

基于跨层设计 AODV 的 QoS 扩展和仿真实现

QoS Expansion and Simulation for AODV based on Cross-layer Design

陈丽芳, 陈燕, 徐白

CHEN Li-fang, CHEN Yan, XU Bai

(广西大学计算机与电子信息学院, 广西南宁 530004)

(School of Computer, Electronics and Information, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China)

摘要: 为了提高无线网络信道资源的利用率, 采用测量 MAC 层信道空闲率估算节点剩余带宽, 跨层访问剩余带宽的方法, 实现 AODV 协议的 QoS 扩展 (CLQ-AODV), 并在 NS2 上仿真实现。仿真结果表明, CLQ-AODV 协议的分组端到端平均时延和平均路由开销有所减少, 分组投递率获得提高。

关键词: 无线 Mesh 网 QoS AODV 跨层设计 带宽估算

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-7378(2011)03-0224-04

Abstract: In order to improve wireless networks channel resources and its utilization rate, the remaining available bandwidth of nodes and accessing residual bandwidth through cross layer are estimated by the channel idle rates based on the MAC layer, which achieves the QoS extension and simulation for AODV in NS2 (CLQ-AODV). The simulation result show that the CLQ-AODV has been reduced the average delay of end to end packet and the average routing overhead with the increase of the packet delivery ratio.

Key words: wireless Mesh networks, QoS, AODV, across-layer design, bandwidth estimation

无线 Mesh 网络 (Wireless Mesh Networks, WMN) 是一种新型的分布式宽带接入网络系统。WMN 网络具有动态自组织、自配置、自愈等特点, 能够快速部署, 易于维护、成本低、可靠性和可发展性好, 能增强网络容量、连通性能和恢复性能, 具有广阔的应用前景。

WMN 网络主要应用在军事通信、自然灾害应急处理等场合, 信息实时、准确地传送, 要求支持 QoS。随着无线网络技术的发展, WMN 的 QoS 路由问题成为近年来研究的热点。这些研究主要是在 Ad hoc 网络典型路由协议上做扩展, 适应 WMN 的特点和需求。带宽作为 QoS 保证机制的主要参数, 很多关于 QoS 的研究都把带宽作为首要的参数, 但

是对带宽估计的研究不多, 由于 WMN 存在共享信道、动态分布式等特点, 带宽估计很复杂, 过高估计可用带宽会造成链路拥塞, 太保守的估计又会降低网络利用率。文献[1]给出一个既简单又实际可行的可用带宽计算方法。文献[2]针对 802.11 的 Ad Hoc 网络可用带宽估计研究, 提出详细的模型估计信道利用率和网络吞吐量, 对 IEEE802.11 的细节进行了分析。这些研究都使用了建立方程的方法来适应网络的动态性, 得到了很好的效果, 都具有一定的先进性。

本文在这些带宽估计研究的基础上, 采用监听 MAC 信道空闲时间计算信道空闲率的方法, 提出一个简单有效的计算方法和公式, 估算节点剩余带宽, 在 AODV 协议模块上跨层访问 MAC 层节点剩余带宽, 实现 AODV 扩展成 CLQ-AODV, 并在 NS2 中仿真实现, 将 CLQ-AODV 与 AODV 在端到端平均时延、分组投递率和平均路由开销方面作比较。仿真结果表明, CLQ-AODV 的分组端到端平

收稿日期: 2010-12-10

修回日期: 2011-04-26

作者简介: 陈丽芳 (1983-) 女, 硕士研究生, 主要从事高性能计算和网络系统研究。

均时延和平均路由开销有所减少,分组投递率获得提高。

1 CLQ-AODV 协议设计

通过带宽估算、跨层访问和对 AODV 的 QoS 扩展可以达到 CLQ-AODV 的实现。

1.1 节点剩余带宽的估算

目前无线网络带宽检测机制还没有统一的标准,比较流行的带宽检测机制:一是测量 MAC 层的信道空闲率^[3];二是测量网络层单位时间的吞吐量^[3,4]。CLQ-AODV 协议采用测量 MAC 信道空闲率获取剩余带宽的方法,具体地是在站点传送一个数据帧所经历的时间内,利用 IEEE802.11MAC 虚拟载波侦听技术,统计节点成功传送一个数据帧经历的总的时间 t_{total} 和信道空闲时间 t_{free} ,设 ch_Bw 为无线信道带宽,则节点 i 的剩余可用带宽 Bw_i 可表示为:

