

话音/数据综合的多时隙预约多址协议及其性能分析

李立忠,李乐民

(电子科技大学宽带光纤传输和通信系统技术国家重点实验室,成都 610054)

摘要: 本文提出了一种综合话音和数据的多时隙预约多址协议. 该协议在保证话音终端的优先权的情况下, 允许数据终端在报文的传输期间在连续多个帧中预约多个信息时隙. 文中对协议进行了理论分析, 并推导出了协议的重要性能指标(如话音分组丢失率、数据报文平均接入时延、系统平均吞吐率等)的解析表达式. 研究表明, 该协议可以支持比 IPRMA、NC-IPRMA 更高的等效数据终端速率, 而且系统平均吞吐率在很大的负载范围内接近最大值.

关键词: 个人通信网络; 多址协议; 性能分析; TDMA

中图分类号: TN915.05 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2001) 01-0019-05

Integration of Voice and Data over Multi-Slot Reservation Multiple Access Protocol and Its Performance Analysis

LI Li-zhong, LI Le-min

(National Key Laboratory on Broadband Communications, UESTC, Chengdu 610054, China)

Abstract: A multi-slot reservation multiple access protocol is proposed in this paper, which can integrate voice and data services efficiently. Under the condition of giving high priority to voice terminals, data terminals are allowed to reserve multiple information slots in consecutive time frames. The protocol is analyzed by embedded Markov process, from which some important performance measures such as voice packet loss rate, average channel access delay of data messages and system throughput are formulated. The research results indicate that, compared with IPRMA and NC-IPRMA, the protocol can support much higher equivalent data terminal rate, and within a large extent of traffic loads, the maximum system throughput can be reached.

Key words: personal communications networks (PCN); multiple access protocol; performance analysis; time division multiple access (TDMA)

1 引言

个人通信网络(PCN)将可以支持话音、数据等多种业务. 为了满足不同业务对服务质量(QoS)的不同要求, 以及用户对高速数据业务的要求, PCN必须采用新的多址接入技术.

文献[1]提出滑动边界方案, 以便在多业务间动态地分配信息时隙. PRMA(Packet reservation multiple access)协议^[2]通过统计复用有效地利用话音业务的ON/OFF特性, 支持更多的话音终端, 但在重负载区, 存在系统不稳定问题. 为消除PRMA系统的不稳定性, 文献[3]提出了无碰撞PRMA协议.

在话音/数据综合方面, 为了支持高速数据业务, 文献[4, 5]提出在现存GSM系统中使用多时隙方案, 即为每个预约成功的数据终端分配1~n个时隙, 以减小数据分组的传输时间. 在Liu等人^[6]提出的多码CDMA系统中, 由于数据终端只允许“盗用”(steal)话音终端用剩下的信道容量, 因此只能支持短的突发数据. 在文献[7, 8]提出的IPRMA、NC-IPRMA协议中, 数据终端可以“水平预约”一定数量的时隙, 但预约成功的数据终端只能使用当前帧中的信息时隙, 因此一个长的报文

必须进行多次预约才能传完, 这就限制了数据终端速率的进一步提高. 这些研究显示, 数据终端的多时隙接入方案, 可以显著提高系统的吞吐率(Throughput). 但到目前为止, 这方面的研究大多只给出仿真结果, 没有进行理论分析[9].

本文提出一种综合话音/数据的多时隙预约多址协议. 该协议在保证话音终端对数据终端具有“抢占优先权”(preemptive priority)的情况下, 允许数据终端在报文的传输期间在连续多个帧中预约多个信息时隙. 文中利用嵌入(embedded)Markov过程对协议的稳态性能进行了理论分析, 推导出了协议的重要性能指标(如话音分组丢失率、数据报文平均接入时延、系统平均吞吐率等)的解析表达式. 研究表明, 该协议可以支持比IPRMA、NC-IPRMA更高的等效数据终端速率, 而且系统吞吐率在很大的负载范围内接近最大值.

