

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1685631 B

(45) 授权公告日 2010.12.08

(21) 申请号 03822938.2

(22) 申请日 2003.09.12

(30) 优先权数据
0222555.5 2002.09.28 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日
2005.03.25

(86) PCT申请的申请数据
PCT/IB2003/003985 2003.09.12

(87) PCT申请的公布数据
W02004/030238 EN 2004.04.08

(73) 专利权人 皇家飞利浦电子股份有限公司
地址 荷兰艾恩德霍芬

(72) 发明人 T·J·穆尔斯利 M·P·J·贝克
A·S·韦梅伦

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 程天正 梁永

(51) Int. Cl.

H04B 7/06 (2006.01)

H04W 84/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1327644 A, 2001.12.19,

审查员 阎岩

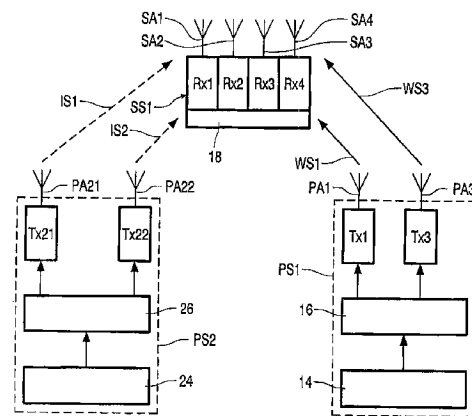
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 5 页

(54) 发明名称

MIMO 系统中的分组数据传输

(57) 摘要

一种分组数据传输系统,它包括具有信号发射与接收装置和天线 (PA1-PA4) 的主站 (PS),用于传播下行链路信号和接收上行链路信号;以及包括能够在主站的覆盖区域内漫游的多个次站 (SS)。每个次站 (SS) 具有:信号发射与接收装置 (16)、预定天数的天线 (SA1-SA4) 和用于监视它的无线电环境的装置。有关无线电环境的信息作为上行链路信号被中继到各个主站,主站修正分组数据信号的传输模式。次站响应于修正的下行链路信号的传输模式而对它的接收机资源进行适配,以处理分组数据信号和对任何干扰实施抵消。



1. 一种操作分组数据传输系统的方法,该系统包括具有多个天线 (PA1-PA4) 的主站 (PS1) 和具有多个天线 (SA1-SA4) 的至少一个次站 (SS1),该方法包括:主站 (PS1) 在成对的主站与次站天线之间的信号路径上发射分组数据,次站 (SS1) 监视它的无线电环境并把有关其无线电环境的信息发送到主站,主站 (PS1) 响应于这个信息而对它自身进行适配,以及次站 (SS1) 配置它的接收机资源 (Rx1-Rx4) 以用于处理接收的数据和干扰,其特征在于,次站 (SS1) 确定权重 $a = -h_{iA}/h_{iB}$,其中 h_{iA} 和 h_{iB} 分别是干扰源与每个次站天线 (SA1-SA4) 之间的信道传递函数,以及其中由次站 (SS1) 进行处理包括分别以权重“1”和“a”组合在次站天线处的接收信号,使得接收机输出是:

$$s \cdot h_{sA} + i \cdot h_{iA} + s \cdot a \cdot h_{sB} + i \cdot a \cdot h_{iB}$$

其中想要的信号被标注为“s”,干扰信号被标注为“i”,且次站天线被分别标注为 A 和 B,以及其中信道传递函数为: h_{iA} , h_{iB} , h_{sA} 和 h_{sB} 。

