

一种基于 TD-SCDMA 的系统仿真算法

宋永晨, 王映民, 朱义君

SONG Yong-chen, WANG Ying-min, ZHU Yi-jun

信息工程大学 信息工程学院, 郑州 450002

Institute of Information Engineering, Information Engineering University, Zhengzhou 450002, China

E-mail: playuchen@163.com

SONG Yong-chen, WANG Ying-min, ZHU Yi-jun. Algorithm of system simulation based on TD-SCDMA system. *Computer Engineering and Applications*, 2008, 44(28): 101-104.

Abstract: This paper gives a method for designing a TD-SCDMA system simulation platform. Firstly, comparing with static system simulation, a scheme of dynamic system simulation is presented. Secondly, the modules of simulation platform are described. Finally, the algorithm flow of dynamic system simulation and the movement of the users are proposed. This platform provides a basis for optimizing the network layout by means of math model and statistical analysis.

Key words: TD-SCDMA; dynamic system simulation; cell topology; handover; Signal to Interference Ratio(SIR)

摘要:给出了一种 TD-SCDMA 系统仿真平台的设计方法。首先,在与静态系统仿真相比较的基础上,给出了动态系统仿真的方案;然后,详细介绍了仿真平台的各个模块;最后,给出了动态系统仿真的算法流程以及用户的运行过程。该系统仿真平台用数学建模和统计分析的方法,为网络规划与优化提供了科学的依据。

关键词:时分-同步码分多址;动态系统仿真;小区拓扑;切换;信干比

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2008.28.035 **文章编号:** 1002-8331(2008)28-0101-04 **文献标识码:** A **中图分类号:** TN929.5

1 前言

第三代移动通信的网络建设即将开始,国外的多个运营商已经开通了 3G 商业网络,根据目前的实际情况,由我国提出的拥有自主知识产权的移动通信标准 TD-SCDMA,很有可能在即将开始的 3G 建设中单独组网。

3G 的空中接口主要都是基于码分多址(CDMA)技术的,实际上,CDMA 系统是干扰受限系统,与其它无线系统相比,它的网络质量、覆盖、容量之间有着非常复杂的动态关系,很难从理论上准确地对整体性能进行分析。许多对 CDMA 系统容量、覆盖、干扰的分析,都是基于大量假设和理想化的基础上,与实际的环境有较大的差别。

近年来,随着计算机技术的飞速发展,使用网络仿真辅助进行移动通信网络规划、设计、优化和网络评估已经成为一项基本手段。网络仿真是一种利用数学建模和统计分析的方法,在计算机环境中模拟现实网络的行为,从而获取特定的网络特性参数的技术,它为网络规划等工作提供了科学依据。

2 仿真方案

系统仿真主要包括静态系统仿真和动态系统仿真。一般采用静态抓拍仿真方法来评估移动通信系统的实时业务的容量的大小,以及评估不同系统之间的相互干扰水平。而动态系统

仿真则用于评估各种无限资源管理算法的性能,对实际网络中无线资源管理模块的参数设置提供理论建议。

静态系统仿真的原理就是,随机产生所研究系统的可能状态的“瞬态图”,得到此时的仿真结果,然后对足够多的抓拍仿真结果进行平均化处理,得到系统性能的统计量。静态仿真虽然可以分析系统参数对网络性能的影响,但非实时的计算过程使得仿真得到的结果有较大的偏差,尤其是对于地物、地貌变化较大的区域。为了得到对真实网络的合理统计,需要一个动态计算的过程,所以,本文引入了动态系统仿真。

动态系统仿真平台主要包括路径损耗模型、用户分布模型、业务产生模型、用户移动模型等。动态分析过程要比静态分析更复杂,它通过连续的时间步仿真出用户设备在网络中的移动。考虑的元素也更多,与静态仿真相比,它还要考虑通话的持续时长、用户的移动速度和位置等^[1]。

