

文章编号: 1001-0920(2004)03-0339-03

基于双时钟的 CDMA 移动通信网络拥塞软处理方法

关少颖, 夏莉, 王光兴

(东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110004)

摘要: 提出一种基于双时钟的 CDMA 移动通信网络的拥塞软处理方法。该方法硬件实现简单, 能动态分配移动通信网络资源, 及时解除网络拥塞, 使系统稳定工作。实验结果表明, 该方法有效地保证了移动通信网络的服务质量, 具有缓解拥塞时间、呼叫等待处理时间短以及呼损率低等特点。

关键词: SIR 功率控制; 接入控制; 拥塞缓解; 流量控制; 软处理

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A

Double-clock-based soft process method for CDMA mobile communication networks

GUAN Shao-ying, XIA Li, WANG Guang-xing

(School of Information Science and Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004, China. Correspondent: GUAN Shao-ying, E-mail: shaoying2002@hotmail.com)

Abstract: A double-clock-based congestion control method for CDMA mobile communication networks is proposed. The control model can be realized easily on hardware. The method is simulated on an experimental system and its performance is analyzed. It is proved that the model can allocate bandwidth dynamically, utilize resource effectively, eliminate congestion on time with double clock, ensure the QoS of CDMA mobile communication networks. Moreover, it makes cell drop ratio less, waiting time shorter and congestion be free quickly.

Key words: SIR power control; access control; congestion control; traffic control; soft process

1 引言

移动通信已在人们的日常生活中占据很重要的地位, 如何保证移动通信系统的服务质量, 使其在通信过程中性能稳定, 合理分配带宽以及有效地进行拥塞控制是亟待解决的问题^[1,2]。人们通常采用软处理方法控制网络拥塞, 其主要思路是: 在不降低基站发射功率, 不影响移动台接收质量的情况下, 为了提高移动网络的 QoS, 可以适当地调整基站的参数, 使之在网络拥塞期间达到缓解拥塞的目的, 保证移动网络稳定工作。针对上行链路的一些简单的拥塞控制算法^[3]为: 1) 稳定化功率矢量, 创建一个达不到 SIR 目标的承载; 2) 稳定化系统通过降低比特率

达到, 完成一个内部频率的切换或去掉一个承载。两种算法均采用 SIR 门限, 该门限可通过测试到的信号与干扰之比获得。但孤立地采用上述某一种控制机制, 尤其在局域网的环境下, 其网络利用率很低。实验表明, 将预防式控制与反应式控制适当地结合起来进行移动通信网络控制, 可以提高网络利用率, 更有效地控制拥塞, 得到好的系统性能。

2 基于双时钟的 CDMA 移动通信网络的拥塞软处理方法

该控制模型作用于基站, 用于上行链路的拥塞控制, 其总体工作过程如图 1 所示。基站的接收端对

收稿日期: 2002-12-09; 修回日期: 2003-05-08

作者简介: 关少颖(1963—), 女, 辽宁沈阳人, 讲师, 博士生, 从事 CDMA 移动通信网络 QoS 理论及实验研究; 王光兴(1937—), 男, 黑龙江哈尔滨人, 教授, 博士生导师, 从事第三代移动通信、ATM 网络管理系统等研究。

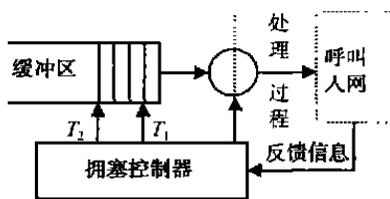


图1 双时钟拥塞控制模型总体工作过程

不断到达的呼叫进行处理, 分配带宽, 建立上行链路, 进行上行通信。当到达的呼叫未能得到及时处理时, 就要在基站接收端的缓冲器中排队等待。设呼叫到达的时间间隔和基站处理呼叫的时间间隔都是随机的, 且遵循负指数分布, 但呼叫平均到达率 λ 是恒定的, 而基站平均服务率 μ 随当前网络状态的变化而随机变化。当基站准备对到达呼叫进行入网处理时, 先要查询储存在拥塞控制器中的当前网络状态。实际的网络状态非常复杂, 很难用确切的数学模型验证, 所以拥塞控制器根据网络反馈的网络信息来实时决定网络状态。这里用 3 种状态函数表征网络状态: A 函数表示网络正常状态; B 函数表示一般网络拥塞状态; C 函数表示严重网络拥塞状态。拥塞控制器的主要作用是控制呼叫接入和开启时钟, 它根据不同网络状态对到达呼叫采取不同的处理。

