

文章编号:1001-5132 (2010) 01-0038-04

一种适用于 WiMAX 系统的调度算法

邢海涛^{1,2}, 何加铭^{1,2*}

(1.宁波大学 信息科学与工程学院, 浙江 宁波 315211; 2.宁波大学 通信技术研究所, 浙江 宁波 315211)

摘要: 针对 WiMAX 系统中混合业务的特点, 提出一种新的调度算法来满足 QoS 要求. 新算法采用动量机制分配带宽资源, 并为满足实时业务时延要求, 采取动量机制设置队列延时分配权值来保证实时业务的调度优先权; 同时设置随信道条件动态变化的分配权值, 提高 WiMAX 系统吞吐量. 仿真结果表明: 算法能够保证实时业务的最大时延要求, 并提高系统吞吐量.

关键词: WiMAX; 调度算法; QoS

中图分类号: TP393

文献标识码: A

802.16 无线城域网空中接口标准技术能够提供低成本高效率的无线接入方案. 根据 WiMAX 协议, MAC 层划分为 4 种不同业务, 每种业务拥有不同的 QoS 参数. WiMAX 作为新一代的无线网络, 其调度算法必须能够有效地分配无线信道资源, 保证不同业务类型的 QoS 要求. 现有的一些调度算法并不能满足业务的 QoS 机制, 如 WiBro 系统可选算法^[1]中的 RR 算法, 以及比例公平算法(Proportion Fair Algorithm)都不能满足不同业务的 QoS 要求, 尤其不能保证实时业务的时延需求. 笔者提出一种类似动量机制的调度算法(Momentum Algorithm), 以下简称为 M 算法.

1 WiMAX 系统和 QoS

WiMAX 系统在下行链路采用时分复用的方式给多个用户传输数据. 一般单个小区中设有 1 个

基站(Base Station, BS)为 M 个小区用户(SubSubscriber, SS)提供业务, BS 中的缓存会存储 SS 业务等待发送的数据. 按照调度器周期的判断信道条件以及 SS 的时延要求, 在每帧开始的时候把缓存中的业务数据和帧时隙进行对应.

按照统计学原理, 业务的 QoS 参数可以用下式定义:

$$P(d_i > T_i) \leq \delta_i, \quad \text{for } i = 1, \dots, N, \quad (1)$$

其中, T_i 为业务 i 最大允许时延; δ_i 为最大允许差错概率门限. 业务流 i 的分组数据在其对应的缓存队列排队时延 d_i 大于最大时延上限 T_i 的概率 P 不能大于门限 δ_i .

2 基于动量算法的调度过程

在物理体系中, 动量定义为 $P = mv$, 即物体的动量定义为质量与速度的乘积. 类似, 业务流的

收稿日期: 2009-04-23.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://3xb.nbu.edu.cn>

基金项目: 科技部国际技术合作与交流专项项目(2008KR1041); 国家自然科学基金(60671037); 宁波市工业攻关项目(2007B10051).

第一作者: 邢海涛(1983-), 男, 山东烟台人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 数字无线通信. E-mail: xinghaitao2005@126.com

*通讯作者: 何加铭(1949-), 男, 浙江杭州人, 博士生导师/教授, 主要研究方向: 数字无线通信. E-mail: hejiaming@nbu.edu.cn

动量定义为 $M_i = f_i R_i$, 其中, f_i 为业务流数据队列的延时权重, 用以保证实时业务的时延要求; R_i 为业务流被估计的数据传输速率, 用以保证系统的吞吐量. 在动量算法调度过程中, 对业务流数据最大动量进行削减, 削减幅度为业务流的最小动量, 此过程类似物理体系中大动量物体与静止物体碰撞过程(算法不考虑最小动量的增加, 省略了小动量实时更新, 减少系统开销).

图 1 给出了动量算法的调度流程. 不同 QoS 的业务流首先进入 BS 的队列缓冲器, 然后依次进入动量生成模块, 此模块生成各个业务流的动量参数, 生成的动量参数将被存储到动量缓存器中. 动量排序与对应时隙模块将把动量缓存器中的动量进行比较, 并按照降序把相对的业务流数据包分配给 WiMAX 帧中的数据时隙. 动量更新模块在 1 帧数据时隙被分配完后, 对动量进行更新, 更新结果返回到动量缓存器中. 这个过程将被重复进行, 用来填充下一帧的数据时隙.

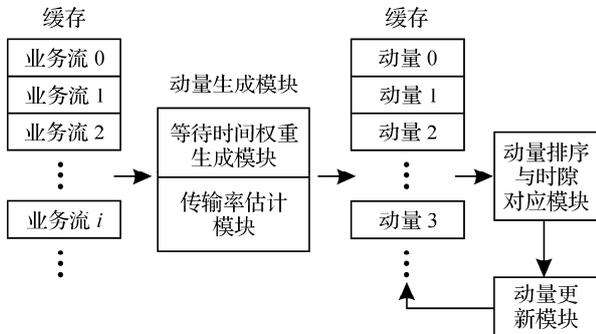


图 1 动量算法调度流程

2.1 业务流动量参数的生成过程

动量生成模块划分为等待时间权重生成子块和传输率估计子块, 分别来生成时延权重和传输率, 算法将时延权重和传输率的乘积作为业务流的动量.