2. 如权利要求 1 中要求的方法,其特征在于,次站 (SS1) 向主站 (PS1) 建议它应当如何对它自身进行适配。

3. 如权利要求 2 中要求的方法,其特征在于,次站 (SS1) 建议主站 (PS1) 使用特定的天线子集来发射分组数据。

4. 如权利要求 2 或 3 中要求的方法,其特征在于,次站 (SS1) 建议将由主站 (PS1) 使用的、能接收的传输天线的最大期望数目。

5. 如权利要求 2 或 3 中要求的方法,其特征在于,次站 (SS1) 建议将由主站 (PS1) 使用的传输格式。

6. 如权利要求 2 或 3 中要求的方法,其特征在于,主站 (PS1) 按次站 (SS1) 所建议的来对它自身进行适配。

7. 如权利要求 1 或 2 中要求的方法,其特征在于,次站 (SS1) 确定要被用来接收分组数据的资源和要被用来进行干扰抑制的资源。

8. 如权利要求 1 或 2 中要求的方法,其特征在于,次站 (SS1) 监视在主站与次站天线 (PA1-PA4, SA1-SA4) 之间的路径的传递函数。

9. 一种分组数据传输系统,该系统包括主站 (PS1) 和至少一个次站 (SS1),其中该主站具有:多个天线 (PA1-PA4)、信号发射 (TX1-TX4) 和接收装置 (16) 以及用于响应于从次站 (SS1) 接收的信号而对它自身进行适配的装置,该次站具有:信号发射和接收装置 (RX1-RX4)、多个天线 (SA1-SA4)、用于监视它的无线电环境并且用于发射包括有关其无线电环境的信息的信号的装置 (18),以及用于配置它的接收机资源 (RX1-RX4) 以便处理从被适配的主站 (PS1) 接收的数据信号和干扰的装置 (18),其特征在于,次站适于确定权重 $a = -h_{iA}/h_{iB}$,其中 h_{iA} 和 h_{iB} 分别是干扰源与每个次站天线 (SA1-SA4) 之间的信道传递函数,以及其中由次站 (SS1) 进行处理包括分别以权重“1”和“a”组合在次站天线处的接收信号,使得接收机输出是:

$$s \cdot h_{sA} + i \cdot h_{iA} + s \cdot a \cdot h_{sB} + i \cdot a \cdot h_{iB}$$

其中想要的信号被标注为“s”,干扰信号被标注为“i”,且次站天线被分别标注为 A 和 B,以及其中信道传递函数为: h_{iA} , h_{iB} , h_{sA} 和 h_{sB} 。

10. 一种在包括具有多个天线 (PA1-PA4) 和信号发射 (TX1-TX4) 与接收装置的主站 (PS1) 的分组数据传输系统中使用的次站 (SS1),该次站 (SS1) 具有:信号发射与接收

(RX1-RX4) 装置、多个天线 (SA1-SA2)、用于监视它的无线电环境并且用于发射包括有关其无线电环境的信息的信号的装置 (18), 以及用于配置它的接收机资源 (RX1-RX4) 以便处理接收的数据信号和干扰的装置 (18), 其特征在于, 次站适于确定权重 $a = -h_{iA}/h_{iB}$, 其中 h_{iA} 和 h_{iB} 分别是干扰源与每个次站天线 (SA1-SA4) 之间的信道传递函数, 以及其中由次站 (SS1) 进行处理包括分别以权重“1”和“a”组合在次站天线处的接收信号, 使得接收机输出是:

$$s \cdot h_{sA} + i \cdot h_{iA} + s \cdot a \cdot h_{sB} + i \cdot a \cdot h_{iB}$$

其中想要的信号被标注为“s”, 干扰信号被标注为“i”, 且次站天线分别被标注为 A 和 B, 以及其中信道传递函数为: h_{iA} , h_{iB} , h_{sA} 和 h_{sB} 。

MIMO 系统中的分组数据传输

[0001] 本发明涉及分组数据传输系统,并且还涉及在这样的系统中使用的主站和次站以及用于操作这样的系统的方法。本发明具有对于 UMTS(通用移动通信系统)或称为 3GPP 的特定的、但并不排它的应用。

[0002] 对于在 UMTS 中的分组无线电,已经提出了被使用于高速下行链路分组接入(HSDPA)的 MIMO(多输入多输出天线系统)。在美国专利 6,067,290 中描述了 MIMO 系统的一个例子,其中多个天线的存在使得能够进行空间复用,由此用于传输的数据流被划分成多个子数据流,每个子数据流经由许多不同的路径被发送。另一个被称为 BLAST 系统的例子在 P.W.Wolniansky 等人的“V-BLAST:an architecture for realizing very high data rates over the rich-scattering wireless channel(V-BLAST:用于在强散射无线信道上实现很高数据速率的结构)”论文中进行了描述,该论文在 1998 URSI International Symposium on Signals, Systems and Electronics, Pisa,意大利,1998 年 9 月 29 日至 10 月 2 日,所发表的论文之中。

[0003] 可以从 MIMO 系统得到的性能增益可被使用来在给定的误码率下提高总的的数据速率,或减小对于给定的数据速率的误码率,或这二者的某些组合。MIMO 系统也可被控制来减小对于给定的数据速率和误码率而言的总发送能量或功率。