双时钟拥塞控制模型的控制流程如图 2 所示。

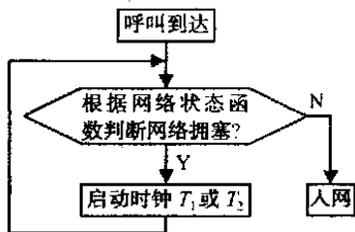


图2 流程图

1) 如果当前网络状态函数为 A , 则控制器允许基站按以下规则处理呼叫入网: 基站首先处理对延时敏感的高优先级的呼叫, 而优先级较低以及对延时敏感较差的呼叫次之; 当网络拥塞被缓解时, 则尽可能使优先级较低、对延时敏感较差的呼叫截止。一方面使高优先级的呼叫得到及时处理, 从而保证了高优先级业务的服务质量; 另一方面, 控制时钟的设定皆小于呼叫在系统中平均延时的 50%, 即使由于网络出现拥塞状态, 较低优先级的呼叫被截止, 但在时钟运行结束后, 网络状态被缓解, 较低优先级的呼叫仍能在有效的等待时间内被处理入网而不被丢失, 因而保证了较低优先级呼叫的服务质量, 大大降低了呼损率。

2) 如果当前网络状态函数为 B , 控制器会发出截止信息给输出端, 要求其停止处理呼叫入网; 同时控制器开启控制时钟 T_1 来缓解当前的网络拥塞。 T_1 运行结束后, 控制器即时查询网络反馈信息, 若当前网络状态函数已恢复为 A , 则允许基站仍按其入网规则处理呼叫入网, 即先处理对延时敏感的高优先级的呼叫入网; 若网络状态函数仍为 B , 则呼叫仍然不被处理, 继续在缓冲区内等待, 同时控制器再开启时钟来缓解拥塞。这样的过程会一直循环下去, 直至网络恢复正常状态。

3) 如果当前网络状态函数为 C , 控制器会发出截止信息给输出端, 停止其处理呼叫的入网; 同时控制器开启时钟 T_2 来缓解当前网络的严重拥塞状态。 T_2 运行结束后, 控制器会依据获得的网络状态信息进行不同的处理: 网络状态函数为 A , 则允许基站正常工作; 网络状态函数为 B 或 C , 则继续发给输出端截止呼叫入网信息, 同时开启 T_1 或 T_2 时钟, 及时缓解当前网络拥塞状态。这样的过程一直循环下去, 从而有效地保证了整个网络工作的正常运行和通信质量。

3 网络状态函数及两个时钟的确定

网络状态函数的确定应遵循以下两个基本原则: 1) 该函数能反映网络的运行情况; 2) 函数的门限容易确定。反映移动网络性能优劣的因素有: 移动通信网络的无线资源利用率; 移动通信网络的呼损率和移动网络的实时信噪比 SIR 。在此选定网络上链路的实时信噪比 SIR 为确定网络状态函数的主要依据。

例 1^[4] 在基站 K 中的某移动用户上行链路

$$SIR_k = \frac{1}{n_k - 1 + \left[\prod_{h,k,i=1}^{n_h} Q(r_{ih}/r_{ik})^\mu 10^{(c_{ih} - c_k)/10} \right]}$$

根据相关通信理论^[5], 设当 SIR_k 为 SIR_{req} (SIR_{req} 是上行链路的信噪比门限) 的 2 倍左右时, 认为网络工作在正常状态, 网络状态函数为 A ; 若 $SIR_{req} < SIR_k < 1.5SIR_{req}$ 时, 认为网络发生一般拥塞, 应及时缓解, 此时设网络状态函数为 B ; 若 SIR_k 接近 SIR_{req} , 则认为网络发生严重拥塞, 应及时得到处理, 以防止更危险的情况出现, 此时设网络状态函数为 C 。 SIR_k 与 SIR_{req} 的曲线比较如图 3 所示。

时钟 T_1 的选取应根据网络具体情况确定, 其大小应适当, 若选得过小, 则不能达到缓解网络拥塞的目的; 若选得过大, 一方面将导致网络资源的浪费, 另一方面会出现缓冲器中的呼叫等待时间过长而自

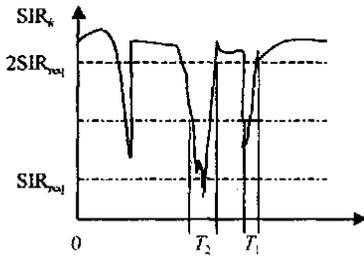


图 3 SIR 与 SIR_{req} 曲线比较

然丢失的现象, 导致呼损率上升, 网络服务质量下降。一般情况下, 设 T_1 为移动网络呼叫在系统中平均等待时间的 15%。

T_2 的确定: 1) T_2 是为了缓解网络严重拥塞而采取应急措施设定的, 它必定比 T_1 大; 2) 时钟 T_2 的设定要适当。若 T_2 设定太大, 则可能网络早已恢复正常而呼叫仍被截止, 从而浪费了网络资源, 导致呼损率上升; 若设定太小, 则网络的严重拥塞不能得到及时缓解。通过实验、比较, 一般设定时钟 T_2 为时钟 T_1 的 3 倍左右。