为了满足实时业务 QoS 时延要求, 引进关于时延的权重, 排队时间越大的业务, 带宽分配权重越高. 定义关于排队时延的带宽分配权重如下:

$$f_j = \exp(\gamma_j d_j). \quad (2)$$

带宽分配权重是在权重延时^[2]的基础上提出

的, 其中 $\gamma_j = -\log \delta_j / T_j$, (2) 式中取指数函数, 使得带宽分配权重的增加幅度应该大于队列数据包排队时间的增加幅度.

为了增加整个系统的吞吐量, 必须对业务流 j 在第 n 帧中的传输率进行估计, 由香农公式:

$$C = B \cdot \log_2(1 + S/N), \quad (3)$$

导出被估计平均数据传输率. $S = a_j p_j$, 其中 a_j 为用户 SS_j 的信道增益; p_j 为 BS 分配给 SS_j 的功率; $N = n_0 B$, 其中 n_0 为白噪声双边功率谱密度; B 为系统带宽. 在下述的动量算法中, B, n_0 并不影响调度过程, 为简化仿真过程, B, n_0 被简化为 1. 估计数据传输率被简化为下式:

$$R_j = \log_2(1 + a_j p_j). \quad (4)$$

2.2 时隙分配与动量参数的更新过程

各个业务量的动量参数生成以后, 动量排序与对应时隙模块将对 WiMAX 帧时隙进行分配. 动量算法的基本思想是优先服务具有大动量的用户业务流. 业务流的动量定义为排队时延的带宽分配权重 f_j 与平均传输率之积, 在此用 M 来表示, 用户 SS_j 的动量 $M_j = f_j R_j$. 假设 1 帧的帧长为 T_s , 第 n 帧的起始时刻为 t_n , 在 t_n 之前, 调度器按照各个用户 M^n 值进行降序排列; 如果存在相同动量的业务流, 按照 γ_j 大小进行优先权设置, γ_j 大的业务流被判定为大动量, 然后按照降序对 $t_n + T_s$ 中的时隙进行分配, 直到全部时隙被分配完毕.

1 帧时隙被分配完后, 动量更新模块将对个业务流的动量进行更新, 假设第 n 帧中, 用户最小的 M^n 值为 M_{\min}^n , 那么, 在 n 帧得到带宽分配的用户, 其动量值在 $n+1$ 帧将减少 M_{\min}^n , 此过程就像不同动量的物体作对碰. 考虑到无线信道随机情况, 用户 SS_j 在 t_n, t_{n+1} 这 2 个时刻的 a_j 可能不相同, 根据 (4) 式, SS_j 在第 $n+1$ 帧的“速度”发生变化, 那么 SS_j 在第 $n+1$ 帧中的动量应该定义为下式:

$$M_j^{n+1} = \begin{cases} f_j^{n+1} R_j^{n+1}, & \text{第 } n \text{ 帧未被服务,} \\ f_j^{n+1} R_j^{n+1} - M_{\min}^n, & \text{第 } n \text{ 帧被服务,} \end{cases} \quad (5)$$

其中, f_j^{n+1} 根据 (2) 式发生变化, 排队延时为:

$$d_j^{n+1} = \begin{cases} d_j^n + T_s, & \text{第 } n \text{ 帧未被服务,} \\ d_j^n, & \text{第 } n \text{ 帧被服务.} \end{cases} \quad (6)$$

3 仿真结果

采用 Matlab 7.0 软件搭建 WiMAX 系统资源调度仿真平台, 按照 802.16 协议中规定, 对仿真参数进行设置, 设置 BS 射频功率为 60 W, 假设 SS 数量为 12, SS 平均分配功率为 5 W(不考虑 WiMAX 自适应功率分配), 根据统计规律, 设置每个 SS 信道增益服从指数分布, 具体参数设置如见表 1, 业务 QoS 参数设置如表 2. 对 M 算法、RR 算法、公平机遇算法^[3](比例公平算法, 简称为 Opp.fair)进行仿真比较.

表 1 仿真参数设置

用户数目	信道增益	用户被分配的功率/W	帧长/ms	仿真时间/s
12	指数分布	5	1	10/30

表 2 业务 QoS 参数设置

QoS 指标	UGS	RTPS	NRTPS	BE
最大时延/ms	10	20	50	∞
丢包率门限/%	0.1	0.1	0.2	2

图 2 给出了 M 算法下 4 种业务的延时情况, UGS、RTPS、NRTPS 业务的时延都小于各种业务允许的最大时延, 能够满足 WiMAX 实时业务的时延要求. 图 3 给出了 M 算法、RR 算法、Opp.fair 算法下 UGS 业务的延时情况. M 算法下, UGS 业务的时延小于 10 ms; RR 算法下, UGS 业务时延 12 ms, 当接入的 SS 数量增加时, 各用户的 UGS 业务时延将进一步增大; Opp.fair 算法 UGS 业务的延时具有较大的波动性, 最大值超过 UGS 业务时延要求.