[0004] 可以应用 MIMO 技术的一个领域是高速下行链路分组接入(HSDPA)方案,该方案当前正被开发用于 UMTS,它可以促进到次站(例如移动站)的 4Mbps 以上的分组数据传递。在 HSDPA 的一个提议的实施例中,使用同一个信道化码的分开的数据流从主站(例如基站)的各个天线进行发送,以及这些数据流在原理上可以由至少具有与所存在的数据流一样多的天线的次站进行接收和译码。需要 ARQ(自动重复请求)方案来保证每个数据分组的正确传送,因为与在较差信道条件下被减小的系统吞吐量(由于多次重新发送)相比,精确的数据传输被认为是更重要的。

[0005] 将 MIMO 系统用于分组数据传输的一个问题是:不同的无线电链路质量对通信系统的影响。该方案在低干扰电平下可以很好地执行,但在高干扰电平下,诸如在小区边界附近将发生的高干扰电平下执行得不好,在小区边界来自相邻小区主站的干扰将大大地减小吞吐量。

[0006] 本发明的一个目的是减轻这样的干扰在分组数据传输中的影响。

[0007] 按照本发明的第一方面,提供了一种操作分组数据传输系统的方法,所述系统包括具有多个天线的主站和具有多个天线的至少一个次站,该方法包括主站在成对的主站与次站天线之间的信号路径上发射分组数据、次站监视它的无线电环境并把有关其无线电环境的信息发送到主站,主站响应于这个信息而对它自身进行适配,以及次站配置它的接收机资源以用于处理接收的数据和干扰。

[0008] 按照本发明的第二方面,提供了一种分组数据传输系统,该系统包括主站和至少一个次站,其中主站具有:多个天线、信号发射与接收装置和用于响应于从次站接收的信号而对它自身进行适配的装置,次站具有:信号发射与接收装置、多个天线、用于监视它的无线电环境并发射包含其无线电环境信息的信号的装置、和用于配置它的接收机资源以便处

理从被适配的主站接收的数据信号和干扰的装置。

[0009] 本发明是基于对于以下事实的认识：在被设计用来接收 MIMO 传输的次站中某些接收机资源可被使用于干扰抵消。不过，这些资源的分配取决于在次站处的干扰条件，该干扰条件例如由于次站在它的小区中的当前位置和与相邻小区中产生干扰的主站的接近度而变化。所以，次站监视这些条件并对最好使用哪些资源（例如其天线的数目或选取）接收来自主站的分组数据作出判决，以及通过上行链路信令通知主站。没有被这样地分配的某些或全部接收机资源可被使用于对来自相邻小区的主站的干扰抵消。然而，有关资源分配的判决在这个范围内是动态的，它可能由于条件发生变化而被改变。

[0010] 按照本发明的第三方面，提供了一种在包括具有多个天线和信号发射与接收装置的主站的分组数据传输系统中使用的次站，该次站具有：信号发射与接收装置、多个天线、用于监视它的无线电环境并发射包含其无线电环境信息的信号的装置、和用于配置它的接收机资源以便处理接收的数据信号和干扰的装置。

[0011] 按照本发明的第四方面，提供了一种在分组数据传输系统中使用的主站，该主站包括：多个天线、信号发射与接收装置、以及响应于从次站接收的信号以便适配被发送到该次站的信号的传输模式的装置。

[0012] 现在参照附图通过例子来描述本发明，其中：

[0013] 图 1 是蜂窝通信系统的图；

[0014] 图 2 是不带有干扰的 MIMO 系统的示意性方框图；

[0015] 图 3 是带有干扰的 MIMO 系统的示意性方框图；

[0016] 图 4 是带有由次站进行的干扰抵消的 MIMO 系统的示意性方框图；

[0017] 图 5 是带有干扰抵消的简化 MIMO 系统的示意性方框图；以及

[0018] 图 6 是图示按照本发明的方法的实施例的流程图。

[0019] 在这些附图中，相同的参考标号被使用来指示相应的特性。

[0020] 参照图 1，所图示的蜂窝通信系统包括主站 PS1、PS2、PS3，每个主站包含多个天线，在按照诸如 HSDPA 的传输系统的下行链路信道上进行的数据分组的 MIMO 传输中使用，以及用于接收上行链路信号的接收机。主站将在后面参照图 2 更详细地进行描述。主站的被称为小区的无线电覆盖区域 C1、C2、C3 部分地由影响信号传播的拓扑图形特性确定。为了便于说明起见，这些小区被显示为相等尺寸的正六边形。

[0021] 次站 SS1 和 SS2 也能够由小区 C1、C2、C3 确定的总的覆盖区域内漫游。每个次站 SS1、SS2 包括可被使用于 MIMO 接收的多个天线和用于发送上行链路信号的发射机。