图 1 显示了动态系统仿真的主要模块,网络模型需要在初始化模块中设定,链路损耗、SIR 值由信道特性模块计算而来,业务模型和移动模型也都要根据相应的准则进行设定。最终,通过对算法的计算,得到系统的统计性能(系统质量、掉话性能等)。

3 模块设计

动态系统级仿真就是让用户和系统的各种行为方式与系

作者简介:宋永晨(1983-),男,硕士研究生,主要研究方向为第三代移动通信技术;王映民(1963-),男,副教授,硕士生导师,主要研究方向为通信信号处理,移动通信;朱义君(1976-),男,讲师,主要研究方向为第三代移动通信技术。

收稿日期:2007-11-16 **修回日期:**2008-02-26

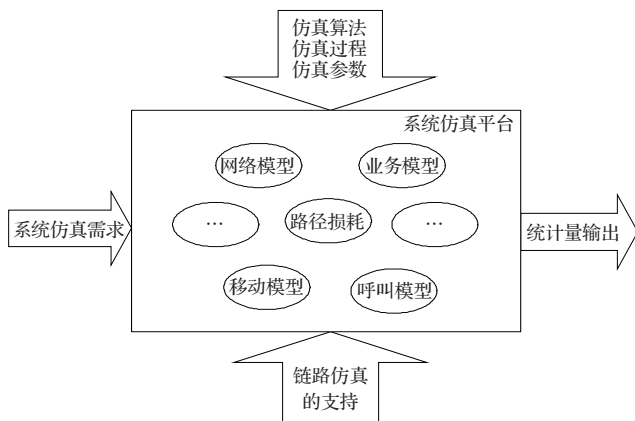


图1 动态系统仿真模块

统级仿真的过程充分拟合,让真实环境中用户和系统所采取的主要行为方式在系统级仿真中都得到具体的模仿性体现。它主要包括网络架构、链路损耗模型、信源产生模型、用户移动模型等^[2]。

3.1 网络架构

3.1.1 仿真场景

根据系统覆盖范围以及所处地域不同,一般可以把3G系统的仿真场景分为:宏小区(Macro)、微小区(ManhattanGrid)和微微小区(Pico),它们的覆盖范围依次递减。

根据Macro仿真场景,采用19小区单载频Wrap Around模型,设定基站间距为1000m,所以小区半径为577m。确定19小区的位置,并且设定基站位于小区中心,规定1号小区的基站位置为坐标原点,从而,根据小区半径,可以计算出每个小区基站的坐标。

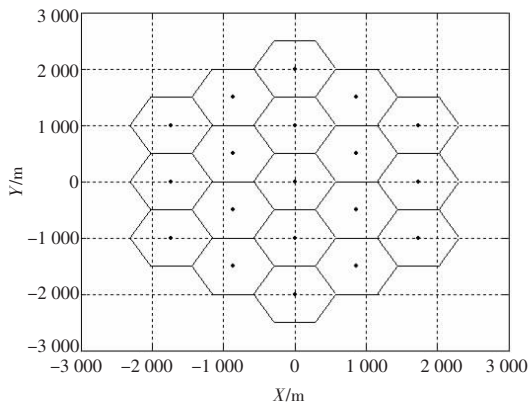


图2 19小区拓扑结构图

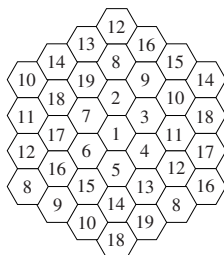


图3 Wrap Around技术示意图

对于Macro地理拓扑结构来说,进行系统级仿真时一般采用Wrap Around技术,即处在仿真环境边缘的基站和移动台通

过折叠的方式周围至少有两圈的小区产生干扰,如图2所示为采用全向天线时的小区拓扑结构,网络模型考虑19个宏蜂窝小区,处于研究区域边缘的小区通过折叠等效的方法来模拟其所受的真实干扰大小。图3所示为Wrap Around技术示意图。

