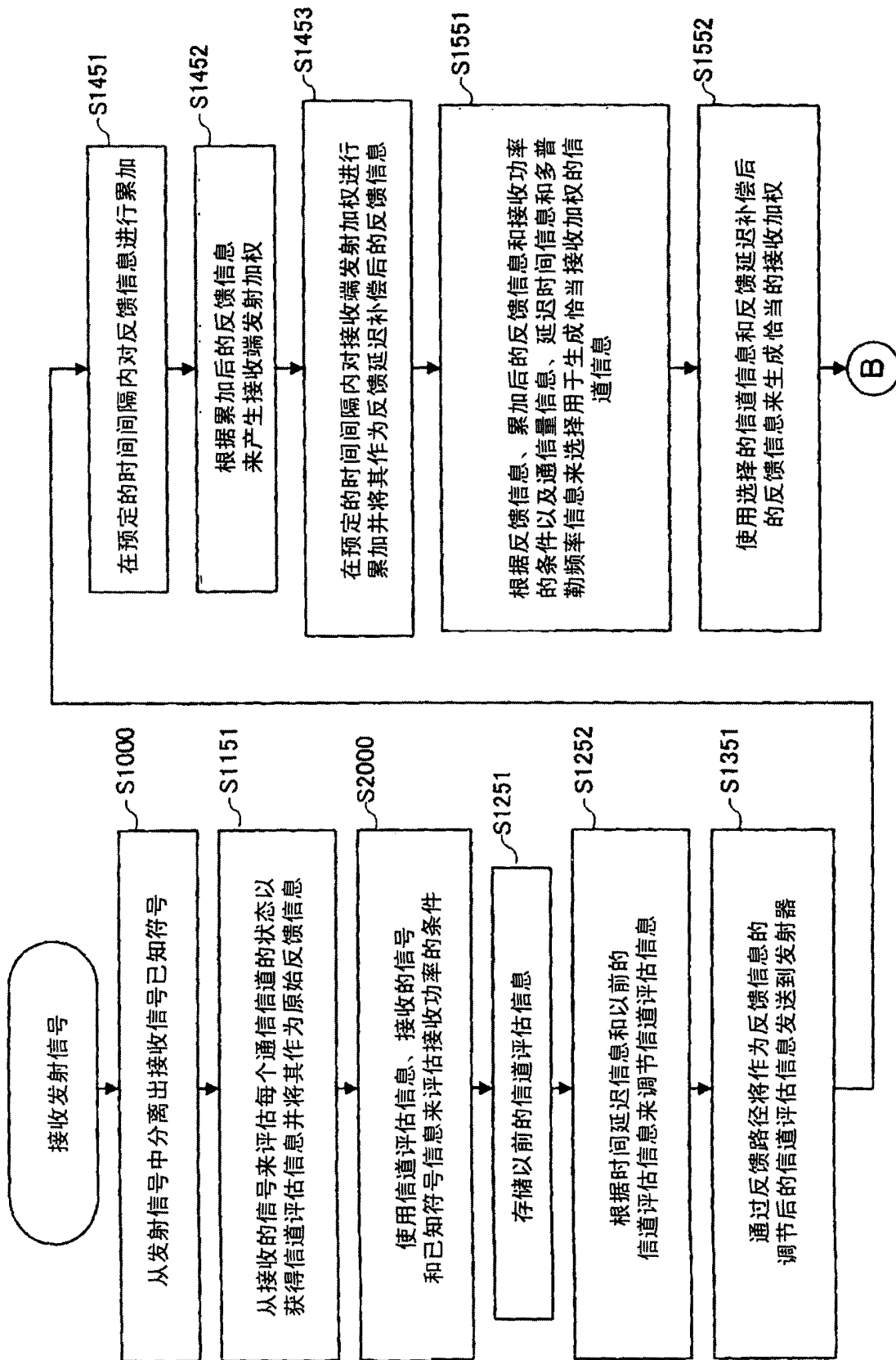


图27

图28



