

文章编号:1001-9081(2007)08-1865-03

基于业务流均衡的 802.16 无线分组调度算法

费 岚¹, 潘春建², 谭红艳²

(1. 河南财经学院 电教计算中心, 郑州 450002;

2. 中国科学院 声学研究所, 北京 100080)

(zzfeilan@sina.com)

摘 要:基于对 802.16-2004 标准所提出的四种业务流的分析, 结合 802.16 网络的实际应用场
景, 提出了一种基于业务流均衡的 802.16 系统无线分组调度算法, 并对该算法进行了 Matlab 仿真类
比。仿真结果表明, 新算法能够很好地解决分组调度的优先权问题和“饥饿”情况, 具有重要的实际
意义。

关键词:802.16; 分组调度; 业务流

中图分类号:TP393.07 **文献标志码:**A

Algorithm of 802.16 wireless packets scheduling based on traffic stream equilibrium

FEI Lan¹, PAN Chun-jian², TAN Hong-yan²

(1. Computing Center, Henan University of Finance and Economics, Zhengzhou Henan 450002, China;

2. Institute of Acoustics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: According to the analysis of the four traffic streams from 802.16-2004 standard, and considering 802.16
network practical application, the packets scheduling algorithm which was based on operation streams balanced idea was put
forward. The algorithm was simulated by using Matlab and compared with other algorithms. The simulation results indicate that
the new algorithm can solve the priority problem and "starvation" instance better.

Key words: 802.16; packets scheduling; traffic stream

0 引言

宽带无线接入作为一种新兴的接入手段, 具有广阔的应用前景, 正在受到业界越来越多的重视。IEEE 提出的 802.16 系统, 作为宽带无线接入的“最后一公里”解决方案, 无疑是当今的研究热点。它具有覆盖范围大、带宽高、支持固定和移动接入以及提供对 QoS 保障等诸多特点。

本文的研究是基于 802.16-2004 标准的。802.16-2004 标准定义了无线宽带城域网物理层和 MAC 层技术规范。在物理层, 标准采用 OFDM/OFDMA 等技术, 为无线数据在复杂的物理环境中进行传输提供了可靠保证; 在 MAC 层, 标准将不同的业务流归为四种类型^[1], 并分别对每种类型的业务流提供相应的调度机制, 以确保这些业务流的服务质量。

分组调度是 802.16 系统的重要组成部分, 是端用户 QoS 保证的基础。目前对 802.16 系统分组调度的研究大多是基于业务流本身, 并没有考虑到实际运营系统, 因此, 本文基于实际应用, 提出了一种业务流均衡的 802.16 系统无线分组调度算法。

1 算法设计

在 802.16-2004 标准中, 将服务分为四类: 主动授予服务 (UGS)、实时轮询服务 (rtPs)、非实时轮询服务 (nrtPs) 和尽力传输服务 (BE)。这四类服务对应于不同的应用场景, 是

802.16 系统分组调度的基础。

当前, 对 802.16 系统分组调度算法的研究主要是针对 802.16 标准中四种业务流的优先级进行的, 以文献[1-3]为代表, 它们采用的是对 802.16 中的四种业务流进行映射, 然后分别进行调度的方式。但是, 存在以下两个主要问题: 1) 网络中的低优先级业务有可能会长期处于饥饿状态; 2) 某些定制用户或 VIP 用户的服务请求得不到满足。因此, 为了解决 802.16 系统分组调度的“饥饿”问题和满足定制类用户的服务问题, 本文提出了基于业务流均衡的 802.16 无线分组调度算法。

1.1 算法描述

基于业务流均衡的 802.16 无线分组调度算法主要分为两级调度三个阶段来完成。

第一级调度主要针对定制业务的用户、包月用户以及 VIP 用户的业务流请求和网络中低优先级且长期处于饥饿状态的业务流。对它们主要采用预留一定比例带宽的方式进行分组调度, 这也是分组调度算法的第一阶段。

第二级调度主要是采用基于横向和纵向的优先级调度策略。它从横向上将第一级调度后的分组分为两类: 一类是定制类业务分组, 这类分组的特点是它们属于定制类服务, 具有最小带宽预留; 另一类是非定制类业务分组, 这类分组的特点是没有任何运营背景, 完全符合 802.16 标准调度的业务。对定制类业务的调度是分组调度的第二阶段, 对非定制类业务