[0022] 蜂窝通信系统的运行按照诸如 UMTS 的标准进行，该标准的细节在此引入以作为参考。因此，诸如切换等方面将不在本说明书中讨论，因为它们无关于对本发明的理解。

[0023] 以次站 SS1 作为例子，当它在小区 C1 内漫游时，由主站 PS1 发射的 MIMO 信号的接收质量不单随离主站 PS1 的距离变化，而且也随离相邻小区 C2 中的主站 PS2 的距离而变化。当次站 SS1 接近小区 C1、C2 之间概念上的边界时，由主站 PS2 发射的干扰信号 10 的电平提高，并且对从主站 PS1 接收的想要的信号 12 的接收质量造成有害的影响。对干扰信号 10 的有效的干扰抵消可以由次站 SS1 实施，因为信号 10 的格式是已知的。

[0024] 参照图 2，所图示的 MIMO 系统的例子包括主站 PS1，它具有单一的数据源 14，它被耦合到具有四个输出端的复接器 16，这四个输出端又被耦合到各个发射机 Tx1、Tx2、Tx3、

Tx4, 每个发射机具有它自己的天线 PA1、PA2、PA3、PA4。在运行时, 使用相同的信道化码的分开的数据流可以由发射机 Tx1 到 Tx4 中的各个发射机在下行链路上发射。虽然在图上未示出, 但该主站具有用于接收上行链路信号的接收机和用于控制主站 PS1 的运行的处理器。

[0025] 处在与主站 PS1 相同的小区中的、在范围内的次站 SS1 接收所述分开的分组数据流, 对它们进行译码并组合译码的数据。作为例子, 次站 SS1 包括与所存在的发射机 Tx1 到 Tx4 一样多的无线电接收机 Rx1、Rx2、Rx3、Rx4。接收机 Rx1 到 Rx4 中的每一个都具有它自己的天线 SA1 到 SA4。接收的信号被送到处理级 18, 处理级 18 恢复发送的分组数据流并重新组合数据。处理级 18 还引起其它要被实行的功能, 诸如监视下行链路的质量、选择天线 SA1 到 SA4 及其相关的接收机 Rx1 到 Rx4 的运行模式、以及通过发射机 (未示出) 发射上行链路信号。

[0026] 在最简单的情形下, 每个数据流被映射到天线 PA1 到 PA4 中的、适合于空间不相关的无线电信道的分开的一个天线。不过, 所述映射可以考虑在每一对天线之间, 也就是在天线 PA1 到 PA4 之一与天线 SA1 到 SA4 之一之间的下行链路的质量。

[0027] 参照图 3, 其上显示了 4×4 MIMO 排列, 想要的下行链路信号 WS1 到 WS4 受到位于相邻小区中的主站 PS2 的发射机 Tx21 和 Tx22 所产生的两个干扰者 (或干扰信号) IS1、IS2 的组合功率的影响。为了完整性起见, 主站 PS2 包括被耦合到复接器 26 的数据源 24, 复接器 26 把各个数据流提供给发射机 Tx21、Tx22, 每个发射机具有天线 PA21、PA22。

[0028] 两个干扰者 IS1、IS2 的组合使在次站 SS1 处接收的组的想要的信号功率恶化。为了减小并最好消除这些干扰的影响, 某些接收机资源被分配来进行干扰抵消。这被显示在图 4 上。

[0029] 通常, 能够通过例如天线输出的线性组合而被抵消的干扰源的数目等于接收机天线数目减去想要接收的信号数目。在图 4 上, 次站 SS1 已经配置它的接收机资源以用于接收来自主站 PS1 的发射机 Tx1 和 Tx3 的想要的下行链路信号 WS1 和 WS3, 以及次站 SS1 还正在抵消来自干扰者 IS1、IS2 的干扰。

[0030] 在选择供接收的发射信号和供抵消的干扰者时, 次站 SS1 可以使用由次站 SS1 确定的一个或多个准则, 例如, (1) 在产生干扰的发射机与接收机天线对之间的信道中的干扰电平, (2) 在发射机与接收机天线对之间信道的传递函数, (3) 对于选择的传输格式的信道质量, (4) 为了使得某些参数 (例如, 最小化干扰、最大化预期的吞吐量) 最佳化, 次站选择用于虚拟天线的天线系数, 以及 (5) 次站处的接收天线数目 (或有效数目) 是一个动态量。

