第30卷第4期 河北科技大学学报 Vol.30,No.4
2009年12月 Journal of Hebei University of Science and Technology Dec.2009

文章编号:1008-1542(2009)04-0330-03

TD-SCDMA系统空中接口容量研究

李 鹏[1],李 莉[2]

(1.中国石油大学(华东)计算机与通信工程学院,山东东营 257061;2.山东胜利职业学院建设工程分院,山东东营 257000)

摘 要:TD-SCDMA系统无线资源管理中一个重要内容是接纳控制,而它依托于对各小区容量的测量,因此小区容量的计算方法成为一个十分重要的研究问题。由接纳控制和小区容量等概念入手,提出小区上、下行容量估计算法,上行容量的计算基于对噪声恶化量的控制,因该值能很好地衡量系统的干扰状况;下行容量算法主要参考基站发射的总功率,有着直观的物理意义。进一步分析了相邻小区干扰与小区容量之间的关系,为网络的优化提供了理论依据。相关重要变量关系做了仿真,算法得到验证。

关键词:空中接口;接纳控制;噪声恶化量;用户设备

中图分类号:TN914 **文献标识码**:A

Study on air interface capacity in TD-SCDMA system

LI Peng[1], LI Li[2]

(1. Computer and Communication Engineering College, China University of Petroleum, Dongying Shandong 257061, China; 2. Jianshe Engineering Academy, Shandong Shengli Vocational College, Dongying Shandong 257000, China)

Abstract: As one of the important content of RRM(Radio Resource Management) in TD-SCDMA system, AC is based on the measure of capacity on a cell, so it has become important to find a method to reckon the capacity on a cell. Starting with concept of AC and capacity on a cell and so on, algorithms for used to recon capacity on Uplink and Downlink are proposed. Algorithm for Uplink is based on the control over noise degradation, for it can be effective to measure interference in system. Algorithm for Downlink comes from the total power of BS, which has an intuitionistic meaning. The relationship between the cell and adjacent cells is analyzed furthermore, providing a theoretic basis for the optimization of network. Several important simulation results over important variables are provided to verify the algorithms proposed in this paper.

Key words: air interface; admission control; noise degradation; user equipment

无线接口技术规范主要标准之一的TD-SCDMA(time division duplex-synchronous code division multiple access,时分双工同步码分多址)是一种全面满足IMT-2000要求的移动通信标准,系统码片速率为1.28 Mcps,扩频带宽约为1.6 MHz,采用不需要成对频率的TDD工作方式,能较好地解决当前频率资源紧张的矛盾,结合智能天线、联合检测等技术,大大增加了系统容量,提高了系统性能。

根据香农理论,TD-SCDMA系统是干扰受限系统,系统容量为"软容量",用户数与服务级别存在比较灵活的关系,取决于网络中的干扰,有较大弹性。如果空中接口负荷增加过度,小区的覆盖面积就会低于预计值,已有连接的服务质量也无法保证。因此合理有效的呼叫接纳控制(AC, admission control)对3G系统

收稿日期:2009-04-16;**修回日期**:2009-05-29;**责任编辑**:陈书欣

基金项目:国家自然科学基金资助项目(80572020)

作者简介:李 鹏(1975-),男,山东潍坊人,讲师,主要从事第三代、第四代移动通信方面的研究。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

的稳定运行具有重要意义。而 AC 算法建立在对系统小区容量测量的基础上，笔者着重探讨 TD-SCDMA 系统的基于噪声恶化量的小区容量分析方法。

1　TD-SCDMA 系统的接纳控制[1]

在 TD-SCDMA 系统中，接纳控制是无线资源管理的重要功能实体，负责无线接入承载的接纳与释放，它建立在准确判断系统空中接口负荷的基础之上。当新的用户和越区切换的用户发起呼叫时，网络开始进行接纳控制。由于在基于 CDMA 技术的移动通信系统中，接纳一个新呼叫将增加系统的干扰，干扰增加将减少小区覆盖，就是所谓的“小区呼吸”。因此，为了保护当容量增加时小区覆盖范围和系统稳定性，必须通过接纳控制限制干扰来获得高的系统容量（低阻塞率）和维护系统的稳定（低掉话率）。在用户设备（UE，user equipment）初始接入、无线承载建立、切换发生及连接模式的 UE 增加业务时，根据 QoS 参数和系统资源使用情况，调用 AC 算法，在无线网络控制器（RNC）中实现接纳控制。