收稿日期: 2007-02-27; 修回日期: 2007-04-27。 基金项目: 中科院知识创新资助项目 (KGCX2_SW-102)。

作者简介: 费岚 (1972-), 女, 河南开封人, 讲师, 硕士, 主要研究方向: 计算机网络; 潘春建 (1978-), 男, 河南信阳人, 博士, 主要研究方向: 计算机网络; 谭红艳 (1966-), 女, 湖北恩施人, 副研究员, 硕士, 主要研究方向: 计算机网络、宽带通信。

的调度是分组调度的第三阶段。对于定制类业务和非定制类业务的调度,我们采用纵向的方式,按照 802.16 标准定义的四种类业务流的特点,将其映射到实时业务流队列和非实时业务流队列中。其中,实时业务流队列主要包括 UGS 业务流,采用单播轮询请求的 rtPs 业务流和 nrtPs 业务流;非实时业务流队列则主要包括具有多播或是广播方式的 nrtPs 业务流和 BE 业务流。

1.2 调度策略

1) 第一级调度策略

在第一级调度策略中,首先对各分组采用基于业务流类别的散列,即将分组分别散列到 UGS 队列、rtPs 队列、nrtPs 队列和 BE 队列。然后在这四个队列中按照业务流对应的用户优先权从高到低进行排序,对于具有相同优先权的用户,采用如下方式进行排序:对于 UGS 队列和 rtPs 队列,采用基于服务的紧迫程度进行排列,即用作为权值 $\delta = \frac{\text{deadline}(p) - t}{\text{deadline}(p) - t_0}$ 量化的尺度, δ 值越小,其调度的优先级越高, δ 值越大,其调度的优先级越低。其中, p 代表分组, t 代表分组在 BS 驻留的时间, t_0 代表分组到达 BS 的时间, $\text{deadline}(p)$ 代表满足的最低时延要求;对于 nrtPs 队列和 BE 队列,则按照先来先服务的策略,越早到达的优先级越高。

2) 第二级调度策略

在第二级调度中,采用了将定制类用户和非定制类用户区分处理的方式。其中定制类用户优先处理,在其调度完成后,再对非定制类用户进行处理。它们的处理方式类似,都是采用实时类业务和非实时类业务分别进行调度的方式,采用的方法是先调度实时类业务流,再调度非实时业务流。对每种业务流的调度采用基于虚拟时钟 (Virtual Clock) 的加权公平队列 (Weighted Fair Queuing, WFQ) 算法。

WFQ 的基本思想为:当分组到达时,根据其到达时的系统虚拟时间和该分组所属队列的前一个分组的虚拟结束时间来计算和存储其虚拟结束时间。

在算法中,对具有相同优先权的分组,按照公式(1)进行时间戳计算。当一个分组调度服务完成后,选择队列中时间戳最小的分组来服务。

$$t_f^i = \max(v_f, t_f^{i-1}) + P_f^i / r_f \quad (1)$$

其中, F 是队列所包含的业务流集合, $r_f (f \in F)$ 为每一个流的服务速率, t_f^i 为 f 中的第 i 个分组到达的时间戳, P_f^i 为第 i 个分组的长度, v_f 为系统的参考虚拟时钟。

对于非定制类业务,采用的调度方式和定制类业务的类似,在此就不再叙述。

2 算法仿真与结果分析

2.1 仿真目的

基于业务流均衡的 802.16 无线分组调度算法(简称算法 1),是根据 802.16 系统四种类业务流的特点,从业务流所对应的用户优先级别和均衡业务流的处理时间方面考虑来实现的。它有效地融合了用户优先权和业务流的优先处理顺序,实施了资源预留和基于通用处理器共享策略的 WFQ 算法相结合的方式。文献[4]中的 802.16 无线分组调度算法(简称算法 2),是基于 802.16 业务流本身优先处理顺序,通过将业务流映射到三个队列,采用基于通用处理器共享策略的 WFQ 算法进行分组调度的。

我们选用定制服务用户的服务率和四种业务流的服务状态作为两种算法的比较对象进行仿真对比实验。由于定制服务的用户通常是一些付费用户或 VIP 用户,在实际系统中,他们也是运营商优先考虑满足的,因此,将其作为两种算法的比较参数也具有实际意义。