2 协议描述

图1为提出的多址协议的TDMA帧结构. 协议中, 已被系统接纳的 N_v 个话音终端, 在上/下行链路上, 每个终端被安排

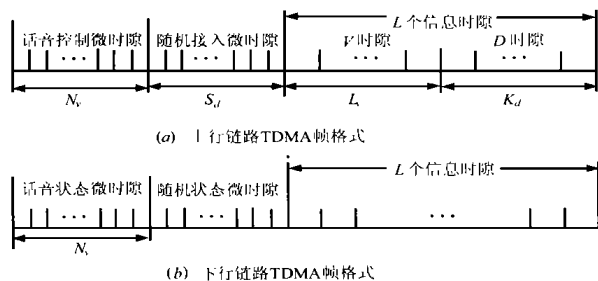


图1 TDMA/FDD 帧格式

一个专用的控制/状态微时隙对。因此,语音终端对信息时隙的请求消息可以无碰撞地传给基站。已被系统接纳的 N_d 个数据终端,利用 S_d 个随机接入微时隙,以 S-ALOHA 方式竞争余下的信息时隙。该协议中,语音终端最多可使用 L 个信息时隙中的 L_v 个 V 时隙,数据终端除了使用 K_d 个 D 时隙外,还可使用暂时未被语音终端预约的 V 时隙。终端的接入过程如下。当语音终端由静默期激活时,它在自己的控制微时隙中发送的预约请求消息被放入基站的 FCFS (First-Come-First-Serve) 队列;基站根据 V 时隙的使用情况为语音终端指派时隙,并把所指派时隙的位置通过状态微时隙传给语音终端;语音终端一直占用该时隙,直到突发结束。

数据终端配置有无穷大缓存器。当有报文到达时,数据终端在随机接入微时隙,以许可概率 P_d 发送预约请求消息,该消息包含终端识别码 (ID)、速率信息等;基站根据 D 时隙 (数据终端应优先分配 D 时隙) 和剩余 V 时隙的情况为预约成功的数据终端指派 C_d 个时隙,并把所指派时隙的位置通过下行数据状态微时隙广播给数据终端;数据终端一直占用这 C_d 个时隙,直到报文传输完毕。

为确保语音业务对时延和时延抖动的严格要求,协议假定语音终端对数据终端有抢占优先权,即如果基站 FCFS 队列中仍有语音请求,那些在当前帧中占用了 V 时隙的数据终端在下一帧将被语音终端抢占。被抢占的数据终端重新进入竞争状态。因此,数据终端对剩余 V 时隙的预约不会对语音业务造成任何影响。考虑到基站可以协调下行链路业务流的传输,从而避免各通信终端之间发生碰撞,本文主要研究上行链路的性能。

3 理论分析

图 2 (a) 给出了语音终端的状态转移过程。在静默态 (SL_v), 语音终端不传分组;在预约态 (RES_v), 语音终端每帧传一个分组;没能获取预约的激活语音终端,其预约请求消息存于基站的 FCFS 队列中 (即处于 QUE_v 态)。图中, q_{sv} 是一帧中语音突发结束的概率, q_{av} 是一帧中产生新语音突发的概率^[11]。

假设数据终端按 Poisson 律产生报文,报文长度服从负指数分布,平均长度为 L_m 个分组,报文产生的平均间隔为 L_m 帧。如果数据终端的缓存器为空,则该终端处于静默态 (SL_d) (见图 2 (b));当有新的报文到达或数据终端被语音终端抢占时,数据终端处于竞争态 (CON_d),并以许可概率 P_d 去竞争信

道。在预约态 (RES_d), 数据终端每帧传 C_d 个分组,因此传输完长度为 L_m 个分组的报文所需的时间呈负指数分布,其平均长度为 L_m/C_d 帧^[6]。图 2 (b) 中, q_{sd} 表示一帧中数据报文传输完毕的概率, q_{ad} 表示一帧中产生新报文的概率, q_e 表示一帧中处于预约态的数据终端被语音终端抢占而返回竞争态的概率。

