

多速率业务的一种无线接入控制方案

李玉林, 李超, 汤汉屏, 郭金淮
(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:结合多码 CDMA 随机接入系统的信道特点, 针对上行链路中多速率业务并行传输的问题, 提出了一套综合业务接入控制方案。

关键词:多码 CDMA; S-ALOHA; 多速率业务; 呼叫接入控制

中图分类号: TN915.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2002)06-0051-05

未来的个人通信系统要求承担多速率、多媒体业务的传输, 在同一网络中, 一方面要保证话音等实时业务的服务质量, 另一方面又要充分利用网络暂时闲置的信道容量。近来, 很多研究人员已经提出用 CDMA ALOHA 方案来实现多媒体业务的传输。在文献[1]中提出用 CDMA S-ALOHA 传输综合业务, 文中假定如果话音用户数低于一个门限值, 话音呼叫就可以被接受。然而, 作者并没有考虑用户数少于门限时话音质量。事实上, 高速率数据的传输对网络容量影响很大, 尤其在信道负载大时, 会引起话音业务的掉线率大幅度提高。文献[2]中提出在话音处于闲置状态时, 低速率数据可以占据暂时闲置的信道容量。但当话音激活时, 如果低速率数据不能即时让出信道, 同样会引起话音掉线。文献[3~4], 提出在 CDMA UUSLOT-ALOHA 系统中, 应用控制协议使业务吞吐量达到没有控制协议的 1.5 倍, 但这种算法不能用于 CDMA S-ALOHA 系统。在多码 CDMA S-ALOHA 系统中, 本文提出一种基于读取信道状态的分组控制协议, 对以上文献中的算法做综合改进, 在保证话音业务服务质量的同时, 使多级数据业务的吞吐量保持最大。

1 系统模型

假设一个单一小区的 CDMA 分组无线网络, 提供给话音和数据用户的随机 CDMA 码数量充足, 这样可以忽略码复用的情况。系统模型如图 1 所示。

1.1 话音呼叫允许控制

CDMA 系统是一个干扰受限系统, 在同一频带内, 同时传输的用户对于其它用户来说属于干扰。而且这些干扰构成了小区的功率负载。

话音用户的信噪比可以由下式得到

$$\gamma_v = \frac{\rho_v}{(N_v - 1)\alpha_v\rho_v + \sum_{i=1}^M N_i\rho_{vi}F_i\rho_d + \eta_k} \quad (1)$$

这里, α_v 是话音激活因子, N_i 是用户数, ρ_i 是传输功率, M 表示小区内有 M 级数据业务, $i = v, d$ (v, d 分别表示话音、数据)。 $P_v = P_d$, 为基

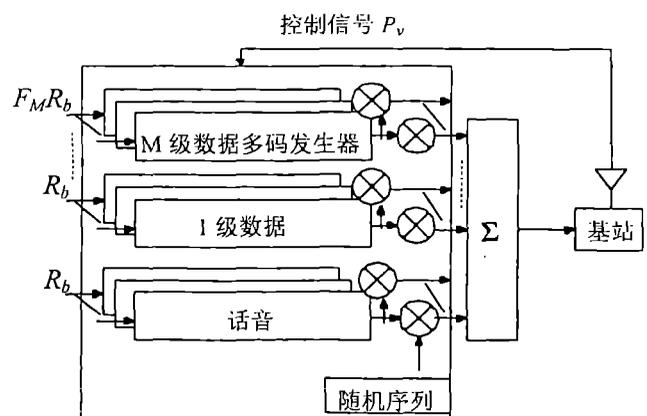


图1 系统模型

本功率。 i 级数据业务功率为 $F_i P_{d_i}$ 。

基站接收功率

$$Z = N_v \alpha_v \rho_v + \sum_{i=1}^M N_i \rho_{v_i} F_i \rho_d + \eta_k \quad (2)$$