4 基于双时钟的 CDM A 移动通信网络的拥塞软处理方法性能分析

模拟 CDM A 移动通信系统的某个小区, 仿真完成 1 000 个呼叫的处理, 网络容量为 300 个用户。经过多次实验, 当设 T_1 为移动通信网络呼叫在系统中平均等待时间的 15% 时, 发现移动网络中的平均拥塞缓解时间为平均呼叫等待时间的 14.44%。此时具有系统利用率较高, 呼叫等待处理时间短, 呼损率、重访率低等特点。

图 4 中的曲线 ~ 是当时钟 T_1 与呼叫平均等待时间 W_s 比值不同时, 模拟系统描绘的一系列 $\rho-W_s$ 仿真曲线 ($\rho = \lambda/\mu$ 是移动系统的工作强度), 而曲线 ~ 是移动系统没有采取控制机制时 $\rho-W_s$ 仿真曲线。可见尽管此时 W_s 较小, 但不能保证系统发生拥塞时及时缓解当前拥塞, 使系统稳定工作, 降低了 QoS。当 T_1 分别为 0.85 W_s 或 2.5 W_s 时, 即使此时系统的拥塞能得到及时缓解, 但由于呼叫等待时间 W_s 过大, 将导致呼损率、重访率升高, 网络资源利用率降低。而当 $T_1 = 0.15W_s$ 时, 移动系统的呼叫平均等待处理时间 W_s 接近 W_s (较小), 且能及时缓解移动网络的拥塞, 保证了移动网络呼损率、重访率低, 从而充分利用了网络资源。

图 5 是模拟移动系统施行该控制机制时的 $\rho-P_{loss}$ 曲线。同理, 当 T_1 分别为 0.85 W_s 或 2.5 W_s 时, 系统的 P_{loss} 较大, 呼叫的重访率较大, 系统的 QoS 较

低; 当 $T_1 = 0.15W_s$ 时, 系统运行在最佳状态, 此时呼叫的平均等待时间较小, P_{bss} 较低, 能充分有效地利用网络资源, 此时系统的 QoS 较高。

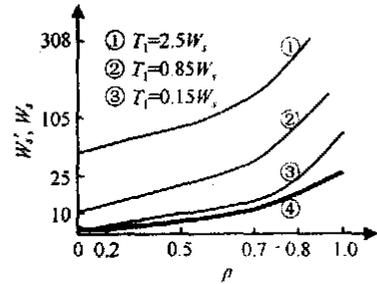


图 4 $\rho-W_s$ 曲线

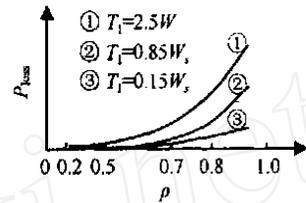


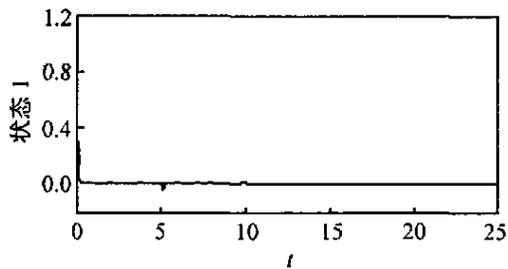
图 5 $\rho = P_{loss}$ 曲线

表 1 为 $\rho = 0.85, T_1 = 15\%W_s, T_2 = 3T_1$ 时该模拟移动系统的拥塞控制部分仿真结果。其中: 结果 1 和结果 2 为网络在处理 1 000 个呼叫时, 一直没有出现拥塞情况, 这种现象一般发生在呼叫低谷期, 例如每天凌晨时段, 呼损率均为 0; 结果 3 ~ 结果 5 的平均缓解拥塞的时间大约为 15% W_s , 可知在该种情况下, 移动系统时有拥塞发生, 但皆为一般拥塞状态, 启动时钟 T_1 , 拥塞便可得到及时缓解, 且此时呼损率几乎为零, 呼叫平均等待时间接近 W_s ; 结果 6 和结果 7 显示了当网络发生一般拥塞和严重拥塞两种情况时系统的运行情况, 以拥塞缓解时间较长 (为 40% W_s 左右), 呼叫延时较大和呼损率上升等为代价, 可以使系统出现严重拥塞状态时, 能够得到及时处理, 从而保证了系统充分有效地利用资源, 稳定工作。

