

HSDPA 下空分复用的研究与实现

张文菲 朱钢

(南京航空航天大学信息科学与技术学院,南京 210016)

【摘要】 考虑到 td-scdma 系统的特殊性质,并结合 td-scdma 系统中已用的空分多址技术,提出了一种基于 HSDPA 的,不依赖于用户空间的特征估计的空分复用方案。方案结合室内天线分布的性质,能够让处于不同隔离度的用户共享相同的码资源。文章给出了在 HSDPA 业务中的仿真实例,仿真结果表明,该方法能够有效达到空分复用的效果,能在一定程度上得到吞吐量的提升。

【关键词】 空分复用;室内天线分布;HSDPA;调度

Space division multiplexing on HSDPA

Zhang Wenfei Zhu Gang

(Science and Technology Information Institute,
Nanjing University of Aeronautics and Astronautics,Nanjing,210016)

【Abstract】 taking account the special character of td-scdma system,combing the spatial division multiple access technology that existed in td-scdma system,so propose a SDM method which based on HSDPA,and not depending on the user space character. depending the indoor antenna ,it allows users at different isolation resources share the same code. The simulation result shows the method can achieve the spatial reuse effectively,and increase the cell throughput.

【Key Words】 space division multiplexing;indoor antenna distribution;HSDPA;scheduling

1 引言

随着 3g 网络的铺设,移动用户会越来越多,但是 TD-SCDMA 是一个码道受限的系统,系统吞吐量和频谱效率受限于码道,提高码道利用率是提升 TD-SCDMA 系统频谱利用率的关键,TD-SCDMA HSPA 的容量有可能成为制约数据业务发展的瓶颈。为解决这一问题,在已经实现的时分复用,码分复用的技术上,有人提出空分复用的概念,依据用户的空间特征,在无需增加载波资源、修改用户终端、调整网络规划、改变 TD-SCDMA 空中接口技术的前提下,利用智能天线的空间隔离性能或室内小区多通道间的楼层隔离能力实现码道复用,达到大幅提高 TD-SCDMA 系统频谱利用率和数据吞吐量的效果,从而降低运营成本,有效解决密集城区和热点区域频率受限的问题。

2 系统模型及空分复用特征分析

在蜂窝通信系统中,经过学者们几年的研究已经提出一些有效的方法来实现空分复用。以常用的均匀直线阵为例:一个 M 阵元等距直线阵如图 1 所示。如果信号离天线阵的距离远大于天线阵的尺寸,则可以认为信号是以平面波的形式到达,各个天线阵元接收到的能量相同。但信号到达各个阵元的波程差并不相同,而各个阵元接收到信号的相位是不同的^[1]。

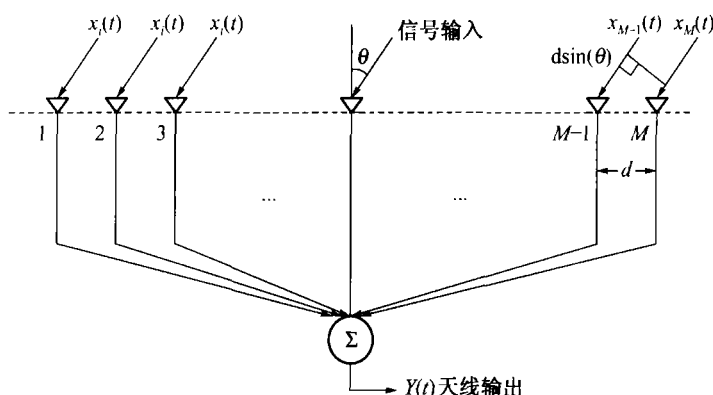


图1 M 单元均匀直线阵

如果各阵元间距为 d , 信号波长为 λ , 假设信号 X 从相对于阵轴的法线夹角为 θ 的方向入射, 则 t 时刻 M 个阵元的信号的向量和是:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^M X(t) e^{j(i-1)\Phi}$$

