·移动互联与通信技术·　　文章编号：1000-3428(2015)01-0110-05　　文献标识码：A　　中图分类号：TP391

AODV 路由协议的研究和改进

何绵禄，褚　伟，刘辉舟

（合肥工业大学管理学院，合肥 230009）

摘　要：针对移动 Ad-hoc 网络中存在路由不稳定、数据丢包率高的问题，提出一种基于节点信号强度的 AODV 路由协议 AODV-SS，该协议在原路由协议的基础上增加了节点的信号强度和路由警告消息机制，将节点的信号强度作为建立路由的一个参照指标，当节点的信号强度较低时将不考虑该节点，寻找信号强度好的节点作为中间节点。在已建立好的路由中，若某个节点的信号强度低于一定的值时，将发出一个路由警告通知上游节点和源节点重新寻找新的路径。NS2 仿真实验结果表明，当节点信号强度低于临界点时，改进路由协议的丢包率比 AODV 路由协议低，路由更加稳定。

关键词：移动自组织网络；AODV 协议；路由请求；路由维护；信号强度

中文引用格式：何绵禄，褚　伟，刘辉舟. AODV 路由协议的研究和改进[J]. 计算机工程，2015，41(1)：110-114.

英文引用格式：He Mianlu，Chu Wei，Liu Huizhou. Research and Improvement of AODV Routing Protocol[J]. Computer Engineering，2015，41(1)：110-114.

Research and Improvement of AODV Routing Protocol

HE Mianlu，CHU Wei，LIU Huizhou

（School of Management，Hefei University of Technology，Hefei 230009，China）

【Abstract】 This paper improves Ad-hoc On-demand Distance Vector（AODV）routing protocol and proposes AODV-Signal Strength（AODV-SS）routing protocol which is based on signal strength of node. The AODV-SS routing protocol increases the warning message of routing and signal strength of node. The signal strength as a reference indicator when it establishes the routing. It does not consider this node if the signal strength of node is lower than critical point when establishing the routing. It finds a node as intermediate node of which the signal strength is better than critical point. In the established route，it sends a warning message of routing to the upstream node and the source node when the signal strength is lower than critical point. Simulation experimental results of NS2 show that the improved routing protocol packet loss rate is lower than AODV routing protocol when the signal is not good，and the route is more stable.

【Key words】 mobile Ad-hoc network；Ad hoc On-demand Distance Vector（AODV）protocol；Route Request（RREQ）；route maintaining；signal strength

DOI：10.3969/j.issn.1000-3428.2015.01.020

1　概述

Ad-hoc 在拉丁语里面是“特别的”的意思，所以移动 Ad-hoc 网络[1]是一种特殊的网络结构，它是一种自组织网络，具有多跳、没有中心等特点。网络中的所有节点都能够将消息转发，因此 Ad-hoc 网络中的每个节点具有路由器的功能，可以负责网络拓扑结构和路由信息的更新维护，以及对数据报进行转发的功能，也可以作为主机维护网络中的节点连接，完成对移动终端的基本功能。

由于 Ad-hoc 网络结构的特殊性，其与普通的网络结构相比具有如下的特点[2]：

（1）无中心：Ad-hoc 网络中的每个节点都具有路由器的功能，并没有一个严格意义上的控制中心。所有的节点都是平等的，网络的路由协议采用的是分布式的控制方式，使得整个网络具有很强的稳定性，任何节点的加入、离开或者发生故障，都不会影响整个网络的运行[3]。

（2）自组织：相对于传统的网络，Ad-hoc 网络的显著特点就是组网时不需要依赖于任何预设的网络设施，每个节点可以通过分层协议和分布式算法协调的自己行为，自动进行网络的组建，节点运行时，

作者简介：何绵禄（1988－），男，硕士研究生，主研方向：Ad-hoc 网络，信息化管理；褚　伟，副研究员、博士；刘辉舟，硕士研究生。

收稿日期：2013-11-25　　修回日期：2014-02-21　E-mail：hfuthml@126.com

自动形成一个独立的网络。

(3) 多跳路由。Ad-hoc 网络中的每个节点都可以转发数据包,所以当一个节点需要和它的信号覆盖范围外的节点通信时,就可以通过中间节点的数据报转发功能建立路由。

(4) 动态拓扑。Ad-hoc 网络中的每个节点都可以随时的添加和删除,会使网络的拓扑结构随时发生变化。

目前移动 Ad-hoc 网络中的路由协议比较多,在众多的路由协议中 AODV 更能适应 Ad-hoc 网络的特点。但是由于移动 Ad-hoc 网络中的节点移动性比较强等特点,造成了网络中的路由不稳定,数据丢包率高,传统的 AODV 路由协议已经不能解决在寻找新的路径过程中造成的数据丢包严重的问题。

本文对原 AODV 路由协议进行了研究和改进,提出了一种新的路由协议 AODV-SS(Ad hoc On-demand Distance Vector Routing-Signal Strength),其中引入了路由警告消息机制,当路由中的某一个或几个节点的信号强度低于某个值时,就会发出路由警告,寻找新的路径,在新的路径建立起来之前,这条路径将继续维持数据的传输。当节点的信号强度高于一定值时,就会沿长发送 hello 包的间隔时间。

2　AODV 路由协议

AODV[4] 路由协议是一种按需路由协议,是 DSDV[5] 和 DSR[6] 两者综合的产物,借鉴了 DSR 的路由发现机制和路由维护机制,以及 DSDV 中的跳数和路由维护过程中的周期更新机制,结合了两者的优点,形成了一种优秀的按需路由协议。在一个特定网络的可移动节点中使用本协议,它能在动态变化的点对点网络中确定一条道目的地的路由,并且具有接入速度快、计算量小、内存占用低、网络负荷轻等特点[7]。它在路由表中采用了目的序列号字段,确保了路由在任何时候都不会出现回环,即使路由控制星系出现异常的时候也不活产生回环,有效地避免了传统网络中出现的网络回环和无穷计数问题。

AODV 路由协议使用了 3 种消息机制[7],即路由请求(RREQ)、路由回复(RREP)和路由错误(RERR)。

2.1　AODV 路由发现

AODV 是一种按需路由协议,当源节点需要向目的节点发送数据包时,首先会在路由表中查找是否存在到目的节点的路由,若已存在该路由,则 AODV 路由协议会直接发送数据包到目的节点;反之,AODV 路由协议就会通过广播 RREQ[7] 包启动路由发现过程,查找并建立相应的路由。

在 AODV 的路由发现过程中,中间节点和目的节点就会通过路由发现过程中建立的反向路由把 RREP[8] 包回发给源节点,其中 RREQ 分组中的源节点序列号就是用于维持到源节点的反向路由。当源节点把一个 RREQ 分组转发到不同的目的节点的过程中所有节点都要自动创建到源节点的反向路由,节点通过收到的第一个 RREQ 分组的邻居节点的地址来建立用于维护到源节点的反向路由,这些反向路由会维持一段时间,当 RREQ 分组到达目的节点时,目的节点就会产生 RREP 分组,RREP 分组就会沿着刚刚建立起来的反向路由转发 RREP 分组,在 RREP 分组转发回源节点的过程中,沿着这条路径上的每个节点都将建立到目的节点的同向路由。当源节点收到第一个 RREP 分组后,正向路由建立完成,此时就可以向目的节点发送数据包。

2.2　AODV 路由维护

2.2.1　HELLO 消息

在 AODV 路由协议中,当路径建立起来以后,因为 Ad-hoc 网络具有网络拓扑动态变化的特点,路由中的每个节点可以随时的加入或者离开,所以 AODV 路由协议中的节点需要不断地监听邻居节点的控制消息,同时也需要维护本地邻居节点的连接情况,为了实现这个目的,所以 AODV 路由协议引入了 HELLO 消息机制。

在 HELLO 消息机制中,一个节点通过定期广播 HELLO 消息提供连接信息,可以确保链路的对称,同样也可以用于检测链路是否失效。每当一个节点从邻居节点收到一个 hello 消息,则确保了与邻节点有一条有效路由。若不存在的路由,则需要新建。如果一条路由已经存在,那么这条路由的生命期应该增加。如果存在这条通向邻居节点的路由,后来的 hello 消息包中必须包含节点最新的目的序列号。当前的节点可以使用这条路由转发数据包。如果通过 hello 消息创建的路由没有被其他活动的路由使用,它将拥有一个空的先驱表,如果邻居节点移走或者超时不会触发 RRER 消息。