由此可以得到

$$\gamma_v = \frac{\rho_v}{Z - \alpha_v \rho_v} \quad (3)$$

基站周期性读取小区的状态,计算出噪声功率 Z ,进而得到当前的 γ_v 。设定小区的门限功率

$$Z^{TH} = \frac{P_v}{\gamma^{req}} + P_v \quad (4)$$

γ^{req} 为话音所需的信噪比。当 $Z + P_v < Z^{TH}$,说明 $\gamma_v > \gamma_v^{req}$,满足话音业务所需的信噪比,即接收新的话音呼叫,反之,则拒绝。这样的话,话音呼叫的接收相对于数据来说是独立的,可看成是一个子系统。

1.2 话音业务模型

由于 MAI 的影响,同时传输的分组数受到限制,话音业务对应于一个 M/M/a/a 排队模型(业务到达时间/服务时长/同时传输的数量/缓存器的数量)。话音用户到达服从柏松分布,概率为 λ_v 。当话音业务同时传输数量小于门限 a 时,话音业务可以正常传输;大于门限 a 时,拒绝接受。

1.3 数据业务模型

采用 CDMA S - ALOHA 传输方式,时间轴被分成时隙段,每段长为 T_p 秒,等于一个分组的长度。话音、数据均采用分组传输,并且保持同步,即在线用户从起始时隙开始传输,如图 2 所示。CDMA S - ALOHA 传输方式允许在同一个时隙内并行传输多个分组,同时传输的分组数定义为信道负载,决定系统的性能,并且在一个分组传输过程中,信道负载状态是起伏不定的。数据业务的比特速率从低速率到高速率分成 M 级。 i 级业务($i \in 1, \dots, M$) 比特速率为 $F_i R_b$,1 级数据业务为基本比特速率 R_b 。 i 级业务到达服从柏松分布,概率为 λ_i 。 i 级业务的发射机包含一个多码因子为 F_i 的多码 CDMA 发生器。也就是说, i 级业务的比特速率被分成 F_i 个子分组,每个子分组包括 L_b 比特,长度为 T_p 秒。用户在一个时隙内一次发射 F_i 个子分组。

2 接入控制协议

i 级业务用户发射一个分组包括 F_i 个子分组,而 1 级数据业务一次发射一个子分组,其长度与时长相当于 i 级用户的一个子分组。因此, i 级用户对信道负载的影响比 1 级用户大得多, i 级分组的功率密度为 1 级分组的 i 倍。当吞吐量达到最大值时,一个新 i 级用户将引起总吞吐量的大幅度减少,尤其会造成话音业务掉线率升高。

在 CDMA S - ALOHA 系统中,基站以周期 T 持续观察信道状态,并且估计目前的负载。由此计算各级分组的传输概率 P_{in} ,基站再以广播的方式告诉各级用户。各级用户以概率 P_{in} 传输分组,如果发射不成功将等待 T_w 后再试一次, T_w 服从指数分布。

假设基站知道信道最大负载为 G_{tot}^{max} ,定义其为 G_m ;数据业务的最大负载为 G_D^{max} ,定义其为 G_D ; i 级业务的最大负载为 G_{d_i} 。我们定义 S_{tot} 为信道在最大负载 G_{tot}^{max} 时的最大吞吐量, S_i 为 i 级数据业务在 G_i 时的最大吞吐量。 G_{tot} 、 G_i 随话音和各级数据负载变化而变化。

定义:

$$G_d = \sum_{i=1}^M G_i \quad (5)$$

$$G_{tot} = G_d + G_v \quad (6)$$

在原有算法增加一个控制因子,即设定各级业务的发射概率 P_{in} 。

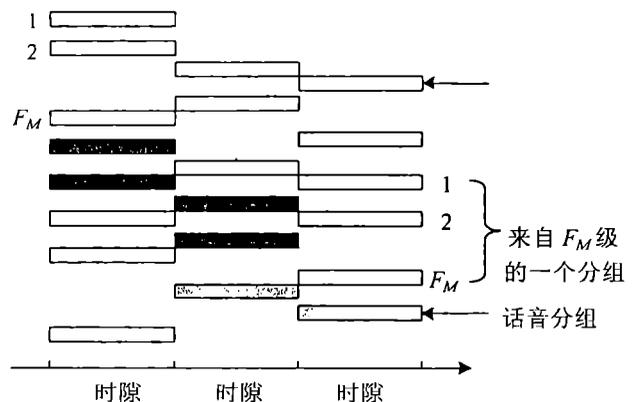


图 2 时隙与分组

1 级数据业务可表为

$$P_{tr1} = \begin{cases} 1 & (G_d + G_v < G_{tot}) \\ \frac{S_{tot} - G_v - \sum_{i=2}^M G_i}{G_1} & (S_{tot} - G_d \leq G_v \leq S_{tot} - \sum_{i=2}^M G_i) \\ 0 & (G_v > S_{tot} - \sum_{i=2}^M G_i) \end{cases} \quad (7)$$