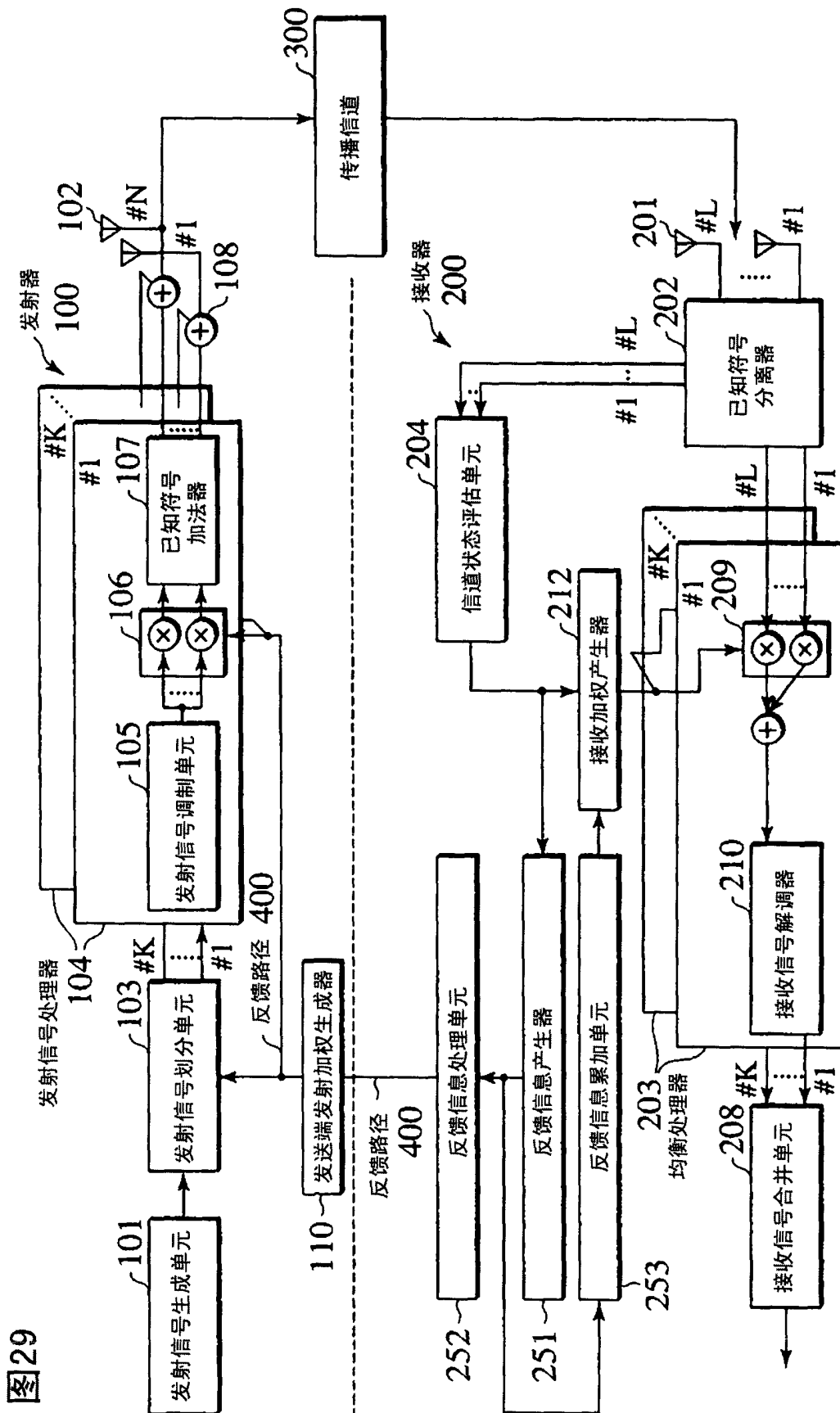
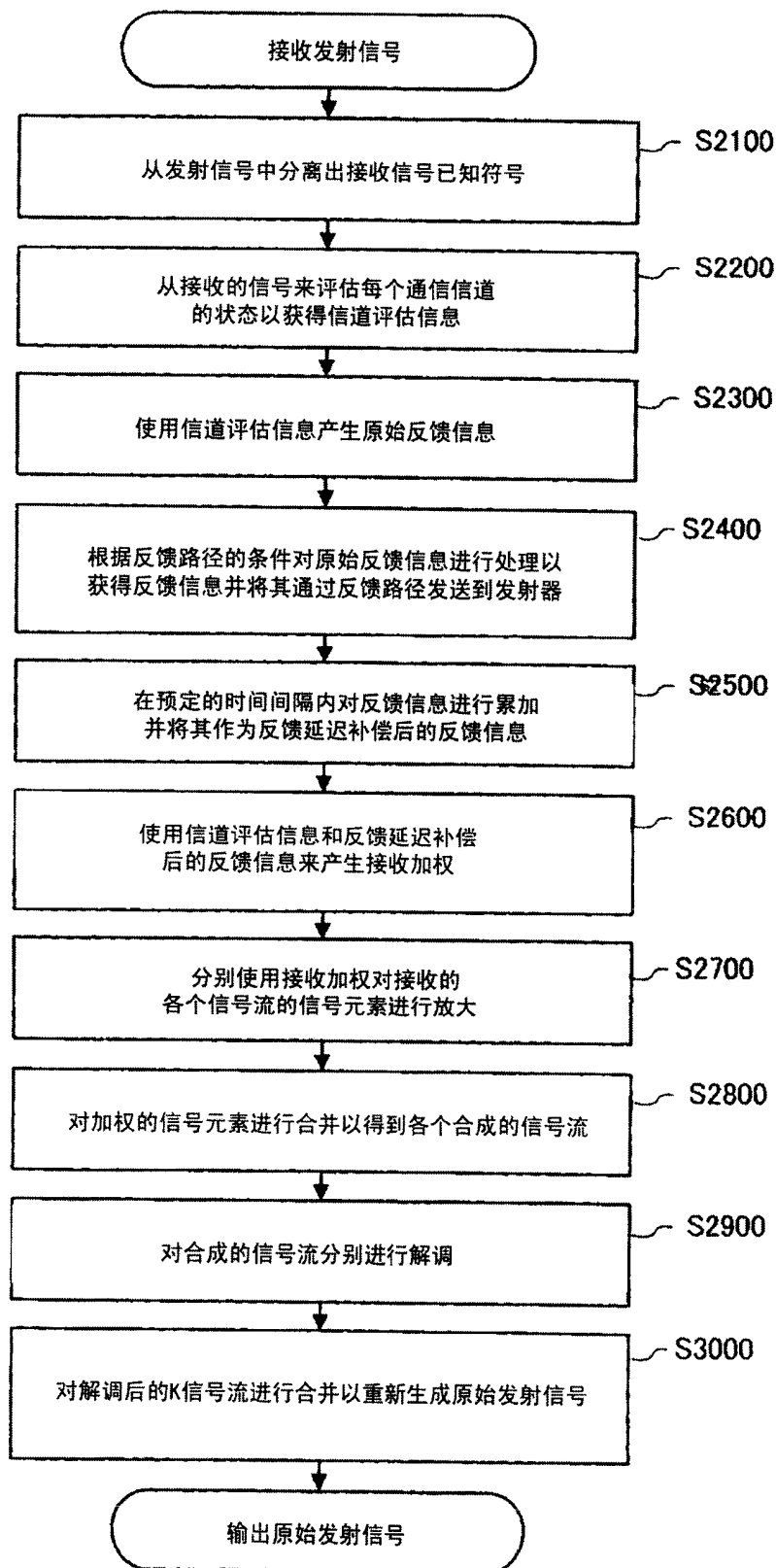