$$Bw_i = ch_Bw \times \frac{t_{free}}{t_{total}} \times 0.8 \quad (1)$$

在(1)式中 0.8 为加权因子,采用加权计算主要是因为 IEEE802.11 协议下节点的可用带宽不能达到理论上限^[5]。

1.2 跨层设计

CLQ-AODV 协议跨层设计采用在对某一协议层进行优化时,把其他协议层的参数利用进来的方法^[6],将 MAC 层中节点剩余带宽参数考虑进来,实现网络层和 MAC 层之间的跨层设计。如图 1 所示网络层路由代理通过采集 MAC 层的信息,为 QoS 路由提供参数。这样 CLQ-AODV 协议就能通过跨层设计,在维持层间分离的同时,放松对分层结构的严格要求,允许层与层之间信息传递和共享,有利于层内和层间操作的优化、有利于提高网络的整体性能。

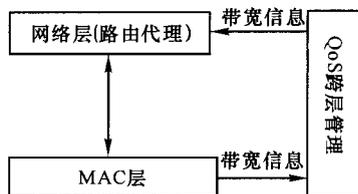


图 1 CLQ-AODV 协议的跨层设计

1.3 AODV 的 QoS 扩展

将带宽和时延作为 QoS 的衡量指标,在 AODV 的路由表中增加时延和带宽表项;同时对 AODV 的路由请求报文 RREQ 和路由回复报文 RREP 进行 QoS 的扩展。

在路由请求报文 RREQ 中添加最小带宽和最大时延项,其中最小带宽是指源节点到目的节点的路径上必须提供的最小带宽,如果没有带宽约束,则该值为零。最大时延是指源节点到目的节点的路径上的时延总和必须小于这个时延的值,如果没有时延约束,则该值为无穷大。

在路由回复报文 RREP 中添加最小带宽和最大时延项,这个最小带宽是指源节点到目的节点的路由上各节点能提供的可用带宽的最小值;最大时延是指目的节点到源节点路径上各节点传输的时延总和。

在路由发现阶段,节点对接收到的 RREQ 报文中携带的 QoS 要求进行判断,若能满足 QoS 要求,则继续向其他节点广播接收到的 RREQ 报文,直到目的节点,目的节点收到 RREQ 后,向源节点返回一个 RREP 报文。若不能满足 QoS 要求,则丢弃该 RREQ 请求包。

2 CLQ-AODV 协议实现

在 NS2.34 中,对 Mac802_11 类做修改和扩展,统计信道空闲率估算节点剩余带宽,在 AODV 中跨层访问节点剩余带宽,并进行 QoS 扩展实现 CLQ-AODV 协议如下。

2.1 信道空闲时间 t_{free} 统计

统计一个数据帧成功发送过程中总的信道空闲时间 t_{free} ,需要修改 Mac802_11 类的 `send()`, `check_pktRTS()` 和 `check_pktTx()`, `RetransmitRTS()` 以及 `RetransmitDATA()` 等函数。其中 `RetransmitRTS()` 函数的修改代码:

```
Void Mac802_11::RetransmitRTS() {
    .....
    macmib_.RTSFailureCount++;
    t_total += (txtime(phymib_.getRTSlen(),
        basicRate_) + phymib_.getEIFS());
    ssrc_ += 1;
    if(ssrc_ >= macmib_.getShortRetryLimit()) {
        .....
    } else {.....
        mhBackoff_.start(cw_, is_idle());
        t_free += (Random::random() % cw_) *
            phymib_.getSlotTime();
        t_total += (Random::random() % cw_) *
            phymib_.getSlotTime();
    }
}
```