由式(7)可知,只要当前负载小于信道最大负载,数据 1 均以概率 1 传输,从而可以充分利用剩余容量;当话音业务增长时,包括新业务接入及沉默用户激活,1 级数据业务将让出部分或全部容量。

i 级数据业务可表为:

$$P_{tri} = \begin{cases} 1 & (G_i \leq G_{dt} + G_1) \cap (G_d < G_D) \\ \frac{G_{dt} + G_1}{G_i} & (G_i > G_{dt} + G_1) \cap (G_d < G_D) \\ 0 & (G_i \geq G_D - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^M G_k) \cup (G_i \geq G_D) \end{cases} \quad (8)$$

各级数据业务均设定一个最大值,业务增加时可以减少其对信道总负载的影响,从而使不同业务可以利用有限的信道容量,即使在信道负载大时能够保持最大吞吐量。

3 性能分析

3.1 话音业务的掉线率

一个时隙内的在线话音用户数(包括处于沉默状态的用户数),可以从处于稳定状态的 $M/M/a/a$ 排队模型中得到^[5],它服从爱尔兰分布:

$$\rho_v(k_v, G_v) = \frac{\alpha_v G_v^{k_v} / (k_v)!}{\sum_{m=0}^V \alpha_v G_v^m / m!} \quad (9)$$

式(9)表示一个时隙内有 K_v 个话音用户的概率, G_v 表示一个时隙内成功分组的吞吐量, α_v 表示话音激活因子, V 为信道容量。由于话音业务的 BER 要求小于 10^{-3} ^[6],通过

$$BER(M) = Q\left[\left(\frac{V}{3N} + \frac{N_0}{2E_b}\right)^{-0.5}\right] < 10^{-3} \quad (10)$$

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp(-u^2/2) du \quad (11)$$

可以得到 V 值。

$$P_{out}(k_d) = \sum_{k_v=V-k_d}^V P_v(k_v, G_v) \quad (12)$$

$$k_d = \sum_{i=1}^M F_i k_i \quad (13)$$

k_i 表示 *i* 级数据业务的用户数。考虑到数据、话音业务的共同影响

$$P_{outage}(k_v, k_1, \dots, k_M) = \sum_{k_m=0}^{\infty} \dots \left(\sum_{k_1=0}^{\infty} P_{out}(k_d) P_1(k_1, G_1) \right) \dots P_M(k_M, G_M) \quad (14)$$

这里的 $P_i(k_i, G_i)$ 在下一节给出。

3.2 数据业务吞吐量分析

i 级数据业务吞吐量 G_i 定义为在一个时隙内该业务的用户发射、接收的成功子分组数量。在一个时隙内, *i* 级业务中含有 K_i 个数据用户的概率表示为

$$P_i(K_i, G_i) = \frac{\left(\frac{P_{tr} G_i}{F_i}\right)}{K_i!} \exp\left(-\frac{P_{tr} G_i}{F_i}\right) \quad (15)$$

$$BER_i(K_i, K_1, \dots, K_M, K_v) = Q\left[\frac{F_i(K_i - 1) + \sum_{\substack{n=1 \\ n \neq i}}^M K_n}{3N}\right] \quad (16)$$

i 级数据业务中成功子分组的概率表示为

$$P_{S_i}(K_i, K_1, \dots, K_M, K_v) = [1 - \text{BER}_i(K_i, K_1, \dots, K_M, K_v)]^{L_b} \tag{17}$$

i 级数据业务的吞吐量:

$$S_i(G_i, G_1, \dots, G_M, G_v) = \sum_{k_i=0}^M \left[\sum_{k_1=0}^{\infty} \dots \sum_{k_1=0}^{\infty} \left(\sum_{k_i} F_i k_i P_i(k_i, G_i) \right) P_{S_i}(K_i, K_1, \dots, K_M, K_v) P_1(k_1, G_1) \dots \right] P_v(k_v, G_v) \tag{18}$$

数据业务总吞吐量:

$$S_D(G_1, \dots, G_M, G_v) = \sum_{i=1}^M S_i(G_i, G_1, \dots, G_M, G_v) \tag{19}$$

3.3 i 级数据业务的延迟

在线的 i 级数据用户处于沉默状态的概率为

$$P_{\text{iblock}} = \sum_{k_i=0}^v \sum_{k_i=1}^M (1 - P_{\text{tri}}(K_i, K_1, \dots, K_M, K_v)) P_i(K_i, G_i) \rho_v(k_v, G_v) \tag{20}$$

则 i 级平均延时为

$$\bar{D} = [(1 - P_{\text{iblock}}) + 2P_{\text{iblock}}(1 - P_{\text{iblock}}) + \dots] - 1 = \frac{P_{\text{iblock}}}{1 - P_{\text{iblock}}} \tag{21}$$

4 仿真

在 CDMA S - ALOHA 系统中,我们设定扩频因子 $N = 128$ (chips/bit), 分组长度 $L_b = 500$ bit。忽略加性高斯白噪声的影响, $E_b/N_0 = \infty$, 误码只由多址干扰 MAI 产生。为简单起见,我们假定小区内只含有话音用户和两级数据用户, 话音用户和一级数据用户的传输速率为基本速率 R_b , 二级数据用户的传输速率为 $8R_b$, 即多码因子 $F_2 = 8$ 。关于更多级数据业务并存的情况,可以根据以上的公式类推。

图 3 表示用改进的算法后,在相同误码率条件下,话音掉线率有明显改善。

图 4 表示二级数据用户的吞吐量,从图中我们可以看出没有加控制因子的数据企业在信道负载超过一定量值后,吞吐量下降很快;而我们的算法中加入了控制因子,在信道负载相当高时,数据业务吞吐量一直保持在最大值。

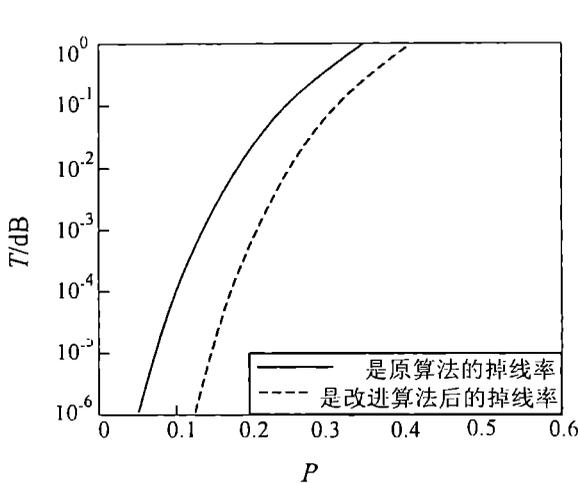


图 3 掉线率 P 与衰减量 T 的关系

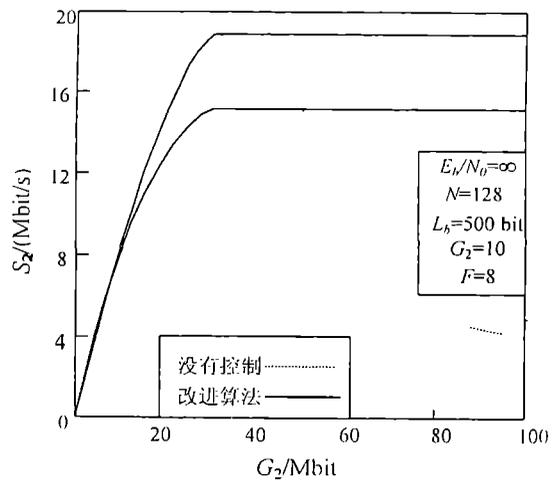


图 4 二级数据负载 G_2 与吞吐量 S_2 的关系

图 5 表示在不同话音业务负载的条件下,二级数据业务平均延迟性能。我们设平均等待时间 $T_w = 10T_p$, $G_2 < G_{d2}$ 时,平均延迟非常小;而当 $G_2 > G_{d2}$ 后,平均延迟成线性增长。