2.2 仿真环境和仿真方法

利用 Matlab 工具,通过对其进行编程来实施对算法的仿真。仿真实验流程如图 1 所示。

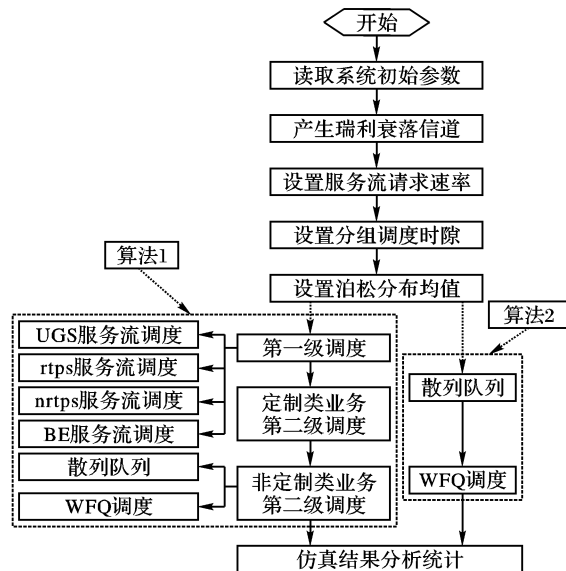


图1 仿真流程

仿真实验的环境参数如表 1 所示。

表 1 实验环境参数

参数类别	参数设置
仿真工具	Matlab 6.5
物理信道模型	瑞利信道
调制方式	自适应调制
信道数目	256
误码率	$1E-3$
分组到达模型	泊松分布
统计时间	1s
单位时槽	10ms
分组到达均值	0 ~ 350
系统带宽支持的分组数目	1 000 000
UGS 业务流满足带宽支持的分组数目	10 000
rtPs 业务流满足带宽支持的分组数目	15 000
nrtPs 业务流满足带宽支持的分组数目	10 000
BE 业务流满足带宽支持的分组数目	5 000

2.3 仿真结果分析

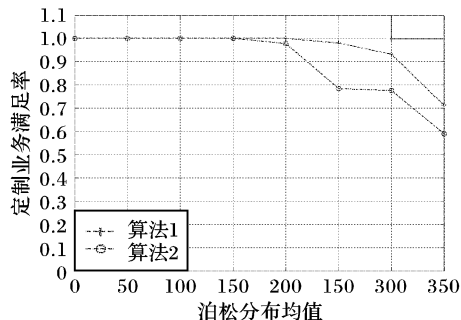


图2 分组调度算法定制类业务服务率仿真对比

图 2 是分组调度算法对定制类业务服务率的仿真对比。

2.4 仿真参数讨论

由于分组到达服从泊松分布的特点,所以在仿真对比实验中时将时隙设为10 ms,对1 s内的分组进行调度仿真试验,统计结果按照泊松均值50递增的顺序进行。

由于在一个时隙内四种业务流的到达比率是一个随机的过程,但是结合实际业务模型来看,UGS业务流的业务请求会多于rtPs业务流,rtPs业务流的业务请求会多于nrtPs业务流,nrtPs业务流的业务请求会多于BE业务流,所以在仿真对比实验中将四种业务流产生的比例按照4:3:2:1进行设定。

预留带宽和定制类用户所占比例这两个参数和网络的实际部署特点以及应用场景密切相关。针对不同的实际应用场景,上述两个参数可能会存在较大的差异,所以在仿真对比实验中暂且将预留带宽设置为系统整个带宽的1/3,定制类用户所占比例和非定制类用户所占比例设置为1:1。

从图2的仿真结果来看,本文所提的分组调度算法在对定制类业务的服务率上较文献[4]中的分组调度算法有较大的提高。在实际应用中,由于定制类用户对应的用户优先级更高,其业务请求应该尽可能的给予满足,所以本文所提算法较文献[4]中的算法具有更大的实际意义。