2.2 在 AODV 中实现 MAC 层信息访问

在 AODV 中实现 MAC 层信息访问的具体过程如下。

(1) 在 aodv.h 中增加头文件

```
#include "mac-802_11.h"
```

(2) 在 AODV 类中声明

```
Mac802_11 * mymac; //声明 mac 层访问对象 mymac
```

```
friend class Mac802_11; //声明 Mac802_11 类为 AODV 类的友元类
```

(3) 在 aodv.cc 中修改 command() 函数, 增加以下代码:

```
int AODV::command(int argc, const char * const * argv){
    .....
    else if(strcmp(argv[1], "set-mac")==0){
        mymac = (Mac802_11 *) TclObject::lookup(argv[2]);
        if(mymac==0){
            fprintf(stderr, "MESPAgent: %s lookup %s failed.\n",
                argv[1], argv[2]);
            return TCL_ERROR;
        }
        else
            return TCL_OK;
    }
    .....
}
```

(4) 在 AODV::AODV(nsaddr_t id): Agent (PT_AODV) 中初始化

```
{.....
    mymac=0;
}
```

(5) 在 tcl 脚本中初始化

```
set rt($i)[$node($i)agent 255] //获得路由层协议
$rt($i)set-mac[$node($i)set mac_(0)] //初始化 mac 对象
```

(6) 在 AODV 中用 mymac 对象访问 MAC 层信息

2.3 CLQ_AODV 处理 RREQ 分组的过程

处理 RREQ 算法:

```
if(RREQ 不是重复的请求包){
```

```
if(节点的传输时延和可用带宽满足 QoS 需求)
```

```
{更新请求分组中最大时延值为 maxdelay-该节点的传输时延;
```

```
缓存 RREQ 的原序列号和广播 ID;
```

```
if(该节点是目的节点)
```

```
    发送回复报文 RREP;
```

```
否则
```

```
    继续转发路由请求报文 RREQ;
```

```
}
```

```
否则
```

```
    丢弃该报文分组;
```

```
.....
```

3 仿真及性能分析

在 NS2 上通过仿真比较 CLQ-AODV 与协议 AODV 协议性能的优劣。

3.1 仿真环境

采用 NS2 进行仿真, MAC 层采用 IEEE802.11b 协议, 无线信道带宽为 2Mbps, 在以 Mesh 路由器组成的骨干网上, 用带宽和时延作为 QoS 度量参数; 仿真平台: Redhat9.0+NS2.34; 基本场景与参数: 节点数为 30 个, 节点间最大通信距离是 250m, 相邻节点之间垂直水平距离都是 190m, 所有节点只能与相邻节点通信。仿真场景大小为 1550 * 1360, 仿真时间是 120s, 业务流类型为 CBR, 每个源每秒发送 8 个数据包, 每个包为 512B。业务流数目分别为 3、6、9、15、20 条。在 minbandwidth=20kbps 和 maxdelay=100ms 的约束条件下, CLQ-AODV 与 AODV 性能的仿真比较。

3.2 性能评价

通过分组端到端平均时延、平均路由开销、分组投递率 3 个指标参数评价 CLQ-AODV 协议的性能。

(1) 分组端到端平均时延 D

$$D = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (rt_i - st_i) \quad (2)$$

N 表示成功接收的分组数, rt_i 表示第 i 个分组到达目的节点的时间, st_i 表示源节点发送第 i 个分组发送的时间。时延越小, 业务响应越快, 说明协议性能越好。

从图 2 给出的两种协议的端到端平均时延随 CBR 流数目变化(业务负载变化)曲线可以看出, 网络负载较轻时, 两种协议时延相差不大, 都较小, 随着网络负载加重, 两种协议的端到端平均时延都有所增加, 但 CLQ-AODV 协议由于考虑了时延约束, 在负载较重情况下, 其时延要比 AODV 协议小, CLO-AODV 协议更适合实时性要求较高的业务。

