

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 7/08 (2006.01)

H04L 25/03 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02816730.9

[45] 授权公告日 2009 年 6 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100505578C

[22] 申请日 2002.7.25 [21] 申请号 02816730.9

[30] 优先权

[32] 2001.7.27 [33] US [31] 09/918,770

[86] 国际申请 PCT/US2002/023911 2002.7.25

[87] 国际公布 WO2003/021812 英 2003.3.13

[85] 进入国家阶段日期 2004.2.26

[73] 专利权人 高通股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 I·弗南德斯-科巴顿

J·E·斯密 S·贾亚拉曼

[56] 参考文献

US6240098B1 2001.5.29

US5844951A 1998.12.1

审查员 曹雅春

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 钱慰民

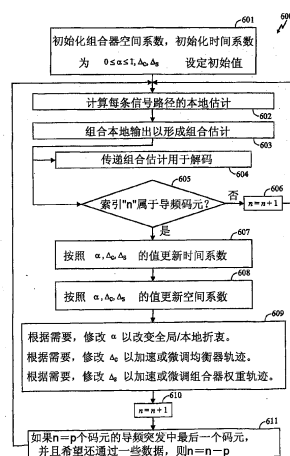
权利要求书 3 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

具有多接收机天线的通信系统中组合的空间和时间信号均衡的方法和装置

[57] 摘要

通信接收机(400)为了信号均衡而使组合的本地和全局均方误差最小。基站(101)或移动站(102-104)可以包括多根天线(292)，用于接收从公共资源发出的多个信号。多个信号携带了公共的数据码元流。预处理块(299)处理接收信号以产生多个经处理的接收信号(298)。信号均衡器(401)使被处理的接收信号(298)上组合的本地和全局 MSE 最小，以产生组合信号(499)。解码器对组合信号(499)进行解码以检取所述数据码元流。处理器用于按照可调整的加权因数来组合本地 MSE 和全局 MSE，以产生组合的本地和全局 MSE。



1. 通信系统中，一种方法包括：
从公共源接收多个信号，其中所述多个信号携带了公共的数据码元流；
按照一加权因数组合本地 MSE 和全局 MSE 以产生所述组合的本地和全局 MSE；
以及
使所述接收信号上组合的本地和全局均方误差 (MSE) 最小。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述加权因数具有 0 和 1 之间的值。
3. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于还包括：
根据所述加权因数为所述组合的全局和本地 MSE 确定时间和空间系数。
4. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于还包括：
为使组合的本地和全局 MSE 最小，按照时间系数步长来调整所述时间系数。
5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于还包括：
调整所述时间系数步长，使组合的本地和全局 MSE 最小。
6. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于还包括：
为使组合的本地和全局 MSE 最小，按照空间系数步长来调整所述空间系数。
7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于还包括：
调整所述空间系数步长，使组合的本地和全局 MSE 最小。
8. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于还包括：
在使所述组合的本地和全局 MSE 最小时，调整所述加权因数以实现处理速度和误差大小中至少一个的相应效应。

9. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于还包括:

在使所述组合的本地和全局 MSE 最小后, 在所述接收信号上产生一个组合信号。

10. 如权利要求 90 所述的方法, 其特征在于还包括:

对所述组合信号进行解码以检取所述公共数据码元流。

11. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述组合的本地和全局 MSE 是按照下式:

$$\begin{aligned} CombinedMSE = & \alpha \{ E | y[n] - \hat{y}_1[n] |^2 + E | y[n] - \hat{y}_2[n] |^2 + \dots + E | y[n] - y_K[n] |^2 \} \\ & + (1 - \alpha) \{ E | y[n] - \hat{y}[n] |^2 \} \end{aligned}$$

其中 α 是加权因数。

12. 通信系统中, 一种装置包括:

接收机, 从公共源接收多个信号, 其中所述多个信号携带了公共的数据码元流;