AC 算法根据系统实际容量，在上下行链路判断新的资源请求是否满足接纳准则，只有在上下行接纳准则均满足的情况下，系统才允许新用户接入。通过呼叫接纳控制，能有效控制系统中通话的用户数量，使系统负荷维持在较稳定的水平。

2　小区容量分析及仿真

小区上行容量定义为某一时刻小区内满足 QoS 要求的各用户在基站（Node B）处接收功率之和，以下记为 P_S。

小区内第 j 个用户的比特能量与噪声谱密度之比为

$$\left(\frac{E_{bj}}{N_0}\right)=\frac{W}{\mu_j\times R_j}\times\frac{P_j}{I_{total}-P_j},\tag{1}$$

式中：W 为码片速率[2]，即扩谱带宽；P_j 为 Node B 处收到用户 j 的信号功率；μ_j 为用户 j 的激活因子；R_j 为用户 j 的比特速率；I_{total} 是 Node B 在整个带宽内收到的总功率（包括热噪声功率）。

定义 $P_j=L_j\times I_{total}$，L_j 为用户 j 与 Node B 之间链路的上行负荷因子：

$$L_j=\frac{P_j}{I_{total}}。$$

小区上行负荷因子为

$$\eta_{UL}=\sum_{j=1}^{N}L_j。$$

联合式(1)推导得到：

$$L_j=\frac{1}{1+\dfrac{W}{(E_{bj}/N_0)\times\mu_j\times R_j}}。\tag{2}$$

由此可得 Node B 处的接收信号功率为

$$P_S=I_{total}-P_N=\sum_{j=1}^{N}P_j=\left(\sum_{j=1}^{N}L_j\right)\times I_{total},\tag{3}$$

其中，P_N 为噪声功率。参数 P_N 和 I_{total} 都可以通过 Node B 的测量报告准确获得。由于可以较准确地计算得到小区容量，通过 AC 算法控制该容量，保持其稳定，便可保证小区覆盖范围稳定。

在实际系统中，计算各小区上行负荷因子时还必须考虑小区间干扰的影响。假设小区间干扰因子为 m，则此时[3]

$$\eta_{UL}=(1+m)\sum_{j=1}^{N}L_j=(1+m)\sum_{j=1}^{N}\frac{1}{1+\dfrac{W}{(E_{bj}/N_0)\times R_j\times\mu_j}}。$$

在实际应用中，精确估计小区间的干扰因子 m 并不容易，目前采用粗略的工程经验值，则计算小区上行容量方法同上。

定义噪声恶化量（noise degradation）为 Node B 接收总功率与噪声功率之比，记为 ξ_N，结合式(3)可得：

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$\xi_N = \frac{I_{total}}{P_N} = \frac{1}{1-\sum_{j=1}^{N} L_j} = \frac{1}{1-\eta_{UL}}, \tag{4}$$

将 ξ_N 化为 dB 形式表示为 $\xi_N = 10\lg\frac{1}{(1-\eta_{UL})} = -10\lg(1-\eta_{UL})$。

由式(4)可以看到，当 η_{UL} 接近 1 时，系统负荷达到极限，此时 ξ_N 趋近无穷大，系统达到极限容量。当系统中没有用户(η_{UL})时，Node B 处的 I_{total} 就是系统热噪声 P_N，即 $I_{total}=P_N$，此时噪声恶化量为 0。当系统中开始有用户时，噪声恶化量才开始为正值。噪声恶化量是很好的衡量系统干扰情况的物理量。

通过计算机仿真得到的噪声恶化量与小区用户数之间的对应关系曲线见图 1。

采用的仿真参数：扩谱带宽 $W=1.28$ Mcps，语音业务比特速率 $R_i=12.2$ Kbit/s，$E_b/N_0=1.5$ dB，激活因子 $\mu=0.5$，小区间干扰因子 $m=0.55$。