(2)平均路由开销。路由控制分组数与成功到达目的节点的数据业务分组数的比值。

从图 3 可以看出,在网络负载较轻的情况下,两种协议的平均路由开销相差不多,随着网络负载的增加,CLQ-AODV 协议和 AODV 协议的平均路由开销都在增加,但总体 CLQ-AODV 协议比原 AODV 协议平均路由开销要小,因为 CLQ-AODV 协议考虑了 QoS,选用带宽较好的路径,避开了拥塞路径,这样能减少因业务繁忙、路由失效而导致的重新发起路由请求次数,因而比原 AODV 协议获得更少路由开销。

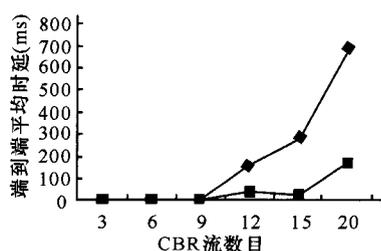


图 2 分组端到端平均时延

◆: AODV 协议, ■: CLQ-AODV 协议。

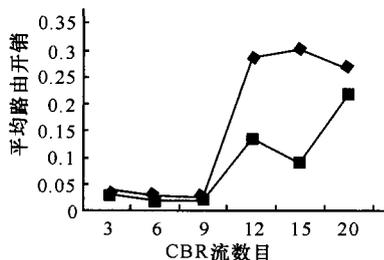


图 3 平均路由开销

◆: AODV 协议, ■: CLQ-AODV 协议。

(3)分组投递率。目的节点成功接收的数据分组与源节点发送的数据分组总数的比值。

从图 4 可以看出,网络负载不重,数据流在少于 9 时,分组投递率都几乎达到 100%,随着业务负载

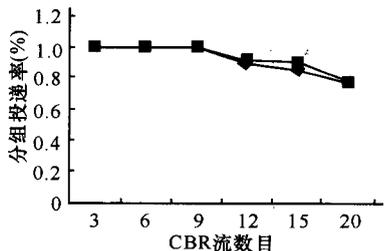


图 4 分组投递率

◆: AODV 协议, ■: CLQ-AODV 协议。

加重,两种协议的分组投递率有所下降,由于 CLQ-AODV 协议考虑了 QoS 需求,总体上 CLQ-AODV 协议的分组投率要高于原 AODV 协议。

由以上性能分析可知:CLQ-AODV 的端到端平均时延和平均路由开销比 AODV 有所减小,同时提高了分组投递率,表明 CLQ-AODV 协议是有效而且可行的,与 AODV 相比提供了一定的 QoS 保障,提高了网络性能。

参考文献:

- [1] 王岩,张连芳,窦志斌. 无线 Ad hoc 多媒体网络中的可用带宽估计[J]. 计算机工程与应用,2006,33(5):107-110.
- [2] Kim H, Hou J C. Improving protocol capacity with Model-based frame scheduling in IEEE 802.11-operated WLANs[C]. In Proceedings of the Ninth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCO M'03), CA, USA; IEEE, 2003: 190-204.
- [3] David Espes, Zoubir Mammeri. Routing algorithm to increase throughput in ad hoc networks[C]. Iconicomsml, 2006:66-71.
- [4] Bechir Hamdaoui, Parameswaran Ramanathan. Link-bandwidth calculation for QoS routing in wireless ad-hoc networks using directional communications[C]. International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, 2005:91-94.
- [5] 崔鹤鸣,向勇. 自组网路由协议 QoS AODV 的改进[J]. 小型微型计算机系统, 2008,29(6):1042-1046.
- [6] Akyildiz Ian F, Wang Xudong, Wang Weilin. Wireless mesh networks: a survey [J]. Computer Networks Elsevier, 2005,47(4):445-487.
- [7] Chen S, Nahrstedt K. Distributed quality-of-service routing in ad hoc networks[J]. IEEE J Sel Areas in Comm, 1999,17(8):1488-1505.

(责任编辑:邓大玉)