2.2.2　本地连接维护

无论什么时候,每一个转发消息的节点都应该对其与活动下一跳节点的连接性保持持续的跟踪,也应该对在最近的 ALLOWED_HELLO_LOSS * HELLO_INTERVAL 时间内曾经发送过 Hello 消息的邻居节点进行跟踪。通过使用一个或多个可用连接或者网络层的机制,节点可以维护关于其与这些活动下一跳节点之间连接的准确信息。

2.2.3　路由错误,路由超时和路由删除

由于 Ad-hoc 的网络拓扑结构是动态的,网络中的节点不可预测性,导致 Ad-hoc 网络易发生路由错

误和连接中断的情况,因此 AODV 路由协议会在以下 3 种情况下发出路由错误消息,通知前驱节点。

(1) 当传送数据或尝试路由回复未果时,如果节点在路由表中,节点检测到某个活动的路由上的下一跳发生了连接中断,则发出 RERR 消息。

(2) 如果节点接收到了一个数据包,本节点没有活动路由而且也没有修复时,则发出 RERR 消息。

(3) 如果节点从邻节点接收到了一个或者多个活动路由的 RERR 消息时,则发出 RERR 消息。

2.3 AODV 路由表管理

AODV 路由表[9]的数据结构中包含了源节点和目的节点的序列号,还包含了目的 IP 地址、网络接口索引等其他的有用的信息,这些信息组成了路由项的软状态。例如,路由请求定时器,定时器的目的就是消除一段时间没有使用的方向路由项。设置定时器取决于网络规模的大小,另一个重要的参数与路由表的路由缓存相关的时间,超过这个时间后,相应的路由表变得无效。

AODV 路由协议在执行过程中,在用户层的路由表中,程序定义了各种操作函数,可以轻易地对路由表项进行删除和添加等操作。

3 改进路由协议的基本思想

改进路由协议的过程如下:

(1) 在原 AODV 路由协议消息机制的基础上添加了路由警告 (RWARN) 消息机制,用于通知上游节点和源节点,这个节点已经不足以维持整条路径的稳定性,需要寻找新的节点建立新的路由。

(2) 在改进的 AODV 路由协议中添加 2 个信号强度的临界点,HIGH 表示信号强度高于 80% 的状态,信号非常好;LOW 表示信号强度低于 30% 的状态,这时信号就比较不稳定。需要重新建立路径。

(3) 邻节点收到 RREQ 分组的处理方法

1) 首先检查该分组是否是由本节点产生的,如果是,则丢弃。如果这个节点以前接收过相同的 RREQ 消息,则比较本节点的信号强度与路由表项中的信号强度关系,如果比路由表项中的信号强度强,说明 2 个节点的相对位置变化了,则更新路由信息,否则,这个节点就会丢弃这个 RREQ 分组,不作任何操作。

2) 若这个节点就是目的节点,分析这个节点的信号强度,若信号强度低于 LOW,则发送 RREP 回应同时发出来一条路由警告,建立路由,将节点的相关信息保存到路由表中,并告诉源节点这条路径不稳定,在进行通信的同时需要重新发出 RREQ 消息搜索路径。

3) 如果该节点不是目的地,而是知道到目的节点的新路径,检查该节点的信号强度,若当前节点的信号强度低于 LOW 时,作出响应并沿反向路由发出警告消息,需要重新发出 RREQ 路由请求;若信号强度高于 LOW,则直接进行响应。并在源节点和目的节点的前驱列表中分别插入到源节点和目的节点的下一跳节点。

4) 如果节点不是目标节点,也不知道到目的节点的路由,则检查信号强度,若低于临界点,则继续转发数据包,并沿反向路由发出路由警告,跳数加 1;否则直接将跳数加 1,继续转发。

(4) AODV-SS 路由选择

当中间节点或者目的节点把 RREP 分组回发到源节点时,这时所需要的反向路由和同向路由建立起来。然后查看路由表,若路由表中没有到目的节点的路由,则把该路由加入到路由表中,若路由表中已经存在一条到目的节点的路由,先根据式(1)计算出 2 条路由信号强度的平均数,去掉较大的路由,若平均信号强度相同则,计算根据式(2)方差,取方差较小的路径,则将另一条路由标记为无效,并删除。

$$\overline{S} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} S_i \tag{1}$$

$$D^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} (S_i - \overline{S})^2 \tag{2}$$

其中,S_i 表示的路由中每个节点的信号强度;n 表示目的节点中跳数;$\overline{S}$ 表示路由中的平均信号强度。

(5) AODV-SS 路由维护

与 AODV 路由协议相同, AODV-SS 也使用 hello 消息机制定期广播 HELLO 包,在广播 HELO 包的同时,检查节点的信号强度,如果信号强度高于 HIGH 时,则沿长 HELLO 包广播的间隔时间,这样可以减少信道的浪费。当信号强度低于 LOW 的时候,发出路由警告,通知邻节点重新发出 RREQ 消息,寻找信号强度更好的路径,当新的路径建立起来以后,则删除原有路径。

若某个活动节点突然发生中断时,即该节点的信号强度突然消失,则发出 RERR 消息通知前驱节点。前驱节点或源节点收到 RERR 消息,将从路由表中删除不可达节点,重新发送 RREQ 分组,建立新的路由。

4 改进的 AODV 路由协议 AODV-SS

移动 Ad-hoc 网络中的每个节点相当于无线路由器,可以完成数据转发功能,无线网络的传输速率和数据的传输的成功率都与无线路由的信号强度有很大的关系,信号强度越强,传输成功率就越高,在移动的环境中,信号强度变化大,存在由强变弱,节点直接的相互距离增大,所以为了提高数据的传输成功率,提出了一种基于信号强度的 AODV 路由协议 AODV-SS。AODV-SS 在源协议基础上增加了获

取节点的信号强度函数,在建立链路和维护链路的过程中,把相互间的信号强度作为参数,并且添加了 RouteWarn(RWARN)作为控制消息。

4.1　节点信号强度的获取

改进后的 AODV 路由协议,其中的关键点就是要获取每个节点的信号强度。在 Linux 环境下,可以通过对设备输入输出通道进行管理的函数 iotcl( ) 来获取节点的信号强度。ioctl 函数原型为 ioctl(int fd,int command,(char *) argstruct),其中,fd 是由 socket( ) 系统调用返回的文件描述符,command 的取值为 SIOCGIWSTATUS,argstruct 为 structiwreq。

在 AODV 路由协议中添加如下函数:

```
int get singal_strength( )
{
int sock_fd;
struct iw_statistics status;
struct iwreq wreq;
memset( &status,0,sizeof( status) ) ;
memset( &wreq,0,sizeof( iwreq) ) ;
sprintf( wreq. ifr_name," device_name" ) ;
wreq. u. data. pointer = &status;
wreq. u. data. length = sizeof( iw_statistics) ;
while(1)
{
if( ! ( sock_fd = socket( AF_INET,SOCK_DGRAM,0) ) )
{
perror( " socket error" ) ;exit( EXIT_FAILURE) ;
}
if( ioctl( sockfd,SIOCGIWSTATUS,&req)  = =  -1)
{
        perror( " ioctl error" ) ;
        close( sockfd) ;
        exit( EXIT_FAILURE) ;}
close( sockfd) ;
return ( signed char) status. qual. level;
sleep(1) ;
}
```

4.2　路由警告消息格式

路由警告(RWARN)消息格式如图 1 所示。

Type	*N*	N保留字段	信号强度低于LOW的数目
信号强度低于LOW节点的节点IP地址			
信号强度低于LOW节点的节点序列号			

图 1　路由警告消息格式

当某个节点的信号强度低于 LOW 时,这时候这个节点已经不能满足数据传输的安全性了,丢包率已经开始增加,则需要发出警告信息给源节点,通知源节点重新发出 RREQ 分组,寻找新的路径。