图30



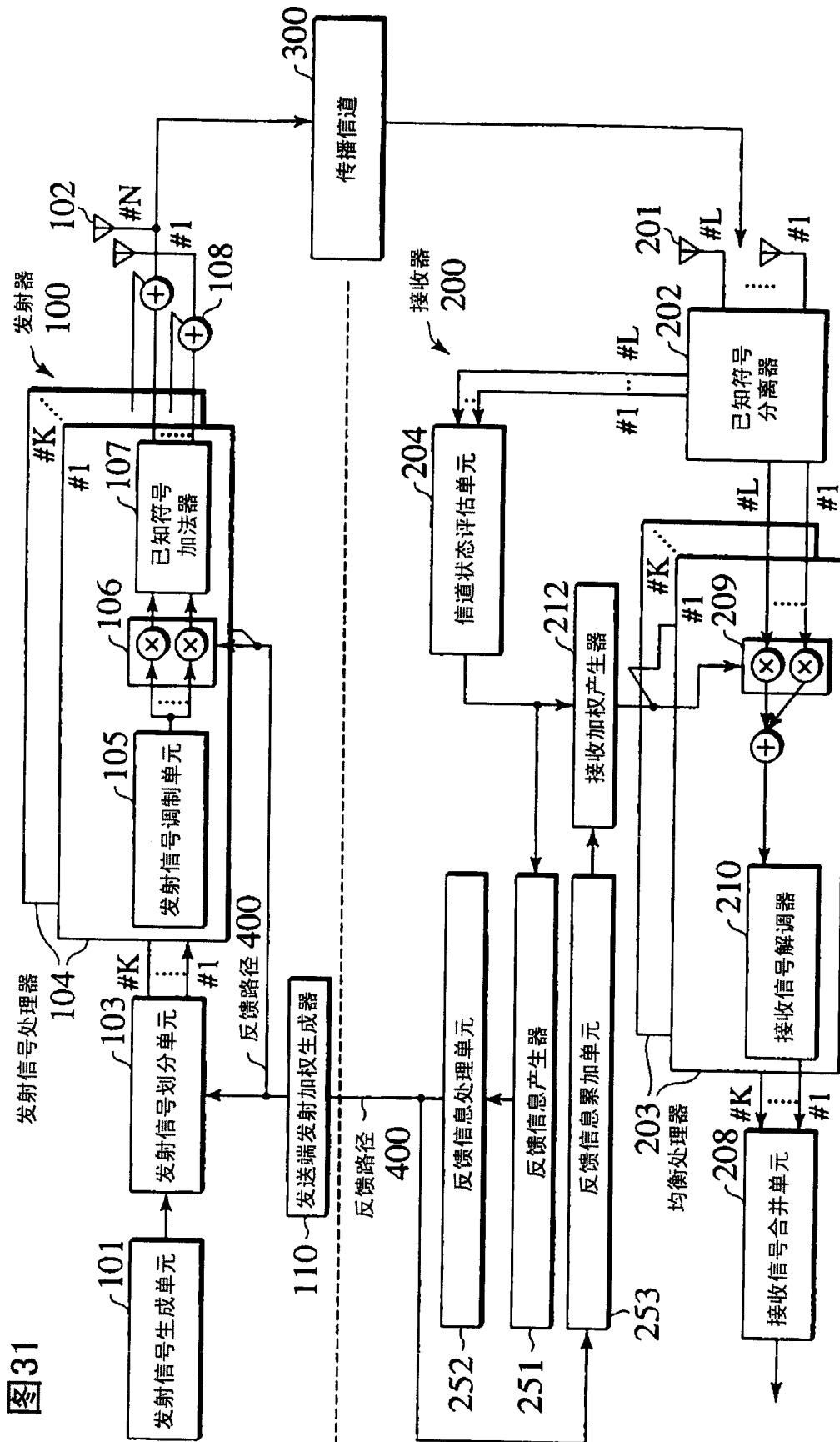


图31

图32

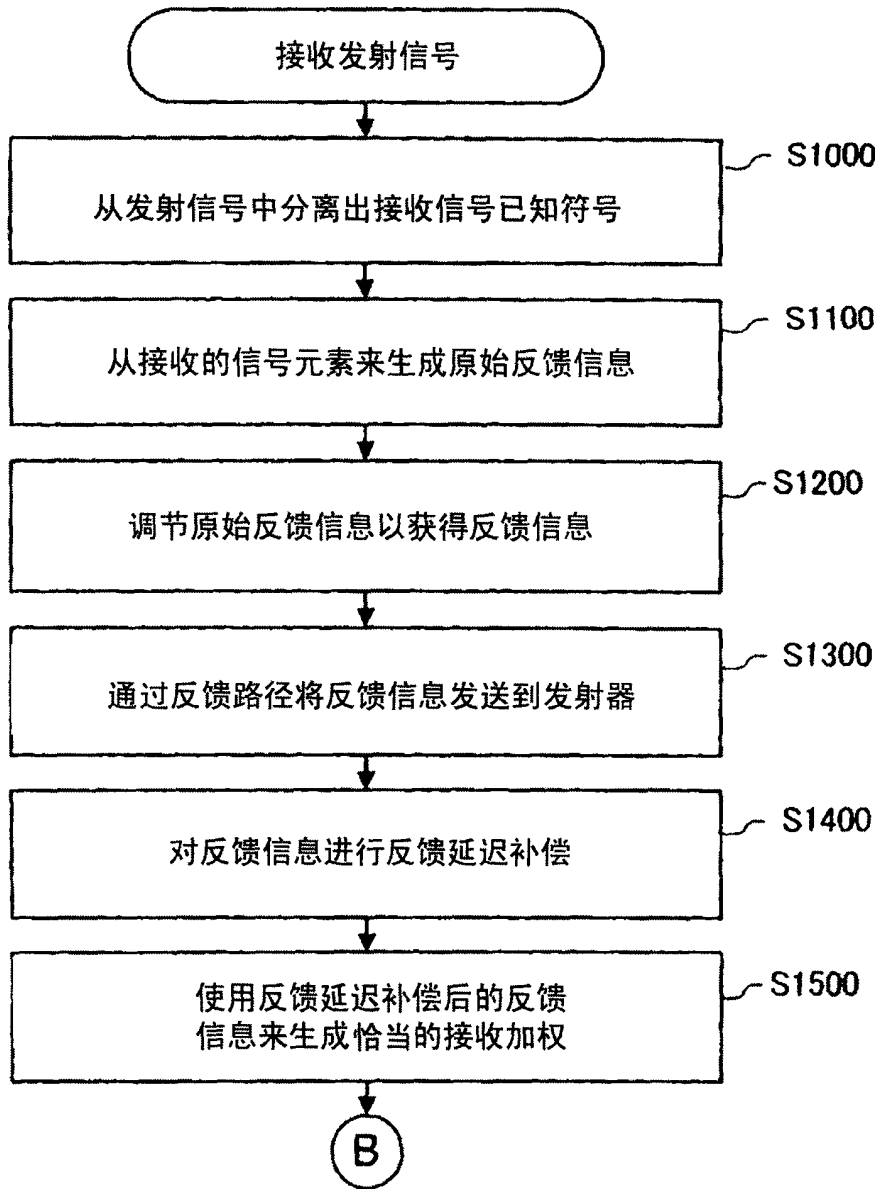


图33

表1

	发射加权信号	通信信道信息	接收加权信息
