

多媒体码分多址系统的呼叫接纳控制*

朱立东** 吴诗其

(电子科技大学通信与信息工程学院 成都 610054)

【摘要】提出了一种适合于多媒体码分多址系统的呼叫接纳控制策略，对于新呼叫和切换呼叫，接纳控制策略设置了不同的干扰门限值，切换呼叫的门限高于新呼叫的门限。当新呼叫或切换呼叫到达时，首先确定新呼叫和切换呼叫的干扰门限，然后计算小区内多址干扰和小区间多址干扰，从而得到总干扰，将总干扰与干扰门限值进行比较，只有低于门限值的总干扰允许呼叫接入。

关键词 码分多址；多媒体；干扰；呼叫接纳控制

中图分类号 TN929.533

Call Admission Control in Multimedia CDMA System

Zhu Lidong Wu Shiqi

(College of Communication and Information Engineering, UEST of China Chengdu 610054)

Abstract A call admission control policy in wideband multimedia CDMA system is proposed in this paper. Different interference thresholds are set up for new calls and handoff calls. When new or handoff call arrives, interference threshold for new call and handoff call are firstly determined, then intra-cell and inter-cell interference are calculated, and the total interference is got. The total interference is compared with interference threshold, if the total interference is less than the threshold, the call is accepted. The policy improves the system performance with lower handoff call dropping probability.

Key words code division multiple access; multimedia; interference; call admission control

WCDMA系统是自干扰系统，其容量受干扰的限制，因而在考虑呼叫接纳控制时，首先要对干扰进行估计，再提出相应的控制策略，以满足不同业务的服务质量(QoS)要求。基于信干比的呼叫接纳控制策略，根据小区内用户当前的信干比和信干比门限值来估计系统的剩余容量^[1]。对于新呼叫或切换呼叫，只有在系统剩余容量大于零的前提下才允许接入。基于发射功率和接收功率的呼叫接纳控制策略，后者比前者更能有效地改善系统的性能^[2]。但该呼叫接纳控制策略没有考虑给切换呼叫提供更高的优先权，并且只考虑了单业务情形。Holma和Kim分别在文献[3]和文献[4]提出了基于宽带接收功率的上行链路呼叫接纳控制策略和基于总接收功率的呼叫接纳控制策略，与文献[2]提出的策略有相似之处。本文讨论呼叫接纳控制策略，其特点是根据不同的干扰门限值对新呼叫和切换呼叫的接纳进行控制。

1 系统模型

系统采用与文献[3]相同的19小区模型，中心小区外有6个相邻小区和12个次相邻小区。系统的

2001年12月3日收稿

* 国家科委863高科技项目，编号：863-317-03-01-01-04-20

** 男 33岁 博士生

各个小区呈正六边形，每个小区的基站位于正六边形的中心，基站的天线是全向的。假定系统的功率控制是理想的，各个用户的发射功率受多频信号最强的小区基站的控制。每个小区的用户是均匀分布的，并假定每个小区各类业务的用户数相同。本系统只考虑了反向链路的呼叫接纳控制，并假定一旦反向链路建立起来，则前向链路也自动建立。

各个用户的发射功率除了有路径损耗外，还有阴影衰落。路径损耗与距离的4次方成正比，阴影衰落服从对数正态分布。呼叫按Poisson过程到达，第 k 类业务的呼叫平均到达率为 I_k ，一旦呼叫接收服务，第 k 类业务的呼叫平均持续时间为 $1/m_k$ 。假设移动用户在小区内均匀分布，移动用户的初始方位角为 J ，且 J 是在 $[0, 2\pi]$ 之间均匀分布的随机变量。移动方位角 \mathbf{y} 是 $[0, \pi]$ 之间均匀分布的随机变量，移动台的速率和移动方向在呼叫持续期保持恒定，且速率为 10 m/s 。

2 数学分析

2.1 总干扰的估计

中心小区的总干扰 I_{total} 包括中心小区内用户的多址干扰 I_{local} 、6个相邻小区用户对中心小区的干扰 I_n 、12个次相邻小区以外用户对中心小区的干扰 I_m 、背景噪声 P_N 。

$$I_{total} = I_{local} + I_n + I_m + P_N \quad (1)$$

12个次相邻小区及以外的用户对中心小区基站接收机的干扰，约占总干扰的3%，背景噪声占总干扰的10%~25%，本文取10%，则

$$I_{total} = 1.15(I_{local} + I_n) \quad (2)$$

要确定中心小区总干扰 I_{total} 的值，只需确定中心小区内用户的多址干扰 I_{local} 和中心小区的6个相邻小区的用户对中心小区基站接收机的干扰 I_n 。