3.1 系统稳态分布

设系统已接纳了 N_v 个语音终端和 N_d 个数据终端,且 n_{rv} 、 n_{sv} 、 n_{qv} 分别表示处于 RES_v 、 SL_v 、 QUE_v 态的语音终端数, n_{rd} 、 n_{sd} 、 n_{cd} 分别表示处于 RES_d 、 SL_d 、 CON_d 态的数据终端数,则每一帧开始处系统的状态可完全由一 4 维嵌入 Markov 链描述^[10,11],其稳态分布存在。考虑到语音终端可以抢占占用了 V 时隙的数据终端,因此语音子系统完全独立于数据子系统。设语音子系统的稳态分布为 $^{(v)} = \{ (n_{rv}, n_{sv}) \}$,则在给定 n_{rv} 、 n_{sv} 的条件下,数据子系统的稳态分布存在,并记为 $^{(d|v)} = \{ (n_{rd}, n_{sd} | n_{rv}, n_{sv}) \}$ 。进一步可以得到系统的稳态分布

$$^{(v,d)} = (n_{rv}, n_{sv}, n_{rd}, n_{sd}) = (n_{rd}, n_{sv} | n_{rv}, n_{sv}) (n_{rv}, n_{sv}) \quad (1)$$

在以下的分析中,为了获得统计复用效果,将只考虑语音终端数大于等于 V 时隙数 (即 $N_v \geq L_v$) 的情况,同时为便于分析,假设每个数据终端产生报文的平均长度一样。

3.1.1 语音子系统的稳态分布 语音子系统中,终端对信道占用的特征是:在当前帧,如果处于 FCFS 队列中的语音终端数 n_{qv} 满足 $n_{qv} \leq L_v - n_{rv}$ (对应于 $n_{sv} \geq N_v - L_v$),则队列中的 n_{qv} 个语音终端在下一帧皆可成功获取预约;反之,如果 $n_{qv} > L_v - n_{rv}$,则只有排在队首的 $(L_v - n_{rv})$ 个语音终端在下一帧可成功获取预约。设 $P^{(v)}$ 为一步转移概率矩阵,则对 $i, j = 0, \dots, N_v$,可以得到

$$P(n_{rv}(x+1) = m, n_{sv}(x+1) = n | n_{rv}(x) = i, n_{sv}(x) = j) = \begin{cases} \binom{i}{m} \binom{N_v - j - m}{n} \binom{j}{n} \binom{N_v - m - n}{q_{av}}, j \geq N_v - L_v, m \leq N_v - j \\ \binom{i}{m} \binom{L_v - m}{n} \binom{j}{n} \binom{L_v + j - m - n}{q_{av}}, j < N_v - L_v, L_v - i \leq m \leq L_v \end{cases} \quad (2)$$

其中, $\binom{i}{j}$ 表示二项式分布^[11]。解平衡方程,可以得到语音子系统的稳态分布 $^{(v)}$ 。

3.1.2 数据子系统的稳态分布 对 K_d 个专供数据终端使用的 D 时隙,其最大可支持的数据终端数记为 $d = \lfloor K_d/C_d \rfloor$,其中 $\lfloor x \rfloor$ 表示小于等于 x 的最大整数。设在当前帧中由语音终端用剩下的信息时隙数为 L_d ,则 L_d 个时隙最多还可支持的数据终端数为 $\lfloor (L_d - n_{rd} \times C_d)/C_d \rfloor$ 。那么,在有 L_d 个信息时隙的情况下, s 个处于竞争状态的数据终端,通过 S_d 个随机接入微时隙有 t 个数据终端成功获取预约的概率为 $d(s, S_d, t)$ ^[11]。

下面讨论在给定 n_{rv} 、 n_{sv} 的条件下,数据子系统的一步转移概率。设当前帧中处于预约状态的数据终端数为 i ,则有:

(1) 当 $0 \leq i \leq d$ 时,当前帧中数据终端只占用了 D 时隙,下一帧将不发生数据终端被抢占的情况,因此有

$$P(n_{rd}(x+1) = m, n_{sd}(x+1) = n | n_{rd}(x) = i, n_{sd}(x) = j)$$

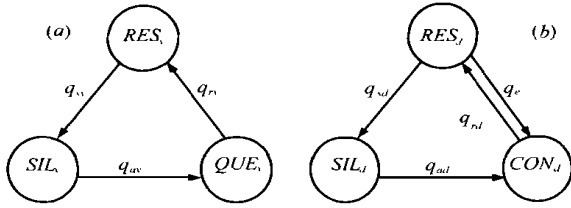


图 2 (a) 语音终端模型; (b) 数据终端模型

$$\begin{aligned}
 &= \sum_{t=L_t}^{U_t} \binom{N_d - i - j}{t} \binom{i}{i+t-d-m} \binom{j}{j+t-d-m-n} q_{sd} \\
 &\quad \times \binom{m-n}{m-n} q_{ad}
 \end{aligned} \quad (3)$$

其中 $L_t = \max\{0, m - i, (m + n) - (i + j)\}$, $U_t = \min\{S_d, m + n - i - j\}$.

(2) 当 $d < i \leq N_d$ 时, 当前帧中有 $(i - d)$ 个数据终端占用了 v 时隙, 下一帧可能发生数据终端被抢占的情况, 但应结合语音子系统的状态分布进行分析. 对给定的 n_v, n_{sv} 值, 有以下三种情况:

第一种情况: 当 $n_{sv} < N_v - L_v$ 时, 当前帧中处于排队队列中的语音终端中将有 $(L_v - n_v)$ 个能在下一帧中获取预约, 即在下一帧中数据终端只能使用 K_d 个 D 时隙, 因此 $(i - d)$ 个占用了 v 时隙的数据终端将全部被抢占. 所以可得到

$$\begin{aligned}
 P(n_{rd}(x+1) = m, n_{sd}(x+1) = n | n_{rd}(x) = i, n_{sd}(x) = j) \\
 = \sum_{t=L_t}^{U_t} \binom{N_d - i - j}{t} \binom{i}{i+t-d-m} \binom{j}{j+t-d-m-n} q_{sd} \\
 \times \binom{m-n}{m-n} q_{ad} \binom{i-d}{i-d} q_e
 \end{aligned} \quad (4)$$

其中被抢占概率为 $q_e = \sum_{t=0}^{n_{sv}-1} \binom{v}{t} \binom{N_v - n_v - t}{N_v - n_v - t}$ 表示平稳条件下, N_v 个语音终端中有 t 个处于静默态的概率. t 的上/下限范围为 $L_t = \max\{0, m - d, (m + n) - (j + d)\}$, $U_t = \min\{d, S_d, N_d - i - j\}$.

第二种情况: 若 $n_{sv} \geq N_v - L_v$, 且对整数 $0 \leq k < i - d, n_{sv}$ 满足 $\binom{N_v - L_v + C_d}{k} \leq n_{sv} \leq \binom{N_v - L_v + (k+1)C_d - 1}{k}$, 则下一帧中数据终端可使用的信息时隙数 L_d 满足 $\binom{K_d - C_d}{k} \leq L_d \leq \binom{K_d + (k+1)C_d - 1}{k}$, 即下一帧中只能有一个数据终端占用 v 时隙. 因此将有 $(i - d - 1)$ 个数据终端被语音终端抢占, 可以得到

$$\begin{aligned}
 P(n_{rd}(x+1) = m, n_{sd}(x+1) = n | n_{rd}(x) = i, n_{sd}(x) = j) \\
 = \sum_{t=L_t}^{U_t} \binom{N_d - i - j}{t} \binom{i}{i+t-d-m} \binom{j}{j+t-d-m-n} q_{sd} \\
 \times \binom{m-n}{m-n} q_{ad} \binom{i-d-1}{i-d-1} q_e
 \end{aligned} \quad (5)$$

其中: $q_e = \binom{v}{n_{sv}}$; $U_t = \min\{N_d - i - j, S_d, i + m - d, m + n - d\}$; $L_t = \max\{0, m - d, m + n - j - d\}$.