3.1.2 用户分布模型

在19小区的仿真环境中,用户在仿真区域内服从均匀分布,数学模型就是在正六边形中分布一定数量的随机点。同时,可以得到产生的每个用户的初始位置信息。

由于小区模型都是正六边形,而直接产生六边形中的随机点较为复杂,根据文献[3]的方法,可以先产生矩形中的随机点,然后将其映射到正六边形中的相应位置。

根据以上方法,可以先得出单个小区的用户分布图,也就是在正六边形中随机均匀产生用户,如图4。

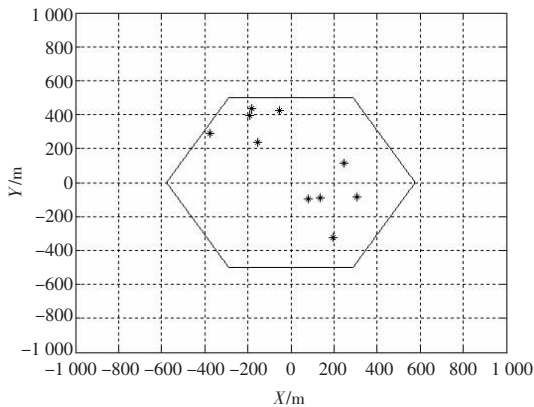


图4 单小区10个用户分布图

为了保证仿真区域内用户的均匀分布,使用户分布更加合理,用同样的方法,得到每个小区平均10个用户的19小区分布图。如图5。

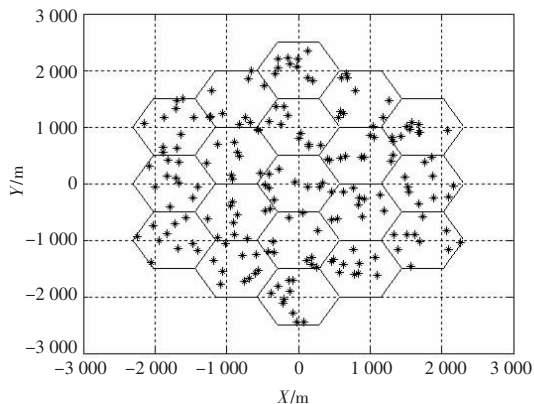


图5 每小区平均10个用户分布图

3.2 链路损耗模型

无线通信系统环境要比固定通信系统更难预测,传统方法是用统计方法将实测的无线传播数据进行无线信道模型化,以前很多人对无线环境做了研究。一般说来,无线信道的信号衰落包括三部分:大幅度路径损耗、中等幅度服从对数正态分布的慢衰落和小幅度的服从Rician或者Rayleigh分布的快衰落。快衰落主要取决于发射机和接收机之间无视觉直线的存在,因为快衰落具有较短的相关长度,所以均化后可忽略快衰落。

无线蜂窝环境下这三种信号传播衰落称为:路径损耗、阴影(也称阴影衰落)和多径衰落(也叫快衰落)。

3.2.1 路径损耗模型

Macro 仿真场景一般应用在城市或郊区的环境,这些环境中建筑物有相似的高度,没有突出的高度,在仿真中采用 IMT 2000 建议的路径损耗模型^[4]:

$$L=40(1-4 \times 10^{-3} \Delta h_b) \lg R-18 \lg \Delta h_b+21 \lg f+80$$

式中, L 表示路径损耗的大小,单位为 dB;