处理器, 用于按照一加权因数组组合本地 MSE 和全局 MSE 以产生所述组合的本地和全局 MSE 最小化; 以及

均衡器, 用于使所述接收信号上组合的本地和全局均方误差(MSE)最小。

13. 如权利要求 12 所述的装置, 其特征在于, 所述加权因数具有 0 和 1 之间的值。

14. 如权利要求 12 所述的装置, 其特征在于, 所述处理器用于根据所述加权因数为所述组合的全局和本地 MSE 确定时间和空间系数。

15. 如权利要求 14 所述的装置, 其特征在于, 所述处理器用于按照时间系数步长来调整所述时间系数, 以使组合的本地和全局 MSE 最小。

16. 如权利要求 15 所述的装置, 其特征在于, 所述处理器用于调整所述时间

系数步长，以使所述组合的本地和全局 MSE 最小。

17. 如权利要求 14 所述的装置，其特征在于，所述处理器用于按照空间系数步长来调整所述空间系数，以使所述组合的本地和全局 MSE 最小。

18. 如权利要求 17 所述的装置，其特征在于，所述处理器用于调整所述空间系数步长，以使所述组合的本地和全局 MSE 最小。

19. 如权利要求 12 所述的装置，其特征在于，在使所述组合的本地和全局 MSE 最小时，所述处理器用于调整所述加权因数以实现处理速度和误差大小中至少一个的相应效应。

20. 如权利要求 12 所述的装置，其特征在于，在使所述组合的本地和全局 MSE 最小后，所述均衡器用于在所述接收信号上产生一个组合信号。

21. 如权利要求 20 所述的装置，其特征在于还包括：

解码器，用于对所述组合信号进行解码以检取所述公共数据码元流。

22. 如权利要求 12 所述的装置，其特征在于还包括与所述接收机耦合的多根天线，用于相应地接收所述多个信号。

23. 通信系统中，一种装置包括：

用于从公共源接收多个信号的装置，其中所述多个信号携带公共数据码元流；
处理器装置，用于按照一个加权因数组合本地 MSE 和全局 MSE 以产生所述组合的本地和全局 MSE 最小化；以及

信号均衡器装置，用于使所述接收信号上组合的本地和全局均方误差 (MSE) 最小。

具有多接收机天线的通信系统中组合的 空间和时间信号均衡的方法和装置

技术领域

本发明一般涉及通信领域，尤其涉及在具有多根接收机天线的发散信道上的通信。

背景技术

发射机和接收机之间的通信信道可以是时变且发散的。信道发散会导致多径和码间干扰 (ISI)，接收机会需要空间处理来抵消这些及其他可能的时变干扰。这种接收机可以包括一个均衡器，用于减少多径干扰和 ISI 的效应。

为此及其它原因，需要通信系统中的一种有效的均衡器。

发明内容

通信接收机通过使组合的本地和全局均方误差 (MSE) 最小而执行信号均衡。接收机可以包括多根天线，用于接收从公共源发出的多个信号。多个信号携带公共的数据码元流。预处理块处理接收信号以产生多个经处理的接收信号。在本地优化中，仅仅根据使发射码元和发射码元的本地估计间的 MSE 最小来优化来自不同天线的信号的时间系数。在全局优化中，共同地优化来自所有天线的信号的时间系数和空间组合器权重，以使全局 MSE 最小。信号均衡器使被处理的接收信号上组合的本地和全局 MSE 最小，以产生组合信号。解码器对组合信号进行解码以检取所述数据码元流。处理器用于按照加权因数 α 组合本地 MSE 和全局 MSE，以产生组合的本地 MSE 和全局 MSE。处理器用于调整加权因数 α 从而在使组合的本地和全局 MSE 最小时获得相应的自适应速度和误差大小。

附图说明

通过下面提出的结合附图的详细描述，本发明的特征、性质和优点将变得更加明显，附图中相同的元件具有相同的标识，其中：

图 1 说明了能够按照本发明各个实施例工作的通信系统；

图 2 说明了通信系统接收机中的接收机框图，该接收机使用于信号均衡的组合的本地和全局均方误差最小；以及

图 3 说明了使用于信号均衡的组合的本地和全局均方误差最小的流程图。

具体实施方式

本发明的各方面可以结合在按照码分多址 (CDMA) 技术进行无线通信的系统中。在电信工业联盟 (TIA) 所出版的各种标准中已经公开并描述了各种 CDMA 通信系统。这种标准包括：TIA/EIA-95 标准、TIA/EIA-IS-2000 标准、IMT-2000 标准和 WCDMA 标准，所有这些标准都通过引用被结合于此。此外，被定义为 “TIA/EIA/IS-856 cdma2000 High Rate Packet Data Air Interface Specification” 的规范也提供了其中可以结合本发明的一个或多个方面的系统，这个规范通过引用被结合于此。通过访问以下万维网地址：<http://www.cdg.org>，或者通过写信给 TIA，标准和技术部门 (Standards and Technology Department, 2500 Wilson Boulevard, Arlington, VA 22201, United States of America)，可以获取这些标准的拷贝。通过联系 3GPP 支持局 (Support Office, 650 Route des Lucioles-Sophia Antipolis, Valbonne-France)，可以获得一般被标识为 WCDMA 标准的规范。