假设系统有语音、低速视频、高速数据三类业务，其数据速率分别为 R_a 、 R_v 、 R_d ，小区基站接收机接收到的一个语音、视频、数据用户的信号功率分别为 S_a 、 S_v 、 S_d 。定义能干比为单位比特的信号能量与干扰功率谱密度的比值。第 k 类业务的能干比

$$\frac{(E_b)_k}{I_0} = \frac{S_k / (R_k a_k)}{I_{total} / W} \quad (3)$$

式中 S_k 为中心小区内第 k 类业务一个用户的信号功率，由于是理想功放，该用户的信号功率与中心小区内第 k 类业务其他任何一个用户的干扰功率相等； a_k 和 R_k 分别为第 k 类业务的激活因子和数据速率； W 为系统带宽； $(E_b)_k$ 为第 k 类业务的单位比特能量； I_0 为干扰功率谱密度。

变换式(3)后，得

$$S_k = a_k R_k \frac{(E_b)_k}{I_0} \frac{I_{total}}{W} \quad (4)$$

对于语音、视频、数据业务，其总干扰 I_{total} 可以认为近似相等，则

$$S_v = \frac{a_v R_v ((E_b)_v / I_0)}{a_a R_a ((E_b)_a / I_0)} S_a = b_v S_a \quad (5)$$

$$S_d = \frac{a_d R_d ((E_b)_d / I_0)}{a_a R_a ((E_b)_a / I_0)} S_a = b_d S_a \quad (6)$$

式中 b_v 为一个视频用户信号功率与一个语音用户信号功率的比值； b_d 为一个数据用户信号功率与一个语音用户信号功率的比值。

先讨论语音业务的干扰。假设某时刻语音、视频、数据用户数分别为 N_a 、 N_v 、 N_d ，则该时刻中心小区内的多址干扰

$$I_{local} = a_a (N_a - 1) S_a + a_v N_v S_v + a_d N_d S_d \quad (7)$$

式中 a_a 、 a_v 、 a_d 分别为语音、视频、数据业务的激活因子。由式(5)~(7)，得

$$I_{local} = [a_a(N_a - 1) + a_v N_v + a_d N_d] S_a \quad (8)$$

再考察6个相邻小区用户对中心小区基站接收机的干扰。由于各个小区用户均匀分布,只需考察一个相邻小区的干扰即可。

假设中心小区基站与其相邻小区基站之间的距离为 $2R$,第 i 个相邻小区的第 j 个用户到该小区基站的距离为 r_{ji} ,到中心小区基站的距离为 d 。第 i 个相邻小区基站和中心小区基站之间的连线与用户 j 和第 i 个相邻小区基站的连线之间的夹角为 J_{ji} ,则用户 j 到中心小区基站的距离

$$d = \sqrt{4R^2 + r_{ji}^2 - 4Rr_{ji} \cos J_{ji}} \quad (9)$$

每个用户的发射功率只受导频信号最强的小区基站的控制,第 i 个相邻小区第 k 类业务的第 j 个用户对中心小区基站的干扰功率

$$I_{ji} = \left(\frac{r_{ji}}{\sqrt{4R^2 + r_{ji}^2 - 4Rr_{ji} \cos q_{ji}}} \right)^4 10^{(x_i - x_0)/10} a_k S_k \quad (10)$$

式中 $\left(\frac{r_{ji}}{\sqrt{4R^2 + r_{ji}^2 - 4Rr_{ji} \cos q_{ji}}} \right)^4$ 表示路径损耗的影响; $10^{(x_i - x_0)/10}$ 表示阴影衰落的影响; r_{ji} 是在 $[0, R]$ 上均匀分布的随机变量; q_{ji} 是在 $[0, 2\delta]$ 上均匀分布的随机变量; x_i 是阴影衰落对第 i 个邻区基站产生的影响; x_0 是阴影衰落对中心小区基站产生的影响; x_i 和 x_0 都是均值为0、标准方差为 s 的对数正态分布随机变量; a_k 是第 k 类业务的激活因子。6个相邻小区对中心小区基站接收机的干扰

$$I_n = \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^{N_{i,k}} \left(\frac{r_{ji}}{\sqrt{4R^2 + r_{ji}^2 - 4Rr_{ji} \cos J_{ji}}} \right)^4 10^{(x_i - x_0)/10} a_k S_k \quad (11)$$