[0031] 一旦次站就它将要如何分配它的接收机资源已作出同时的判决, 它就发射相关的信息作为上行链路信号。所述相关的信息可以取多种形式, 例如, (a) 在每个接收机天线 SA1 到 SA4 处的干扰电平, (b) 相对于一个基准而定义的干扰电平, 其中干扰的基准可以是一个接收天线, (c) 仅仅对于所选择的天线的干扰信息, (d) 在基于干扰 (例如, 最低干扰电平) 选择天线的情况下, 以上 (a) 到 (c) 的任一项, (e) 在基于抵消后的干扰 (例如, 在使用一个或多个空闲的接收天线进行抵消后的最低干扰电平) 选择天线的情况下, 以上 (a) 到 (c) 的任一项, (f) 在每对发射和接收天线之间的传递函数, 其中传递函数可被限于单个复数, (g) 相对于在接收天线处的干扰电平而归一化的传递函数, (h) 相对于一个基准而定义的传递函数, 其中传递函数的基准可以是一个天线对, (i) 仅仅用于所选择的天线对的传

递函数信息, (j) 在基于传递函数 (例如, 最低的路径损耗) 选择天线对的情况下, 以上 (f) 到 (i) 的任一项, (k) 相对于在抵消后、在接收天线处的干扰电平而归一化的传递函数, (l) 在基于干扰抵消后的传递函数选择天线对的情况下, 以上 (f) 到 (k) 的任一项, (m) 对于每个可能的传输格式和资源的分配, 每个天线对的信道质量, (n) 每个天线对按照 SNR 定义的信道质量, (o) 按照可达到的比特速率 (即, 码速率) 定义的信道质量, (p) 按照所建议的传输格式定义的信道质量, (q) 仅仅对于所选择的传输格式的信道质量信息, (r) 在基于预期的吞吐量选择传输格式的情况下, 以上 (m) 到 (q) 的任一项, (s) 在从可能格式的子集之中选择传输格式的情况下, 以上 (m) 到 (q) 的任一项, (t) 在接收天线作为从来自次站处真实天线的信号的线性组合而得到的“虚拟天线”的情况下, 以上的任一项, (u) 在虚拟天线数目小于或等于真实天线数目的情况下, 以上的任一项, (v) 在次站为了最佳化某些参数 (例如, 干扰最小化、预期的吞吐量最大化) 而选择系数以获得虚拟天线的情况下, 以上的任一项, (w) 在次站向主站指示的接收天线的数目取决于信道条件的场合下, 以上的任一项或没有任何一项, (x) 可接收传输的天线的期望的最大数目, 以及 (y) 发射天线的特定的选择。

[0032] 主站响应于上行链路信号可以进行适配: (1) 总体传输方案 (例如, 空间时间编码, 分集, MIMO 技术, 数据到天线的映射, 功率分配), (2) 所使用的发射天线的数目, (3) 发射天线的分配, 以及 (4) 分配 (未使用的) 天线给其它用户的信号。

[0033] 取决于主站期望的响应速度, 至少部分相关的信息可以在物理层被通知, 这比起使用比方说协议层将产生更快速的响应。

[0034] 图 5 图示了带有干扰抵消的简化的 MIMO 系统。为了数学地说明该干扰抵消方案的运行, 想要的信号标注为“s”, 干扰信号标注为“i”, 以及次站天线分别标注为“A”和“B”。

[0035] 信道传递函数是: h_{iA} , h_{iB} , h_{sA} 和 h_{sB} 。

[0036] 如果在天线 A 和 B 处的接收信号分别以权重“1”和“a”被组合, 则接收机输出是:

[0037] $s \cdot h_{sA} + i \cdot h_{iA} + s \cdot a \cdot h_{sB} + i \cdot a \cdot h_{iB}$

[0038] 没有噪声时, 通过选取以下项而达到干扰抵消:

[0039] $a = -h_{iA}/h_{iB}$

[0040] 在这种情形下, 想要的信号是:

[0041] $s(h_{sA} - (h_{sB} \cdot h_{iA}/h_{iB}))$

[0042] 信道系数可以通过测量来自每个天线的导引符号而得到。该方法可被扩展以在存在噪声时、以及对于运行中的一个以上的发射机天线, 计算最适宜的组合的权重。

[0043] 在把这个概念应用到诸如 UMTS 的系统中的 MIMO 和 HSDPA 的组合时, 主站将选择在用于到预定次站的传输的下行链路中要使用的调制、编码方案和其它相关的特性。这个选择将考虑到由次站提供的信道信息。在进行选择时, 主站将决定一个或多个天线的使用以及是否使用 MIMO (或其它分集技术)。

