

一种无线 Ad Hoc 网络的区分服务体系结构

赵为粮^{1,2} 王玉玲¹ 李 云¹ 隆克平¹

(北京邮电大学电子工程学院 北京 100876)¹

(重庆邮电学院光互联网及无线信息网络研究中心 重庆 400065)²

摘要 提供服务质量保证是目前无线 ad hoc 网络的研究热点。本文对将区分服务应用于无线 ad hoc 网络进行了阐述,提出了一种应用于无线 ad hoc 网络的区分服务体系结构,最后进行了仿真验证。仿真结果证明,在无线 ad hoc 网络中区分服务可以在资源不够用的情况下,降低对低优先级的业务流的服务,保证对高优先级的业务流的服务,从而使得高优先级的业务流获得较大的吞吐量和较低的延迟。

关键词 无线 ad hoc 网络,区分服务,体系结构

A Differentiated Services Architecture for Wireless Ad Hoc Networks

ZHAO Wei-Liang^{1,2} WANG Yu-Ling¹ LI Yun¹ LONG Ke-Ping¹

(School of Electronic Engineering, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beijing 100876)¹

(Special Research Centre for Optical Internet & Wireless Information Networks, Chongqing University of Posts & Telecommunications, Chongqing 400065)²

Abstract The QoS supporting is a hot researching issue in wireless ad hoc networks. In this paper, we propose a differentiated service architecture for wireless ad hoc networks. The performance of the proposed architecture is evaluated by simulations. The simulation results show that the proposed architecture can provide better services for higher prioritized traffic by degrading the qualities of lower prioritized traffic when the network resources are insufficient.

Keywords Wireless ad hoc networks, Differentiated service, Architecture

1 引言

无线 ad hoc 网络是由移动节点构成的无线移动网络,又称为无线自组织网络。这种网络不需要固定设施的支持,网络中的节点同时具有终端和路由器的功能,能够实现数据包的存储转发从而进行通信。具有可移动、自组织、临时性、无中心的特点。可应用于灾难救助、军事场合和小型会议。近年来,随着多媒体应用的发展,无线 ad hoc 网络提供服务质量(QoS)保证受到越来越多的关注。

由于无线 ad hoc 网络的固有特点,网络中存在几方面问题^[1]:动态拓扑结构,带宽限制和有限的处理和存储能力以及无线传输的不可靠性。这使得无线 ad hoc 网络很难提供服务质量保证。在近年来的研究中,针对这些问题从几个方面提出了解决方案^[2~5]:QoS 模型、QoS 信令、QoS 路由协议、QoS MAC 协议等。

在有线网络中,提供 QoS 服务有两种模型:综合服务^[6]和区分服务^[7]。综合服务以流为单位提供服务,因此每个网关内保持每个流的状态,由此带来缺乏扩展行、网络开销大等问题,因此不适用于无线 ad hoc 网络。而区分服务克服综合服务的这些缺点,能提供较好的性能且具有较好的扩展性,因而能够为无线 ad hoc 网络提供一定的 QoS 保证。

正如文[8]所述,如果将 DiffServ 结构应用于无线 ad hoc 网络,存在如何划分 DiffServ 域,如何定义并区分边缘节点和核心节点的问题。文[3]给出了称为灵活 QoS 模型(FQMM:

Flexible QoS Model for MANETS)的体系结构,该模型提供了一种称为混合(hybrid)模式的资源分配策略,它既支持 Int-Serv 的基于流的资源分配,又支持 DiffServ 的基于类的资源分配,高优先级的业务基于流分配资源,低优先级的业务流基于类分配资源。由于 FQMM 要求网络中的节点既要支持 IntServ 的基于流的资源分配,又要支持 DiffServ 的基于类的资源分配,因此实现复杂。

本文讨论了如何将 DiffServ 应用于无线 ad hoc 网络的问题,结合无线 ad hoc 网络分布式的特点,给出了一种适合无线 ad hoc 网络的提供业务区分的简单的体系结构,并通过仿真,分析了该体系结构的业务区分能力。

本文第 2 部分介绍了有线网络的区分服务机制,第 3 部分介绍了把区分服务模型应用于无线 ad hoc 网络,提出了无线 ad hoc 网络的体系结构。第 4 部分进行仿真验证。

