

基于剩余容量估算的访问控制^{*}

鲁瑞华¹ 杨明²

(西南大学电子信息工程学院¹ 西南大学计算机与信息科学学院² 重庆 400715)

摘要 本文提出了基于剩余容量估算的访问控制,该控制方法支持综合语音、数据及图像码分多路访问(Code-division multiple-access, CDMA)系统,可用于逆向链路中非实时数据业务的剩余容量预测。为预测在下一时间片能够调度的剩余容量、数据包的数据量或数据包的数据速率,提出了静态剩余容量估算模式和动态剩余容量估算模式。利用模拟实验考察了停机概率和平均数据报文延迟两种性能指标。在综合语音、数据及图像 CDMA 系统中基于动态剩余容量估算的访问控制性能优于基于静态剩余容量估算的访问控制。

关键词 剩余容量估算,访问控制,码分多路访问,停机概率,平均数据报文延迟

Access Control Based on Prediction of the Residual Capacity

LU Rui-Hua¹ YANG Ming²

(School of Electronics and Information Engineering, Southwest University, Chongqing 400715)¹

(School of Computer and Information Science, Southwest University, Chongqing 400715)²

Abstract In this paper a method of access control based on prediction of the residual capacity is proposed. The method supports integrated voice/data/video code-division multiple-access (CDMA) systems and is useful for prediction of the residual capacity in non-real-time data services in reverse link. Two estimation schemes, i. e. a static estimation scheme and a dynamic estimation scheme, are presented for predicting the residual capacity, the number or the data rate of data packets which could be scheduled at the next time slot. The outage probability and the mean data message delay are studied by simulations. The results show that in integrated voice/data/video code-division multiple-access systems the performance of the method of access control based on the dynamic estimation scheme is better than that of the method of access control based on the static estimation scheme.

Keywords Residual capacity prediction, Access control, Code-division multiple-access, Outage probability, Mean data message delay

1 引言

为了提供不同比特速率和不同服务质量的多媒体业务,业已在无线码分多路访问(Code-division multiple-access, CDMA)系统中提出了有效的通信控制模式^[1,2]。该模式的根本目的是通过调度下一时间片数据包的数量将总的系统干扰控制在一定水平之下。文[3]中,数据传输的控制是通过动态地改变基于上行链路的容许概率得以实现的。然而,由于预测模式要求选择3个参数,结果导致次最优性能。文[4]中提出了一种简化的预测模式。假设,在一个时间片期间在大量有效语音用户中只有一个变分出现,在此情况下,下一时间片中数据包的数量预测为小于或等于当前时间片中的数据包的数量。然而,这些模式主要都是为简单的语音、数据业务设计的。本文提出的是综合语音、数据及图像 CDMA 系统中预测下一时间片能够调度的数据包数量的静态和动态估算模式。不同访问控制协议的系统性能是考虑到停机概率和平均数据报文延迟加以评估的。

2 系统模型

在一个带宽为 W 的直接序列单个单元 CDMA 系统的逆链路的分槽系统中,假设 K_v 语音用户、 K_w 图像用户和 K_d 数据用户访问逆链路信道。语音和图像通信被看作实时通信,而数据通信被假定为非实时最佳效果通信。

2.1 语音通信

人类语音产生的机理是一个非常复杂的过程,无法用解析式对其进行精确的描述。因此,语音通信的前提和基础是对语音信号进行分析。只有将语音信号分析表示成其本质特性的参数,才有可能利用这些参数进行高效的语音通信。

隐马尔可夫模型(Hidden Markov Model, HMM)在语音及图像处理中已得到广泛应用。由于隐马尔可夫模型具有状态函数,既能用短时模型-状态解决声学特性相对稳定段的描述,又能用状态转移规律刻画稳定段之间的时变过程,所以能统计发音的声学特性和时间上的变动。马尔可夫链是马尔可夫随机过程的特殊情况,它是状态和时间参数都离散的马尔可夫过程。马尔可夫链的形状由初始状态概率和状态转移概率矩阵决定。假定 ON/OFF 语音活动模型用于转换速率为 μ (从 ON 到 OFF)和 λ (从 OFF 到 ON)的语音通信。此外,假定累积语音活动过程为离散时间马尔可夫链^[5,6]。假定语音包是用数据速率 R_v (比特/秒)传输的。