第十四实施例	\hat{W}_T	A	W_R
第十五实施例	\hat{W}_T	A	\hat{W}_R

\hat{W} : 由处理后的反馈信息生成

W : 由反馈信息生成

图34

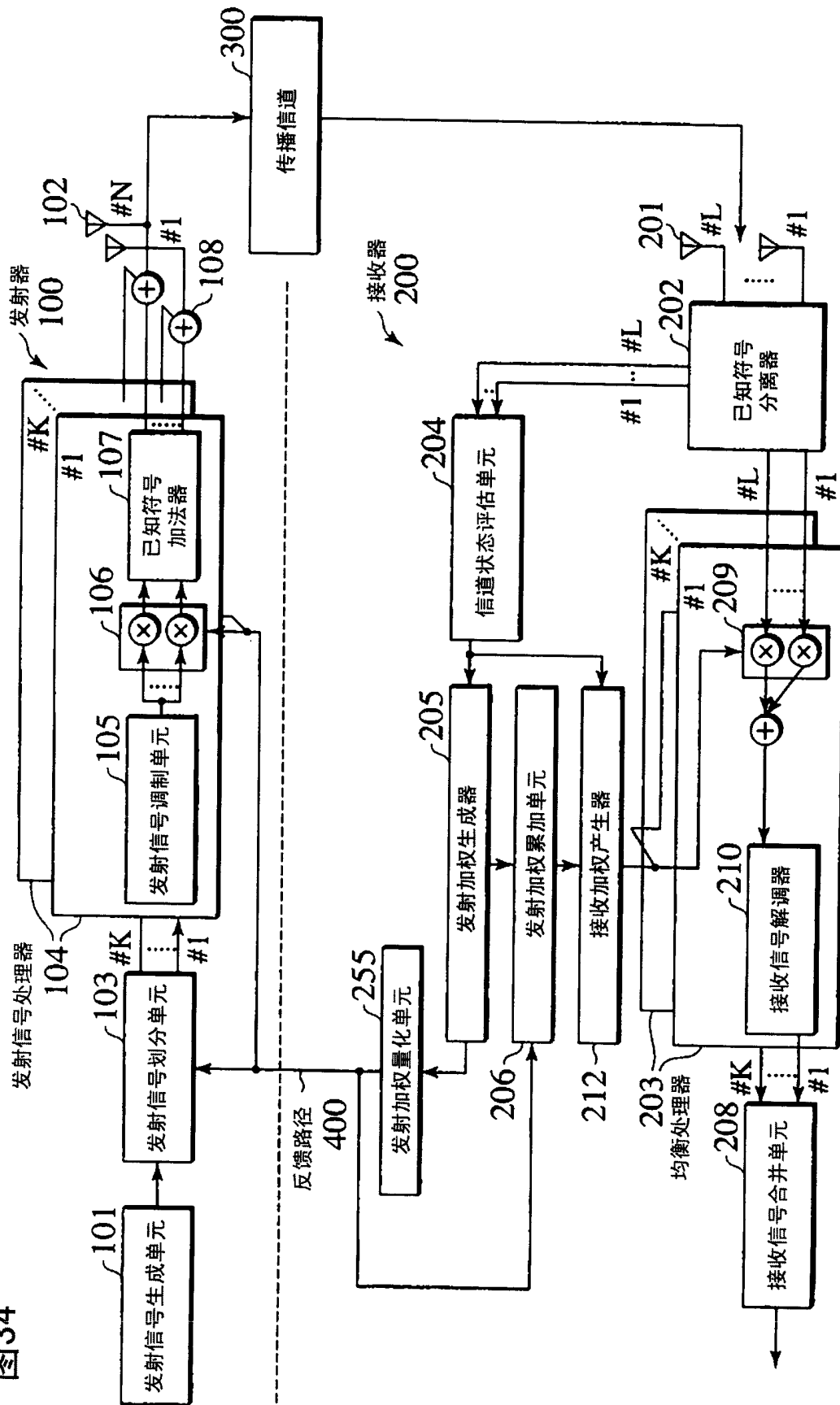