第三种情况: 在第二种情况中, 若 $n_{sv} \geq i - d$, 则下一帧中允许有一个数据终端占用 v 时隙, 但由于 $n_{sv} \geq i - d$, 所以当前帧中占用 v 时隙的 $(i - d)$ 个数据终端仍旧可以占用 v 时

隙, 即没有数据终端被语音终端抢占. 可以得到

$$\begin{aligned}
 P(n_{rd}(x+1) = m, n_{sd}(x+1) = n | n_{rd}(x) = i, n_{sd}(x) = j) \\
 = \sum_{t=L_t}^{U_t} \binom{N_d - i - j}{t} \binom{i}{i+t-d-m} \binom{j}{j+t-d-m-n} q_{sd} \\
 \times \binom{m-n}{m-n} q_{ad} \binom{i-d}{i-d} q_e
 \end{aligned} \quad (6)$$

其中: $q_e = \sum_{k=i-d}^i \binom{v}{k} \binom{N_v - L_v + k \times C_d}{N_v - L_v + k \times C_d}$; $L_t = \max\{m - i, m + n - i - j\}$; $U_t = \min\{S_d, m + n - i\}$.

得到条件转移概率矩阵 $P^{(d|v)}$ 后, 解平衡方程, 可得到数据子系统的条件稳态分布 $\pi^{(d|v)}$.

3.2 性能分析

3.2.1 语音子系统的性能 本协议中, 那些在一帧中没能得到传输的语音分组将被丢弃, 即语音分组的时延限制为一帧的持续时间. 通常, 用户能够忍受的语音分组丢失率 (FLR: Packet Loss Rate) 应小于等于 1%^[2]. 令 $E(N_{qv})$ 、 $E(N_v)$ 、 $E(R_v)$ 分别表示稳态情况下, 排队队列中语音终端的平均数、处于预约态语音终端的平均数和一帧中从排队队列中成功获取预约的语音终端的平均数, 则

$$\text{FLR} = \frac{E(N_{qv}) - E(R_v)}{E(N_{qv}) + E(N_v)} \quad (7)$$

其中

$$E(N_{qv}) = \sum_{n_v=0}^{L_v - N_v - n_v} \sum_{n_{sv}=0}^{N_v - n_v - n_{sv}} (N_v - n_v - n_{sv}) (n_v, n_{sv}) \quad (8)$$

$$E(N_v) = \sum_{n_v=0}^{L_v - N_v - n_v} \sum_{n_{sv}=0}^{N_v - n_v - n_{sv}} n_v (n_v, n_{sv}) \quad (9)$$

$$\begin{aligned}
 E(R_v) = \sum_{n_{sv}=0}^{N_v - L_v - 1} \sum_{n_v=0}^{N_v - n_{sv}} (L_v - n_v) (n_v, n_{sv}) + \\
 \sum_{n_{sv}=N_v - L_v}^{N_v - n_v} \sum_{n_v=0}^{N_v - n_{sv}} (N_v - n_v - n_{sv}) (n_v, n_{sv})
 \end{aligned} \quad (10)$$

语音激活期接入信道的平均时延 D_v 定义为: 从激活到成功预约到信息时隙之前所经历的平均时间. 设 v 为语音终端从静默态激活的平均到达率, 则

$$v = E(n_{sv} q_{av}) = \sum_{n_{sv}=0}^{L_v - N_v - n_{sv}} \sum_{n_v=0}^{N_v - n_{sv}} (n_v, n_{sv}) q_{av} \quad (11)$$

根据 Little 定理^[10]可得

$$D_v = E(N_{qv}) / v \quad (12)$$

语音子系统的平均吞吐率 v 定义为: 每帧中语音终端对信息时隙的平均占用率. 考虑到协议中每帧都增加了一个控制/状态时隙, 因此

$$v = \frac{E(R_v) + E(N_v)}{L + 1} \quad (13)$$

3.2.2 数据子系统的性能 数据子系统的性能依赖于整个系统的稳态分布. 令 $E(N_{rd})$ 、 $E(N_{cd})$ 、 $E(R_d)$ 分别表示在稳态情况下, 处于预约态数据终端的平均数、处于竞争态数据终端的平均数和一帧中从竞争态成功获取预约的数据终端的平均数, 则

$$E(N_{rd}) = \sum_{n_v=0}^{L_v - N_v - n_v} \sum_{n_{sv}=0}^{N_d - n_{rd}} \sum_{n_{rd}=0}^{N_d - n_{rd}} \sum_{n_{sd}=0}^{N_d - n_{rd}} n_{rd} (n_v, n_{sv}, n_{rd}, n_{sd}) \quad (14)$$