2 有线网络中的区分服务机制

2.1 网络结构

在区分服务有线网络中,一个区分服务域(DS domain)内的节点可以划分为以下两类具有特定功能的节点:边缘路由器和核心路由器。边缘路由器连接不同的 DS 域或者非 DS 域。核心路由器连接同一 DS 域内的其它核心路由器或边缘路由器。根据业务流的流向,边缘路由器又可以分为入口节点和出口节点。业务流经过入口节点进入 DS 域时,经过出口节点流出 DS 域。图 1 给出了有线网络中区分服务的网络

赵为粮 博士后,教授,硕士生导师,主要研究方向为无线移动通信,电磁辐射与散射。王玉玲 硕士研究生,主要研究方向为无线 ad hoc 网络 QoS 体系结构。李 云 博士,主要研究方向为 MAC 协议性能分析和改进,分布式无线网络 QoS。隆克平 博士,教授,博士生导师,主要研究方向为下一代光互联网及光突发交换技术,宽带网络理论及技术,光网络生存性及回复机制等。

结构。

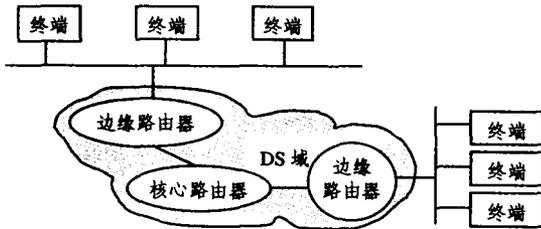


图1 有线网络中的区分服务网络结构

2.2 区分服务机制

区分服务机制由以下几部分组成：单跳行为(PHB; Per-Hop Behavior),数据包分类和业务量整形。业务量整形包括测量、标记、流量调节和调度。在IPv4数据包的Type-of-Service字节和IPv6数据包的Traffic-Class字节中定义了DS代码点(DS code-point)。业务流经由入口节点进入DS域,边缘路由器根据服务等级协商(SLA; Services Level Agreement)对这些业务流进行分类,将不同类的业务流置于不同的行为聚集,并且根据已有的流量调节协定(TCA; Traffic Conditioning Agreement)进行业务流数据包的整形。每个行为聚集由一个唯一的DS代码点标识。在网络内部,每个核心路由器分配有DS代码点与PHB操作对应表,根据DS代码点对应的单跳行为转发数据包。单跳行为为多个竞争资源的行为聚集进行缓冲和带宽资源的分配。现在PHB有3种标准:快速转发(EF)PHB^[9]、可靠转发(AF)PHB^[10]和尽力而为的PHB。具有相同DS代码点的业务流获得相同的PHB服务,不同代码点的业务流得到的不同PHB服务。这就实现了区分服务。

3 无线 ad hoc 网络中的区分服务体系结构

在无线 ad hoc 网络中,各节点具有平等的地位,同时具有终端和路由器的功能。由于节点具有可移动性,使得网络拓扑动态变化。因此我们很难将无线 ad hoc 网络划分为终端和DS域,网络中的节点也不能被明确划分为边缘路由器和核心路由器。

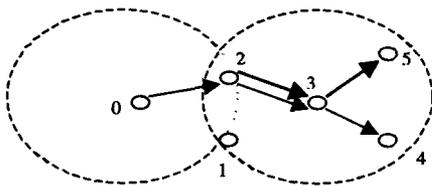


图2 无线 ad hoc 网络图

如图2所示,一个由6个节点构成的无线 ad hoc 网络中,有两条业务流:第一条流以节点0为源节点发送数据包,数据包经过节点2和节点3转发,到达目的地节点4,第二条流以节点2为源节点发送数据包,数据包经过节点3转发,到达目的地节点5。这两条业务流都经过了节点2,但有所不同的是,对于第一条流,节点2作为中间节点转发数据包,此时它作为核心路由器;对于第二条流,节点2作为源节点发送数据包,此时它作为终端,而非路由器。所以,我们不能简单地节点2划分为核心路由器或者是终端。