图35

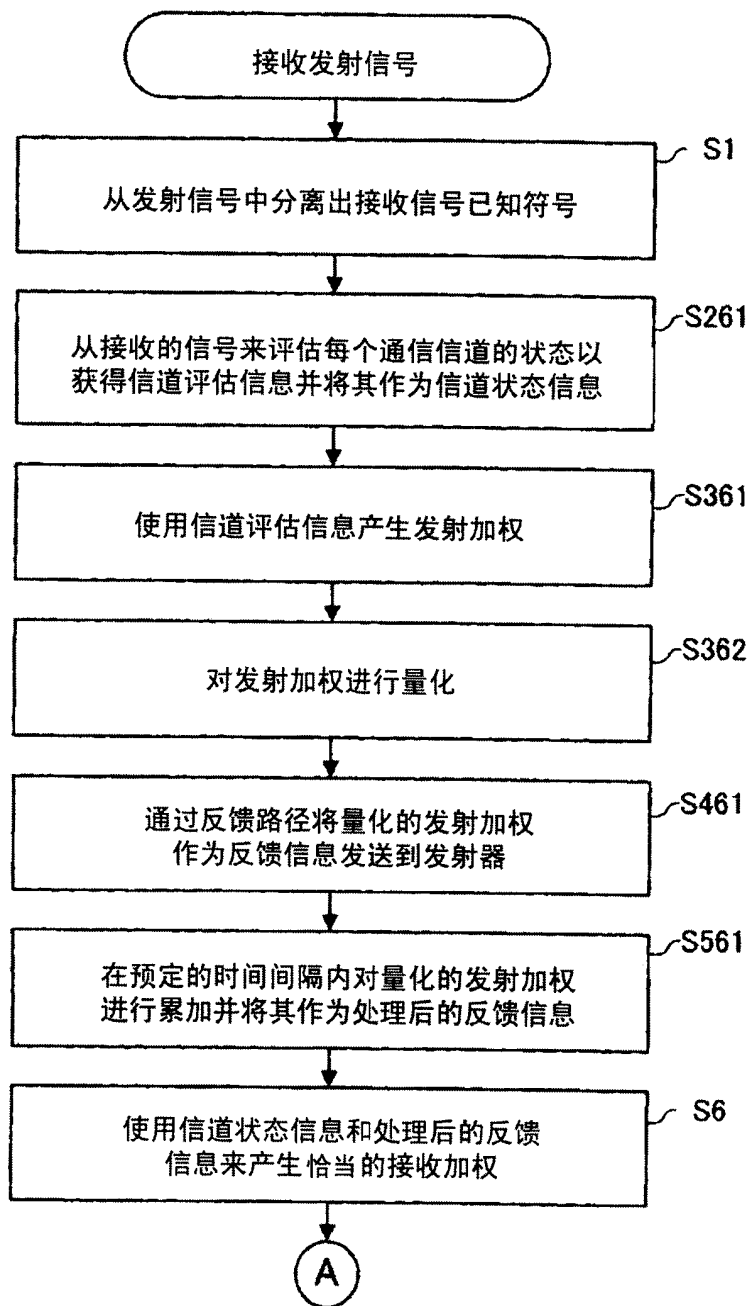


图36

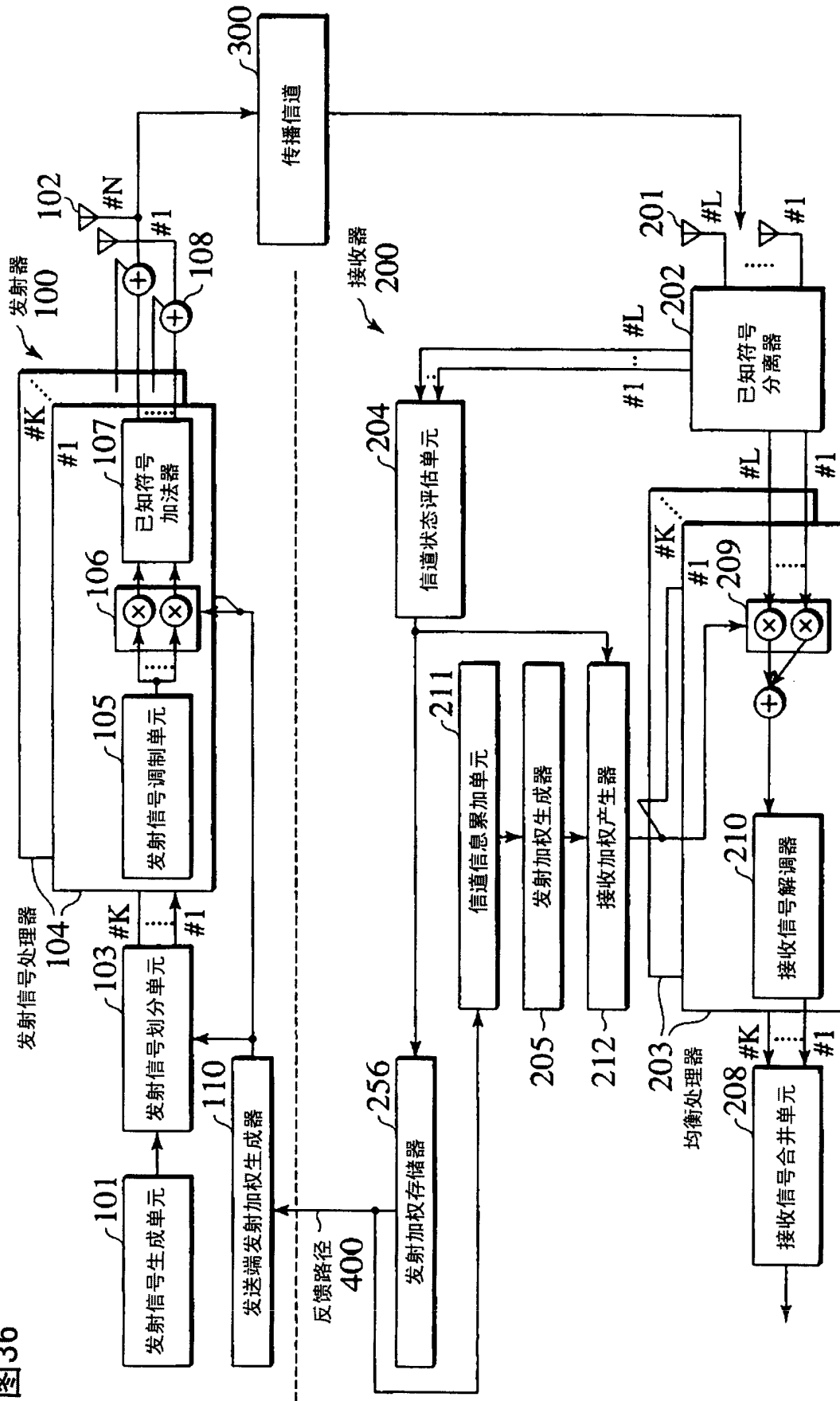


图37