[0044] 信道信息可以根据从主站发送的导引符号的接收的 (复数) 幅度以及在次站处的干扰电平而被提供。任选地, 虑及在每个天线处不同的干扰, 有可能由干扰电平来归一化导引幅度。

[0045] 如果主站要作出使用多少个发射天线的决定, 需要知道所有的信道系数 (包括用于干扰的信道系数) 以及次站抵消干扰的能力。这将需要很大的信令负荷。

[0046] 允许次站作出所有的或部分的决定, 将减小潜在的信令负荷。

[0047] 如果特定的被通知的导引幅度被指定以表示低的或零导引幅度,则这个数值也可以被移动台使用来表示相应的天线不应当被使用于传输。这将允许次站至少部分地确定主站要使用多少个发射天线。所以,该次站可确保它具有足够的资源来实行干扰抵消(如果需要的话)。

[0048] 在另外的情形下,如果应用全 MIMO(使用所有的接收机天线),则次站可确定只有一部分下行链路数据可以被可靠地恢复。如果这样的话,次站也许能够使用最终得到的额外的自由度来抵消干扰。

[0049] 参照图 6,该流程图包括方框 30,它涉及次站进行有关其无线电环境的测量,该测量包括测量在信道的每个路径之间的信道特性以及测量干扰的特性。方框 32 涉及次站发送有关对于主站作出的测量的信息。这个信息也可以包括关于要使用的传输格式和/或天线的数目或对天线或天线子集的具体选取的建议。方框 34 涉及主站对传输格式和/或要使用的天线作出决定。在作出决定的一个例子中,主站遵从次站的建议,其具有减小可能是必须的下行链路信令量的优点。在另一个例子中,主站告知次站它将要做的工作,这些工作可能是次站的建议的一部分或全部。最后,方框 36 涉及次站决定对于接收的传输和干扰所要做的工作以及据此配置它的接收机资源。

[0050] 取决于 MIMO 系统的实施方案,次站在作出决定时可具有或多或少的自主权。

[0051] 虽然本发明是针对 FDD 运行模式,但如果上行链路和下行链路信道使用同一个频率上的不同的时隙,则它可应用于 TDD 模式。在 TDD 模式中,信道将是互易(reciprocal)的,以及对于信道信息的信令的需要被减小。

[0052] 在以上的描述中主站所承担的作用实际上可以是固定基础结构的各种各样组成部分的职责,所述组成部分例如是“节点 B”,它在 UMTS 中是直接与次站接口的、或是在无线网控制器(RNC)中处于较高级别的、固定基础结构的组成部分。所以在本说明书中,术语“主站”的使用应当理解为包括在本发明的实施例中牵涉到的网络固定基础结构的组成部分。

[0053] 虽然以上描述涉及主站和次站的某些角色,但应当理解,这些角色在本发明的某些实施例中可以颠倒。

[0054] 在本说明书和权利要求中,元件前面的词语“一个”并不排除多个这样元件的存在。而且,词语“包括”并不排除与列出的元件或步骤不同的其它元件或步骤的存在。

[0055] 通过阅读本公开内容,其它的修正对于本领域技术人员来说将是显而易见的。这样的修正可能牵涉其它的特性,它们在设计、制造和使用分组数据传输系统及其部件方面是已知的,以及它们可以代替在这里已描述的特性而被使用、或附加于这些已描述的特性而被使用。