由式(8)和式(11)可以得到中心小区的总干扰。对于视频、数据业务,其干扰分析与话音业务相似。

当有呼叫到达时,不管是新呼叫还是切换呼叫,首先计算该呼叫产生的负载增加量,并进一步计算干扰增加量。负载增加量

$$\Delta L = \frac{1}{1 + \frac{W_c}{a_k g_k^* R_k}} \quad (12)$$

式中 a_k 是第 k 类业务的激活因子; g_k^* 是保证第 k 业务QoS所要求的目标能干比; W_c 是码片速率; W_c 取值为3.84 Mcps。由负载增加量产生的干扰增加量

$$\Delta I \approx \frac{I_{total}}{1 - h} \Delta L \quad (13)$$

式中 h 为负载因子,定义为负载功率与总干扰功率的比值,本文取值为0.9。

2.2 干扰门限值的确定

本文讨论的是多业务CDMA系统,在考虑呼叫接入时,只有各类业务的能干比都高于目标能干比才允许接入,否则予以拒绝。

对于第 k 类业务,其能干比为

$$\left(\frac{E_b}{I_0} \right)_k = \frac{S_k (W / R_k)}{a_k (N_k - 1) S_k + I_n + I_m + P_N} \quad (14)$$

第 k 类业务的能干比必须满足

$$a_k (N_k - 1) S_k + I_n + I_m + P_N \leq \frac{W / R_k}{g_k^*} S_k \quad (15)$$

式中 g_k^* 为第 k 类业务的目标能干比, 第 k 类业务的干扰门限

$$I_{threshold} = \frac{(WS_k)}{(R_k \tilde{a}_k^*)} \quad (16)$$

切换呼叫允许接入目标小区的干扰门限值

$$I_{THH} = I_{threshold} \quad (17)$$

新呼叫允许接入小区的干扰门限值

$$I_{THN} = 0.9I_{threshold} \quad (18)$$

此处同样对系数取值为 0.9, 该系数还可以取不同的值, 表明切换呼叫相对于新呼叫允许接入小区的不同优先等级。

3 呼叫接纳控制策略

当呼叫到达时, 首先确定新呼叫和切换呼叫的干扰门限值 I_{THN} 和 I_{THH} 。计算目标小区基站接收机的总干扰 I_{total} 和到达呼叫产生的干扰增加量 ΔI 。若是新呼叫, 判断 $I_{total} + \Delta I < I_{THN}$ 是否成立, 若成立, 则该呼叫被接纳, 否则被阻塞; 若是切换呼叫, 判断 $I_{total} + \Delta I < I_{THH}$ 是否成立, 若成立, 则该呼叫被接纳, 否则被阻塞。

4 仿真

在本文的仿真中, 考虑了三类业务, 三类业务的特征如表1所示。

表1 各类业务的特征要求

业务类型	数据速率/Kbps	目标能干比/dB	激活因子	目标误码率
话音	12.2	5.6	0.5	10^{-3}
低速视频	32.0	5.6	1.0	10^{-5}
高速数据	144.0	3.2	1.0	10^{-6}

设系统带宽为 5.0 MHz, 且功率控制是理想的。无线传播除考虑路径损耗外, 还考虑了阴影衰落, 阴影衰落呈对数正态分布, 其均值为 0, 标准方差为 $\sigma = 8$ dB。对固定呼叫接纳控制策略(F-CAC)和基于不同干扰门限的呼叫接纳控制策略(AT-CAC)同时作仿真。在F-CAC策略中, 其他小区干扰与中心小区干扰的比值恒定, 且取值为 0.55。新呼叫和切换呼叫无优先权之分, 具有相同的干扰门限。而本文提出的AT-CAC策略, 对新呼叫和切换呼叫设置了不同的干扰门限, 切换呼叫有 10% 的预留干扰容限。对上述两种策略作仿真时, 假定各类业务呼叫的平均服务率均为 0.5 个/min, 话音、低速视频、高速数据三类业务中某两项业务的呼叫到达率固定, 而另一项业务的呼叫到达率可变, 该业务的新呼叫阻塞概率和切换呼叫的切换失败概率与呼叫到达率的关系。

图1、图2分别是话音新呼叫的阻塞率、话音切换呼叫的切换失败概率与话音呼叫到达率的关系曲线图, 假设视频呼叫和数据呼叫的到达率恒定, 且视频呼叫平均到达率为 20, 数据呼叫的平均到达率为 10。图3、图4分别是视频新呼叫的阻塞率、视频切换呼叫的切换失败概率与视频呼叫到达率的关系曲线图, 假设话音呼叫和数据呼叫的到达率恒定, 且话音呼叫的平均到达率为 40, 数据呼叫的平均到达率为 10。图5、图6分别是数据新呼叫的阻塞率、数据切换呼叫的切换失败概率与数据呼叫到达率的关系曲线图, 假设话音呼叫和视频呼叫的到达率恒定, 且话音呼叫的平均到达率为 40, 视频呼叫的平均到达率为 20。

