

跨层的 AODV 局部连通性研究

潘 逵¹, 何 庆¹, 张 乾², 许 骏¹

(1. 华南师范大学计算机学院, 广东 广州 510631; 2. 广州无线电研究所, 广东 广州 510500)

[摘 要] 为了提高 AODV 路由协议的性能,本文针对 AODV 协议中局部连通性机制,结合跨层设计和动态参数配置思想,提出了 ACLAODV 路由协议. 仿真结果表明:与原协议相比,ACLAODV 协议减少了协议开销,提高了协议效率,改善了平均时延和数据传递率等性能参数.

[关键词] 移动自组网; 路由协议; AODV 协议; 跨层设计; 仿真

[中图分类号] TP393 [文献标识码] A [文章编号] 1000-9965(2009)01-0022-05

A Researching of mechanisms maintaining local connectivity based on Cross-Layer AODV

PAN Kui¹, HE Qing¹, ZHANG Qian², XU Jun¹

(1. School of Computer, South China Normal University, Guangzhou 510631, China;

2. Guangzhou Radio Research Institute, Guangzhou 510500, China)

[Abstract] To improve the performance of AODV routing protocol, the authors aims at the local connectivity mechanism in the AODV protocol, combining to Cross-Layer design and the thought of dynamic configuring parameter, presenting a novel routing protocol: ACLAODV. The result of simulation shows that comparing with original protocol, the ACLAODV protocol reduces protocol's spending, raising protocol's efficiency, improve average delay and deliver rate etc.

[Key words] mobile ad-hoc networks(MANET); routing protocol; AODV; Cross-Layer design; network simulation

移动自组织网络(mobile ad-hoc networks, MANET)^[1]是由一组移动设备,通过无线电方式相互通信,连接组成的临时性,移动性,分布式多跳无线网络. 与传统网络不同的是,在 MANET 网络中,各移动设备的地位平等,随机运动,而且具有路由功能. 这使得传统的固定网络路由协议(如 RIP、OSPF 等)不能直接应用于 MANET 网络. 目前针对 MANET 网络设计的路由协议主要有两类:表驱动路由协议和按需路由协议.

在表驱动路由协议中,无论有无数据传输,每个节点都要周期性的发送路由消息,维护全网路由表. 这类协议的优点是路由选择时间短,但路由开销很大,协议效率很低,典型的协议有 DSDV、OLSR 等.

在按需路由协议中,仅当有数据待发送,而路由表中没有该路由时,才激活路由查找过程,向全网广播路由请求分组. 这类协议可以有效减少路由开销,提高网络吞吐量,但数据发送的延迟较大,典型的协议有 AODV^[2], DSR 等.

[收稿日期] 2008-08-25

[基金项目] 广东省科技计划项目(2006B15001004);广州市科研条件建设项目(穗科条 2006-21)

[作者简介] 潘 逵(1982-),男,硕士研究生,研究方向:无线自组网路由协议,MAC 协议, QoS 研究. 通讯作者:许 骏,教授,博导.

1 AODV 的 Hello 机制

AODV 协议具有按需路由协议的一般特点,只有在有数据传输时才进行路由发现和路由维护,这样有效减少了路由管理维护开销,但增加了数据传输的端到端时延。

为了减少端到端时延,AODV 协议采用 Hello 消息机制。节点周期性的广播本地 Hello 消息来提供局部连接性信息。每隔 HELLO_INTERVAL,节点广播一个 TTL 值为 1 的 RREP 报文,称为 Hello 消息。

任何时候节点收到邻节点 Hello 消息,节点应该确定有到该邻节点的有效路由,更新相应的路由项,必要时建立一条新路由项。如果在连续 N 个 HELLO_INTERVAL 时间内未收到广播报文或 HELLO 消息,节点确定到该邻节点的链路断开,更新相应的邻居表和路由表项,并发送 RERR。

采用 HELLO 消息,虽然减少了端到端的传输时延,但周期性的发送 HELLO 消息,增加了协议的控制开销,尤其是在通信频繁时,HELLO 消息作用不大,但增加了网络负载,导致协议效率降低。为了既保留 HELLO 消息机制,又要提高协议效率,本文基于 MANET 网络的同频共享信道时分收发发的无线传输特点,利用被网络层屏蔽的 MAC 控制报文信息,提高 AODV 算法效率,并以此提出一种改进协议——ACLAODV。