2.2 图像通信

图像通信是利用视觉的通信,它把符号和语言难以描述的任意图形、绘画、动作、色彩等通过电信手段传送给对方,为对方的视觉所接受。由于传送的信息量大,图像通信要求比电话电路宽得多的传输信道,另外,还有一些比较特殊的要求,如对相位失真十分严格的要求。在系统模型中,图像通信源被建模为离散状态连续时间马尔可夫过程,如图 1 所

^{*}基金项目:校科技基金资助项目(No. SWNUF 2004006)。鲁瑞华 教授,硕士生导师,主要研究方向为信号与信息处理及数字通信;杨明 副教授,博士研究生,主要研究方向为人工智能与智能信息处理。

示^[1,6,7]。此图像通信的比特速率被量化成有限离散状态(0, A, ..., MA)。状态之间的转移取决于当前状态的指数转换速率^[7]。模型的状态转换速率 α 和 β 是分别由 $\beta = 3.9 / (1 + 5.04458N/M)$ 和 $\alpha = 3.9 - \beta$ 获得的, 这里 N 是聚合图像源的数量, M 是量化状态的数量, 假设 $N = 1, M = 8$ 。假定图像用户在包处于状态 jA 时用数据速率 jR_b (比特/秒) 传输包。这里 R_b 是包传输的基本速率。在零状态时, 无包被传输^[1]。

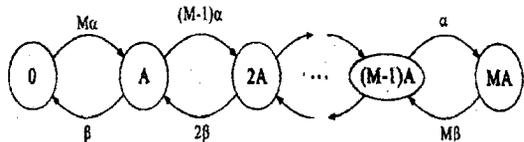


图1 图像源模型

2.3 数据通信

假定系统中 K_d 数据用户是确定性的而且每个时间片每个用户都有一个数据包要传输。在恒定比特速率(CBR)方法中每个数据用户用恒定数据速率 R_d (比特/秒) 传输包, 两个和两个以上的用户能够同时访问共享信道。而对于可变比特速率(VBR)方法来说, 则在同一个时间只有一个用户被允许在第 n 个时间片持续时间以最大可用数据速率 $R_d(n)$ (比特/秒) 传输包^[8]。数据速率 $R_d(n)$ 被假定为基本速率 R_b 的整数倍。

3 剩余容量估算和访问控制

3.1 剩余容量

在一个干扰有限的 CDMA 系统中, 当且仅当

$$\sum_{j=1}^K \left(\frac{W}{r_j \gamma_j} + 1 \right)^{-1} < 1 \quad (1)$$

对 K 诸用户的传输功率赋值是可行的。这里 r_j 和 γ_j 分别是第 j 个用户的数据速率和目标信号干扰比 (signal-to-interference, SIR)。假设语音、数据和图像业务的目标信号干扰比分别为 γ_v, γ_d 和 γ_{vd} , 我们用以下几个表示法: $a_v = (W/R_v \gamma_v + 1), a_d(n) = (W/R_d(n) \gamma_d + 1), a_{vd,j} = (W/jR_b \gamma_{vd} + 1)$, 于是可行性方程能够写作

$$\Gamma_d(n) = \frac{d(n)}{a_d(n)} < 1 - \frac{v(n)}{a_v} - \sum_{j=1}^M \frac{vd_j(n)}{a_{vd,j}} \quad (2)$$

式中 $v(n), d(n)$ 和 $vd(n)$ 分别是在第 n 个时间片进行传输的有效语音、数据和图像用户的数量。 $\Gamma_d(n)$ 是在第 n 个时间片数据用户的理想剩余容量。当不等式(1)被打破, 即当没有可行性功率赋值存在时, 便停机。

3.2 静态剩余容量估算

为了减少由于不完全估算造成的停机, 对于数据用户在第 $(n+1)$ 个时间片所估算的剩余容量 $\Gamma_d(\hat{n}+1)$ 的预测通常少于第 n 个时间片的理想剩余容量 $\Gamma_d(n)$, 其式如下:

$$\Gamma_d(\hat{n}+1) = \Gamma_d(n) - \frac{1}{a_v} \Delta(n) \quad (3)$$

式中 $\Delta(n)$ 被称为第 n 个时间片的安全系数, $1/a_v$ 是对(2)式中一个语音用户传输功率赋值的总数。在静态估算模式中, 不管时间片情况如何, 安全系数 $\Delta(\cdot)$ 静态地设置为 1 或 2。