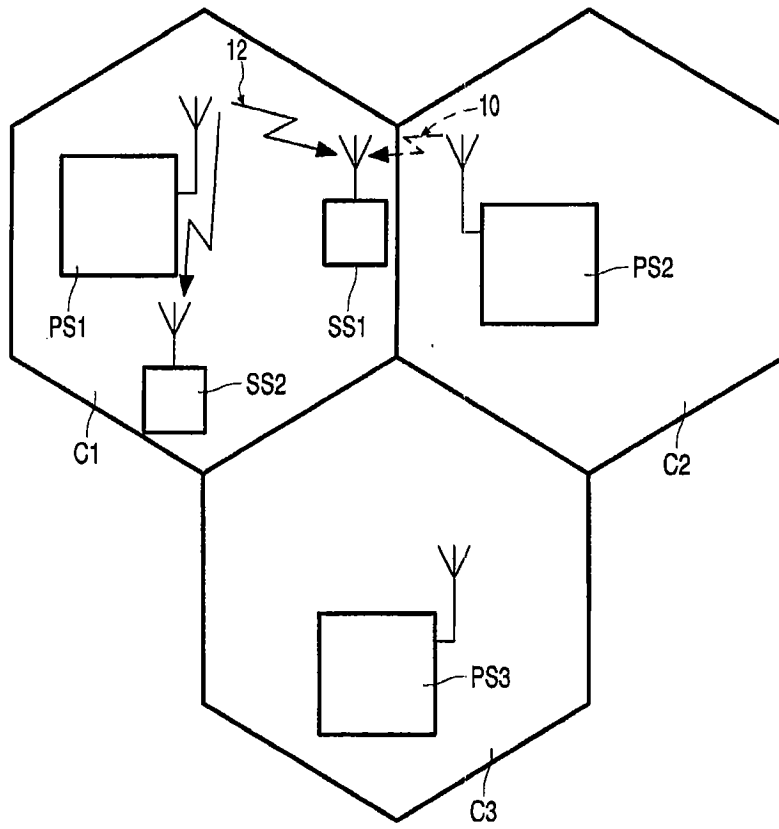


图 1

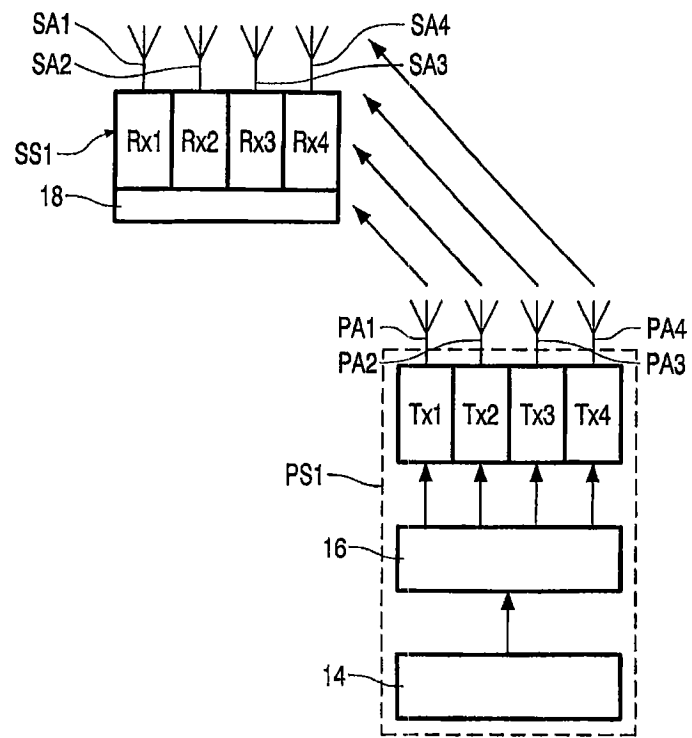


图 2

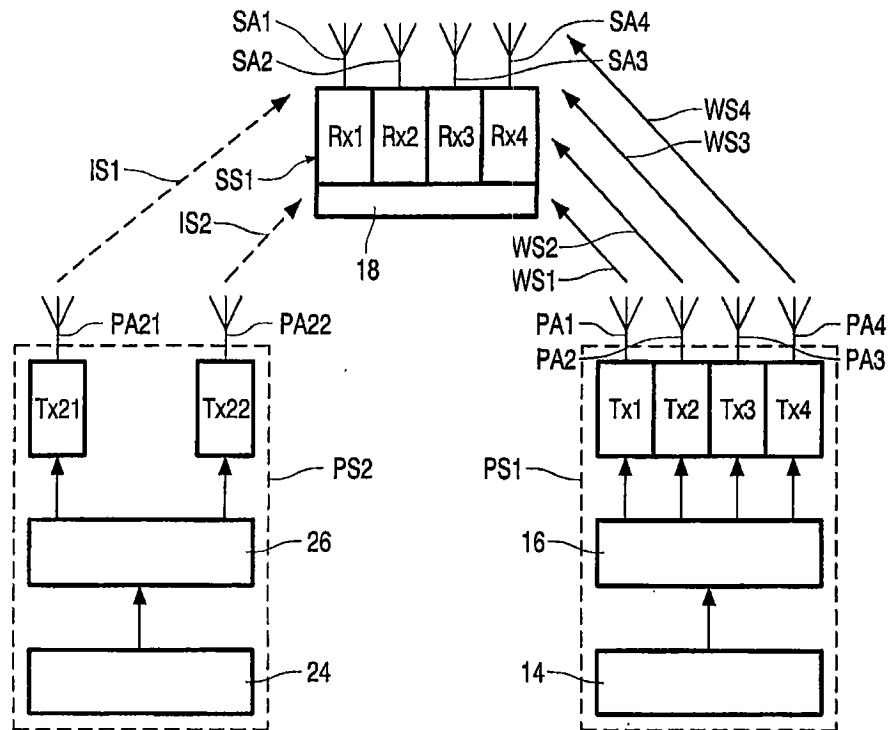


图 3

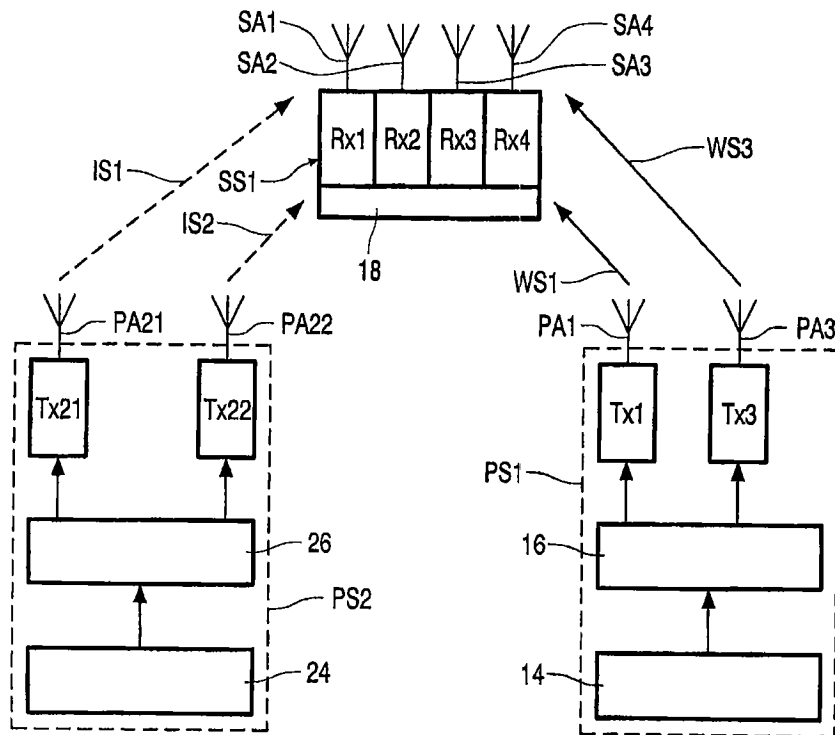


图 4

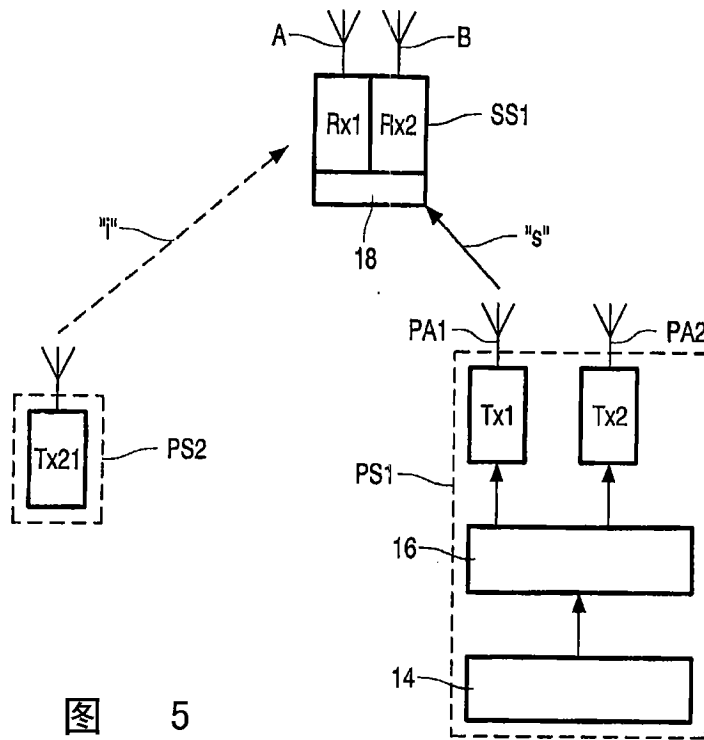


图 5

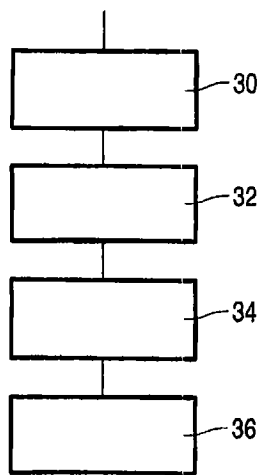


图 6