

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101047474 B

(45) 授权公告日 2010.06.02

(21) 申请号 200710067957.8

CN 1748383 A, 2006.03.15, 全文.

(22) 申请日 2007.04.10

EP 1615384 A1, 2006.01.11, 全文.

(73) 专利权人 杭州电子科技大学

冯媛, 谢显中, 杨陶, 杨永记. 降低多用户

地址 310018 浙江省杭州市江干区下沙高教  
园区 2 号大街

MIMO 下行检测复杂性的联合发送技术. 电子与信息学报 29 1. 2007, 29(1), 174-176.

审查员 曹志明

(72) 发明人 章坚武 孙雯

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公  
司 33200

代理人 张法高

(51) Int. Cl.

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 1/06 (2006.01)

H04L 27/26 (2006.01)

H04B 1/707 (2006.01)

H04J 13/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1540900 A, 2004.10.27, 全文.

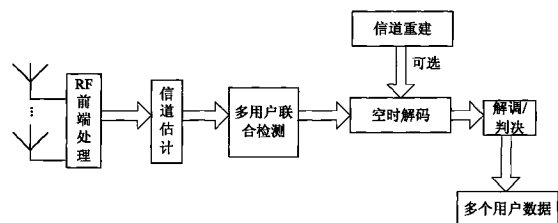
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54) 发明名称

一种结合 MIMO 技术的 TD-SCDMA 上行链路方法

(57) 摘要

本发明涉及一种 TD-SCDMA 上行链路方法。目前 MIMO 技术还未在 TD-SCDMA 系统中得到应用。本发明提出了一种将 MIMO 技术应用于 TD-SCDMA 上行链路系统中的一种方案。本方案采用在移动台发射端使用两副天线, 并对发送数据进行空时编码, 在基站接收端采用多副天线接收。本系统在接收时先考虑多用户信号的分离, 然后再考虑对用户信号进行时空解码。本方案可以增加 TD-SCDMA 系统容量, 提高系统性能, 而且空时码解码复杂度低, 易于实现。



1. 一种结合 MIMO 技术的 TD-SCDMA 上行链路方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

(1) 移动台发射端先将数字信号信息源进行 QPSK 调制,然后再进行 STBC(2, k) 空时编码;其编码规则为:假如输入  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_k$  一串数字序列,则编码后是  $2 \times k$  维矩阵

$$\begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & \dots & s_{k-1} & -s_k^* \\ s_2 & s_1^* & \dots & s_k & s_{k-1}^* \end{bmatrix};$$

(2) 将编码后的信号按照每行数据使用一种扩频码和扰码的规则分别进行扩频加扰;

(3) 将扩频加扰后的信号组成 TD-SCDMA 用户帧结构,经双天线进行发射;TD-SCDMA 用户帧结构包括中缀码、用户码片符号和时隙间隔;

(4) 基站接收端使用天线阵列接收经过上行链路到达的用户数据并存储到天线阵列存储单元,然后利用已知的用户中缀码信息通过最小均方误差算法进行估计,得到信道参数矩阵  $H = (B^H B)^{-1} B^H Y$ ,其中 B 表示中缀码序列, Y 表示经过信道后接收端接收到的中缀码;

(5) 利用第 (4) 步所估计出来的信道参数,以及已知的用户扩频码和用户扰码进行信道卷积,信道卷积的公式为  $b^{(k)} = c^{(k)} * h^{(k)}$ ,其中  $h^{(k)}$  表示第 k 个用户的信道冲击响应,  $c^{(k)}$  表示第 k 个用户的扩频码;

(6) 利用第 (5) 步所得信道卷积采用迫零线性滤波联合检测算法进行多用户分离,表示为  $\hat{S}_{ZF-BLE} = (A^H R_n^{-1} A)^{-1} R_n^{-1} A^H e$ ,其中  $\hat{S}_{ZF-BLE}$  是分离后每个用户的数据值, e 是基站接收到的信号抽样数据矢量, A 是权量矩阵,  $R_n$  是噪声的矩阵;