针对该问题,本文去掉了DiffServ中有关域的概念,同文[3]类似,由业务流的源节点根据业务流的优先级分配其相应的代码点,而业务流的转发节点根据代码点选择相应的单跳行为。但不同于文[3],网络节点不需要实现InterServ的基

于流的资源预留,因此实现更为简单。

我们根据节点在无线 ad hoc 网络中的实现的功能,给予节点动态的区分服务功能。我们将边缘路由器的功能附加在业务流源节点上。转发数据包的中间节点完成核心路由器的功能。这样,在无线 ad hoc 网络的体系结构中,网络节点仅划分为两类节点:业务流的终端点、业务流的转发节点。业务流的终端点可细分为入口节点(源节点)和出口节点(目的节点)。在无线 ad hoc 网络中,由于节点既是终端又是路由器,因此,它可能作为一个业务流的源节点而作为其他业务流的转发节点,此时,它既具有DiffServ边缘路由器的功能,同时具有核心路由器的功能。

根据以上对无线 ad hoc 网络结构的划分,我们将无线 ad hoc 的网络节点所具有的功能划分为相应的两大类:

1. 业务流分类和调节,主要是对流进行业务量整形,将业务流划分为不同的行为聚集,并标记DSCP域。这块功能由业务流的源节点执行。如图3所示。我们对不同的行为聚集配置不同的业务量整形策略,使得业务流符合一定的流量规格。

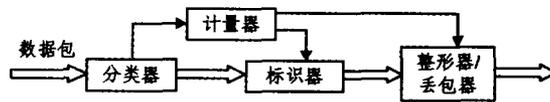


图3 源节点功能模块图

2. 数据包转发功能,即节点将数据包报头中的DS代码点映射到所配置PHB表,根据该DS代码点对应的PHB转发数据包。这部分功能由业务流的转发节点完成。如图4所示。我们为PHB配置带有优先级的调度算法,在PHB表中给定每个行为聚集的对应的优先级,从而实现区分服务。

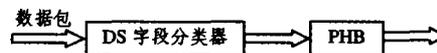


图4 中间节点功能模块图

4 仿真验证

4.1 仿真设置

我们采用NS-2仿真平台。在700m×700m的仿真范围内,设置了12个无线节点,它们构成了如图5所示的拓扑结构。这是一个典型的哑铃状的拓扑结构。我们使用DSRR路由协议,物理层和MAC层分别采用IEEE 802.11^[11]中规定的DSSS和DCF机制。仿真时间为100秒。

我们设置了3个优先等级,其中最高优先级的队列用来传送控制信令(主要是路由消息),次优先级的队列用来传送具有高优先级的业务流,低优先级队列用来传送低优先级的业务流。我们采用加权轮询调度(WRR)作为队列调度策略。

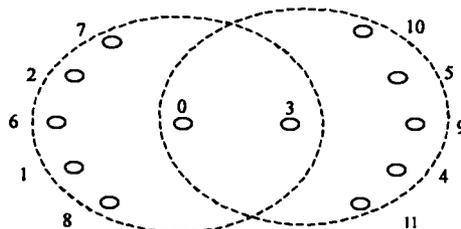


图5 网络拓扑

我们在网络中设置四条CBR业务流,CBR流每隔0.05秒发送一个大小为600字节的分组。分别从节点7、2、6、1发

送数据包到节点 10、5、9、4。其中从 2 到 5 和从 1 到 4 的业务流为高优先级,代码点标记为 20,从 7 到 10 和从 6 到 9 的流的为低优先级,代码点标记为 30。对于控制信令,代码点标记为 10。我们对每个节点的 PHB 表进行配置,不同的代码点对应不同的队列,设置控制信令队列的 WRR 权值为 6,高优先级队列的 WRR 权值为 5,低优先级队列的 WRR 设为 1。

4.2 仿真结果

我们首先分析了四条 CBR 流在区分服务的无线 ad hoc 网络中的吞吐量和延迟。然后,在相同配置下,对具有区分服务能力和没有区分服务能力的两种无线 ad hoc 网络中 CBR 业务流的性能作了比较。