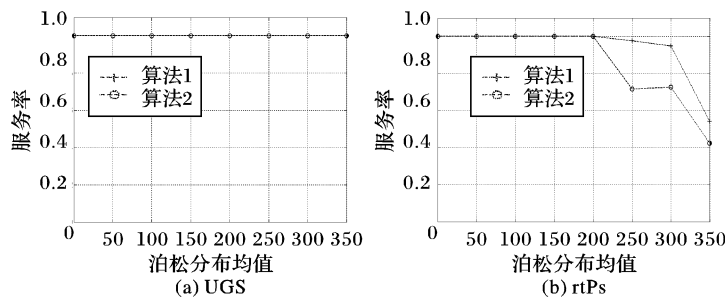


图3 定制类UGS业务和定制类rtPs业务服务率对比

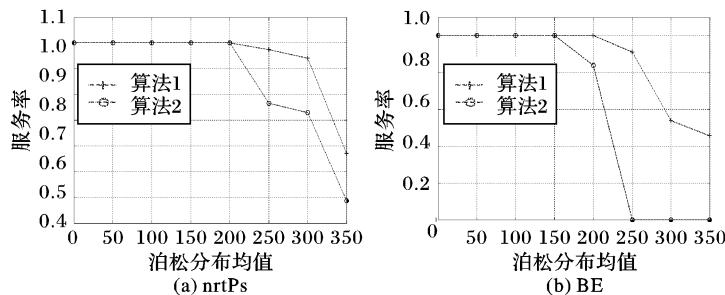


图4 定制类nrtPs和定制类BE业务服务率对比

图3、4为算法1、2在对定制类UGS业务流、定制类rtPs业务流、定制类nrtPs业务流和定制类BE业务流的仿真对比。

针对UGS业务流的特点,两种算法都给予了较高的优先级,所以在图3中,算法1、2对此类业务的服务率都为1。

对于rtPs和nrtPs业务流的特点,算法1对其采用的是将定制类业务和非定制类区分开,再分别采用WFQ算法进行调度;而算法2直接采用WFQ算法调度。由于处理方式不同,算法1能够更好地提供rtPs和nrtPs业务的服务率。

由于BE业务是一种尽力而为的处理方式,这类业务由于优先级低,在业务量大的情况下,会长期处于饥饿状态,算法1通过采用资源预留和定制类业务的优先处理,能够有效地缓解饥饿状态,提高BE业务的服务率;而算法2对BE业务只是采用传统的处理方式,故其BE业务服务率在负载比较大的情况下降到了0。

3 结语

基于对802.16-2004标准四种业务流的分析,提出了一种基于业务流均衡的分组调度算法,并进行了仿真对比。实验表明,本文所提算法能够更好地解决分组调度的优先权问题和“饥饿”情况,更适合实际系统的运营。

参考文献:

- [1] CHU G S, WANG D, MEI S L. A QoS architecture for the MAC protocol of IEEE 802.16 BWA system[C]// IEEE International Conference on Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions (ICCCAS'02). [S. l.]: IEEE Press, 2002, 1: 435 - 439.
- [2] HAWA M. Stochastic evaluation of fair scheduling with applications to Quality-of-Service in broadband wireless access networks[D]. Kansas: University of Kansas, 2003.
- [3] CHEN T. QoS issues in wireless packet network: term paper for research methodology[Z]. Italy: University of Trento, ICT School, 2006.
- [4] IEEE 802.16d. Draft IEEE standard for local and metropolitan area networks-part 16: air interface for fixed broadband wireless access systems[S].
- [5] VAARANDI R. A data clustering algorithm for mining patterns from event logs[C]// Proceedings of the 2003 IEEE Workshop on IP Operations and Management. [S. l.]: IEEE Press, 2003: 119 - 126.
- [6] WALDVOG M. Fast longest prefix matching: algorithms analysis and applications[D]. Zurich: ETH, Department of Electrical Engineering, 2002.
- [7] DUDA R O, HART P E, STORK D G. Pattern classification[M]. 2nd ed. Beijing: China Machine Press, 2004.
- [8] KARIM A, AHMAD I, JAMI S I. Cluster analysis of traffic flows on a campus network[C]// Proceedings of the 24th IASTED International Multi-Conference, Artificial Intelligence and Applications. Austria: ACTA Press, 2006: 416 - 421.
- [9] KRISHNAMURTHY B, WANG J. On network aware clustering of web clients[C]// Proceedings of the ACM SIGCOMM 2000. [S. l.]: ACM Press, 2000.
- [10] DUNHAM M H. Data mining: introductory and advanced topics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2003.
- [11] FREITAS A A. Data mining and knowledge discovery with evolutionary algorithms[M]. Berlin: Springer-Verlag, 2002.
- [12] KRISHNA K, MURTY M N. Genetic k means algorithm[J]. IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B, 1999, 29(3): 433 - 439.
- [13] ESTAN C, SAVAGE S, VARGHESE G. Automatically inferring patterns of resource consumption in network traffic[C]// Proceedings of the ACM SIGCOMM 2003. [S. l.]: ACM Press, 2003: 137 - 148.

(上接第1864页)

字节数等,这些属性的聚类同样可以为网络工程提供有意义的信息。

参考文献: