

基于 SystemView 的 RAKE 接收机仿真

傅 鹏¹, 张代远^{1,2,3}

- (1. 南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京 210003;
2. 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏 南京 210003;
3. 南京邮电大学 计算机技术研究所, 江苏 南京 210003)

摘 要: 由于在第三代移动通信系统 CDMA 中传输的信号带宽较宽, 许多复杂的多径无线信号存在于该系统中, 导致通信的质量受到影响。RAKE 接收技术作为 CDMA 系统中重要的能够克服多径衰落的分集接收技术, 能够在时间上分辨来自不同方向的多径无线信号, 并且能够将分辨出来的多径信号分别进行延时和相位校正、使之复合成加强的信号。文中在分析 RAKE 接收技术原理和应用的基础上, 通过 SystemView 仿真软件仿真实现了系统中信号的调制解调和接收, 并结合其原理对仿真结果进行分析, 得出以下结论: 通过仿真图的比较, 在多径信道中, RAKE 接收机得到的信号优于常规方法恢复出的信号。

关键词: RAKE 接收机; 仿真; CDMA 通信系统

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)08-0190-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.08.048

RAKE Receiver Simulation Based on SystemView

FU Peng¹, ZHANG Dai-yuan^{1,2,3}

- (1. College of Computer, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;
2. Jiangsu High Technology Research Key Laboratory for Wireless Sensor Networks, Nanjing 210003, China;
3. Institute of Computer Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Due to the wider bandwidth of the signal transmitted in the third generation mobile communication system of CDMA, exist many complex multipath radio signals, influencing the communication quality. RAKE receiving technology as an important diversity receiving technology in the CDMA system can overcome the multipath fading, can in time tell a multipath wireless signals from different directions, and can conduct time delay and phase correction for the multipath signals which are composite to strengthen the signal. On the basis of analyzing the RAKE reception technology principle and application, has realized the RAKE reception through the SystemView simulation software simulation, and unifies its principle to carry on the analysis to the simulation result. Get the conclusions that comparison of the simulation map, RAKE reception signal is better than the one-path ones in multipath fading channel.

Key words: RAKE receiver; simulation; CDMA communication system

0 引 言

在 CDMA 移动通信系统中由于多径衰落的存在, 使得移动通信系统的通信质量受到一定的影响。分集接收技术可以有效地克服多径衰落的问题, 它在不增加发射机功率或信号带宽的情况下提高系统的可靠性^[1]。RAKE 接收机是 CDMA 系统中实现分集接收的核心技术, 它可以实现多径信号的合并, 克服多径衰落, 达到提高输出信号信噪比的目的。文中首先介绍

了 RAKE 接收机的原理, 并应用原理通过 SystemView 设计了仿真电路, 实验结果表明, 使用 RAKE 接收技术得到的信号优于一般相关接收得到的信号。

1 RAKE 接收机的基本原理

在陆地通信系统中, 无线信号在传输过程中存在多径干扰和衰落的现象, 城市环境中的无线信号的干扰和衰落尤为严重。由于在移动通信系统中传输的信

收稿日期: 2012-10-08

修回日期: 2013-01-13

网络出版时间: 2013-04-08

基金项目: 江苏高校优势学科建设工程资助项目(yx002001)

作者简介: 傅 鹏(1988-), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 研究方向为蚁群算法、智能计算技术与应用; 张代远, 教授, 博士, 硕士研究生导师, 研究方向为神经网络、计算机体系结构, 计算机在通信中的应用。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20130408.1607.040.html>

号的带宽较大,因此可以认为多径信号的传输是相互独立的,即可以采用多径分集接收的技术^[2]。其基本原理是:发射装置发射的无线信号在移动通信系统中传输的时候,会受到各种障碍物的阻隔。多径信号的形成是由于经过障碍物阻隔的信号到达接收装置时每个信号的相位都会有不同程度的延迟。由于系统中传输的信号带宽较大,其信号时延大于伪码的码片时延,因此这些来自各个方向的无线信号能够在接收装置中被区别开来。这些来自不同路径的信号分别经过延迟和相位校正的装置后,原来是衰落的多径信号能够被复合成加强的信号。

R. Price 和 P. E. Green 在 1958 年的《多径信道中的一种通信技术》一文中提出了 RAKE 的概念^[3]。

RAKE 接收机的基本原理就是将那些幅度明显大于噪声幅度的多径信号分量取出,然后对这些取出的多径信号分量分别进行延时和相位校正,使它们在某一时刻相位一致,然后将这些经过调整的多径信号按照一定的规则进行合并,通过将矢量合并变为代数求和可以有效地利用这些多径信号分量,使衰落的多径信号复合成加强的信号^[4]。

RAKE 接收机的实现需要码片级和符号级两部分,码片级由相关器、本地码产生器和匹配滤波器组成。信道估计,相位旋转和合并相加组成符号级部分。码片级处理多径信号时一般采用 ASIC 器件,而符号级功能的实现采用 DSP 器件。

由图 1 可知,RAKE 接收机的各个 Finger 收到接收机送入的信号,在每个 Finger 中对接收到的信号进行抽样和时延校正后将获得有效的信号处理数据,并且确保每个码片周期内都能得到一个有效的抽样值^[5];接着本地扩频地址码将与经过抽样和时延校正的数据进行相关运算,随后平均运算将在整个扩频地址码长度内进行,经过平均运算后得到的处理数据将以符号长度为周期进行抽样,然后将各 Finger 的最终信号值乘以信道加权系数,最后经过加法器合并相加得到 RAKE 接收机输出值 $\hat{x}(t)$ 。

假设一个小区中有 K 个用户,则其第 k 个用户发送的基带信号为:

$$S_k(t) = \sqrt{2P_k} d_k(t) w_k(t) e^{j\theta_k} \quad (1)$$

式中 $d_k(t)$ 表示用户的信息流, P_k 为信号功率,用户的载波相位用 θ_k 表示。 $w_k(t)$ 是一个伪随机序列,目的是提高扩频增益和增强系统抗干扰、抗截获能力^[6]。其扩频增益 $N = T_s/T_c$,其中 T_c 、 T_s 分别为扩频码片宽度和用户信号流中的符号宽度。

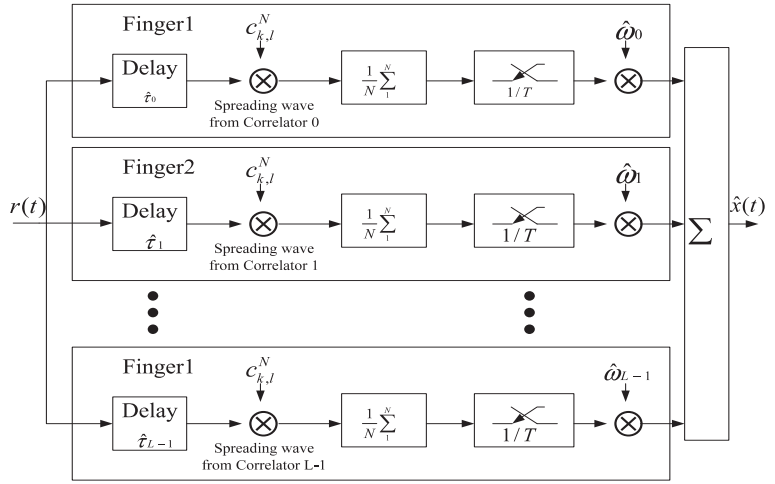


图 1 RAKE 接收机原理框图

信道中的延迟装置一般采用的模型为抽头延迟线:

$$h(t) = \sum_{l=1}^L \alpha_l \delta(t - \tau_l) e^{j\varphi_l} \quad (2)$$

到达接收装置的信号的路径数为 L ; 服从瑞利分布的 α_l , 在 $[0, 2\pi]$ 上服从均匀分布的 φ_l 和在 $[0, T_s]$ 上服从均匀分布的 τ_l 分别是信道中的第 l 条信号路径的增益、相位和时延^[7]。设 $\Delta = \tau_{l_{\max}} - \tau_{l_{\min}}$, 假设信号在传输过程中无码间干扰的情况下, Δ 小于 T_s 。

进入接收装置的信号为:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L S_k(t - \tau_{l,k}) \alpha_{k,l} e^{j\varphi_{l,k}} + n(t) \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sqrt{2P_k} \alpha_{l,k} d(t - \tau_{l,k}) w(t - \tau_{l,k}) e^{j(\varphi_{l,k} + \theta_k)} + n(t) \quad (3)$$

式中 $n(t)$ 表示高斯白噪声, 其双边功率谱密度为 $N_0/2$ 。

在理想的情况下, 来自第一路径的信号能够被第一个用户的接收装置接收到, 假定 $\tau_{l,k} = 0, \varphi_{l,k} + \theta_k = 0$ ^[8], 则经过接收装置中的相关器的处理后, 来自第一路径的信号输出为:

$$D_{l,k} = \int_0^{T_s} r(t) w_l(t) dt = \int_0^{T_s} n(t) w_l(t) dt + T_s \sqrt{2P_k} \alpha_{l,k} d_k^0 + \sqrt{2P_k} \sum_{l=2}^L \alpha_{l,k} e^{j(\varphi_{l,k} + \theta_k)} + \sqrt{2P_k} \sum_{k=1}^K \sum_{l=2}^L \alpha_{l,k} C_{l,k} e^{j(\varphi_{l,k} + \theta_k)} \quad (4)$$

其中:

$$C_{l,k} = [d_k^{-1} R_{l,k}(\tau_{l,k}) + d_k^0 \hat{R}_{l,k}(\tau_{l,k})] \quad (5)$$

第 k 个用户发送的两个数据符号用 d_k^{-1} 和 d_k^0 表示, $R_{l,k}(\tau_{l,k})$ 和 $\hat{R}_{l,k}(\tau_{l,k})$ 分别为^[9]:

$$R_{l,k}(\tau_{l,k}) = \int_0^{\tau_{l,k}} w_k(t - \tau_{l,k}) w_l(t) dt \quad (6)$$

$$\hat{R}_{l,k}(\tau_{l,k}) = \int_{\tau_{l,k}}^{T_s} w_k(t - \tau_{l,k}) w_l(t) dt \quad (7)$$

2 RAKE 接收机的仿真实现

2.1 RAKE 接收机仿真图

图 2 为 RAKE 接收的 SystemView 仿真图。

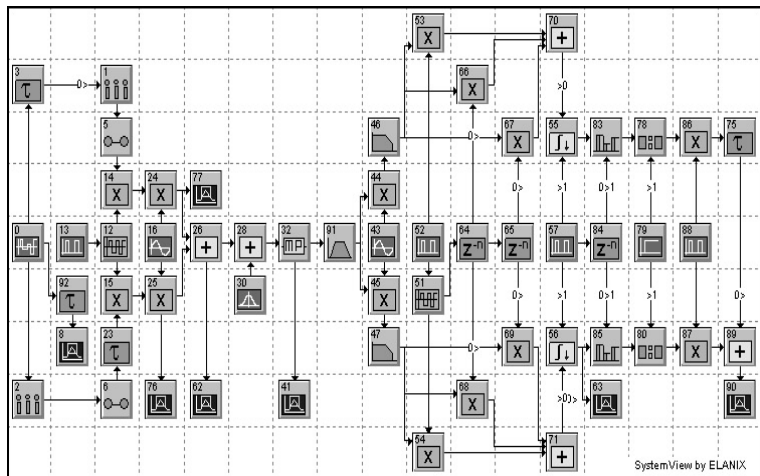


图 2 RAKE 接收的 SystemView 仿真图

2.2 重点模块设计

设计开始时间从 0s 开始,采样频率为 24kHz,采样点数 12000 个^[10]。

信号源:采用伪随机序列发生器模块 PN Seq,信号幅度 2V,电平数为 2,频率 100Hz。

m 序列产生模块:用方波脉冲产生器及通信库中 PN 短码产生模块,m 序列为 4 阶,序列周期为 15,信号频率为 1500Hz。

QPSK 调制模块:采用抽样器、保持器、正弦波发生器、相乘器、相加器,其中正弦波与余弦波频率为 3kHz^[11]。

信道模块:由高斯噪声产生器及通信库中的多径信道模型组成。该多径信道在 10ms 中分 10 个路径。

QPSK 解调模块:由接收带通滤波器、同步载波产生器、两个低通滤波器组成。

RAKE 接收模块:由乘法器、延迟器、m 序列产生器及积分泄放电路作为延迟相关器^[12]。

抽样判决模块:由抽样保持器和电压比较器组成,最后两路相加合成输出。

2.3 仿真结果及分析

此设计中 m 序列周期为 15,假定系统中无噪声的

时候,对于接收装置而言,只有在信号路径数不多于 15 的时候才能保证不会出现信号误判。

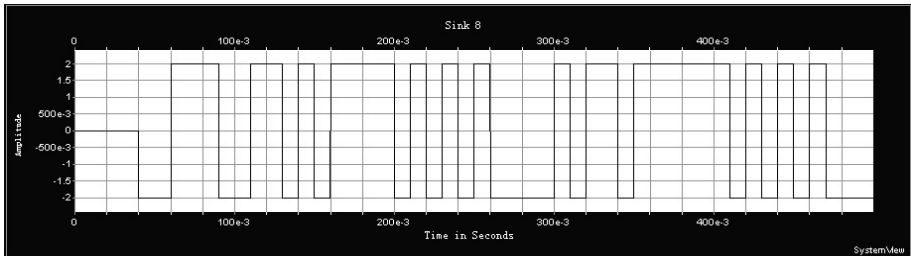
3 结束语

由图 3 调制前信号与 RAKE 接收信号及单一路径接收信号比较可见,假定不考虑系统中收发端信号的不确定性,则发射装置发出的信号与解调后得到的信号的波形几乎一致。

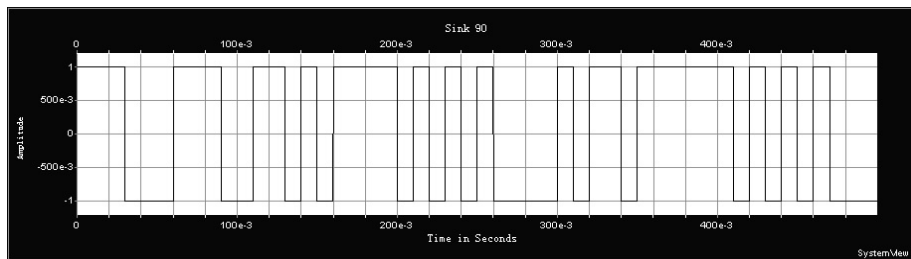
总的来说,该仿真电路基本实现了发射装置发出的信号能被接收装置正确解调的功能。

通过对 RAKE 接收的 SystemView 仿真,可以清楚地看出 3 径合并出的信号优于一般相关接收得到的信号,RAKE 接收

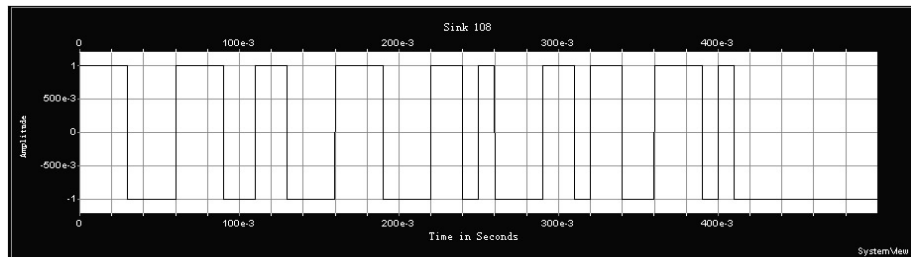
技术能够降低多径衰落的影响。



(a) 原信号



(b) RAKE 接收信号



(c) 单一路径接收信号

图 3 调制前信号与 RAKE 接收信号及单一路径接收信号比较

参考文献:

- [1] 樊昌信. 通信原理教程[M]. 北京:电子工业出版社,2004.
- [2] 韦慧民. 扩频通信技术的应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.
- [3] 王兴亮. 通信系统原理教程[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2007.

(下转第 196 页)

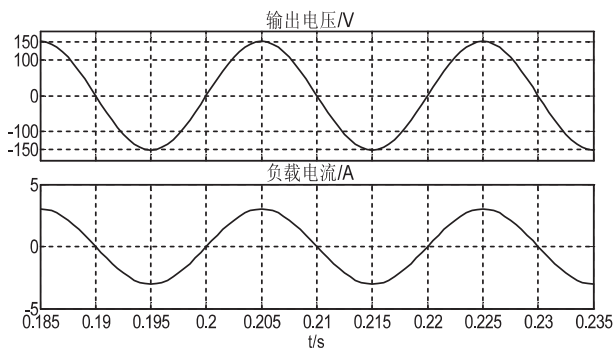
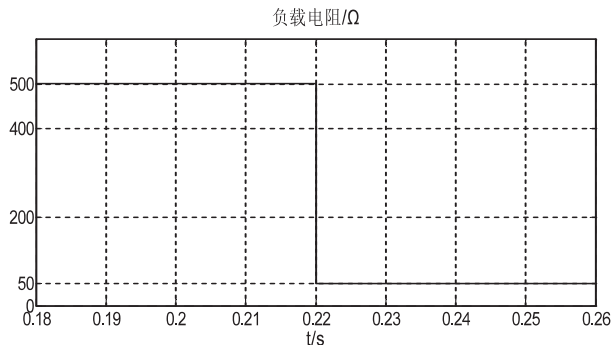
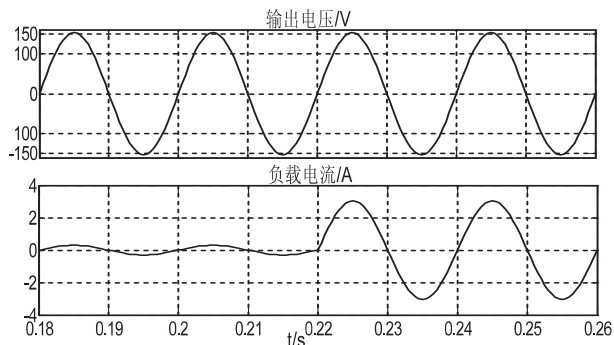


图 3 系统的输出电压和负载电流稳态时的波形



(a) 负载电阻的变化曲线



(b) 输出电压、输出电流波形

图 4 负载突变时的系统响应波形

5 结束语

在实际生活中单相电流源逆变器得到了广泛的运用。在非线性控制理论的基础上,文中描述了一种无源性控制策略,并给出策略的详细分析与设计过程,同

时利用计算机验证该策略的正确性。仿真结果证明该控制策略设计简单,具有良好的动态和稳态性能,对负载扰动具有良好的鲁棒性。

参考文献:

- [1] 史云鹏,李 君,徐德鸿,等. 超导储能系统用四模块组合变流器功率控制设计和实验研究[J]. 中国电机工程学报, 2006,26(21):160-165.
- [2] Tenca P, Rockhill A A, Lipo T M, et al. Current source topology for wind turbines with decreased mains current harmonics, further reducible via functional minimization[J]. IEEE Trans. on Power Electronics, 2008,23(3):1143-1155.
- [3] 吕兴德,骆德汉,姚长标,等. 一种基于光伏系统的逆变电源设计[J]. 计算机技术与发展, 2012,22(4):179-181.
- [4] 张发明,王 俊,吴 刚,等. 光伏并网逆变器的非线性控制研究[J]. 控制工程, 2008,15(3):295-298.
- [5] 张振环,刘会金,李琼林,等. 基于欧拉-拉格朗日模型的单相有源电力滤波器无源性控制新方法[J]. 中国电机工程学报, 2008,28(9):37-44.
- [6] 高 勇,张文娟,杨 媛. 变速恒频双馈异步电机无源性控制[J]. 太阳能学报, 2010,31(11):1491-1496.
- [7] Qin Huashu, Hong Yiguang. Passivity, stability and optimality [J]. Control Theory and Application, 1994,11(4):421-427.
- [8] 梅生伟,申铁龙,刘康志. 现代鲁棒控制理论与应用[M]. 北京:清华大学出版社,2003.
- [9] Ortega R, Loria A, Nicklasson P J, et al. Passivity-based Control of Euler-Lagrange Systems [M]. New York: Springer-Verlag, 1998.
- [10] Komurcugil H. Passivity-based control of single-phase PWM current source inverters[C]//Proc. of IEEE Industrial Electronics Society Conf. . Taipei, Taiwan: [s. n.], 2007:545-550.
- [11] Komurcugil H. Steady-state analysis and passivity-based control of single-phase PWM current-source inverters[J]. IEEE Trans. on Ind. Electron. , 2010,57(3):1026-1030.
- [12] Komurcugil H. Integral sliding mode control of a single-phase current source inverter[C]//Proc. of IEEE Industrial Electronics Society Conf. . [s. l.]: [s. n.], 2009:1597-1602.

(上接第 192 页)

- 出版社,2007.
- [4] 吴伟陵,牛 凯. 移动通信原理[M]. 北京:电子工业出版社,2005.
 - [5] 曾兴雯,刘乃安. 扩频通信及其多址技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2004.
 - [6] 青 松,程岱松,武建华. 数字通信系统的 SystemView 仿真与分析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2001.
 - [7] 张辉编. 现代通信原理与技术[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2006.
 - [8] 啜 钢,王文博,常永宇,等. 移动通信原理与系统[M]. 北

京:北京邮电大学出版社,2005.

- [9] 彭 林. 第三代移动通信技术[M]. 北京:电子工业出版社,2003.
- [10] 吴志军,王 剑. IS-95 CDMA 系统 RAKE 接收机仿真[J]. 中国民航学院学报, 2003,29(5):25-27.
- [11] 郭梯云,邬国扬,李建东. 移动通信[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2001.
- [12] Viterbi A J. CDMA: Principles of Spread Spectrum Communication[M]. NY: Addison-Wesley Publishing Company, 1995.

基于SystemView的RAKE接收机仿真

作者:

傅鹏, 张代远, [FU Peng](#), [ZHANG Dai-yuan](#)

作者单位:

[傅鹏, FU Peng\(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京, 210003\), 张代远, ZHANG Dai-yuan\(南京邮电大学 计算机学院, 江苏 南京210003; 江苏省无线传感网高技术研究重点实验室, 江苏 南京210003; 南京邮电大学 计算机技术研究所, 江苏 南京210003\)](#)

刊名:

[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名:

[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期):

2013 (8)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201308048.aspx