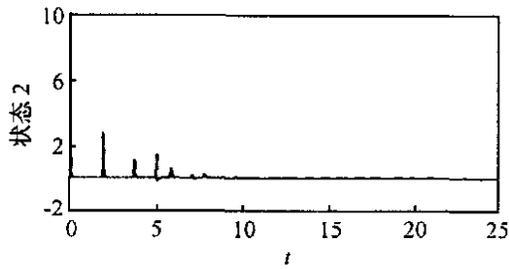
表 1 拥塞控制程序运行结果

	平均等待时间	拥塞缓解时间	呼损率
结果 1	15.333 1	0.000 0	0.00
结果 2	17.410 6	0.000 0	0.00
结果 3	20.428 5	3.161 4	0.00
结果 4	19.361 6	2.965 9	0.00
结果 5	19.394 5	3.063 7	0.00
结果 6	38.735 0	14.138 9	5×10^{-4}
结果 7	40.160	16.301	5×10^{-4}

(下转第 345 页)



(a) 状态 1



(b) 状态 2

图 1 仿真曲线

在该反馈下, 由约束方程可知状态 2 可由状态 1 表示. 因此, 在取初值 $x_1(0) = 1$ 时, 系统状态的仿真曲线如图 1 所示.

5 结 语

本文主要考虑了具有状态及输入时滞的奇异系统 H_∞ 鲁棒控制问题, 给出了 H_∞ 状态反馈控制器的

设计方案. 该方案可通过解一个 LMI 来实现. 状态反馈 H_∞ 控制器不仅保证了闭环系统的二次稳定性, 而且保证了在一个正数 γ 条件下的 H_∞ 范数界.

参考文献 (References):

- [1] Jong Hae Kim, Hong Bac Park. H_∞ state feedback control for generalized continuous/discrete time-delay system [J]. *Automatica*, 1999, 35(5): 1443-1451.
- [2] Xu Shengyuan, Paul Van Dooren, Stefan, et al. Robust stabilization for singular systems with state delay and parameter uncertainty [J]. *IEEE Transactions on Automatic Control*, 2002, 47(7): 1122-1128.
- [3] Izumi Masubuchi, Yoshiyuki Kamitane, Atsumi Ohara, et al. H_∞ control for descriptor systems: A matrix inequalities approach [J]. *Automatica*, 1997, 33(4): 669-673.
- [4] 徐胜元, 牛玉刚, 杨成梧. 参数不确定性系统的鲁棒 H_∞ 控制 [J]. *自动化学报*, 2001, 27(3): 397-400. (Xu S Y, Niu Y G, Yang C W. Robust H_∞ control for singular systems with parameter uncertainty [J]. *Automatica Sinica*, 2001, 27(3): 397-400.)
- [5] 马树萍, 程兆林. 线性奇异系统的 H_∞ 控制问题: 状态反馈情形 [J]. *控制理论与应用*, 2001, 18(4): 513-518. (Ma S P, Cheng Z L. State feedback H_∞ control design problem for linear singular systems [J]. *Control Theory and Applications*, 2001, 18(4): 513-518.)

(上接第 341 页)

5 基于双时钟的 CDMA 移动通信网络的拥塞软处理方法的特点

1) 在 CDMA 移动通信系统中, 根据上行链路 SIR 与 SIR_{req} 比较结果, 确定移动网络的运行情况, 对呼叫采取不同的处理. 当系统发生拥塞时, 通过拦截优先级较低的呼叫, 同时启动控制时钟, 达到对移动通信网络拥塞缓解的目的.

2) 通过设定两个时钟 T_1 和 T_2 , 使得移动网络的拥塞及时得到缓解, 尤其当移动网络某局部出现严重拥塞时, 时钟 T_2 的设定为尽快解除拥塞起了关键作用, 可见该控制方法具有一定的完善性.

3) 该控制模型作用于基站, 能够保证缓解拥塞时间短, 呼叫等待时间短和呼损率低的特点, 尤其在高峰期能有效及时地解除拥塞, 具有现实意义.

4) 该控制方法将预防式控制与反应式控制方

法相结合, 简单方便, 易于实现.

参考文献 (References):

- [1] Zhao Liu, Magda El Zarki. SR-based call control for DS-CDMA cellular systems [J]. *IEEE Transactions on Communications*, 1994, 42(8): 638-644.
- [2] Zander J. Performance of optimal power control in cellular radio systems [J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 1992, 41(1): 621-627.
- [3] 杜栓义, 文成义, 李赞, 等. 第三代移动通信系统 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [4] Jint-shyr Wu, Jirn-Kung Chung, Bor-Jiunn Hwang. Multi-channel assignment schemes and handoff study in CDMA cellular systems [J]. *Wireless Personal Communications*, 2001, 18(9): 67-78.
- [5] Xilin Chen. Modern communications theory [D]. Beijing: Ei Publishe Company of Beijing, 1999. 100-140.