式中

$$\Phi = 2\pi(d/\lambda) \sin\theta$$

天线阵的方向图仅由下式确定: $A(\theta) = \sum_{i=1}^m e^{j(i-1)\Phi}$

归一化的方向图以分贝表示为: $P(\theta) = 10 \lg \{ |A(\theta)|^2 \}$

为了提高对有用信号的接收能力, 同时抑制干扰信号, 一般都采用调整复数加权值的方法来控制调整天线阵的方向图。设各天线阵元的加权值为 $[W_1 \cdots W_m]$, 天线阵的总输出为^[2]:

$$Y(t) = \sum_{i=1}^M w_i^* x_i(t) = w^H x(t)$$

必须说明的是上面的公式推导只考虑到了期望信号, 如果要加入干扰信号和高斯白噪声信号, 那么阵列总的输出信号则应该表示为^[3]:

$$Y(t) = w^H x(t) + \sum_{i=1}^M w_i^* I_i(t) + w^H n(t)$$

式中的三项分别代表: 天线阵输出的期望信号 $Y_s(t)$ 、干扰信号 $Y_I(t)$ 和噪声信号 $Y_n(t)$ 。现在的问题就是如何根据不同的准则选择加权向量。确定最佳权向量 W_{opt} , 可使某个方向上的信号得到最佳合并, 而其他方向上的干扰信号则被抑制。以达到抑制干扰信号 $Y_I(t)$, 滤除噪声信号 $Y_n(t)$, 提取期望信号 $Y_s(t)$ 的目的。目前为了达到空分复用的效果一般有如下 2 种手段。

(1) 计算用户间的空分隔离度为根据干扰抑制能力计算用户间的空分隔离度, 具体包括: ① 计算用户 m 抑制用户 n 的波束赋形权系数 $W_{m,n}$; ② 根据步骤 A 计算的波束赋形权系数以及估计的信道冲激响应, 通过计算 $\gamma_{m,n}^{(1)} = \frac{p_{m,m}}{p_{m,n}} = \frac{W^{(m,n)H} R_{xx}^{(m)} W^{(m,n)}}{W^{(m,n)H} R_{xx}^{(n)} W^{(m,n)}}$ 得到空分隔离度; 其中 $p_{m,n}$ 表示基站赋形接收用户 m 的信号时所接受的来自用户 n 的信号功率, $p_{m,m}$ 表示基站赋形接收到的用户 m 自身的信号功率。根据上述步骤, 步骤 B 所述生成空分复用用户组集合为:

$\Omega^{(1)} = \{V(m,n) \mid \gamma_{(m,n)}^{(1)} \geq \tau^{(1)}, \gamma_{(n,m)}^{(1)} \geq \tau^{(1)}\}$, 其中 $\gamma_{m,n}^{(1)}, \gamma_{n,m}^{(1)}$ 分别表示用户 m 对用户 n 或用户 n 对用户 m 的空分隔离度, $\tau^{(1)}$ 表示空分隔离度的门限值。

(2) 设所述计算用户间的空分隔离度为根据用户的来波方向计算用户间的空分隔离度, 具体包括: ① 估计每个用户的功率谱; ② 确定功率谱最大值所在的方向为用户来波方向; ③ 计算两个用户的来波角度差作为用户间的空分隔离度;

在步骤 A 的基础上,步骤 B 所述生成空分复用用户组集合为:

$$\Omega^{(2)} = \{ V(m, n) \mid \gamma_{(m, n)}^{(2)} \geq \tau^{(2)}, \gamma_{(n, m)}^{(2)} \geq \tau^{(2)} \}$$

(3) 当空分复用应用于室内场景时,虽然室内场景不能应用用智能天线,但是在室内,基于目前室内 RRU 多 port 的特征,也能看做一种多天线的特征。

利用室内楼板、墙体构成用户间的天然隔离,仍能实现用户间无线资源的重用。经研究提出一种新的实现空分复用的算法,无需进行信道估计,反而能简化空分复用的实现。如图 2 所示。

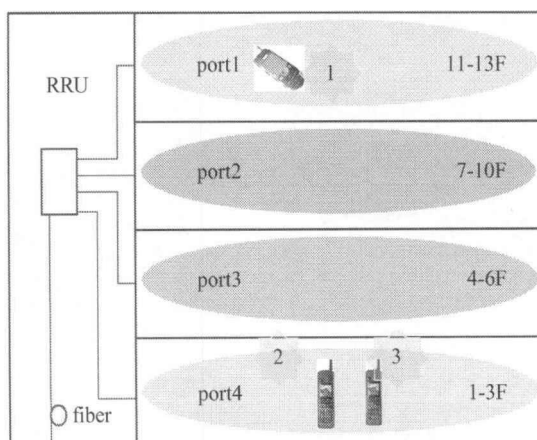


图 2 室内天线覆盖系统

该算法基本思想在于:

(1) 认为当 ue 处于不同的楼层中时,由于路径损耗,如果隔离度比较大的 ue 的 RSCP 会有比较大的差别,故能反映出隔离度的区别。

(2) 可以通过每个 TTI 的 A-DPCH 信道上报各自的 RSCP。

对于在室内覆盖下的 HSDPA 的业务来说^[4],对于一系列的 RRU1,2,...,N(N≥2),假设对于 UEA,可以定义其在 RRU_i,RRU_j 的隔离度如下:

$$\text{Isolation_degree_A}(i, j) = \text{abs}(\text{RSCP_Avg_UEA}(i) - \text{RSCP_Avg_UEA}(j))$$

值得注意的是由于快衰和 DTX 的影响,计算 RSCP_Avg_UEA 时,应考虑前几帧的影响。

定义 RSCP_Avg_UEA 如下: $\text{RSCP_Avg in TTI}(n) = (1 - k) * \text{RSCP_Avg in TTI}(n - 1) + k * \text{instant value of RSCP_inst in TTI}(n)$; ($0 < k < 1$, 设 k 为遗忘因子)

比较 SUM(RSCP_inst(i)) 与 RSCP_Thr,

If SUM(RSCP_inst(i)) > RSCP_Thr,;

instant value of RSCP_inst in TTI(n) is valid;

end

并且在接下来的 TTI 内,如果碰到无效的 RSCP_inst,则 $\text{RSCP_Avg in TTI}(n) = \text{RSCP_Avg in TTI}(n - 1)$;结合 HSDPA 业务来说,对于每个调度者,如果 UEA 被调度,首先选择 max(RSCP_Avg(i)) 的 RRU_i;则对于其他 RRU 来说

If Isolation_degree_A(i, j) > Isolation_degree;

即对于 UEA 来说,RRU_j 可视为与其是满足隔离度的,这就意味着分配给 UEA 的资源,可以同时分配给位于 RRU_j 的 UE 用,也就是达到空分复用的效果。下面给出在 HSDPA 中实现空分复用的具体流程。

3 仿真结果及论证

下面以图 3 给出的信号图景为例进行仿真。这里的 slot format 采用 SFI=0, TBsize=188, 每个时隙分配

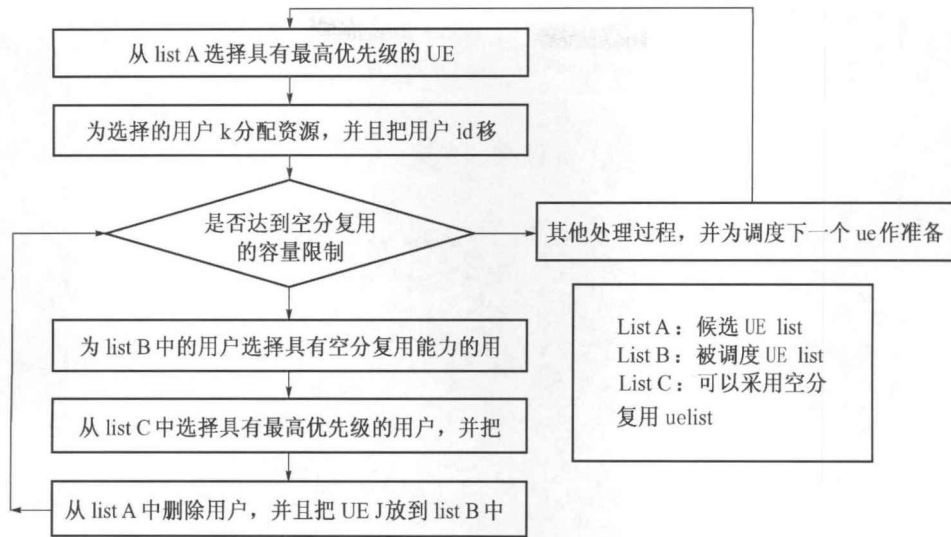


图3 应用空分复用后,HSDPA 的调度流程图

4 个 codechannel,信道模型采用 indoor A, subframe = 5000。

应用上面的仿真参数后,需要设定不同的门限^[5],通过链路级的仿真,来研究实现空分复用,共享码资源的用户对用户本身产生的干扰。下面给出,在设定空分离度门限 = [5,10,15], EcNo 与 Bler 的映射表。