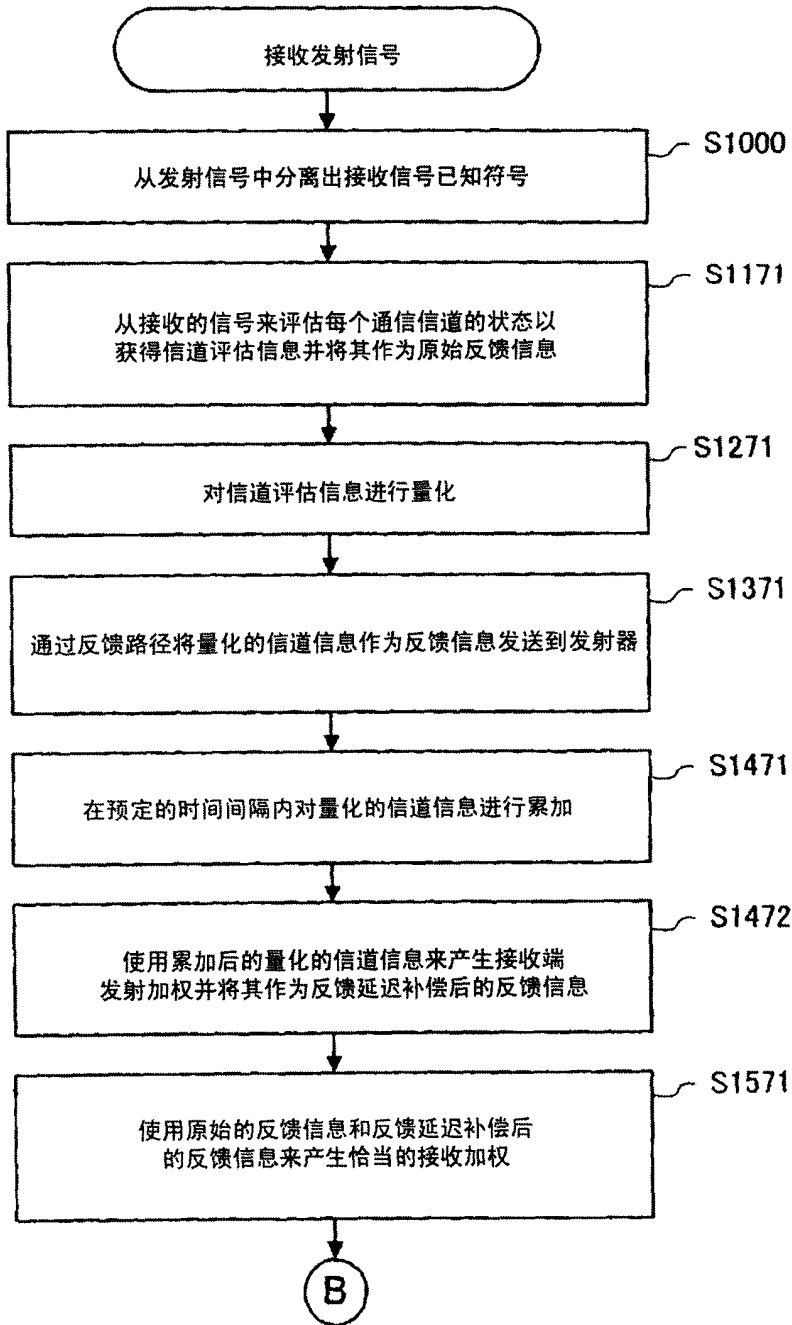


图38

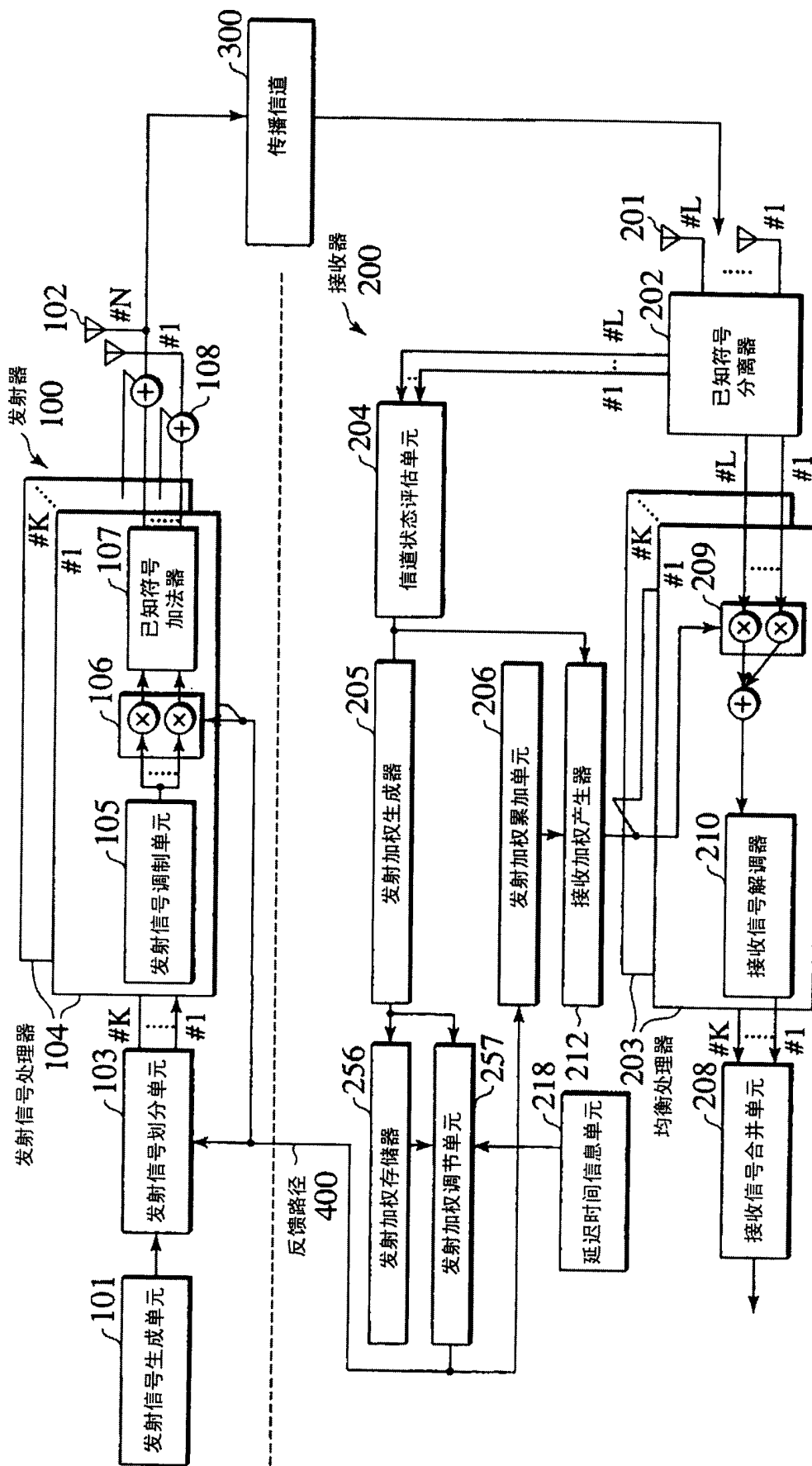
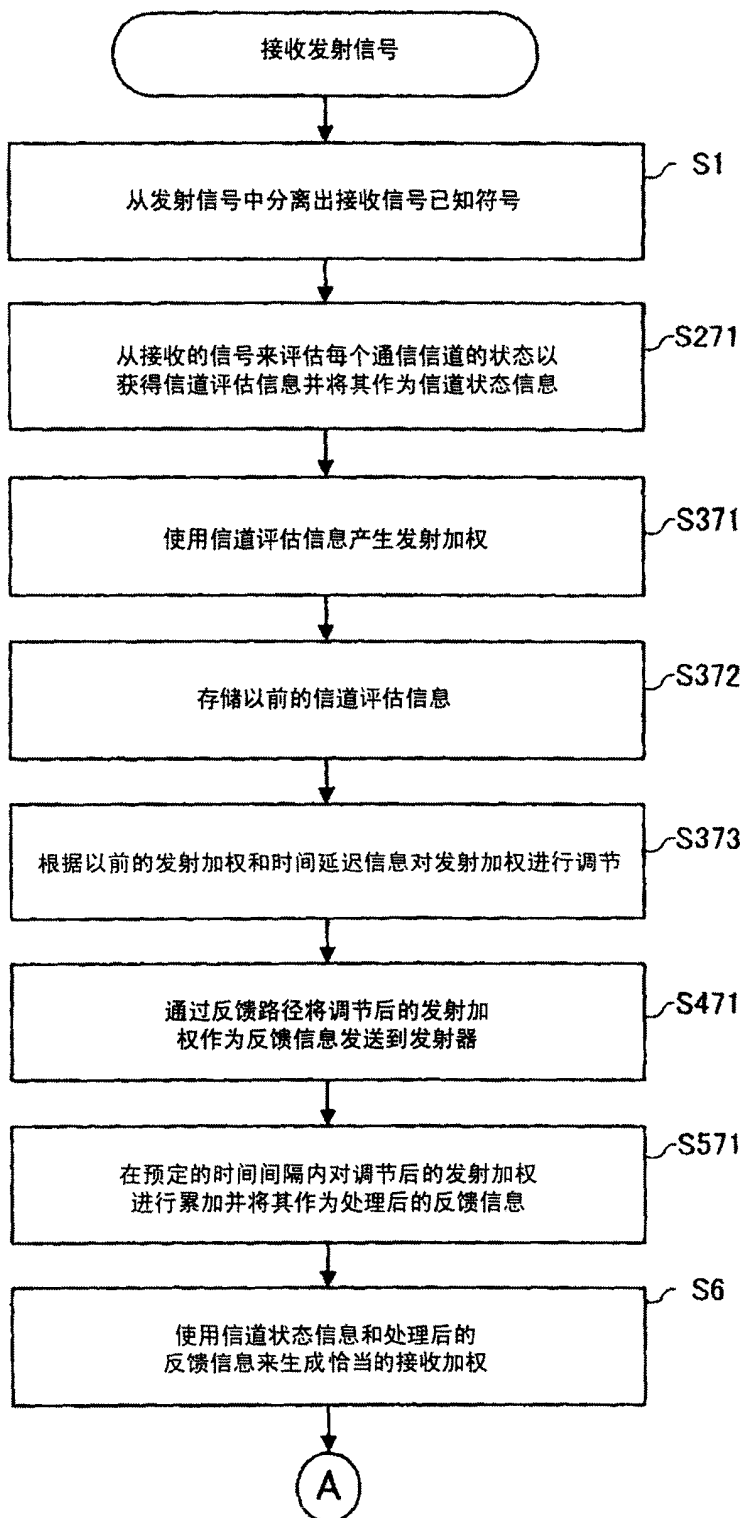