3.3 动态剩余容量估算

在动态估算模式中, 安全系数 $\Delta(n)$ 是基于语音和图像业务通信载荷动态计算的。考虑到系统中 K_v 语音用户和第 n 个时间片有效语音用户, 转移概率由下式求出:

$$p_v(v(n+1)k + \eta | v(n) = k)$$

$$= \begin{cases} \frac{\lambda_k}{\lambda_k + \mu_k} (1 - \exp(-(\lambda_k + \mu_k)d)), & \text{if } \eta = 1 \\ \frac{\mu_k}{\lambda_k + \mu_k} (1 - \exp(-(\lambda_k + \mu_k)d)), & \text{if } \eta = -1 \\ \exp(-(\lambda_k + \mu_k)d), & \text{if } \eta = 0 \end{cases} \quad (4)$$

式中 $\lambda_k = (K_v - k)\lambda, \mu_k = k\mu, d$ 为时间片的持续时间。

为了简化图像通信载荷的预测, 假设对于一个从 jA 状态向 $(j+1)A$ 状态转移的图像用户传输功率赋值的差分与图像用户状态 jA 任何情况下对语音用户传输赋值的总数是相同的。此外, 图像源模型的连续时间马尔可夫过程被假定为近似的离散时间马尔可夫过程。于是, 考虑到系统中的 K_{wd} 图像用户和第 n 个时间片第 k 个图像用户的图像状态 $s_k(n)$, 转移概率由下式求出:

$$q_{v,d,k}(s_k(n+1) = j + \eta_k | s_k(n) = j)$$

$$= \begin{cases} \frac{\lambda_j}{\lambda_j + \mu_j} (1 - \exp(-(\lambda_j + \mu_j)d)), & \text{if } \eta_k = 1 \\ \frac{\mu_j}{\lambda_j + \mu_j} (1 - \exp(-(\lambda_j + \mu_j)d)), & \text{if } \eta_k = -1 \\ \exp(-(\lambda_j + \mu_j)d), & \text{if } \eta_k = 0 \end{cases}$$

式中 $\lambda_j = (M - j)\alpha, \mu_j = j\beta$ 。我们将累积图像状态 $S_{wd}(n)$ 定义为第 n 个时间片每个图像用户的图像状态之和, 即 $S_{wd}(n) = \sum_{k=1}^{K_{wd}} s_k(n)$, 于是转移概率为:

$$P_{v,d}(S_{wd}(n+1) = u + \eta | S_{wd}(n) = u) = \sum_u \left\{ \prod_{k=1}^{K_{wd}} q_{v,d,k}(s_k(n+1) = j + \eta_k | s_k(n) = j) \right\} \quad (6)$$

式中 u 为集 $\{ \forall \eta_k \in 0, 1, 2, \dots | \sum_{k=1}^{K_{wd}} \eta_k = \eta \}$ 。

我们将通信载荷 $T(n)$ 定义为在第 n 个时间片中语音通信 $v(n)$ 和图像通信 $S_{wd}(n)$ 之和, 即 $T(n) = v(n) + S_{wd}(n)$, 于是语音和数据用户独自传输包时, 实时通信的转移概率由下式可得

$$P_t(T(n+1) = t + \eta | T(n) = t) = \sum_{\eta_v = -\epsilon \eta_v = -1}^1 \sum_{\eta_d = -1}^1 [P_v(v(n+1) = k + \eta_v | v(n) = k)] [P_{wd}(S_{wd}(n+1) = u + \eta_d | S_{wd}(n) = u)]_{\eta_v + \eta_d = \eta} \quad (7)$$

式中 ϵ 为该时间片持续时间图像通信载荷最大差分而且可以被设置为图像用户 K_{wd} 的数量。如果在时间片持续时间累积图像状态 $S_{wd}(n)$ 中最多出现 ± 1 差分, 则我们能假定 $\epsilon = 1$ 。然而, 它要求的是一个很短的时间片持续时间。一般的无线 CDMA 系统使用的是 10ms 或 20ms, 因而在此时间片持续时间可以出现图像载荷更大的差分。

在动态估算模式中, 第 n 个时间片的安全系数 $\Delta(n)$ 被选作在下式中满足目标停机概率 (target outage probability, TOP) 的 η 中的最大整数:

$$1 - \sum_{\eta = -(\epsilon+1)}^{\epsilon+1} P(T(n+1) = t + \eta | (T(n) = t) \leq TOP) \quad (8)$$