从图1、图3和图5可以看出, 在不同干扰门限的呼叫接纳控制策略中, 各类业务新呼叫的阻塞概率比固定呼叫接纳控制策略高; 从图2、图4和图6可以看出, 在不同干扰门限的呼叫接纳控制策

略中, 各类业务切换呼叫的切换失败概率则比固定呼叫接纳控制策略低。

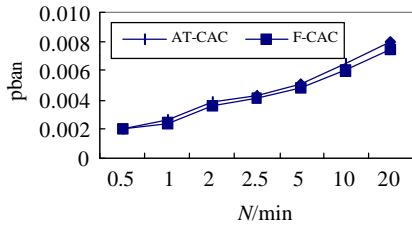


图 1 话音新呼叫阻塞概率与话音呼叫到达率的关系

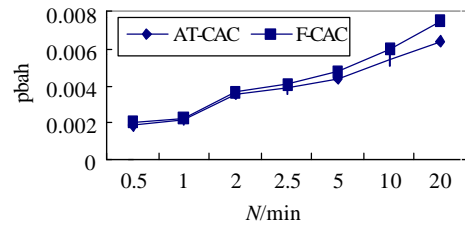


图 2 话音切换呼叫阻塞概率与话音呼叫到达率的关系

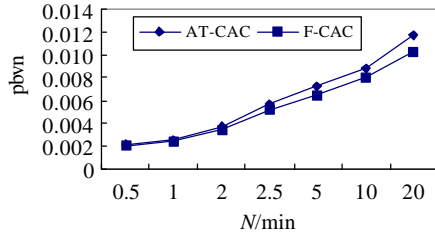


图 3 视频新呼叫阻塞概率与视频呼叫到达率的关系

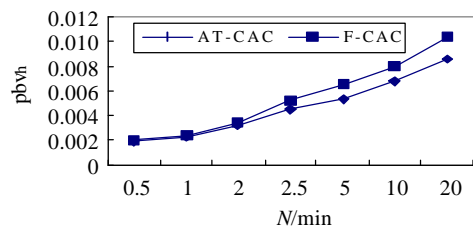


图 4 视频切换呼叫阻塞概率与视频呼叫到达率的关系

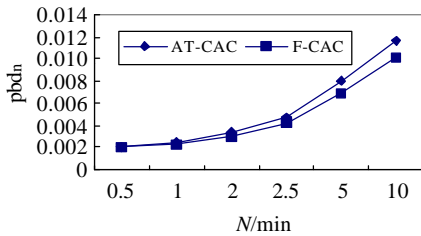


图 5 数据新呼叫阻塞概率与数据呼叫到达率的关系

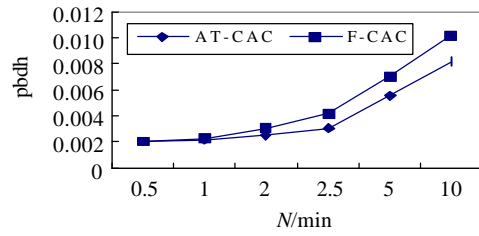


图 6 数据切换呼叫阻塞概率与数据呼叫到达率的关系

5 结 论

本文的仿真结果表明, 在不同干扰门限的呼叫接纳控制策略中, 各类业务新呼叫的阻塞概率比固定呼叫接纳控制策略略高, 而各类业务切换呼叫的切换失败概率则比固定呼叫接纳控制策略低。由于切换呼叫因切换失败而造成呼叫掉话相对于新呼叫被阻塞更难以让人容忍, 因而本文提出的呼叫接纳控制策略较固定呼叫接纳控制策略能更有效地改善系统的性能。

参 考 文 献

- 1 Zhao L, Magda E Z. SIR-based call admission control for DS-CDMA cellular systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 1994, 12 (4): 638-644
- 2 Huang C Y, Yates R D. Call admission in power controlled CDMA systems. *IEEE VTC' 96*, 1996: 1 665-1 669
- 3 Lei Z G, Li V K. Interference estimation for admission control in multi-service DS-CDMA cellular systems. *IEEE Globecom' 2000*, 2000
- 4 Kim K Y, Han Y N. A call admission with thresholds for multi-rate traffic in CDMA systems. *IEEE VTC' 2000*, 2000