2 跨层设计方法

MANET 跨层设计主要思想是通过增加本地节点层与层之间的交互,使得本地信息得以在层间有效共享,从而减少不同节点对等层之间的通信及信息处理开销,优化网络性能。

研究者们提出了许多不同的跨层设计的方法来解决 MANET 网络中产生的特殊问题。一般将这些方法归为以下五类:层间传递相关信息,联合优化网络相关层,融合相邻层,联合设计和垂直校准^[3-4]。本文采用层间传递相关信息的跨层设计方法,改进现有的无线网络协议结构,在网络层与 MAC 层之间增加两个访问接口,使相关参数在网络层与 MAC 层之间同时上行、下行。这种方法对现有网络体系结构改动较小,容易实现。

3 ACLAODV 的基本设计原理

3.1 已有相关研究

AODV 协议是 MANET 网络的经典协议之一,

从协议提出以来,人们对他进行了大量的研究和改进。在局部连通性管理方面,文献[5]通过在路由表项增加下两跳信息,扩展 Hello 消息包含邻节点信息,改进路由发现和路由修复过程,提出了一种基于 AODV 的邻域自意识路由协议 NA-AODV。文献[6]对 AODV 协议的 Hello 机制进行了改进,提出了一种非持续性周期发送 Hello 的中断检测方法。在通信量大于某一定值时停止 Hello 广播,并且利用了 MAC 层的一些信息改善协议性能。文献[7]在节点发送的业务信息和控制信息中,均定义一个该节点当前序列号字段,用于邻节点的路由建立和更新。这样将 Hello 消息机制扩展到所有的广播数据业务和控制消息中。文献[8]针对 AODV 算法周期性广播 Hello 消息造成协议效率变低的问题,提出了一种无线链路有效性预测模型来动态调整 AODV 协议中的 HELLO_INTERVAL 参数,改变 Hello 消息的发送频率,减少协议开销,提高协议性能。文献[9]提出了一种基于 AODV 的链路连通性自适应机制,根据链路失败次数(time to link failure, TLF)调整 HELLO_INTERVAL 参数,达到在拓扑变化频繁时,提高 Hello 消息发送频率,拓扑变化缓慢时,降低 Hello 消息发送频率,提高路由协议效率的作用。文献[10]采用跨层协同设计的方法在不影响 AODV 协议性能的前提下,把 Hello 消息机制从网络层调整至 MAC 层,每隔固定时间 HELLO_INTERVAL 发送 Hello 消息,减少了 Hello 消息的大小和发送延迟,改善了网络性能。

3.2 算法改进思想

本文在 AODV 路由协议的基础上改进局部连通性管理机制,把网络层的某些功能下放到 MAC 层,并根据网络负载情况动态调整网络层参数。具体改进有以下几点:

(1)采用跨层设计方法,把 AODV 协议的 Hello 消息机制调整至 MAC 层。在 MAC 层增加一种控制帧类型 MacHello,作用等同于网络层的 Hello 消息,每隔 MAC_HELLO_INTERVAL 发送一个 MacHello 消息,但分组大小变小。

(2)采用跨层设计层三到层二信息下行的方法,扩展 MAC 层 RTS/CTS 控制帧,在帧头部增加两个字段——本节点 IP 地址和本节点当前序列号。这样 RTS/CTS 具有 Hello 消息功能,增加的两个字段对于大量的 Hello 消息来说可以忽略不计,能有效的降低 MacHello 控制帧的发送量。

(3)根据 RTS 帧个数,预测节点通信量,根据节

点业务频繁程度动态调整 MacHello 消息发送频率,减少不必要的 MacHello 消息发送,提高 Hello 消息机制的效率。

(4)根据节点移动速度,简单预测局部网络拓扑变化情况,动态调整建立邻居节点表项时的邻居有效期字段。

我们基于思路(1)、(2)、(4)设计实现了简单跨层 AODV 路由协议(Simple Cross-Layer Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol, SCLAODV);基于思路(1)~(4),设计实现了自适应跨层 AODV 路由协议(Adaptive Cross-Layer Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol, ACLAODV),并仿真比较它们的性能。