从图4 可以看出,在隔离度门限设为[5,10]时,Bler 损失比较大,可以认为在这种隔离度下,用户性能会恶化的比较厉害,不适合做空分复用,但是当把隔离度门限 15 时,bler 损失的就比较少了,并且随着隔离度门限的增大,bler 损失的就越少。图5 则可以看出,当隔离度门限设置的越大时,应用空分复用的用户也会越少,所以并不是隔离度门限设置的越大越好,这个需要结合实际应用环境,如用户密度常态分布情况,建筑物的穿射度等确定,但是在该仿真条件下,可以推断出实现空分复用后,吞吐量会有相应的提升^[6]。

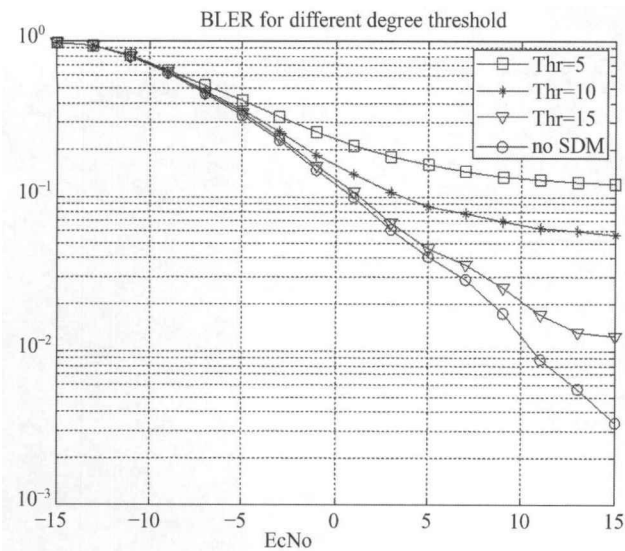


图4 不同门限下, EcNo 和 bler 的映射表

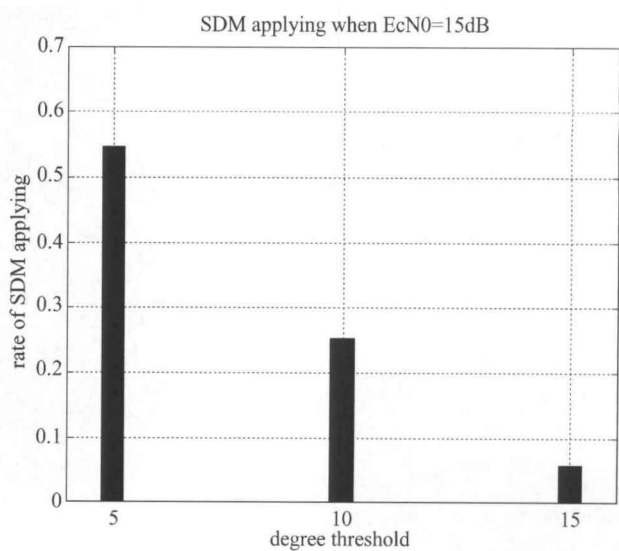


图5 在不同的隔离度门限下,应用空分复用的用户比例

4 结束语

文章讨论了一种基于 HSDPA 的,不依赖于用户空间的特征估计的的空分复用方案。方案结合室内天线分布的性质,能够让处于不同隔离度的用户共享相同的码资源。并且结合 HSDPA 本身的调度特征,实现了

吞吐量的提升。并且进行了链路仿真,仿真结果表明,在设置合适的空分离度后,跟用户共享码资源的用户所产生的干扰是可以接受的。

参 考 文 献

- [1] 崔炎. 空分多址技术在 GSM 系统中的应用分析. 北京航空航天大学学报, 2003, 29(2): 169 - 172.
- [2] Seungwon Choi, Donghee shim. A novel adaptive beamforming algorithm for a smart antenna system in a CDMA mobile communication environment [J]. Vehicular Technology, IEEE Transactions on, 2000, 49 (5) :1793 - 1806.
- [3] 雷辉. 智能天线的波束形成算法研究. 西安电子科技大学, 2009.
- [4] 谢显中. TD - SCDMA 第三代移动通信系统技术与实现. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [5] Dai Lin, Zhou Shidong, Yao Yan. Capacity analysis in CDMA distributed antenna systems [J]. IEEE Trans on Wireless Commun, 2005, 4 (6): 261302620.
- [6] 曾二林. 分布式多天线下行链路的空分复用性能分析. 西安交通大学学报, 2007, 41(2): 185 - 189.

作者简介

张文菲 1986 年生人,女,硕士,研究方向: 通信与信息系统;

朱 刚 1963 年生人,男,副教授,研究方向: 通信与信息系统。