(1)吞吐量分析。我们从 CBR 流开始时刻开始,每隔 1s,计算该秒内目的节点收到的数据包的总字节数,得到该时刻的这条 CBR 流的平均吞吐量。

图 6 给出了在区分服务的无线 ad hoc 网络中四条 CBR 流的吞吐量。表 1 列出了四条业务流获得的平均吞吐量。可以看到,高优先级的业务流获得了明显高于低优先级的业务流的吞吐量,高优先级的业务流和低优先级的业务流获得的平均吞吐量的比例近似为 5 : 1。

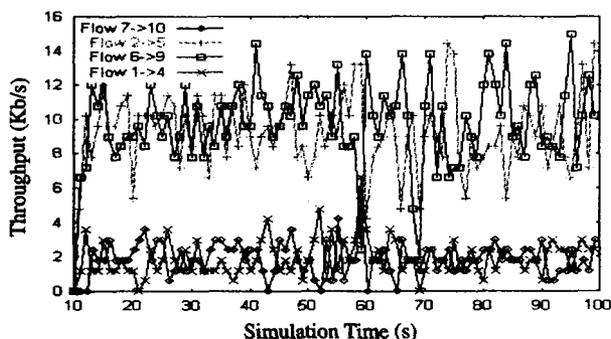


图 6 DiffServ 网络中四条 CBR 流的吞吐量

表 1 四条 CBR 流的平均吞吐量

CBR 流	吞吐量(KB/s)
2→5	9.289
6→9	9.922
1→4	1.974
7→10	1.887

不失一般性,我们在图 7 中给出了高优先级的业务流 2→5 在区分服务的无线 ad hoc 网络和在无区分服务的无线 ad hoc 网络中的吞吐量。在图 8 中给出了低优先级的业务流 7→10 在区分服务的无线 ad hoc 网络和在无区分服务的无线 ad hoc 网络中的吞吐量。

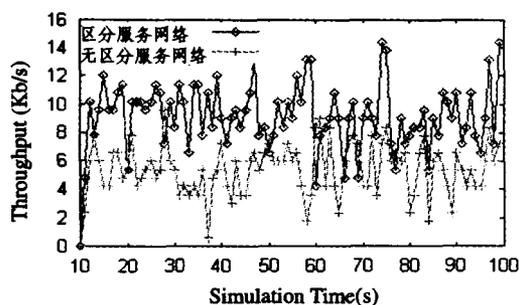


图 7 高优先级的业务流在区分服务和无区分服务的 ad hoc 网络中的吞吐量

从图 7 中可以看到,高优先级的业务流在区分服务无线

ad hoc 网络中获得的吞吐量高于在无区分服务的无线 ad hoc 网络中获得的吞吐量。从图 8 可以看到,低优先级的业务流在区分服务的无线 ad hoc 网络中获得的吞吐量低于在无区分服务的无线 ad hoc 网络中获得的吞吐量。由此可见,在网络资源不足以满足通信需求时,区分服务牺牲了低优先级的业务流的吞吐量来提高高优先级的业务流的吞吐量。

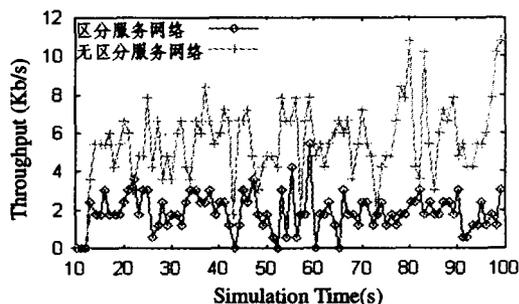


图 8 低优先级的业务流在区分服务和无区分服务的 ad hoc 网络中的吞吐量

(2)分组的端到端延迟分析。我们用目的节点接收到分组的时间减去分组在源节点的发送时间得到了每个分组的端到端的延迟。

图 9 给出了区分服务的无线 ad hoc 网络中四条 CBR 流的分组端到端延迟统计。横坐标为分组的序列号,纵坐标为分组的延迟。表 2 列出了四条 CBR 流的分组平均延迟。很明显,低优先级的两条流(7→10 和 1→4)的分组端到端延迟明显高于低优先级的两条流(2→5 和 6→9)的分组端到端延迟。