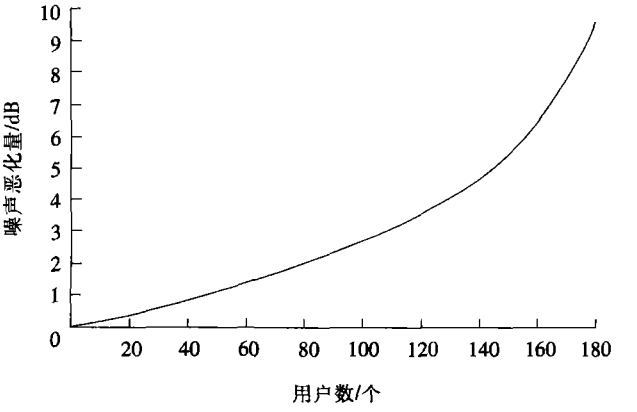

图 1 噪声恶化量与小区用户数关系

Fig. 1 Relationship between noise degradation and the number of users

从图 1 看到，当噪声恶化量超过一定门限后，数值随用户数的增加急剧上升，导致系统进入不稳定状态，因此，必须控制系统的噪声恶化量，即控制系统的负荷因子 η_{UL}，使其在一安全界限内，该界限称为容量门限。目前 3G 各主流标准 AC 算法中上行容量门限取值一般为负荷因子 $\eta_{UL}=0.75$，即噪声恶化量为 6 dB。

下面考虑下行负荷。从理论上分析，下行负荷因子 η_{UL} 的特性与上行负荷因子相似，即当其数值趋近 1 时，噪声恶化量趋近无穷大，系统达到极限容量。但在实际应用中，由于下行控制信道并非功率受控并且下行链路的接收机位于小区内的不同位置，即使 UE 与基站相距很近且通信质量良好，也可能出现很高的噪声恶化量，因此基于噪声恶化量的容量分析和评判方法不再适用。目前，AC 算法一般用基站发射总功率 P_{total} 衡量小区的下行负荷，此时，下行负荷因子定义为

$$\eta_{UL} = \frac{P_{total}}{P_{max}},$$

式中：P_{total} 是当前基站发射总功率；P_{max} 为基站最大额定发射功率。一般用基站发射总功率衡量下行容量，很容易准确地获得该值，且物理意义明显直观。

下面考虑来自相邻小区的下行链路干扰(仅考虑常规业务时隙)，它与小区不同业务负荷(包括上行、下行容量)存在何种关系。通过仿真可以得出来自相邻小区的下行链路干扰在小区不同业务负荷条件下的数值变化曲线，如图 2 所示。仿真中，阴影衰落采用相关对数正态分布，标准差 $\sigma=6.0$；平均路径损耗采用 cost231_hata 模型[4]，路径损耗公式：

$$L(d)=46.3+33.9\lg f-13.82\lg h_{te}-\alpha(h_{re})+(44.9-6.55\lg h_{te})\lg d+C,$$

$$\alpha(h_{re})=(1.1\lg f-0.7)h_{re}-(1.56\lg f-0.8),$$

其中：$f=2\ 000$ MHz，基站天线高度 $h_{te}=50$ m，移动台高度 $h_{re}=1.5$ m，修正值 $C=3$ dB。

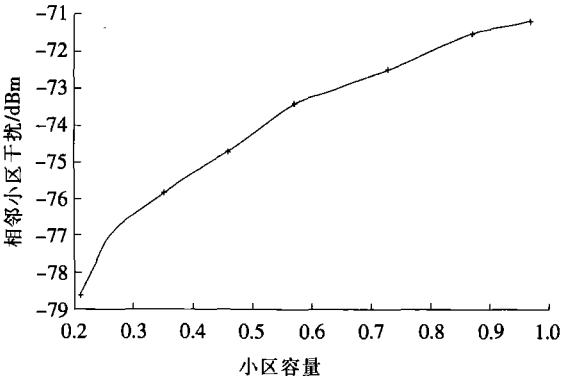

图 2 相邻小区干扰值与小区下行容量关系

Fig. 2 Relationship between adjacent cell interference and downlink capacity

图 2 中，横坐标表示小区平均容量，从 0.2 取值，表示小区容量达到 20%，以此类推，取 1 表示这时容量达到 100%。

(下转第 339 页)

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

[7] BEN S, FREDJ S, BONALD T, et al. Statistical bandwidth sharing: A study of congestion at flow level[A]. Procelding of ACM SIGCOMM Computer Communication Review[C]. New York: ACM, 2001.