Δh_b 为基站天线高度,单位为 m;

d 为移动台与基站之间的距离,单位为 km;

f 为载波频率,单位为 MHz。

当 f 为 2 000 MHz, Δh_b 为 15 m 时, $L=128.1+37.6 \lg R$ 。

3.2.2 慢衰落模型

慢衰服从对数正态分布,其对数值是一个零均值的高斯分布。由于慢衰与移动的距离 Δx 有关,致使相邻的慢衰数值具有相关性,其归一化子相关函数 $R(\Delta x)$ 可以用一个指数函数来表示:

$$R(\Delta x)=e^{-\frac{|\Delta x|}{d_{cor}} \ln 2}$$

其中 d_{cor} 为不相关距离,其数值的大小与环境有关,宏小区的不相关距离为 20 m,在微小区和微微小区中,不相关距离可设为 5 m。这意味着,在仿真中,所有的用户的慢衰模型都是一样的。

有了自相关函数 $R(\Delta x)$,移动用户的慢衰过程可以表示为:

$$f_i[\text{dB}]=R(\Delta x)f_{i-1}[\text{dB}]+X\sqrt{(1-R(\Delta x))^2}$$

其中 f 是时刻 t 的慢衰的数值, $R(\Delta x)$ 是慢衰自相关函数, X 是一个正态分布的随机数,其均值为 μ_x ,均方差为 σ_x 。

综上所述,最终的链路损耗可以表示为^[4]:

$$path_loss=L+f$$

3.3 信源产生模型

通过大量的统计证明,语音业务的到达间隔服从泊松过程,呼叫时长服从负指数分布。泊松过程描述在任意的时间长度 $t(T, T+t)$ 间隔的呼叫到达的数量。语音用户根据带有强度 λ (用户数/s) 的泊松过程到达系统,在时间间隔 t 内有 j 次来话到达的概率为:

$$p_j(\lambda t)=\frac{(\lambda t)^j}{j!} e^{-\lambda t}$$

从数学角度可以证明,如果在特定时间间隔内到达用户数服从泊松分布,那么用户到达时间间隔则服从负指数分布。此外,用户的通话时长也服从负指数分布。负指数分布的概率分布函数和概率密度函数分别表示如下:

$$F(T)=1-e^{-\mu T} \quad f(t)=\mu e^{-\mu t}$$

式中的 μ 为服务率, $1/\mu$ 为用户呼叫的服务时长,即平均通话时间。

语音业务属于一种实时业务,对于语音业务来说,它的平均呼叫长度(Call Length)设置为 120 s。语音业务模型是一个 On-Off 模型,如图 6 所示,它的激活周期(Active Period)或者是静止周期都服从负指数分布,激活和静止周期的平均值等于 3 s,并且是独立于上下行的。平均呼叫长度指一个呼叫持续的平均时间。激活周期指一次呼叫过程中用户处于通话的平均时间长度,即呼叫处于激活的平均时间。静止周期指在一次呼叫过程中通话处于静止的平均时间长度,即指在该阶段将不占用

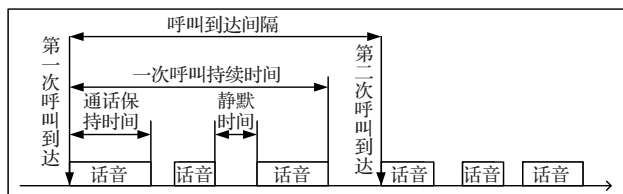


图6 语音业务模型

系统资源的平均时间。

由于语音业务的到达间隔服从泊松过程,呼叫时长服从负指数分布。根据 $\lambda=3$ 的泊松分布,呼叫持续时间为 120 s。根据以上条件建立数学模型,得出每个用户呼叫产生的开始时间和结束时间。根据用户数的设定以及用户呼叫到达分布和持续时间分布,得到信源产生模型。

3.4 用户移动模型

仿真初始,用户随机地分布在小区覆盖区域内。在每一个仿真步长更新用户的地理位置,位置的更新由移动速度、移动方向以及是否处在仿真场景的边界等决定。仿真可以基于两种移动模型进行:

第一种是完全根据 UMTS 30.03 协议^[5]建议的移动模型。

UMTS30.03 推荐每一个时间步长,速度可以按下式进行更新:

$$\begin{cases} v_n=v_{n-1} \cdot \rho+v_{mean} X \sqrt{1-\rho^2} \\ \rho=e^{-\frac{dt \cdot a_{mean}}{v_{mean}}} \end{cases}$$