图39



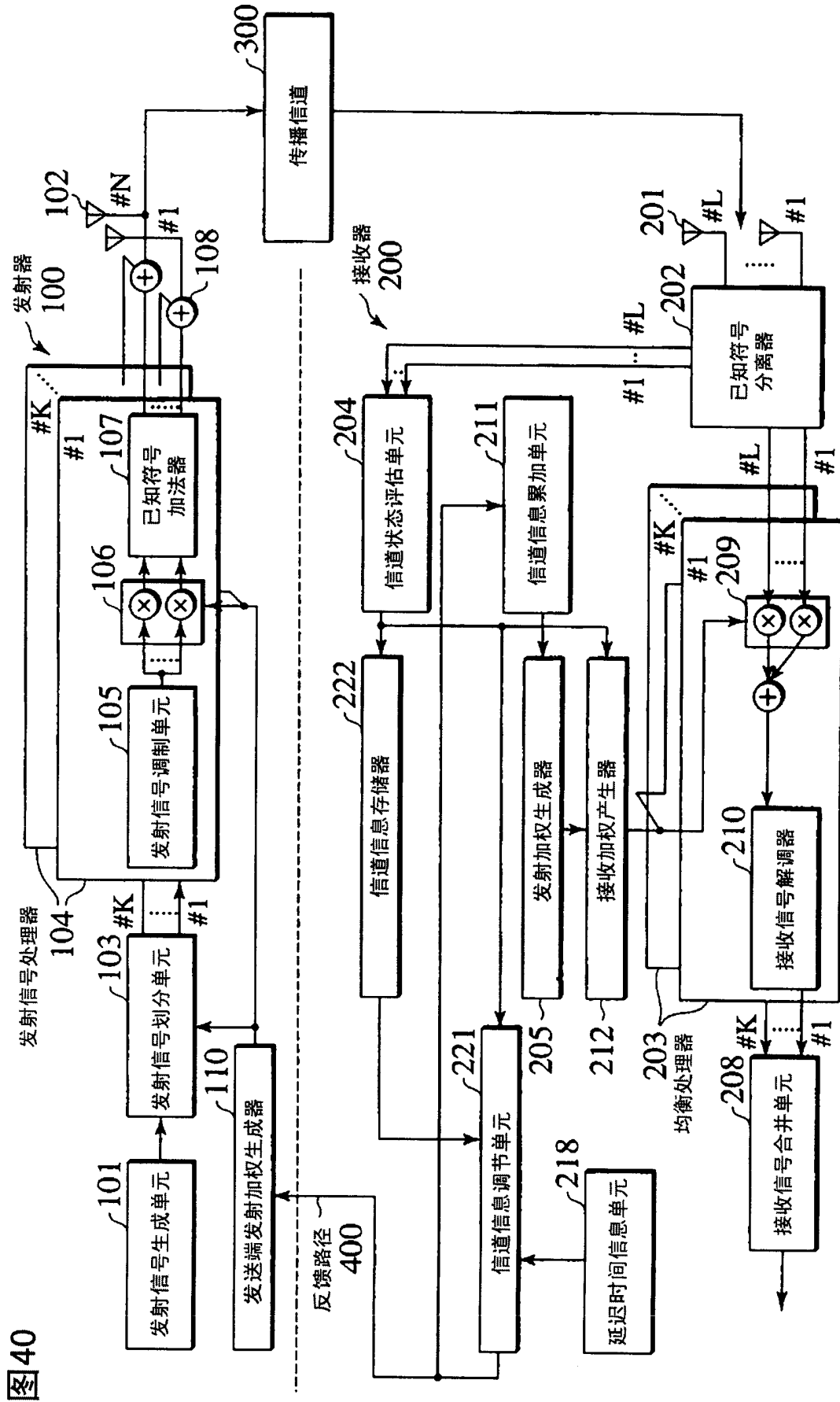


图40

图41

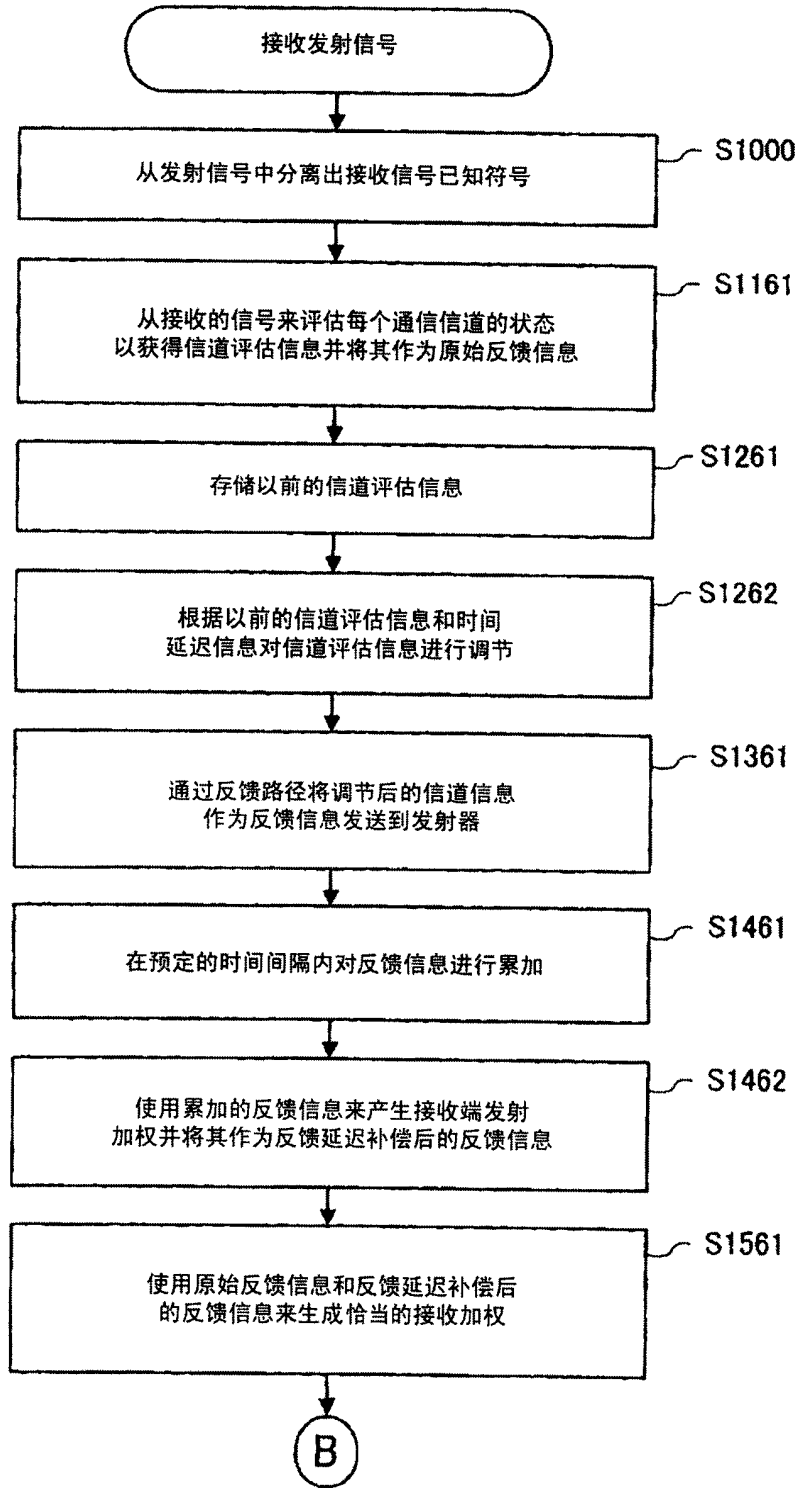


图42

表2