A 矩阵的值由式  $A_{G(n-1)+l, n+N(k-1)} = \begin{cases} b_{k,l}, (k=1, 2, \dots, K; n=1, \dots, N; l=1, 2, \dots, G+W-1) \\ 0, (else) \end{cases}$  得到,其中 K 表示总用户数, W 表示信道冲击响应长度, N 表示总用户数据的数目, G 表示扩频码的扩频因子, b 是扩频码和信道冲击响应的卷积;

(7) 利用第 (6) 步所得的多用户信号再进行空时解码;

(8) 将第 (7) 步所得进行信号解调判决,得到最终用户数据。

2. 如权利要求 1 所述的一种结合 MIMO 技术的 TD-SCDMA 上行链路方法,其特征在于所述的步骤 (7) 空时解码的方法是首先将多用户分离后所得到的用户信号分别和各自的信道估计参数相乘,得到类似于初始接收的信号,然后按照 STBC 解码准则,得到用户数据估计值  $\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_k$ 。

3. 如权利要求 1 所述的一种结合 MIMO 技术的 TD-SCDMA 上行链路方法,其特征在于所述的步骤 (7) 空时解码的方法是采用公式  $\hat{s}_1 = r_1 + r_2^*$   $\hat{s}_2 = r_1 - r_2^*$ ,其中  $r_1, r_2$  分别为时刻一和时刻二某一天线接收到的已经经过多用户分离的用户信号。

## 一种结合 MIMO 技术的 TD-SCDMA 上行链路方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信领域,尤其是涉及一种 TD-SCDMA 上行链路方法。

### 背景技术

[0002] TD-SCDMA(时分同步码分多址)系统是具有中国自主知识产权的第三代通信(3G)标准之一,其所使用的联合检测技术可以解决移动通信中多址干扰的问题,增加系统的抗干扰能力。MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)系统是在上个世纪末美国的贝尔实验室提出的多天线通信系统,利用 MIMO 技术之后的信道容量随着天线数量的增大而线性增大。也就是说可以在不增加频谱资源(带宽)和天线发送功率的情况下,利用 MIMO 信道可以成倍地提高无线信道容量或频谱利用率,利用 MIMO 技术还可以提高信道的可靠性(利用 MIMO 信道提供的空间复用增益),降低误码率(利用 MIMO 信道提供的空间分集增益)。

[0003] 空时编码是 MIMO 技术领域研究的热点之一,常见的空时码有空时分组码、空时块码、空时格码。空时码的主要思想是利用空间和时间上的编码实现一定的空间分集和时间分集,从而降低信道误码率。空时编码在理论上研究的较为透彻,但和实际系统结合的研究不多,特别是能用于由中国首次提出的具有自主知识产权的国际 3G 标准 TD-SCDMA 系统的空时编码,讨论地不多。

[0004] 目前 MIMO 技术已经成为 3GPP 中关于高速下行分组接入(HSDPA)的关键技术之一。当前,对于 MIMO 技术在 WCDMA 系统中的应用研究,已经取得了一些研究成果(如 3GPP 协议中 TR25848-400 提到的 RAKE-BLAST 方法),但是还未在 TD-SCDMA 系统中得到应用。

[0005] 将 MIMO 技术应用于 TD-SCDMA 系统主要存在以下问题:其中最基本的一个问题是移动终端能够安装的天线数量限制,移动终端设备要求体积小、重量轻、耗电少,如果在移动终端安装过多的天线,就有可能导致天线不能正常工作,以当今的技术水平,在移动终端采用两副天线是比较合适的选择;另一个问题是在基站接收端多用户分离和空时解码的次序问题,TD-SCDMA 系统中所使用的多用户分离技术本身就是一种很好的抗干扰技术,而 MIMO 中单独使用空时分组编码时理论上也能使信噪比增加到原来的 M 倍,其中 M 是指发射天线数量和接收天线数量中较小的一个值。但是这两种技术都是对接收到的初始数据进行一系列的变化以得到用户数据的估计值,所以要把这两种技术用在一起就不得不考虑在接收端进行处理时的一个次序问题,必须选择一个合理的次序使得两者能够稳定发挥其原有作用。