本发明一般涉及用于通信系统中均衡的新颖且改进了的方法和装置。这里所述的一个或多个示例性实施例是以无线数据通信系统的环境提出的。虽然用于该环境是有利的，然而本发明的不同实施例可以结合在不同的环境或配置中。通常，这里所述的各种系统可以用软件控制的处理器、集成电路或离散逻辑来形成。本申请中可能涉及的数据、指令、命令、信息、信号、比特、码元和码片可以用电压、电流、电磁波、磁场或其粒子、光场或其粒子、或它们的任意组合来表示。此外，每个框图内所示的方框可以代表硬件或方法步骤。

图 1 说明了能按照任一码分多址 (CDMA) 通信系统标准工作的通信系统 100 的一般框图。一般而言，通信系统 100 包括基站 101，基站 101 在像移动站 102-104 这样的许多移动站之间提供通信链路，以及在移动站 102-104 和有线网络 105 之间提供通信链路。基站 101 可以包括许多组件，譬如移动站控制器、基站控制器和射频收发机。为了简洁，未示出这些组件。基站 101 还可以与其他基站 (未示出) 进行通信。基站 101 通过前向链路与每个移动站 102-104 进行通信。前向链路可

以由从基站 101 发出的前向链路信号来维持。指向几个移动站 102—104 的前向链路信号可以被相加，以形成前向链路信号 106。正在接收前向链路信号 106 的每一个移动站 102—104 都对前向链路信号 106 进行解码，以提取指向其用户的信息。在接收端处，接收机可以把指向其他用户的接收到的前向链路信号 106 的部分视为干扰。

移动站 102—104 通过相应的反向链路与基站 101 通信。每条反向链路都由一反向链路信号来维持，譬如对于相应的移动站 102—104 为反向链路信号 107—109。基站 101 还可以通过前向链路在导频信道上把一系列预定义的数据比特发送到所有的移动站，以支持每个移动站对前向链路信号 106 的解码。每一个移动站 102—104 可以向基站 101 发送一导频信道。从移动站发出的导频信道可以用于对从同一移动站发出的反向链路信号所携带的信息进行解码。导频信道的使用和操作是众所周知的。每个移动站 102—104 以及基站 101 内都包括了用于通过前向和反向链路进行通信的发射机和接收机。

图 2 中示出接收机 400 的框图。接收机 400 可以有几根天线 292—1 到 292—K 用于接收发出的信号波形。天线 292—1 到 292—K 处接收到的信号可以在相应的预处理块 299—1 到 299—K 内被处理，以产生相应的信号 298—1 到 298—K。预处理块 299—1 到 299—K 可以包括几个未示出的操作，譬如 RF/IF 下变频器、AGC(自动增益控制)补偿、A/D(模拟到数字)转换。信号 298—1 到 298—K 通过均衡器 401 来给出解码器的信号 499。天线 292—1 到 292—K 处接收到的信号从一公共源始发，并且携带相同的数据码元流 $y[n]$ ，其中“n”代表接收到的数据流中码元的时间索引。

在通信系统 100 中，数据码元流 $y[n]$ 可以从任一移动站 102—104 通过通信信道被发送到基站 101 内的接收机 400，或者从基站 101 被发送到任一移动站 102—104。接收机 400 可以结合在基站 101 内用于在发散的信道上从移动站接收信号，或者结合在移动站 102—104 内用于在发散的信道上从基站 101 接收信号。均衡器 401 可以包括多个有限脉冲响应(FIR)滤波器 470—1 到 470—K。虽然图 2 中示出几个滤波器 470—1 到 470—K，然而在各种实施例中，滤波器的实现可以不同。在一种情况下，可以重复地使用一个滤波器来处理所有的信号 298—1 到 298—K。在另一种情况下，一个滤波器专用于来自天线 292—1 到 292—K 的各个信号 298—1 到 298—K。用于来自第 m 根天线的路径的均衡器可以是具有时间系数 $C_m[n]$ 的抽头的延迟线 FIR 滤波器。FIR 滤波器的使用和操作是本领域公知的。