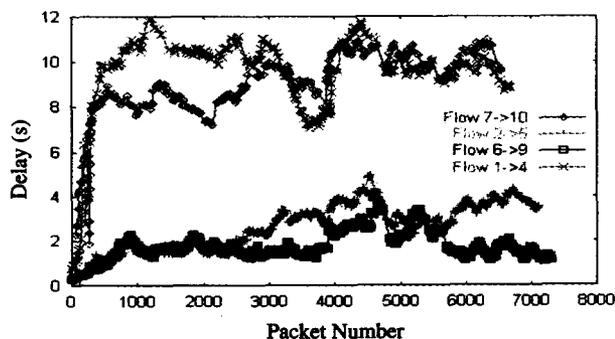


图 9 DiffServ 网络中四条 CBR 流的分组延迟

表 2 分组平均延迟

CBR 流	平均延迟(s)
2→5	2.62042
6→9	1.7689
1→4	9.28167
7→10	8.8568

在图 10 中给出了高优先级的业务流 2→5 在区分服务的无线 ad hoc 网络和在无区分服务的无线 ad hoc 网络中的延迟。在图 11 中给出了低优先级的业务流 7→10 在区分服务的无线 ad hoc 网络和在无区分服务的无线 ad hoc 网络中的延迟。

从图 10 中可以看到,高优先级的业务流 2→5 在区分服务的无线 ad hoc 网络中的性能略好于在无区分服务的无线 ad hoc 网络中的性能。从图 11 可以看到,低优先级的业务流 7→10 在区分服务的无线 ad hoc 网络中的分组延迟大于在无区分服务的无线 ad hoc 网络中的分组延迟。

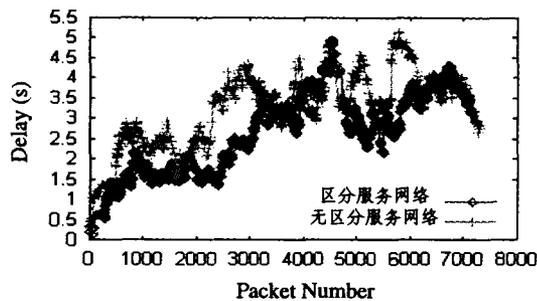


图 10 高优先级的业务流在区分服务和无区分服务的 ad hoc 网络中的延迟

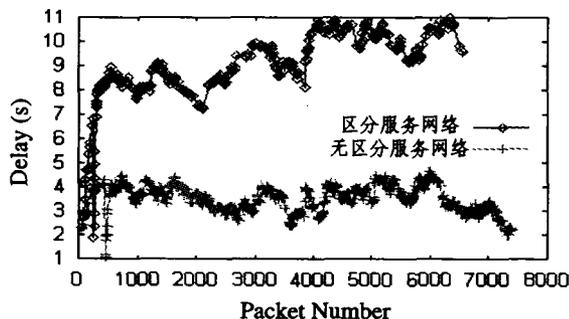


图 11 低优先级的业务流在区分服务和无区分服务的 ad hoc 网络中的延迟

从上述可以看出,本文给出的无线 ad hoc 网络的区分服务体系结构能实现对业务流的区分,在网络资源紧张的情况下,高优先级的业务流获得了比低优先级的业务流更好的带

宽和延迟特性。

结论 本文将区分服务的机制引入到无线 ad hoc 网络中,提出了无线 ad hoc 网络的区分服务体系结构,仿真分析表明,该体系结构能在无线 ad hoc 网络中实现业务区分,使高优先级的流获得了比低优先级的流更好的带宽和延迟特性。