图 6 表示数据业务总的吞吐量。

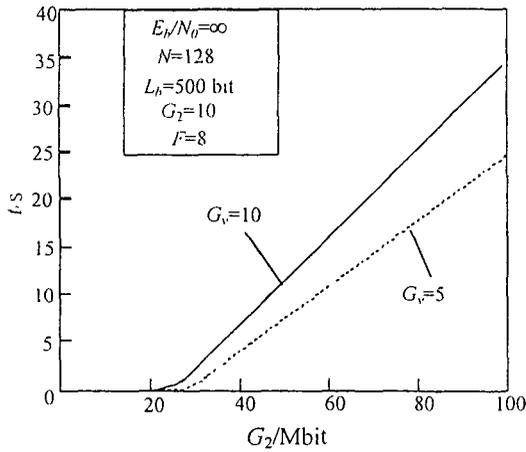


图 5 二级数据负载 G_2 与延时 t 的关系

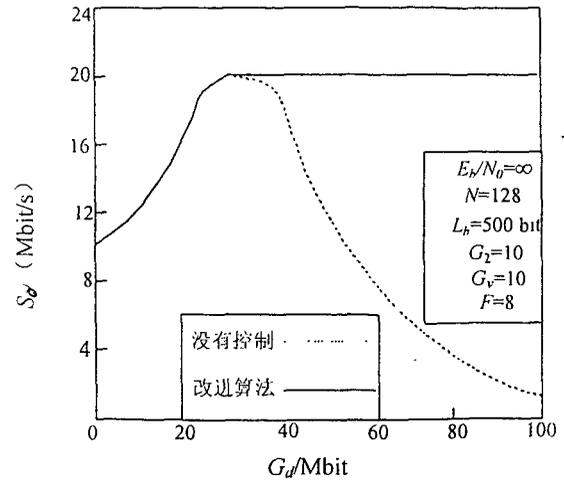


图 6 数据总负载 G_d 与总吞吐量 S_d 的关系

5 结论

如何解决多媒体移动通信多速率业务并行传输问题是一个非常有实际意义的课题。本文结合多码 CDMA 系统的信道特点,提出了一套综合业务接入控制方案,解决了多媒体移动通信系统上行链路中,多速率业务并行传输时相互干扰的矛盾,对于增加信道容量,缓解无线资源紧张的问题具有一定的实用意义。

参考文献:

- [1] Soroushenjad M, Geraniotis E. Multi - access stratework[J]. IEEE Trans. Commun, 1995, 43(2) :934 - 945.
- [2] Sato T, Sandouk A, Yamazato T, et al. Effects of transmission control in anintegrated voice and data CDMA system[J]. IEICE Trans. Fundamentals, 1997, 80(12) :2509 - 2516.
- [3] Sato T, Okada H, Yamazato T, et al. Throughout analysis of DS/SSMA unslotted aloha with channel load sensing [A] proc. CLOBECOM 95 [C]. 1995. 1492 - 1496.
- [4] Satayama T, Okada H, Yamazato T, et al. The effect of access tuning delay on spread aloha with channel load sensing [A] IEICETechnical Report [C]. SST95, 1995. 47 - 95.
- [5] Sandouk A, Sato T, Yamazato T, et al. Performance analysis of CDMA voice signals [A]. Proc. IEEE Pacific Rim Conference on Communications Computers and Signal Processing [C]. PACRIM, 1997. 603 - 606.

(编辑:门向生)

An Admission Control Scheme for Integrated Services Based on the Mc - CDMA System

LI Yu - lin, LI Chao, TANG Han - ping, GUO Jin - huai

(The Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an, Shaanxi 710077, China)

Abstract: Based on the wireless channel property of the MC - CDMA random access system, aiming at the parallel transmission of the multi - rate services in the up link, an integrated services admission control scheme is presented.

Key Words: MC - CDMA; S - ALOHA; integrated services; admission control