图 4 给出了 M 算法、RR 算法和 Opp.fair 算法下系统总的吞吐量. M 算法吞吐量为 9.842~11.200 Mbps, RR 算法吞吐量为 9.093~9.399 Mbps, Opp.fair 算法吞吐量为 9.204~9.473 Mbps. 在提升系统吞吐量方面, M 算法比其他 2 种算法更有优势.

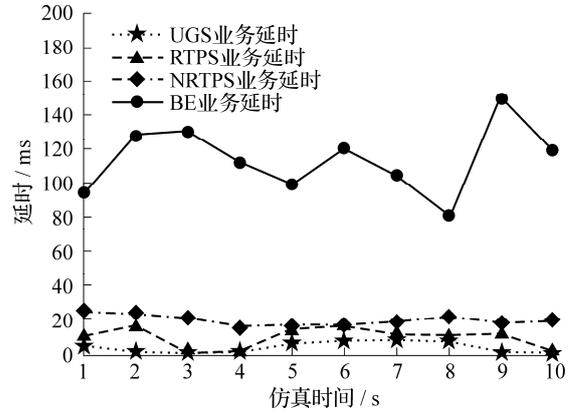


图 2 M 算法下 4 种业务延时情况

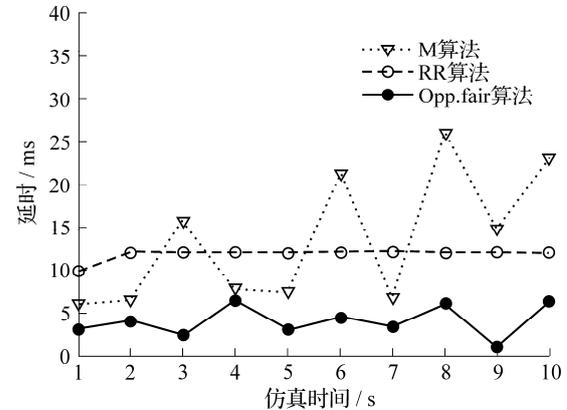


图 3 3 种不同算法下 UGS 业务的延时比较

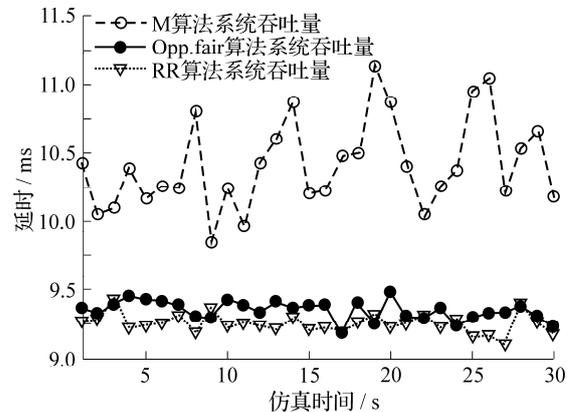


图 4 3 种不同算法下系统总吞吐量比较

4 结语

针对 WiMAX 系统中混合业务的特点, 提出了动量调度算法. 动量算法设置了队列延时权值, 有效地满足了实时业务的时延要求. 算法同时考虑到不同用户间信道差异特点, 设置随信道条件动

态变化的分配权值, 因此有效地提高系统的吞吐量. 仿真结果表明, 动量算法能够满足各种业务的时延要求, 并提高系统总吞吐量, 为 WiMAX 系统算法设计提供一种参考.

参考文献:

- [1] Jing Wu, Kim Dongho. TCP performance over the WiBro compatible 802.16e Systems[C]//ICACT2007, 2007:711-716.
- [2] Alexander L S, Kavita Ramanan. Largest weighted delay first scheduling: Large deviations and optimality[J]. The Annals of Applied Probability, 2001, 11(1):1-48.
- [3] Mehrjoo M, Dianati M, Sherman P. Opportunistic fair scheduling for the downlink of IEEE 802.16 wireless metropolitan Area Networks[C]//Proceedings of the Third International Conference on Quality of Heterogeneous Wired/Wireless Networks, 2006:52.

A Scheduling Algorithm Designed for WiMAX System

XING Hai-tao^{1,2}, HE Jia-ming^{1,2*}

(1.Faculty of Information Science and Technology, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Communication Technology Institute, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

Abstract: A new scheduling algorithm is introduced to satisfy heterogeneous service requests with different QoS in the WiMAX system. The new algorithm adopts momentum scheme for bandwidth allocation purposes. The proposed algorithm sets up a waiting time priority to secure a maximum delay required by the real-time services. A channel gain acting upon the dynamic changes of the channels is also set to improve throughput of the WiMAX system. The simulation results suggest that the developed algorithm can ensure real-time service delay request and improve the throughput of the WiMAX system.

Key words: WiMAX; scheduling algorithm; QoS

CLC number: TP393

Document code: A

(责任编辑 章践立)