角度宽度	TX : 5° , RX : 35° (每个拉普拉斯分配)
天线定位	发射天线 : 10λ 接收天线 : 0.5λ
指向性	非指向性

图43

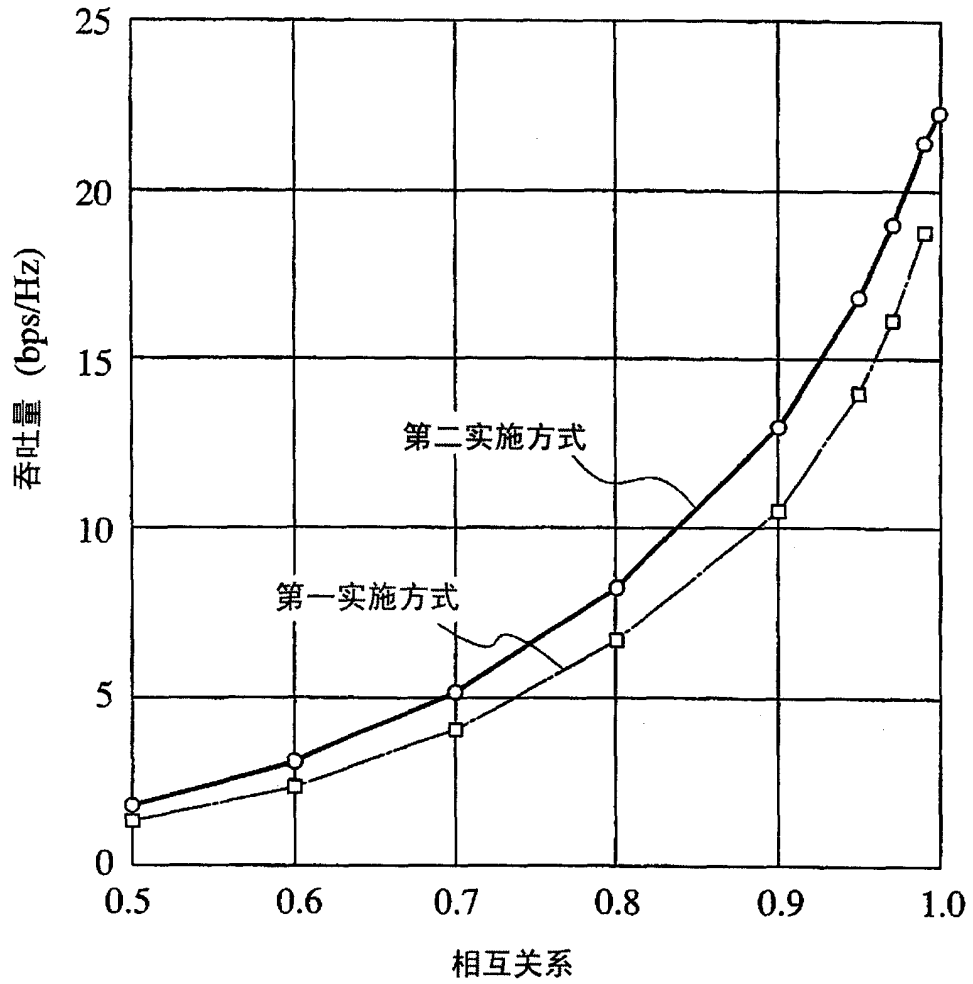


图44

