

降低多用户 MIMO 下行检测复杂性的联合发送技术

冯 媛 谢显中 杨 陶 杨永记

(重庆邮电学院移动通信技术重庆市重点实验室 重庆 400065)

摘 要: 该文研究降低多用户 MIMO 下行链路检测复杂性的联合发送技术。首先给出了多用户 MIMO 下行链路模型,在此基础上导出了数据检测算法,每个移动台只需一个线性滤波器来完成数据检测,大大地降低了接收机的计算量,然后就 TD-SCDMA 系统应用环境进行了仿真和分析,结果说明了多用户 MIMO 联合发送方案的优越性和良好的应用前景。

关键词: TD-SCDMA; 多用户 MIMO; 联合发送技术

中图分类号: TN914.53

文献标识码: A

文章编号: 1009-5896(2007)01-0174-03

Low Complexity Detection Based on Joint Transmission Scheme in Multi-user MIMO Downlink

Feng Yuan Xie Xian-zhong Yang Tao Yang Yong-ji

(Chongqing Key Lab of Mobile Comm. Tech., Chongqing Univ. of Posts and Telecomm., Chongqing 400065, China)

Abstract: This paper researches low complexity detection scheme based on joint transmission scheme in multi-user MIMO downlink. Firstly, a model of multi-user MIMO downlink is introduced. A data transmission algorithm is got which can greatly reduce receiver's calculative cost for multi-user MIMO downlink. And each mobile station receiver needs only one linear filter. Then through simulation and analysis in the TD-SCDMA system, Multi-user JT MIMO demonstrates its superiority and application prosperity.

Key words: TD-SCDMA; Multi-user MIMO; Joint Transmission (JT) technology

1 引言

TD-SCDMA 系统是我国提出的具有自主知识产权的国际第三代移动通信标准^[1],为了提高下行链路质量,TD-SCDMA 系统一般在基站应用智能天线和移动台需要应用联合检测技术相结合方案,由于移动台受到处理能力和价格等限制,该方案的复杂性太高。

文献[2]研究了降低 TD-SCDMA 下行链路检测复杂性的联合发送(JT)技术,该方法具有在移动台不需要复杂的信道估计和联合检测算法,而没有牺牲接收性能的优点。文献[2,3]研究了 JT 技术在单入单出的下行链路中的情况,本文将该方法推广应用到多用户 MIMO 下行链路情况,这种方案不仅可以实现 MIMO 系统容量和性能上的优势,而且通过 JT 技术降低了 MIMO 系统检测的复杂性。由于用户也采用多天线,带来一定的接收分集增益。因此,多用户 MIMO 下行联合发送(简称 JT MIMO)技术比传统的 JT 技术性能得到了较大的提高。

本文首先给出了多用户 MIMO 下行链路模型,在此基础上导出了数据检测算法,每个移动台只需一个线性滤波器来完成数据检测,大大地降低了接收机的计算量,然后就

TD-SCDMA 系统应用环境进行了仿真和分析,结果说明了多用户 JT MIMO 方案的优越性和良好的应用前景。由于篇幅,关于联合发送技术和本文采用的一些符号可以见参考文献[2-5]。

2 多用户 MIMO 下行链路联合发送模型

图 1 给出了多用户 MIMO 下行链路联合发送模型,假定一个基站服务 K 个移动终端。基站采用 K_B 个发送天线阵,每个移动终端采用 K_M 个接收天线阵。基站为每个移动终端发送 N 个数据符号:

$$\mathbf{d}^{(k)} = (\mathbf{d}_1^{(k)} \dots \mathbf{d}_{N_s}^{(k)})^T, \quad k = 1, \dots, K \quad (1)$$

将发送给 K 个移动终端的数据表示成总的的数据矢量:

$$\mathbf{d} = (\mathbf{d}^{(1)T} \dots \mathbf{d}^{(K)T})^T = (\mathbf{d}_1 \dots \mathbf{d}_{KN})^T \quad (2)$$

长度为 KN 的数据矢量 \mathbf{d} 通过调制矩阵 \mathbf{M} 完成线性调制,被映射为一个 $K_B S \times 1$ 的空间扩频信号($S = N S_0$, S_0 为扩频因子):

$$\mathbf{t} = (\mathbf{t}^{(1)T} \dots \mathbf{t}^{(K_B)T})^T = (\mathbf{t}_1 \dots \mathbf{t}_{K_B S})^T = \mathbf{M} \mathbf{d} \quad (3)$$

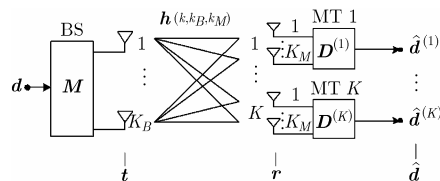


图 1 多用户 MIMO 下行链路联合发送模型

2005-05-26 收到, 2006-03-24 改回

国家自然科学基金(60572089), 重庆市自然科学基金和重庆市教委应用基础研究基金资助课题

解调算法与信道信息选择出与之匹配的调制算法。它利用 TDD 模式上下行链路移动无线信道近似相同的优点, 只在上行链路的基站对信道冲激响应进行估计, 下行链路一方面利用估计得到的信道信息, 另一方面还把在移动台的复杂检测算法任务也交给基站来完成, 其作用相当于在终端做了一次联合检测。因为优先考虑终端的解调矩阵, 每一个移动台只需一个简单的线性滤波器就可以完成数据检测, 比起目前的接收方式(信道估计加联合检测), 它大大降低了接收机的计算量, 从而可以实现手机处理简化, 进一步就可以达到低功耗、低价格的用户要求。

4 仿真结果

利用 MATLAB 仿真 TD-SCDMA 系统环境, 数据生成方式按照 3GPP 协议要求^[1], 码片速率 1.28 Mchip/s, 扩频因子 $S_0=16$ 。仿真中假设基站发送天线数为 K_B , K 表示用户数, 每用户的接收天线数为 K_M 。信道模型采用 3GPP 中 TD-SCDMA 的多径衰落信道 case3 的参数^[1]: 速度 120km/h, 相对时延 [0 781 1563 2344]ns, 平均功率 [0 -3 -6 -9]dB, 信道冲激响应有效长度 $W=4$, 基站采用最大似然算法估计信道冲激响应, 并作为下行发送的信道矩阵。

本文在相同的仿真条件下分别进行了 JT MIMO 与传统的 JT, 联合检测(JD)性能比较, 用户数不同对多用户 MIMO 下行链路联合发送技术性能的影响, 以及基站天线数不同对多用户 MIMO 下行链路联合发送技术性能的影响, 结果如下。

图 3 给出了多用户 MIMO 下行链路联合发送技术与传统的 JT 和 JD 技术的性能比较。由图 3 的仿真结果可以看出, 在下行链路中, 当信噪比增大时, JT MIMO 误码率下降趋势比传统的 JT 和 JD 快, 仿真结果说明了多用户 MIMO 下行链路联合发送技术的优越性和可行性。

图 4 考虑了当基站和用户的天线数固定 ($K_B=2$, $K_M=2$), 用户数不同对多用户 MIMO 下行链路联合发送技术性能的影响。可以看出增加用户数, 多用户 MIMO 下行链路联合发送技术性能略有下降。

从图 5 可以看出, 当用户数和用户天线数一定 ($K=2$, $K_M=2$), 增加基站天线数, 多用户 MIMO 下行链路联合发送技术性能有了明显提高。这说明多用户 MIMO 下行链路联合发送技术有一定的发射分集增益, 从而可以利用多天线更好地改善系统性能。

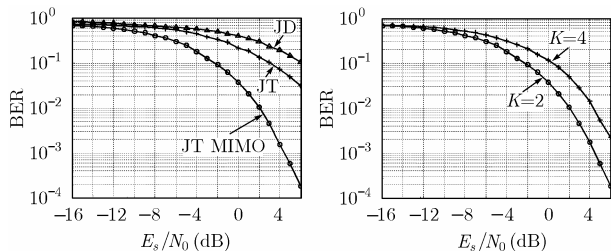


图 3 JT MIMO 与传统的 JT, JD 性能比较

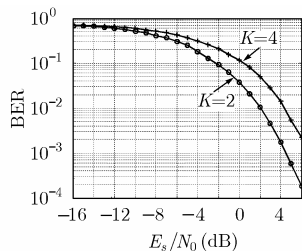


图 4 用户数不同对多用户 MIMO 下行链路联合发送技术性能的影响

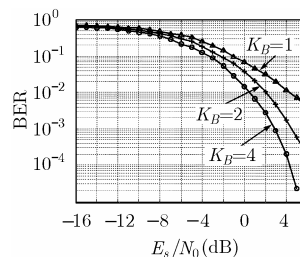


图 5 基站天线数不同对多用户 MIMO 下行链路联合发送技术性能的影响

5 结束语

本文将传统的 JT 技术扩展应用到多用户 MIMO 下行链路。多用户 MIMO 下行联合发送技术不仅可以提高系统容量, 而且能够大大降低检测的复杂性。通过仿真可以看到, 多用户 MIMO 下行联合发送技术比传统的 JT 技术和传统的 JD 技术性能得到了极大地改善。虽然随着用户数的增加它的性能有所下降, 但可以通过增加基站天线, 进一步改善系统性能。

参考文献

- [1] 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 年 6 月: 1-48.
- [2] 海平, 谢显中. Optimum transmission scheme Joint Transmission (JT) in TD-SCDMA downlink. 中国邮电高校学报(英文版), 2004, 11(3): 45-48.
Hai Ping and Xie Xian-zhong. Optimum Joint Transmission (JT) scheme in TD-SCDMA downlink. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 2004, 11(3): 45-48.
- [3] Meurer M, Baier P W, Weber T, Lu Y, and Papatthanassiou A. Joint transmission, an advantageous downlink concept for CDMA mobile radio systems using time division duplexing. *IEE Electronics Letters*, 2000, 36(10): 900-901.
- [4] Meurer M, Torgler H, and Jotten C A. A novel generalized optimization criterion for transmit signal design in joint transmission multiuser downlinks, *IEEE ICT'2002*, Beijing, 2002, 26-31.
- [5] 海平, 谢显中. 联合发送技术(JT)及其算法简化. *通信学报*, 2003, 24 (11A): 93-100.

冯 媛: 女, 1979 年生, 硕士生, 研究方向为联合发送、信号检测与估计。

谢显中: 男, 1966 年生, 教授, 研究方向为移动通信技术、通信信号处理。

杨 陶: 女, 1982 年生, 硕士生, 研究方向为联合发送、信号检测与估计。

杨永记: 男, 1978 年生, 硕士生, 研究方向为联合发送、信号检测与估计。