我们设计把 AODV 协议的 Hello 消息机制放到 MAC 层。每个节点在 MAC 层监听到 RTS/CTS 帧或者 MacHello 帧,即把帧头部的 IP 地址和节点序列号发送到网络层,更新自己的邻居节点表和路由表。这样就替代了 AODV 协议的 Hello 分组功能,而在底层实现延时更短,性能更高。节点在最近的 MAC_HELLO_INTERVAL 时间内没有发送任何 RTS/CTS 或 MacHello 帧,立即产生一个 MacHello 帧发送。MacHello 帧的收发过程如图 1 所示。此外,每个节点统计自身在最近一段时间 t 内发送 RTS 帧的次数 c ,通过函数 $f(c)$ 动态调整自己发送 MacHello 帧的 MAC_HELLO_INTERVAL 值,以控制 MacHello 帧的发送频率;邻居表的有效期字段的初始值也随着网络情况动态变化,这种动态调整的过程有效提高网络带宽利用率。

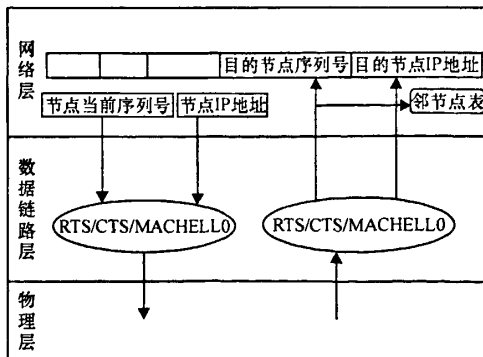


图1 MacHello 消息机制的处理过程

通过这种设计能不影响协议功能的前提下,根据网络拓扑变化情况,动态调整网络参数,控制 Hello 消息占用带宽,减少通信延迟,提高 AODV 协议的效率。

SCLAODV 协议的 MAC_HELLO_INTERVAL 值始终为 1 s,在通信量不大时,效率稍优于传统 AODV 协议,只是减少了层间时延;在通信量较大时,大量的 RTS/CTS 帧可以充当 MacHello 的作用,减少了控制帧的通信量,能够有效提高协议效率。

ACLAODV 协议在网络通信量不大时,MacHello 帧的发送间隔估计略大于 1 s,协议性能稍加改善。在通信频繁时,节点间频繁进行 RTS/CTS 交互,MacHello 帧的发送间隔很长,占用带宽很小,协议性能得到显著改善。

SCLAODV 和 ACLAODV 协议在网络拓扑变化缓慢时,邻节点表的有效期初始值等于 ALLOWER_LOSS_HELLO * HELLO_INTERVAL,随着网络拓扑变化加速,慢慢减小有效期的初始值,能适应路由由快速变化的情况,有效提高协议性能。

3.3 节点参数预测模型

$$(1) MAC_HELLO_INTERVAL = \frac{f(c)}{g(s)}$$

统计最近一段时间 t 内的发送 RTS 帧的次数 c ,预测未来的业务量,可以估计未来 RTS/CTS 帧的发送量。HELLO_INTERVAL 值与 c 成正比,为了控制 MAC_HELLO_INTERVAL 值的变化速度,建议构造函数 $f(c)$,与 MAC_HELLO_INTERVAL 成正比,提供一定的收敛性。节点移动速度 s 可以反应网络拓扑的变化快慢,这里构造函数 $g(s)$,与 MAC_HELLO_INTERVAL 成反比,在拓扑变化快速时,减小 MAC_HELLO_INTERVAL 值。本文采用的 MAC_HELLO_INTERVAL 值预测公式为:

$$MAC_HELLO_INTERVAL = \begin{cases} 0.8, & ht \leq 0.8 \\ ht, & \\ 6.0, & ht \geq 6.0 \end{cases}$$

$$ht = \frac{\sqrt{c}}{1 + \frac{s^2}{225}}$$

(2)邻节点表的有效期初始值

$$t = f(s) * ALLOWER_LOSS_HELLO * HELLO_INTERVAL$$

在拓扑变化快速时,邻居节点可能迅速变为非邻居节点,但邻居表中的有效期不为零,错误的反应网络拓扑情况,这时减少邻居节点表的有效期初始值,可以更好的反应网络的拓扑变化情况。通过节点移动速度可以简单预测网络拓扑变化情况,动态改变邻居表的有效期初始值。

本文采用的预测公式为:

$$t = \begin{cases} k * HELLO_INTERVAL, & k \leq 1.5 \\ 1.5 * HELLO_INTERVAL, & k \geq 1.5 \end{cases}$$

$$\text{注: } k = \frac{ALLOWER_LOSS_HELLO}{\sqrt{s/2 + 1}}$$

4 仿真实验

4.1 仿真环境

硬件平台是 IBMz61t, 操作系统是 fedora core6, 仿真软件使用 ns-allinone-2.30.