$$E(N_{cd}) = \sum_{n_v=0}^{L_v} \sum_{n_{sv}=0}^{N_v-n_v} \sum_{n_{rd}=0}^{N_d-n_{rd}} \sum_{n_{sd}=0}^{N_d-n_{rd}-n_{sv}} (N_d - n_{rd} - n_{sv}) (n_{rv}, n_{sv}, n_{rd}, n_{sd}) \quad (15)$$

$$E(R_d) = \sum_{n_v=0}^{L_v} \sum_{n_{sv}=0}^{N_v-n_v} \sum_{n_{rd}=0}^{N_d-n_{rd}} \sum_{n_{sd}=0}^{N_d-n_{rd}-n_{sv}} (t \cdot d (N_d - n_{rd} - n_{sv}, S_d, t)) \cdot (n_{rv}, n_{sv}, n_{rd}, n_{sd}) \quad (16)$$

设 d 为数据报文的平均到达率, 则

$$d = E(n_{sd} q_{ad}) = \sum_{n_v=0}^{L_v} \sum_{n_{sv}=0}^{N_v-n_v} \sum_{n_{rd}=0}^{N_d-n_{rd}} n_{sd} (n_{rv}, n_{sv}, n_{rd}, n_{sd}) q_{ad} \quad (17)$$

式(14)~(17)中, $\rho = L(L - n_v) / C_d$. 根据 Little 定理可得数据报文接入信道的平均时延 D_d

$$D_d = E(N_{cd}) / d \quad (18)$$

数据子系统和整个系统的平均吞吐率为

$$d = \frac{(E(R_d) + E(N_{rd})) C_d}{L + 1} \quad (19)$$

$$= v + d \quad (20)$$

4 数值结果

在以下的数值计算和仿真中, 数据终端数始终等于话音终端数. 协议的系统参数见表 1, 其中为便于与文献[7, 8]的一些结论作比较, 信道速率仅定为 224kbit/s.

表 1 协议的系统参数

定义	信道速率	话音源速率	信息时隙数	帧长	分组头长度	平均静默期长度	平均静默期长度	最大允许时延
符号	R_c (kb/s)	R_v (kb/s)	L	T (ms)	H (bit)	t_1 (ms)	t_2 (ms)	D_{max} (ms)
初值	224	16	12	10	16	1350	1000	10

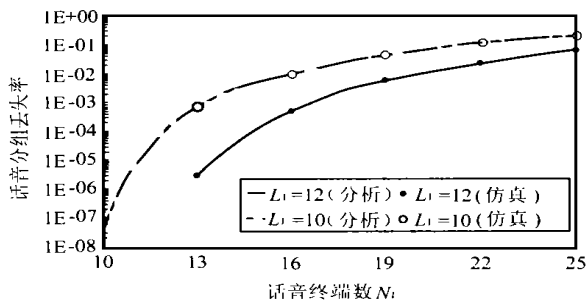


图 3 话音分组丢失率与终端数的关系

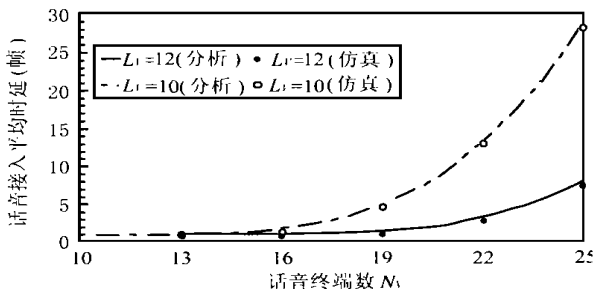


图 4 话音接入平均时延与终端数的关系

图 3、4 给出了话音子系统的性能随 v 时隙数 L_v 变化的情况, 可以发现, 理论分析与仿真结果十分吻合. 若定义话音子系统的容量 ($M_{0.01}$) 为话音分组丢失率小于等于 1% 时, 话音子系统所能支持的最大话音终端数, 则由图 3, 当 $L_v = 12$ 时, $M_{0.01} = 21$, 对应的多址增益 ($M_{0.01} / (L + 1)$) 为 1.62, 比 NC-IPRMA 的多址增益 (约 1.8) 略低, 这是由于在本文的协议中, 话音分组的最大允许时延仅为 10ms, 而文献[8]中话音分组的最大允许时延为 40ms; 如果把最大允许时延扩大到 40ms, 则可支持达 23 个话音终端 (见图 4), 对应的多址增益为 1.77, 与 NC-IPRMA 相近.