式中, ρ 为相邻两时间步长之间速度的相关系数;

v_{mean} 为用户移动速度的平均值;

X 为均值为 1 的瑞利分布随机变量;

a_{mean} 为用户加速度平均值。

在 UMTS30.03 推荐的用户移动模型是这样描述的:车载环境下,用户移动模型是一个伪随机的移动模型,类似于弹道曲线模型。用户根据界相差长度来更新位置,方向也是根据给定的概率进行更新,用户的速度设为常值,并保持不变。

另外一种是对 UMTS 30.03 协议建议的移动模型进行改进,即移动台不会移动出自己接入时的服务小区。另外,当移动台移动出仿真设定的仿真场景时,自动弹回所设定的仿真场景。

因为用户速度是随机的,方向也是随机的,为了保证用户在仿真区域内运动,有两种方法:一是当用户越过仿真区域边界后,从仿真区域的另一侧进入,也就是改变用户的位置;二是当用户将要越过仿真区域边界时,将其速度以边界为界线进行反射,也就是改变用户的运动方向。本文仿真采用的是 Wrap Around 技术,也就是采用的第一种方法。

4 算法流程

以上各模块建立之后,可以对用户的动态行为进行仿真,利用数学模型,模拟现实的网络,设定各种参数,以得到需要的系统性能。

4.1 系统初始化

首先需要初始化基站参数,包括小区半径、基站间距、天线高度、基站最大发射功率等,从而生成小区模型。

其次,还要初始化移动用户参数,包括用户呼叫的到达间隔、平均呼叫时长以及用户的初始速度。用户初始化结束后,它们的具体位置、移动速率和激活状态就被确定了。用户的激活

概率可以初始化用户当前处于空闲模式还是激活模式,对于没有激活的用户,虽然提供移动算法,但是不给它们分配功率,因此它们不参加SIR的计算。

同时,为了进行链路计算,还要根据链路损耗模型生成路径损耗矩阵和慢衰落矩阵。

4.2 用户运行过程

基站和用户初始化之后,所有用户都要进行小区选择、功率控制、SIR的计算等。SIR判决后,如果系统仍有资源,就允许新的用户接入,否则,就发生阻塞或掉话。

小区模型生成之后,在19小区的拓扑结构中,根据用户分布模型生成用户,假定每小区平均用户数为10个,则在每个小区随机均匀产生10个用户,见图5。

本文中主要讨论话音业务,可以认为系统潜在的用户是无限多的,每个话音用户被激活的概率相等,且相互独立,用户的呼叫到达服从泊松分布,参数为 λ (呼叫强度),呼叫持续时间服从复指数分布(120s),可以根据信源产生模型,产生到达的用户,假设系统在仿真开始的时候已经达到稳定状态,即小区平均用户数确定,在这个基础上随机生成用户,在每一个仿真步长内计算新到达用户数目和离开用户的数目。

确定小区归属,用户产生后,计算每个基站的链路损耗(包括路径损耗和慢衰落),确定每个用户属于哪个小区。

在确定小区归属的同时,初始化新到达用户,根据用户移动模型,假设移动用户最初的速度大小是预先设定的常值,在仿真中,用户的速度大小一直保持不变,用户速度的初始方向是随机的,服从 $[0, 2\pi]$ 的均匀分布,每个步长之后,用户方向以特定的概率进行改变,摆动角度以 $\pi/4$ 为最大限度自由选择下一个方向。

开始仿真,设定仿真步长,在每个仿真步长结束时,更新用户的位置、速度以及运动方向,同时计算每个基站的链路损耗,根据当前行为状态更新最好服务小区列表,并且计算下行SIR,在此过程中采用理想功率控制。