### 发明内容

[0006] 本发明针对现有技术的不足,提出了一种将 MIMO 技术应用于 TD-SCDMA 上行链路系统中的一种方案。本发明将 4G 当中的 MIMO 技术应用于 TD-SCDMA 系统之中,促进 TD-SCDMA 的发展和进一步完善。本方案采用在移动台发射端使用两副天线,并对发送数据进行空时编码,在基站接收端采用多副天线接收,本系统在接收时先考虑多用户信号的分离,然后在考虑对用户信号进行时空解码。

[0007] 本发明的具体步骤如下：

[0008] 1、移动台发射端先将信息源（数字信号）进行 QPSK 调制，然后再进行 STBC(2, k) 空时编码，其编码规则为，假如输入  $s_1, s_2, s_3, \dots, s_k$  一串数字序列，则编码后是  $2 \times k$  维矩阵

阵  $\begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* & \dots & s_{k-1} & -s_k^* \\ s_2 & s_1^* & \dots & s_k & s_{k-1}^* \end{bmatrix}$ 。简单来说，也就是原序列每两个数据为一组，如  $s_1, s_2$  可编码为  $\begin{bmatrix} s_1 & -s_2^* \\ s_2 & s_1^* \end{bmatrix}$ ，接下去的序列可按这个规则依次编码下去。

[0009] 2、将编码后按照每行数据使用一种扩频码和扰码分别进行扩频加扰，也就是说一个移动台要使用两组扩频码，两组扰码。

[0010] 3、将扩频加扰后的信号组成 TD-SCDMA 用户帧结构，经双天线进行发射。TD-SCDMA 用户帧结构包括中缀码、用户码片符号、和时隙间隔。由于用户码片符号有两行，分别对应两副天线进行发送，因此，每副天线也对应不同的中缀码，即一个移动台需要使用两组中缀码，一个双天线的移动台可看作发送两个用户的信息。

[0011] 4、基站接收端使用天线阵列接收经过上行链路到达的用户数据并存储到天线阵列存储单元，然后利用已知的用户中缀码信息通过最小均方误差算法 (MMSE) 进行估计，得到信道参数矩阵  $H = (B^H B)^{-1} B^H Y$ ，其中  $B$  表示中缀码序列（包括将该中缀码序列多径延迟后的信号，如中缀码长度为  $L$ ，最大延迟为  $T$ ，则该矩阵的维数为  $[L-T+1, T]$ ）， $Y$  表示经过信道后接收端接收到的中缀码。

[0012] 5、利用第 4 步所估计出来的信道参数，以及已知的用户扩频码和用户扰码进行信道卷积，信道卷积的公式为  $b^{(k)} = c^{(k)} * h^{(k)}$ ，其中  $h^{(k)}$  表示第  $k$  个用户的信道冲击响应， $c^{(k)}$  表示第  $k$  个用户的扩频码。

[0013] 6、利用第 5 步所得信道卷积进行多用户分离，多用户分离使用迫零线性滤波 (ZF-BLE) 联合检测算法，该算法的数学表达式为  $\hat{S}_{ZF-BLE} = (A^H R_n^{-1} A)^{-1} R_n^{-1} A^H e$ ，其中  $e$  是基站接收到的信号抽样数据矢量， $A$  是权量矩阵， $R_n$  是噪声矩阵。因此，本式中最重要的是要确定  $A$  的值，当  $A$  的值确定之后，就可以估计出原用户数据  $S$ 。 $A$  矩阵的值可以由下式得到： $A_{G(n-1)+l, n+N(k-1)} = \begin{cases} b_{k,l} & (k=1, 2, \dots, K; n=1, \dots, N; l=1, 2, \dots, G+W-1) \\ 0 & (else) \end{cases}$  其中  $K$  表示总用户数， $W$  表示信道冲击响应长度。 $b$  是扩频码和信道冲击响应的卷积。