每个滤波器 470-1 到 470-K 的输出代表数据流 $y[n]$ 中发射的数据码元的估计。通过天线 291-1 处的信号在时刻 n 接收到的滤波器 470-1 的输出表示如下：

$$\hat{y}_1[n] = \sum_{k=-M}^M (C_1^k[n])^* X_1[n, k] \quad (1)$$

其中 FIR 滤波器 470-1 具有 $2M+1$ 个抽头，由 $\{C_1^k[n]: k = -M, \dots, M\}$ 给出， $*$ 表示复共轭，而 $\{X_1[n, k]: k = -M, \dots, M\}$ 表示时刻 n 处的抽头的延迟线含量。滤波器 470-1 到 470-K 的输出由乘法器 480-1 到 480-K 进行按比例缩放，每个乘法器都有一相关的空间系数 $S_m[n]$ 。在按比例缩放操作之后，所产生的信号在组合器 490 内相加以形成组合信号 499，它代表发送数据码元 $y[n]$ 的组的码元估计 $\hat{y}[n]$ 。组合信号 499 可以表示为：

$$\hat{y}[n] = \sum_{m=1}^K (S_m[n])^* \hat{y}_m[n] \quad (2)$$

为了使信号 499 中接收机噪声、多径干扰和码间干扰的效应最小，对于每个 m ，按照一个实施例优化时间系数 $C_m[n] = \{C_m^k[n]: k = -M, \dots, M\}$ 和空间系数 $S_m[n]$ 。然后，信号 499 会带有发送数据码元的估计，发送数据码元可以以改进的可靠性被解码。可以使用最小均方误差 (MMSE) 准则以几种可行的方式来优化时间系数 $C_m[n]$ 和空间组合器权重 $S_m[n]$ ，对于 $m=1, \dots, K$ 。称为本地优化 (Local Optimization) 的一种方法仅根据使发送码元 $y[n]$ 和发送码元的本地估计 $\hat{y}_m[n]$ (即第 m 条天线支路的 FIR 输出信号 470- m) 之间的 MSE 最小，来优化第 m 根天线的时间系数 $C_m[n]$ 。选择时间系数 $C_m[n]$ 以使本地 MSE 最小，定义为：

$$LocalMSE = E | y[n] - \hat{y}_1[n] |^2 + E | y[n] - \hat{y}_2[n] |^2 + \dots + E | y[n] - \hat{y}_K[n] |^2 \quad (3)$$

在确定了每条天线支路的时间系数 $C_m[n]$ 之后，选择空间组合器权重 $S_m[n]$ 以使组合输出信号 $\hat{y}[n]$ 中的均方误差 (MSE) 最小。

称为全局优化 (Global Optimization) 的另一种方法使用组合输出信号 $\hat{y}[n]$ 为所有天线共同地优化时间系数 $C_m[n]$ 和空间组合器权重 $S_m[n]$ 。对于全局优化而言，共同地选择时间系数和组合器权重以使全局 MSE 最小：

$$GlobalMSE = E | y[n] - \hat{y}[n] |^2 \quad (4)$$

在一示例性实施例中，可以设空间组合器权重 $S_m[n]$ 等于 1。

这些相应的优化可以用本领域公知的自适应信号处理算法来实现，譬如最小均方(LMS)算法及其变型。当这种自适应算法用于优化时间系数 $C_m[n]$ 和空间系数 $S_m[n]$ 时，系数收敛到它们的稳态(即 MMSE 最优)所需的采样数对于全局优化要比对于本地优化大。然而，全局优化的稳态 MSE 一般较低。本实施例，称为组合的全局—本地优化，改进了这两种方法，以实现低稳态 MSE 和快速收敛时间之间的平衡。

把 0 和 1 之间 α 值的组合 MSE 定义如下：

$$\begin{aligned} CombinedMSE = & \alpha \{ E | y[n] - \hat{y}_1[n] |^2 + E | y[n] - \hat{y}_2[n] |^2 + \dots + E | y[n] - y_k[n] |^2 \} \\ & + (1 - \alpha) \{ E | y[n] - \hat{y}[n] |^2 \} \end{aligned} \quad (5)$$

当把 α 设为 0 时，把组合的 MSE 数量最小化为全局优化，而如果把 α 设为 1，则把组合的 MSE 数量最小化为本地优化。在该实施例中， α 值可以是 0 和 1 之间的任意数 ($0 \leq \alpha \leq 1$)。参数 α 规定了组合优化中本地和全局 MSE 的相对权重。 α 的适当选择会允许自适应算法实现快速收敛时间和低稳态 MSE 的较好组合。