4.3 性能统计

用户信干比的计算可以参照下面公式^[6]:

$$SIR = \frac{RSCP}{(1-\alpha)(I_{own} - RSCP) + I_{other} + P_0} \times SF$$

$$RSCP = \sum_{i=1}^K L \times g_i \times P_{tx}$$

SIR:信干比,定义为 $RSCP/ISCP \times SF$ 。其中 $ISCP$ 指接收机接收到的干扰噪声,而 SF 是处理增益, α 是多用户检测因子, I_{own} 是来自服务小区的总接收功率, I_{other} 是来自邻小区的总接收功率大小, P_0 是干扰热噪声。

RSCP:接收信号功率。其中 P_{tx} 是发射功率, L 包括路径损耗和慢衰落大小, g_i 为 i 条多径的损耗大小,假设有 K 条主要的多径,在接收端采用了最大比合并(MRC)算法。

当下行SIR低于预先设置的SIR时,启动切换测量,根据选定的切换准则,判断用户的状态。如果判决有足够资源,就从外围小区中移进用户,如果没有足够的资源,就将用户移出小

区;如果不能满足切换条件,而且用户正处于呼叫并尝试由空闲模式变为激活模式状态,则基站发生阻塞;如果不能满足切换条件,而且用户已经处于激活状态,则发生掉话。此时统计该仿真步长内系统阻塞次数和掉话用户数目。

根据设定的仿真时间,经过多次迭代,最终统计用户的阻塞次数和掉话用户数目,从而得到用户的性能指标。仿真算法流程图见图7。

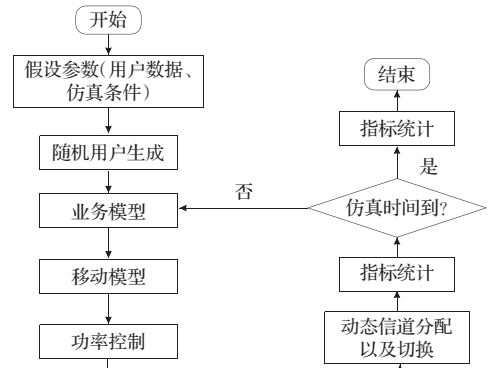


图7 系统仿真算法流程

5 结束语

以上所述是搭建整个系统仿真环境的基本模型的考虑,除了基本模型的建立外,还需要得到链路验证的支持,如系统验证中智能天线和多用户检测技术影响的加入,统计量中BER/BLER的获得等等。系统验证和链路验证之间的接口方式目前采用平均值接口法,提供基本参数的平均值,该方法简单易行,但是有一定误差。

通过本文给出的仿真平台,根据所需的系统验证需求,系统验证环境将针对该验证需求,配合相应的链路验证结果,对算法、过程或者参数进行验证,通过最终的统计量来评价算法和过程的可行性和最优性,以及参数选取的范围和最优值,从而为网络的规划和优化提供科学的依据。

参考文献:

- [1] 陈波.WCDMA网络静态仿真系统的设计与实现[D].长沙:湖南大学,2006.
- [2] 彭木根,王文博.TD-SCDMA移动通信系统切换控制算法仿真研究[J].系统仿真学报,2006,18(7):1912-1916.
- [3] 张渝.第三代移动通信系统中的无线资源管理算法研究[D].成都:电子科技大学,2004.
- [4] 3GPP TR 25.942 V6.4.0 Technical specification group radio access networks; Radio Frequency (RF) system scenarios[S]. Sophia Antipolis Valbonne:3rd Generation Partnership Project,2006.
- [5] ETSI TR 101 112 V3.1.0(1997-11) Universal Mobile Telecommunications System(UMTS);selection procedures for the choice of radiotransmission technologies of the UMTS[S].UMTS30.03 version3.1.0.
- [6] 彭木根,王文博.3G无线资源管理与网络规划优化[M].北京:人民邮电出版社,2006:157-200.