[0014] 7、利用第 6 步所得的多用户信号再进行空时解码。STBC 解码方法可表示为  $\hat{s}_1 = h_1^* r_1 + h_2^* r_2$ ， $\hat{s}_2 = h_2^* r_1 - h_1^* r_2$ ，其中  $r_1, r_2$  分别为时刻一和时刻二，某一天线接收到的用户信号， $h_1, h_2$  分别为发送天线一、发送天线二到某一接收天线的信道参数。根据本系统的特殊性（不是直接将接收信号进行空时解码，而是先进行了多用户分离），由于在多用户分离中已经将初步的用户信号给分离出来了，因此可考虑用两种方式进行解码。第一种方式是：首先，将多用户分离后所得到的用户信号分别和各自的信道估计参数相乘，得到类似于初始接收的信号，然后前面所述的 STBC 解码准则，得到用户数据估计值  $\hat{s}_1, \hat{s}_2, \dots, \hat{s}_k$ ，第二种方式是不考虑信道参数，公式调整为  $\hat{s}_1 = r_1 + r_2^*$ ， $\hat{s}_2 = r_1 - r_2^*$ ，由于此时的  $r_1, r_2$  是已经去除了信道干扰的数据（通过第六步中所述的信道卷积），因此可以忽略信道参数而直接将数据进行相加相减，这样就大大减少了解码中的运算量，是一种适用于这个系统的次优解码方法。

[0015] 8、将第 7 步所得进行信号解调判决,得到最终用户数据。

[0016] 本发明从空间分集的角度出发,使用了一种适合于移动终端使用两个天线情况下的空时编码,同时也考虑到了在基站使用多天线阵列来组成一个多路发送多路接收的 MIMO 结构。本发明方法具有以下特点:

[0017] 1、充分利用了现有的技术,实现简单。TD-SCDMA 现有的一些技术都已经用到了 TD-SCDMA 手机、基站的设备中。因此,我们在引入新技术到该系统时就要考虑到系统的兼容性问题。本发明中使用的 MIMO 天线,只是在移动台增加了一副天线,以及一个非常简单的空时编码技术,在软件上和硬件上的变化都非常小。计算量相对较小,对系统负荷的影响不大,易于实现。

[0018] 2、充分结合了 MIMO 技术,MIMO 技术是目前比较热门的 4G 技术之一,但是要把真正用到诸如 TD-SCDMA 这样的系统中,还是存在不少问题的,而本发明就是做了在这方面的一个探索,得到了这样一个应用模型。

[0019] 3、充分利用了空时码的特点以及本系统的要求,使用了一种比较易于实现的空时码,并在解码时根据 TD-SCDMA 信息帧的特点做了改进。

[0020] 本发明将 MIMO 技术和现有的 TD-SCDMA 系统相结合,充分利用了两种的优势,以及各自的特点,以简单的方式把两者结合起来,达到提高 TD-SCDMA 性能目的。

#### 附图说明

[0021] 图 1 为本发明中移动台的流程图;

[0022] 图 2 为本发明基站的流程图。

[0023] 具体实施方案

[0024] 下面结合附图以及具体实例对本方案进行详细描述,以便进一步理解本方案的原理、步骤和特点。

[0025] 图 1 是本发明提出的移动台的流程图。该结构图由用户数据发生单元,调制单元,空时编码单元,扩频加扰单元,中缀码产生单元,用户帧结构形成单元和 2 副发送天线组成。这里所指的用户数据是数字信号,如果输入数据是模拟信号,就应该已经经过了模数变化的过程。用户数据经过调制单元,数字比特就被映射为复数符号,如经过 QPSK 调制的数字比特其映射规则为:00+j,01+1,10-1,11-j。调制后的信号将进行空时编码,考虑到 TD-SCDMA 帧结构中包括两组用户数据,中间被中缀码隔断,因此可以把数据一组一组来处理,而不是一个一个的再进行处理,具体的方法如下:设两组数据分别为  $X_1, X_2$ ,对  $X_1$  取共轭得到  $X_1^*$ ,对  $X_2$  取共轭负数得到  $-X_2^*$ ,组成  $[X_1, X_2, -X_2^*, X_1^*]^T$  矩阵后按列读出,并变换为  $2 \times N$  矩阵, $N$  为用户符号数,然后再分别对每一行的数据进行扩频加扰处理,得到具有不同用户码的两行用户数据,最后对每行用户数据加上各自的中缀码,形成两行 TD-SCDMA 帧结构后各自通过一副发送天线进行发送操作,在实际应用中,发送之前还要先经过放大器,载频器等射频前端电路的处理。