参考文献

- 1 Demetrios Z-Y. A Glance at Quality of Services in Mobile Ad-Hoc Networks. <http://www.cs.ucr.edu/~csyiazti/cs260.html>.
- 2 Gupta A, Sanghi D. QoS Support in Mobile Ad hoc Networks. IEEE International Conference on Personal Wireless Communications, Dec. 2000. 340~344
- 3 Xiao Hannan, Seah W K G, Lo A, Chua K C. A flexible quality of Service model for mobile ad-hoc networks. In: Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conf. Tokyo, Japan. 2000, 1: 445 ~ 449
- 4 Lee S-B, Campbell A. INSIGNIA: In-band signaling support for QOS in mobile ad hoc networks. In: Proc. of 5th Int'l Workshop on Mobile Multimedia Commns. (MoMuC), Oct. 1998
- 5 Royer E M, Perkins C E. Quality of Service for Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing. IETF Internet Draft, draft-ietf-manet-aodvqos-00. txt, July 2000
- 6 Braden R, et al. Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview. IETF RFC 1633, July 1994
- 7 Blake S, et al. An architecture for differentiated services. IETF RFC 2475, Dec. 1998
- 8 李云, 赵为粮, 隆克平, 吴诗其. 无线 Ad Hoc 网络支持 QoS 的研究的进展与展望. 软件学报, 2004. 12
- 9 Jacobson V. An expedited forwarding PHB. IETF RFC 2598, July 1999
- 10 Heinanen. Assured forwarding PHB Group. IETF RFC 2597, Feb. 2000
- 11 IEEE standard for wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications. ANSI/IEEE Std 802. 11, 1999

(上接第 15 页)

定的范围内,使用真假信牌就会产生不正确的结果。为了保持模型的充分表达能力,我们选择了两种规则综合使用的方案。把整个过程分为同步区和非同步区。真假信牌规则在同步区中使用,而真信牌在非同步区中使用。我们给出了同步区的严格定义以及求相应的同步区的算法。为使真假信牌规则在同步区中的正确使用,对同步区做了必要限制。详细内容可参见文[6]。

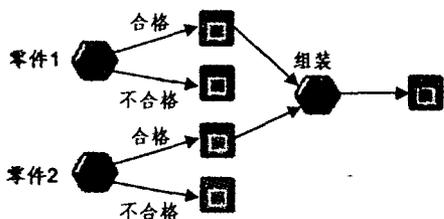


图 5

5 复杂的多流问题

多流是过程的实例在执行中出现的一种现象:有两个或两个以上的活动同时(并行)执行,并且这种活动出现在过程执行的前后,多次执行(前后并行)。

流水线是典型的多流。例如公文流转,每个公文都要经过起草、审核、发文和存档等活动。为了提高效率,常常要求前一个文件审核时,下一个文件的起草工作同时在并行地执行。一个公文形成一个流,这样就会有多个流在系统中流转。

这就是多流。

关于多流存在很多问题。首先,要研究在什么情况下会产生多流。其次,各个流可能需要与其伴随的数据。于是就需要设计一种与流有关的数据,我们称之为流数据。

另外,由于过程中可能有并行和分支,各个部分执行的快慢不一,会产生多流的倒序。由多流的倒序又会产生同步的混乱。为此我们有必要提供为流建立相应的流 ID 的功能,以及按流 ID 进行同步的机制。在有些场合还要对某些区域局部地限制多流的出现。

结论 近年来,西北大学计算机科学系软件工程研究所围绕着 BPM 开展了一系列的研究工作。主要是采用基于 Petri 网方法的信牌驱动式业务过程模型对业务过程进行建模。在此基础上对过程管理系统异常处理和动态修改、业务过程管理系统的事务处理机制以及多服务器支持的分布式过程管理系统等反面进行了研究。这些研究成果在与协同公司合作开发的业务过程管理系统 SynchroFLOW 中得到了部分的实现和应用。

参考文献

- 1 Smith H, Fingar P. Workflow is just a Pi process. Computer Sciences Corporation, Nov. 2003
- 2 郝克刚. 开放网-交互式并行系统的模型: [西北大学计算机科学系软件工程研究所技术报告]. 1996. 3. 西北大学学报(自然科学版), 1997, 5
- 3 Hao Kegang. Two Formal Models of Interactive Machine. In: Proc. of The Third Asian Workshop on Foundations of Software, Xi'an, China, Nov. 2004
- 4 Peterson J L. Petri Net Theory and the Modeling of Systems, Prentice Hall, 1981
- 5 岳晓丽, 杨斌, 郝克刚. 信牌驱动式工作流计算模型. 计算机研究与发展, 2000, 12: 1513~1519
- 6 郝克刚, 王斌君, 安贵. WPD 中的 JOIN 语义问题和分区解决方案. 计算机科学, 2003