[8] CHANG C S, LIU Z. A bandwidth sharing theory for a large number of HTTP-like connections[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2004, 12(5): 952-962.

[9] BARAKAT C, THIRAN P, IANNACCONE G, et al. Modeling internet backbone traffic at the flow level[J]. IEEE Transactions on Signal Processing—Special Issue on Networking, 2003, 51(8): 1-12.

[10] PARK K, WILLINGER W. Self-similar network traffic and performance evaluation[M]. New York: Wiley, 2000.

[11] NUZMAN C, SANIEE I, SWELDENS W, et al. A compound model for TCP connection arrivals for LAN and WAN applications [J]. Computer Networks, 2002, 40: 319-337.

[12] HOHN N, VEITCH D, ABRY P. Investigating the scaling behavior of internet flow arrivals[A]. Annales Mathematiques Blaise Pascal [C]. [S. L.]: [s. n.], 2002.

[13] HOHN N, VEITCH D, ABRY P. The impact of the flow arrival process in internet traffic[EB/OL]. https://www.cubin lab. ee. mu. oz. au/~nhohn/publications/flow_arrivals_camera. pdf, 2002.

[14] HOHN N, VEITCH D, ABRY P. Does fractal scaling at the IP level depend on TCP flow arrival processes? [A]. Proceedings of the 2nd ACM SIGCOMM Workshop on Internet Measurement[C]. New York: ACM, 2002. 63-68.

[15] UHLIG S. Non-stationarity and high-order scaling in TCP flow arrivals: A methodological analysis [J]. ACM SIGCOMM Computer Communications Review, 2004, 43(2): 9-24.

[16] DOWNEY A B. Evidence for long-tailed distributions in the internet [A]. Proceedings of the 1st ACM SIGCOMM Workshop on Internet Measurement[C]. New York: ACM, 2001. 229-241.

(上接第 332 页)

仿真中，邻近小区的干扰考虑来自邻近 18 个小区的下行链路干扰，并且满足不同小区同步、小区之间在收发时保持时隙对准(不同时隙间的干扰不予考虑)；蜂窝小区半径 1 km；移动台速度 50 km/h。考虑话音信道比特率 $R_j = 12.2$ Kbit/s；扩频因子 SF 为 16。

通过仿真看出，相邻小区干扰值随小区容量的增加而增大，了解这一关系，将为优化未来网络的容量以及性能提供有价值的参考。

3 结　语

TD-SCDMA 系统要求的多速率多业务混合服务将使网络中的干扰复杂化，在这种情况下，呼叫接纳控制对系统的容量均衡、过载控制和稳定可靠将起到关键作用，而正确分析和准确估计系统中的小区容量(尤其是上行链路)，是呼叫接纳控制算法的基础。由于 TD-SCDMA 系统使用了智能天线、联合检测和上行同步等先进技术，有利于降低系统中的干扰、减小基站和移动台的发射功率以及提高系统容量，因此，与一般的 CDMA 系统相比，AC 算法呈现出诸多新的特点，仍有许多新的问题有待在以后的工作中进一步研究。

参考文献：

[1] 谢显中. TD-SCDMA 第三代移动通信系统技术与实现[M]. 北京：电子工业出版社，2004.

[2] CWTS TSM 05.04 V. 3.0.0 ,Spreading and Modulation[S].

[3] VITERBI A J. CDMA 扩频通信原理[M]. 李世鹤，鲍　刚，彭　容译. 北京：人民邮电出版社，1997.

[4] 吴志忠. 移动通信无线电波传播[M]. 北京：人民邮电出版社，2002.

《河北科技大学学报》启事

由河北科技大学主办的综合性学术类刊物《河北科技大学学报》创刊于 1980 年，中文核心期刊。

自 2010 年起，为满足广大作者和读者的需求，推动科研成果的高质量学术交流和科技信息的有效传播，《河北科技大学学报》刊期将由原来的季刊改为双月刊，逢双月月末出版。欢迎广大作者踊跃投稿。

自 2010 年起，《河北科技大学学报》正式入编“中国科技论文在线”数据库，凡在我刊发表的文章，作者著作权使用费与本刊印刷版稿酬于刊物印刷版出版后一次由编辑部向作者付清。若作者不同意所著文章入编“中国科技论文在线”，请在投稿时向本刊提出声明，本刊将作适当处理。

(本刊编辑部)

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net