按照一个实施例，一旦选择了特定的 α 值，则可以选择步长参数 Δ_c 和 Δ_s ，并且以迭代方式更新时间系数 $C_m[n]$ 和空间系数 $S_m[n]$ 。例如，可以如下更新与第一天线支路相关联的时间和空间系数，即 $C_1[n]$ 和 $S_1[n]$ ：对于一组固定的空间系数 $S_1[n]$ ，根据下式更新 $C_1[n]$ ：

$$C_1^k[n+1] = C_1^k[n] + \Delta_c X_1[n, k] (\alpha (y[n] - \hat{y}_1[n])^* + (1 - \alpha) S_1^*[n] (y[n] - \hat{y}[n])^*) \quad (6)$$

其中 k 是 FIR 滤波器 470—1 中的系数索引， Δ_c 是时间系数的步长参数，而 $C_1[n+1]$ 代表时刻 $n+1$ 处经更新的时间系数。接着，对于一组固定的时间系数 $C_1[n]$ ，根据下式更新 $S_1[n]$ ：

$$S_1[n+1] = S_1[n] + \Delta_s \hat{y}_1[n] (y[n] - \hat{y}[n])^* \quad (7)$$

其中 Δ_s 是空间系数的步长参数，而 $S_1[n]$ 代表时刻 $n+1$ 处经更新的空间系数。类似地更新其他天线支路的时间系数 $C_m[n]$ 和空间系数 $S_m[n]$ 。步长参数 Δ_c 和 Δ_s 可以是确保迭代更新收敛的任意值。用于选择满足这些要求的步长参数的方法是本领域公知的。而且，其后是使这些嵌套迭代收敛到实现组合的 MSE 的本领域公知方法。

图 3 示出流程图 600，描述了执行时间系数 $C_m[n]$ 和空间系数 $S_m[n]$ 的组合优化

所必要的一个或多个步骤。流程图 600 的各步骤可以由一个控制系统来执行。步骤 601 中, 初始化时间系数 $C_m[n]$ 和空间系数 $S_m[n]$, 并且选择参数 α 、 Δ_c 和 Δ_s 的初始值。步骤 602 中, 用天线 m 上接收到的数据流 $X_m[n]$ 和时间系数 $C_m[n]$ 来为第 m 条天线支路产生发送码元的估计 $\hat{y}_m[n]$ 。步骤 603 中, 用空间组合器系数 $S_m[n]$ 组合每条天线支路上的估计, 以产生数据码元的组合估计 $\hat{y}[n]$ 。可以在步骤 604 中把组合估计传递至解码器, 并且在步骤 605 中对其评估, 以确定是否需要时间和空间系数的附加更新。当 MSE 误差处于可接受的小级别时, 附加更新也许不必要。步骤 606 中, 计数器为下一数据码元递增, 处理继续到步骤 602。步骤 607 和 608 中, 按照参数 α 、 Δ_c 和 Δ_s 更新时间系数 $C_m[n]$ 和空间系数 $S_m[n]$ 的值。步骤 609 中, 根据需要可以从步骤 601 中设定的初始值来调整参数 α 、 Δ_c 和 Δ_s 。例如, 通过调整 α , 可以控制本地优化和全局优化间的折衷。当 α 值接近于 0 时, 更新最好是全局优化的更新, 而不是本地优化的更新。类似地, 当 α 值接近于 1 时, 更新最好是本地优化的更新, 而不是全局优化的更新。这可能为增加的 MSE 误差大小折衷较快的收敛, 反之亦然。减少步长参数 Δ_c 和 Δ_s 的值会以迭代的较慢收敛为代价产生较低的稳态 MSE。增加步长参数 Δ_c 和 Δ_s 的值会加速迭代的收敛, 但导致增加的稳态 MSE。步骤 610 中, 计数器为下一导频码元递增。步骤 611 中, 处理确定是否已经处理了训练间隔内的最后一个数据码元。如果期望对同一数据流进行附加处理, 则继续到步骤 602。

本领域的技术人员能进一步理解, 结合这里所公开的实施例所描述的各种说明性的逻辑块、模块和算法步骤可以作为电子硬件、计算机软件或两者的组合来实现。为了清楚说明硬件和软件间的互换性, 各种说明性的组件、框图、模块、电路和步骤一般按照其功能性进行了阐述。这些功能性究竟作为硬件或软件来实现取决于整个系统所采用的特定的应用程序和设计。技术人员可以认识到在这些情况下硬件和软件的交互性, 以及怎样最好地实现每个特定应用程序的所述功能。技术人员可能以对于每个特定应用不同的方式来实现所述功能, 但这种实现决定不应被解释为造成背离本发明的范围。