3.4 数据访问控制

在数据用户的 CBR 方法中, 所有的数据用户都用同样的数据速率 R_d 传输包。这样, 剩余容量, 在第 $(n+1)$ 个时间片能够调度的包的数量, 被估算为 $\hat{d}(n+1) = a_d \cdot \hat{\Gamma}(n+1)$ 。系统调度 $[\hat{d}(n+1)]$ 数据用户在第 $(n+1)$ 个时间片传播。在数据用户的 VBR 方法中, 在时间片持续时间只有 1 个数据用户或无数数据用户传输包, 这样, 剩余容量, 在第 $(n+1)$ 个时间片可以调度的数据包的数据速率被估算为 $R_d(n+1) = (W/\gamma_d) / (1/\Gamma_d(n+1) - 1)$ 。系统将 $[R_d(n+1)/R_b] \times R_b$ 的数据速率配给被允许在第 $(n+1)$ 个时间片传输的数据用户, 这里 R_b 为基本速率。

(下转第 132 页)

在着顶点分组、商 FCM 中组节点的状态值与边权值的定义和数学模型的科学化问题。尤其是不适当的多边聚合(组节点间的权值定义),可能会获取非常不恰当的因果关系推理结果。当然每种聚合方法有自己的优缺点,而且很难找到一种适合所有情况的统一方法。

参考文献

- 1 Axelrod R. Structure of Decision: the Cognitive Maps of Political Elites. Princeton, NJ:Princeton University Press, 1976
- 2 Kosko B. Fuzzy cognitive maps. Int. J. Man-machine Studies, 1986, 24: 65~75
- 3 Kosko B. Adaptive inference in fuzzy knowledge networks. In: Proc. 1st Int. Conf. Neural Networks, 1987, 2: 261~268

- 4 Liu Z Q, Miao Y. Fuzzy cognitive map and its causal inference. In: Proc. IEEE Int. Conf. Fuzzy Systems Seoul Korea, 1999, 3: 1540~1545
- 5 Aguilar J. Learning Algorithm and Retrieval Process for the Multiple Classes Random Neural Network Model. Neural Processing Letters, Kluwer Academic Publishers, 2001, 13(1):81~91
- 6 Zhang Jianying, Liu Zhi-qiang, Zhou Sanming, Quotient FCMs-A Decomposition Theory for Fuzzy Cognitive Maps. IEEE transactions on fuzzy systems, 2003, 11(5):593~604
- 7 Liu Z Q, Zhang J Y. Interrogating the structure of fuzzy cognitive maps. Soft Comput., 2003, 7(3):148~153
- 8 骆祥峰. 认知图理论及其在图像分析与理解中的应用:[合肥工业大学计算机应用博士论文]. 2003
- 9 于江涛. 多智能体模型、学习和协作研究与应用:[浙江大学控制博士论文]. 2003

(上接第 101 页)

4 模拟结果和结论

模拟实验考察了两种性能指标,即停机概率和平均数据报文延迟。为简便起见,假设不管通信类型如何,目标信号干扰比(SIR)都是一样的,尽管不同类型的通信一般都要求不同的 SIR。不同类型通信有完全相同 SIR 的系统与不同类型通信有不同 SIR 的系统之间性能效应是相似的。对于应用不同目标信号干扰比而言,变化的仅仅是 γ_v, γ_{ud} 和 γ_d 。用于推导结果的系统参数值为: $W = 3 \times 1.23\text{MHz}$, $R_v = R_b = 9.6\text{kbit/s}$, $R_d = 19.2\text{kbit/s}$, $1/\lambda = 1.0\text{s}$, $1/\mu = 1.5\text{s}$ 。语音、数据、图像的目标信号干扰比 $\gamma_v = \gamma_{ud} = \gamma_d = 7\text{dB}$, 时间片延续时间 $d = 10\text{ms}$, $K_v = 20, K_d = 40$ 。20 个语音用户产生平均通信载荷 0.154, 最大通信载荷为 0.257。数据用户的数量用于驱动平均数据报文延迟。