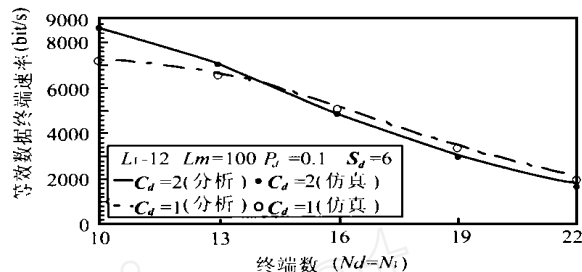


图 5 等效数据终端速率与终端数的关系

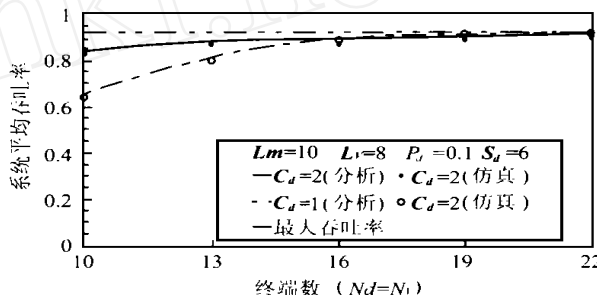


图 6 系统平均吞吐率与终端数的关系

图 5 示出了等效数据终端速率 (R_d) 随每个数据终端每帧占用的时隙数 (C_d) 变化的情况. 其中, R_d 由文献[8]中的式(20)计算. 可以发现, 对给定的报文平均长度 L_m , 当终端较少时, 随着 C_d 的增加, 协议可以支持更高的数据终端速率; 而当终端数较大时, C_d 的增加使得处于预约态的数据终端占用了更多的信息时隙, 因此新近激活的数据终端成功获取预约的机会减小, 从而降低了 C_d 增大所带来的好处. 与 IPRMA^[7]、NC-IPRMA^[8] 协议相比, 当话音终端数和数据终端数达到各自的系统容量 ($M_{0.01}$) 时, IPRMA 支持的等效数据终端速率为零, NC-IPRMA 支持的等效数据终端速率为 300bit/s, 而我们所提出的多时隙预约多址协议仍可支持 2.2kbit/s 的等效数据终端速率. 这是由于 IPRMA、NC-IPRMA 采用“水平预约”方式, 预约成功的数据终端只能使用当前帧中的信息时隙, 因此一个长的报文必须进行多次预约才能传完, 从而限制了数据终端速率的进一步提高.

图 6 给出了在其它条件完全相同时, 系统平均吞吐率随每个数据终端每帧占用的时隙数 (C_d) 变化的情况. 可以发现, 当系统负载较轻时, C_d 的增加可显著改善系统的平均吞吐率; 而且, 采用文中所提出的多时隙预约多址方案, 系统的平均吞吐率在很大负载范围内接近最大值 $\rho_{max} = L / (L + 1)$.

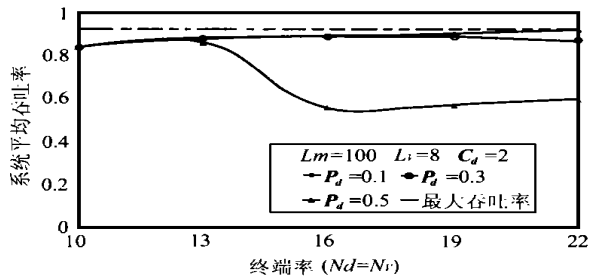


图 7 系统平均吞吐量与终端数的关系(分析)