仿真场景: 40 个节点在 1200m * 1200m 的拓扑范围内随机分布, 每个节点的传输范围均为 250m, 载波监听范围是 550m, 传播模型采用没人的 Two Ray Ground, 仿真时间为 500s. 运动场景由 setdest 产生, 其中节点移动模型采用默认的 RWP (random way point) 模型. 设置不同的最大移动速度: 0、5、10、15、20 m/s, 生成 5 种不同的运动场景.

仿真的通信量通过脚本 cbngen.tcl 产生. 其中每个节点的发包速度为 1 packet/s, 每个数据包大小均为 512 B, 设置不同的最大数据源个数: 5、15、25, 生成 3 种不同的通信量文件.

本文仿真了通信量不同的时候, 随着节点移动速度变大, 3 种协议各项指标值的变化情况.

4.2 仿真结果

(1) 分组传递率

$$\text{分组传递率 } G = r/s$$

r 为全网接收数据包总数; s 为全网发送数据包总数

本文分别仿真了 3 种不同业务量情况下的分组传递率, 从图 2 ~ 图 4 中可以看出, 与 AODV 协议相比, SCLAODV 和 ACLAODV 协议减少了控制开销, 更加迅速的对拓扑变化作出相应, 提高了分组传递率. 分组传递率的提高和控制开销的减少, 也意味着网络吞吐量的提高.

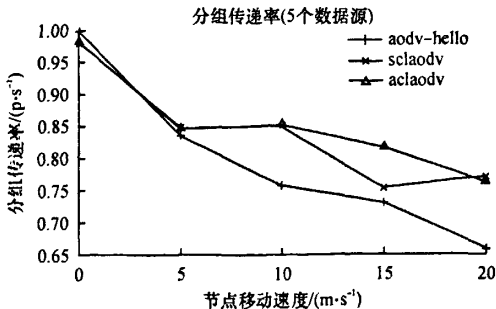


图2 5个数据源时的仿真结果

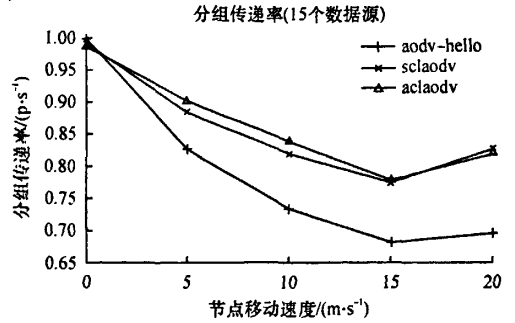


图3 15个数据源时的仿真结果

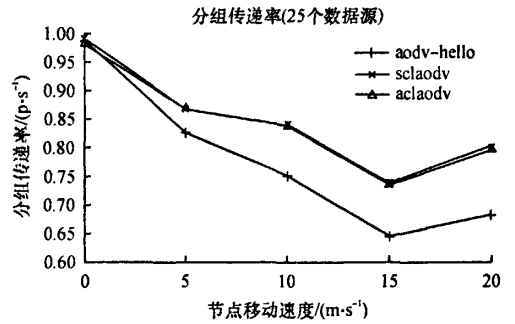


图4 25个数据源时的仿真结果

(2) 协议控制报文开销

$$\text{控制报文开销 } C = as + ms/ds$$

as : 网络层发送路由报文字节总数; ms : MacHello 帧的字节总数; ds : 应用层发送数据包字节总数

本文分别仿真了 3 种不同业务量情况下的控制报文开销, 从图 5 ~ 图 7 中可以看出, 与 AODV 协议相比, SCLAODV 和 ACLAOADV 协议的控制报文开销明显减少; 而 ACLAOADV 协议动态控制 MacHello 帧的发送频率, 对 MacHello 帧的控制更加合理.