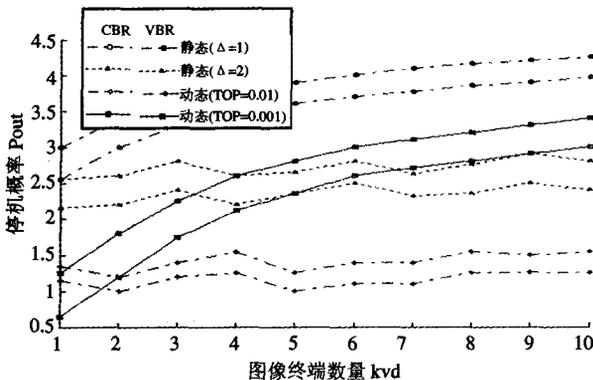


图 2 停机概率与图像用户数量的对比

图 2 所示为停机概率 P_{out} , 是图像用户数量的函数 K_{ud} 。可以看出应用静态估算模式时比应用动态估算模式时停机概率要高得多。在静态估算模式中,安全系数 Δ 增大时停机概率减小是合理的,因为对于数据用户来说,由于 Δ 的值往往把剩余容量估计过低;在动态估算模式中,可以看到停机概率接近或低于目标停机概率。数据传输的 VBR 方法和 VBR 方法之间的比较表明,用 VBR 方法比用 CBR 方法出现停机现象更多。

图 3 所示为平均数据报文延迟 D , 该延迟判定为数据用户传输一个 3 千字节网请求包所经历的时间。该数据传输所要求的延迟与停机概率相关,因为如果出现停机,数据用户必须重新传输。在模拟环境下,看得出应用静态估算模式比应用动态估算模式时数据传输的延迟更多。数据传输的 CBR

方法与 VBR 方法之间的比较说明,用 CBR 方法比用 VBR 方法数据传输延迟更多,尽管从停机概率的角度讲 CBR 方法性能优于 VBR 方法。

此外,本文提出的基于动态剩余容量估算的访问控制在综合语音、数据、图像 CDMA 系统中从停机概率和平均数据报文延迟意义上说性能优于基于静态剩余容量估算的访问控制。

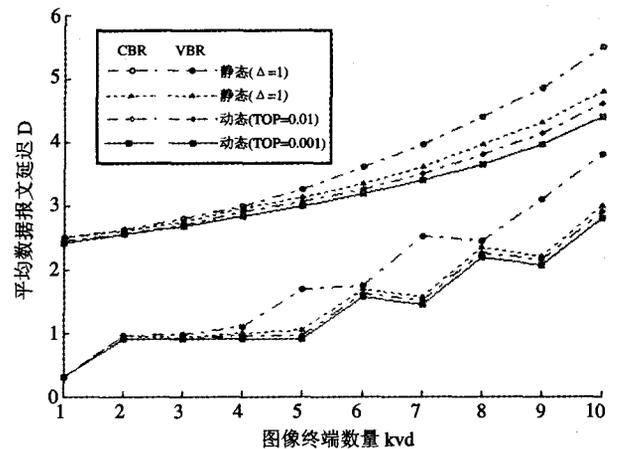


图 3 平均数据报文延迟与图像用户数量的对比

参考文献

- 1 Fantacci R, Nannicini S. Multiple access protocol for integrated of variable bit rate multimedia traffic in UMTS/IMT-2000 based on wideband CDMA. IEEE J. Select. Areas Commun., 2000, 18: 1441~1454
- 2 So J W, Cho D H. Performance analysis of a DS/SSMA unslotted ALOHA system with two user classes. IEEE Trans. Veh. Technol., 2002, 51:1628~1639
- 3 Sampath A, Holtzman J M. Access control of data in integrated voice/data CDMA systems: Benefits and tradeoffs. IEEE J. Select. Areas Commun., 1997, 15:1511~1526
- 4 Comaniciu C, Mandayam N B. Delta modulation based prediction for access control in integrated voice/data CDMA systems. IEEE J. Select. Areas Commun., 2000, 18:112~122
- 5 韩纪庆,张磊,郑铁然编著. 语音信号处理. 北京:清华大学出版社, 2004. 200~218
- 6 沈凤麟,叶中付,钱亚璞. 信号统计分析处理. 北京:中国科学技术大学出版社, 2003. 26~41
- 7 Maglaris B, Anastassiou D, Sen P, Karlson G, Robbins J D. Performance models of statistical multiplexing in packet video communications. IEEE Trans. Commun., 1988, 36:834~844
- 8 Sigle R, Renger T. Impact of wireless access on traffic management in ATM networks. COMPUTER NETWORKS, 1999, 31 (9-10):986~987