结合这里所描述的实施例来描述的各种说明性的逻辑块、模块和算法步骤的实现或执行可以用: 通用处理器、数字信号处理器 (DSP)、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA) 或其它可编程逻辑器件、离散门或晶体管逻辑、离散硬件组件、或为执行这里所述功能而设计的任意组合。通用处理器可能是微处理器, 然而或者, 处理器可以是任何常规的处理器、控制器、微控制器或状态机。处理器也

可能用计算设备的组合来实现，如，DSP 和微处理器的组合、多个微处理器、结合 DSP 内核的一个或多个微处理器、或任意其它这种配置。

结合这里所公开实施例描述的方法或算法的步骤可能直接包含在硬件中、由处理器执行的软件模块中、或在两者当中。软件模块可能驻留在 RAM 存储器、快闪 (flash) 存储器、ROM 存储器、EPROM 存储器、EEPROM 存储器、寄存器、硬盘、可移动盘、CD-ROM、或本领域中已知的任何其它形式的存储媒体中。示例性存储媒体与处理器耦合，使得处理器可以从存储媒体读取信息，或把信息写入存储媒体。或者，存储媒体可以与处理器整合。处理器和存储媒体可能驻留在 ASIC 中。ASIC 可能驻留在订户单元中。或者，处理器和存储媒体可能作为离散组件驻留在用户终端中。

上述优选实施例的描述使本领域的技术人员能制造或使用本发明。这些实施例的各种修改对于本领域的技术人员来说是显而易见的，这里定义的一般原理可以被应用于其它实施例中而不使用创造能力。因此，本发明并不限于这里示出的实施例，而要符合与这里揭示的原理和新颖特征一致的最宽泛的范围。