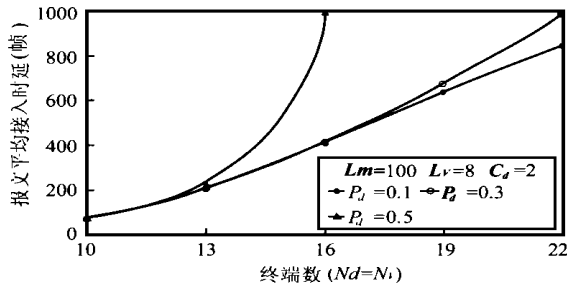


图 8 数据报文平均接入时延与终端数的关系(分析)

图 7、8 给出了系统的性能随数据终端许可概率 P_d 变化的情况。在重负载情况下,随着 P_d 的增大,数据终端接入时发生碰撞的概率加大,使得成功获取预约的数据终端数减少,从而导致系统的性能恶化。从图中可以发现, $P_d = 0.1$ 是较合适的许可概率值。

5 结束语

本文提出的多时隙预约多址协议在赋予语音终端高优先级的情况下,允许数据终端在一个报文的传输期间在连续多帧中预约多个信息时隙。文中运用嵌入 Markov 过程对协议进行了分析,并推导出了协议的重要性能指标的解析式。研究表明,多时隙预约方案可以支持长的数据报文,而且在改善系统吞吐率的同时,可以支持比 IPRMA、NC-IPRMA 更高的等效数据终端速率。

参考文献:

[1] Raychaudhuri D and Wilson N D. ATM based transport architecture for multimedia personal communication networks [J]. IEEE J. of select. Areas. Commun. ,1994 ,12(8) :1401 - 1414.

[2] Godman D J ,Valenzuela R A ,Gayliard K T and Ramamurthi B. Packet reservation multiple access for local wireless communications [J]. IEEE Trans. on Commun. ,1989 ,37(8) :885 - 890.

[3] Wen J H and Wang J W. A new protocol for wireless voice communications: non-collision packet reservation multiple access [A]. In: IEEE Proc. PIMRC 95 [C] ,1995 :638 - 642.

[4] Cai J and Godman D J. General Packet Radio Services in GSM [J]. IEEE Commun. Mag. ,1997 ,35(10) :122 - 131.

[5] Calin D and Zeglache D. Performance analysis of High Speed Circuit Switched Data (HSCSD) over GSM [A]. In: IEEE Proc ICC 98 [C] ,1998 ,Atlanta ,GA ,1998 ,S44B . 1. 1 ~ S44B . 1. 5.

[6] Liu T K and Silvester J A. Joint admission/ congestion control for wireless CDMA systems supporting integrated services [J]. IEEE J. of select. Areas. Commun. ,1998 ,16(6) :845 - 857.

[7] Wong W C and Godman D J. A packet reservation multiple access protocol for integrated speech and data transmission [J]. IEE Proceedings-I ,1992 ,139(6) :607 - 612.

[8] Ren W L ,Sweeting M ,Fan C X and Paffett J. Integration of speech and data over non-collision integrated packet reservation multiple access protocol [A]. In: IEEE Proc. CLOBECOM 98 [C] ,Sydney ,Australia ,1998 :430 - 435.

[9] Yu S K. Data traffic control scheme for wideband and narrowband integrated services in PCS [A]. In: IEEE Proc. CLOBECOM 98 [C] ,Sydney ,Australia ,1998 ,1311 - 1316.

[10] Wu G ,Mukumoto K and Fukuda A. Analysis of an integrated voice and data transmission system using packet reservation multiple access [J]. IEEE Trans on Veh. Tech. ,1994 ,43(2) :289 - 297.

[11] Qiu X X and Li V O K. A unified performance model for reservation-type multiple access schemes [J]. IEEE Trans on Veh. Tech. ,1998 ,47(1) :173 - 189.

作者简介:



李立忠 1967 年生,高级工程师。90 年毕业于电子科技大学,获硕士学位。现为电子科技大学宽带光纤传输国家重点实验室博士生,研究兴趣包括个人通信网络、无线 ATM、差错控制等。已发表论文十余篇,获部级科技进步奖多项。

李乐民 1932 年生,电子科技大学宽带光纤传输国家重点实验室教授、博士生导师,中国工程院院士,研究兴趣包括数字通信系统、宽带通信网络等。