[0026] 图 2 是本发明提出的基站流程图。该结构图由 RF 射频前端处理单元、信道估计单元、多用户联合检测单元、空时码解码单元、解调 / 判决单元、多用户数据单元、可选的信道重建单元以及多个接收天线组成。基站的接收天线先接收小区内由各个移动台发送过来的用户信息,之后先进行射频前端处理,包括信号的下变频,模数转化等,得到数字基带信号,

然后从该信号中分离出上行信号中的中缀码,将这些中缀码信息送入信道估计器,估计出每个用户的信道冲激响应,再将这些信道冲激响应数据与用户的扩频扰码相卷积,得到信道卷积。根据这些信道卷积信息,我们就可以进行多用户检测,分离出各个用户信息。不过由于在发射时我们把同个移动台的两个天线看作了两个用户,因此在这边我们还要进行这两个用户信息的合并,这里就要用到空时解码。从前面的分析中我们也可以看出,空时解码在这里有两种方式,一种使用了信道重建,而另一种则不需要这个过程。所谓的信道重建是指对已经得到的用户信号,再经历一次与发送接收之间相似的信道(当然此次经历的信道是我们估计出来的信道)这样估计出来的用户信息比较准确,但是增加了运算上的复杂度,而直接多用户检测后的信号进行处理较为简单,计算量上大大减少,但是要牺牲一部分的性能,因此,两者方法都有自己的优势与不足,在实际情况下需要使用哪一种方案就需要联系实际要求来考虑了。

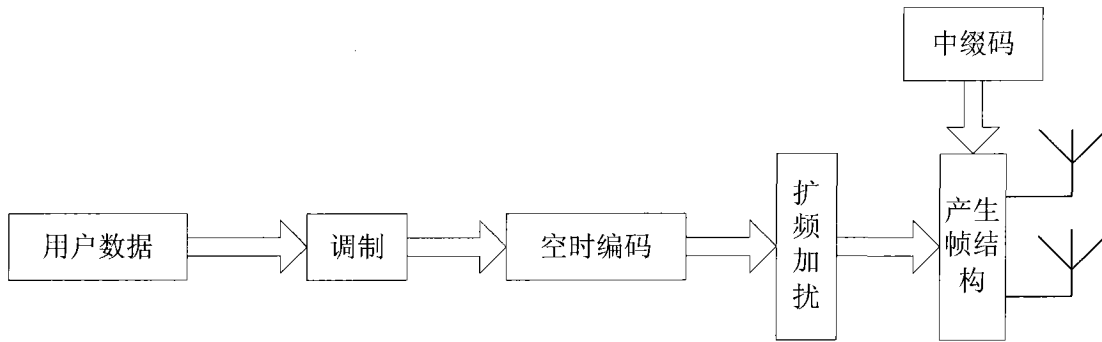


图 1

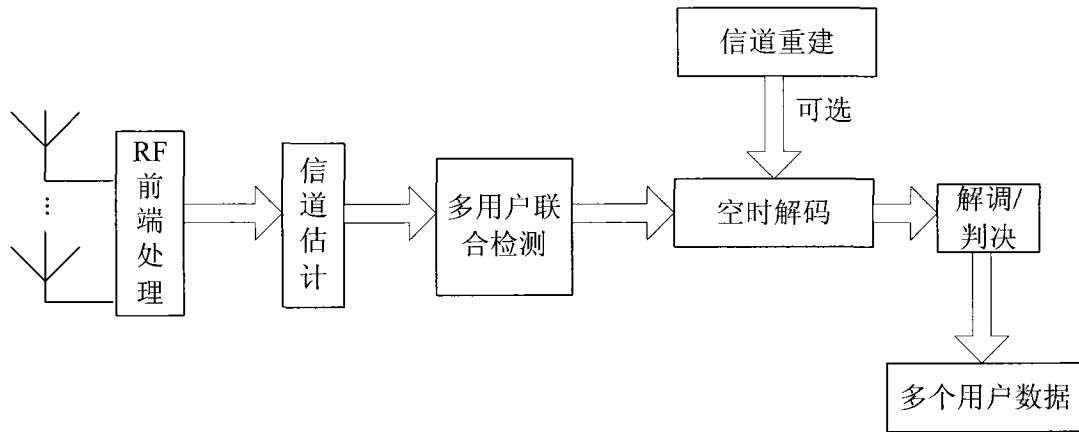


图 2