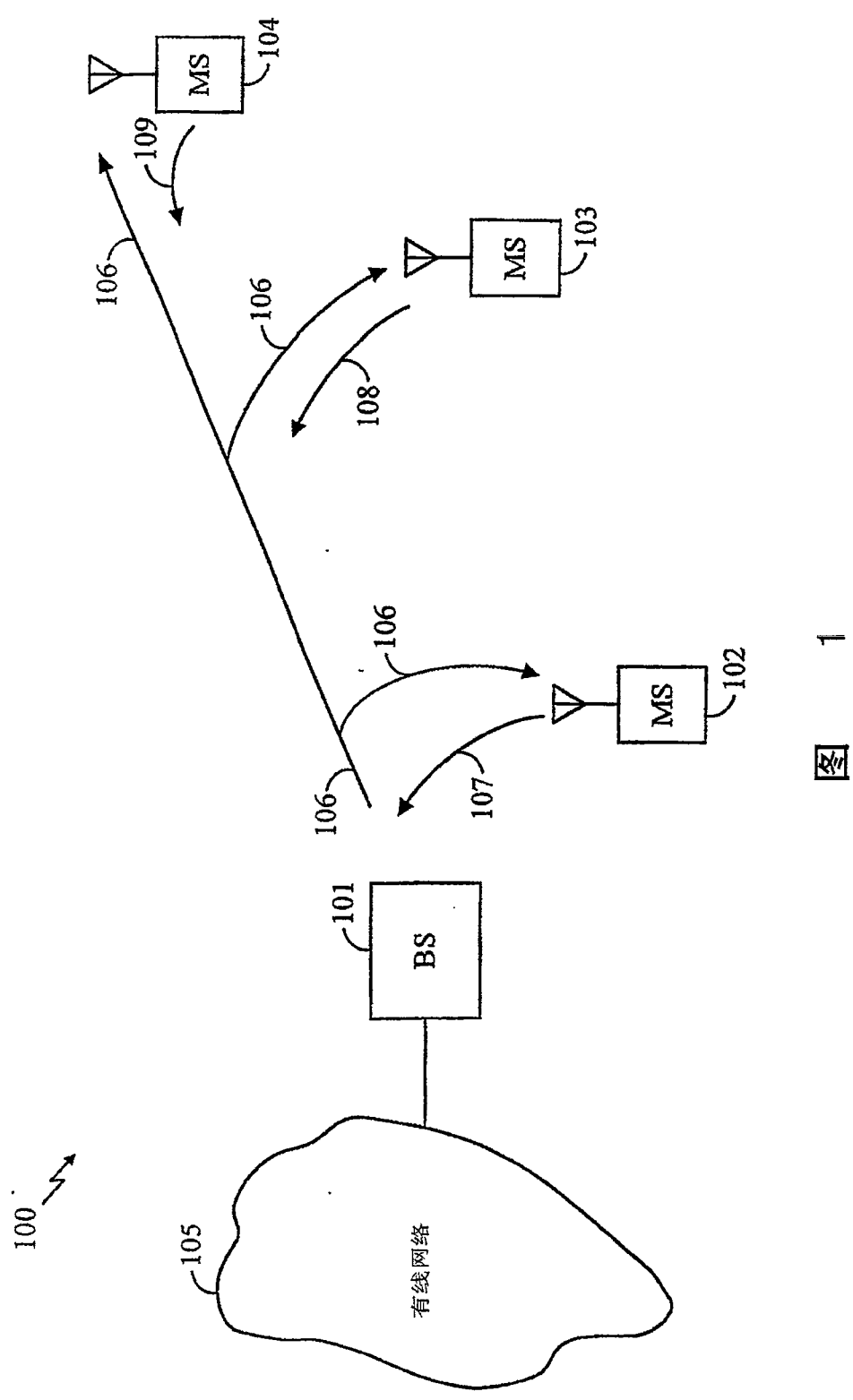


图 1

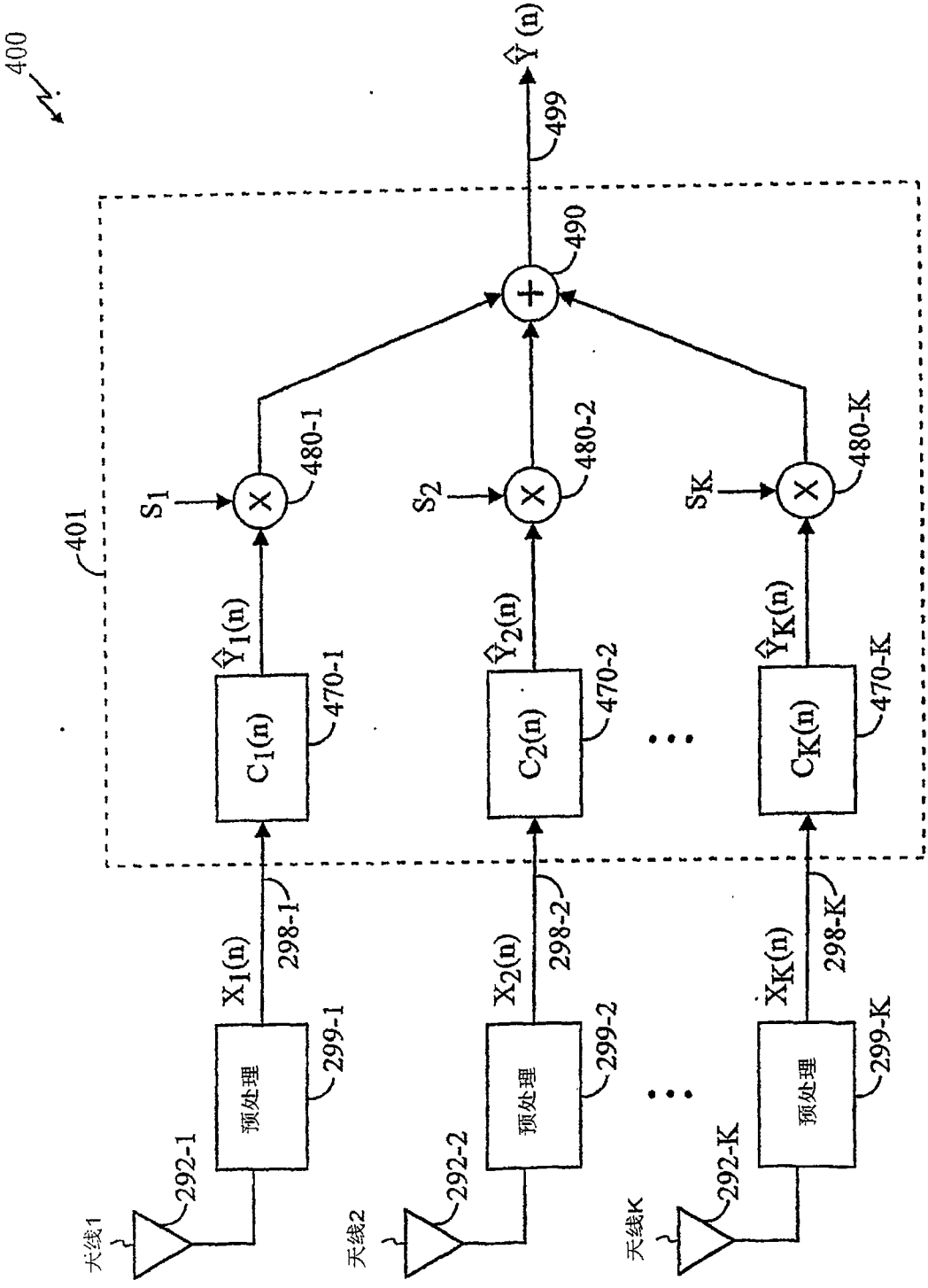