传统的 AODV 协议 Hello 消息机制, 没有考虑网络的具体情况. 针对 MANET 网络的移动性等特点, 考虑具体的网络情况, 动态改变协议参数, 使得

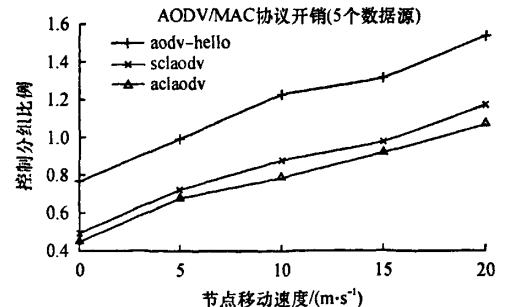


图5 5个数据源时的仿真结果

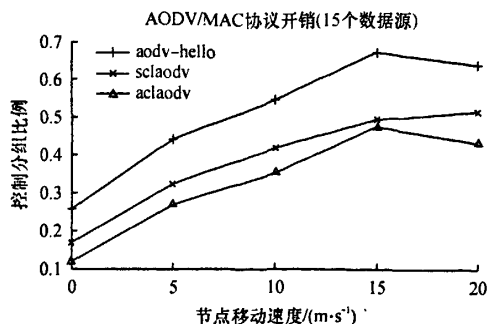


图6 15个数据源时的仿真结果

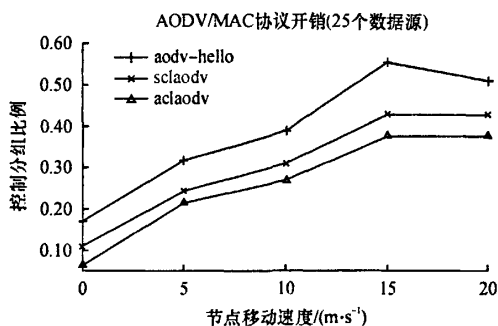


图7 25个数据源时的仿真结果

参数的配置更加合理,这样可以使协议良好的运行在各种网络环境中.同时,我们也利用跨层设计的方法,减少了控制分组的开销,进一步提高了协议的效率.仿真结果表明,ACLAODV协议相比AODV协议,性能得到明显改善,同时具有一定的网络自适应性.但本文的参数预测模型仍比较粗糙,在未来的研究中,我们将采用以静制动的方式,考虑更多的环境因素,提出更加合理的预测模型,改进协议的自适应性.

[参考文献]

- [1] IETF. Mobile Ad-Hoc Networks[EB/OL]. <http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>, 2008-04-23.
- [2] PERKINS C, BELDING-ROYER E, DAS S. Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing[S]. RFC3561. <http://tools.ietf.org/html/rfc3561>, 2003-7.
- [3] SRIVASTAVA V, MOTANI M. Cross-Layer Design A survey and the Road Ahead[J]. IEEE Communications Magazine, 2005(12):112-119.
- [4] 卢先领,孙亚民,周灵,等. AdHoc 无线网络跨层设计综述[J]. 计算机科学, 2007,34(10):24-26.
- [5] 赵中灿,王培康. 基于AODV的邻域自意识路由协议[J]. 计算机应用, 2006,26(5):1144-1145.
- [6] 丁莹,袁道华,尚亚灵. AODV局部连接性管理的性能分析及其改进[J]. 四川大学学报:自然科学版, 2006,43(6):1242-1247.
- [7] 陈晓曙,李霞. 一种高效的Ad Hoc网络AODV改进路由协议[J]. 东南大学学报:自然科学版, 2003,33(2):127-130.
- [8] LIU C, HU A. High efficiency AODV routing protocol based on link availability prediction in MANETs[J]. Journal of Southeast University(English Edition), 2007, 23(4):489-493.
- [9] GOMEZ C, CUEVAS C, PARADELLS J. AHR: A Two-State Adaptive Mechanism for Link Connectivity Maintenance in AODV[C]. Proceedings of the 2nd international workshop on Multi-hop ad hoc networks: from theory to reality. Florence: Italy Pages, 2006: 98-100.
- [10] 任智,郭伟,苏静,等. 基于跨层协同设计的高效AODV改进路由算法[J]. 计算机学报, 2007,30(5):838-843.

[责任编辑:黄建军]