图 2

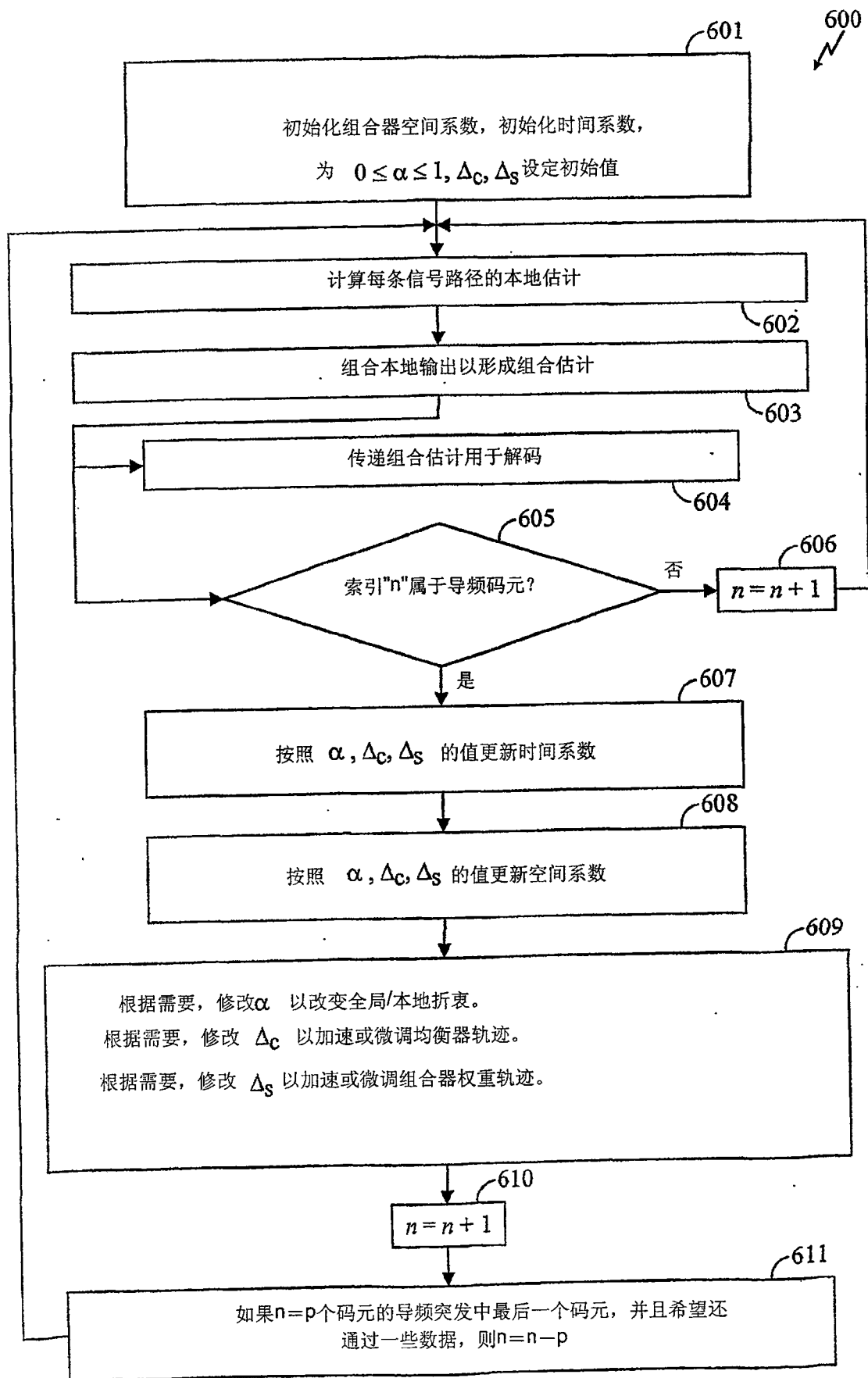


图 3