4.3　改进后路由表的数据结构

在原有路由表的数据结构的基础上,添加了下一跳的信号强度,其路由表的数据结构如表 1 所示[10]。

表 1　AODV 路由表的数据结构

数据项名称	说明
dst_addr	目的 IP 地址
dst_seqno	目的地址序列号
net_interface	网络接口索引
next_hop_ip	下一跳 IP 地址
next_hop_ss	下一跳节点的信号强度
sum_hop	到目的地的跳数
flags	路由标志
state	端口状态
rt_timer	端口定时器
ack_time	目的地 rrep_ack 定时器
hello_timer	发送 hello 消息定时器
Last_hello_time	最近一次 hello 消息
hello_cnt	发送 hello 消息的次数
hash	迅速定位本地端口
nprec	先前使用序列号数目
precursors	使用此路由节点列表

4.4　改进的路由回复

传统的 AODV 路由回复的消息格式中包含的一些主要的信息为跳数、目的 IP 地址、目的序列号、源 IP 地址、源序列号、生命期等。

通过 AODV 路由协议的研究,在源协议的 RREP 基础上,添加了本节点的信号强度字段,其数据格式如表 2 所示。

表 2　路由回复数据格式

数据项名称	说明
src_ip_addr	源节点 IP 地址
dst_ip_addr	目的节点 IP 地址
dst_seqno	目的节点序列号
hop_count	跳数
life_time	生命期
signal_strength	节点信号强度

4.5　路由网络拓扑图

AODV-SS 路由协议中,路由发现的过程如图 2 所示,当源节点 S 需要向目的节点 D 发送数据时,源节点就会向节点 1 和节点 4 发出 RREQ 消息分组,当节点 1 和节点 4 收到 RREQ 时,若节点 1 知道,通向目的节点 D 的最新路由,则节点 1 沿反向路由发出 RREP 作出响应,并沿着节点 1 所知道的路由经过节点 2 和节点 3 到达目的节点 D 建立路由。节点 4将继续转发 RREQ 分组到节点 5,由节点 5 将继续转发,最终到达目的节点 D,目的节点 D 将沿反向路由回发 RREP 作出响应,由于节点 D 已经接受过相同的 RREQ 分组,此时路由表中将会分析 2 条路由信号强度的平均值,选择最优的路由。

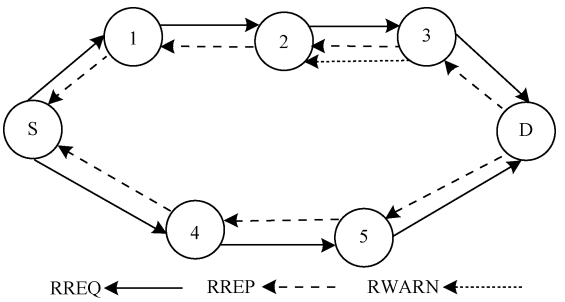

图 2 路由发现

在建立路由的过程中,若节点 3 的信号强度低于 LOW 时,则发出一跳路由警告消息通知上游节点该路由不稳定,需要继续寻找新的路由。

AODV-SS 路由维护如图 3 所示。当图中路由 S-4-5-D 最优时,则路由已经建立加入路由表中。随着节点的移动,若中间节点 5 的信号强度越来越弱,则节点 5 会沿着反向路由发出路由警告,通知上游节点和源节点重新寻找路由,继续发出 RREQ 分组。当节点 2 收到节点 1 和节点 4 的 RREQ 分组时,比较 2 个节点的信号强度,选择最优的,这里选择节点 1 的,丢弃节点 4 的 RREQ 分组。

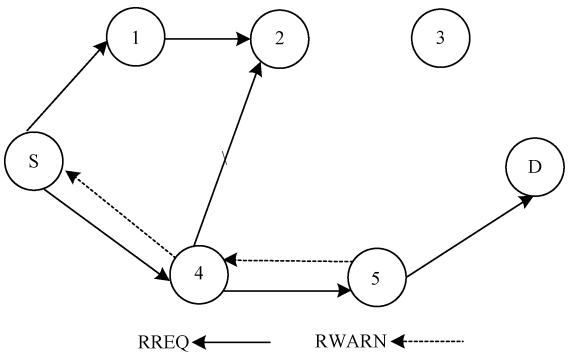

图 3 路由维护

在路由建立过程中,当每一个节点收到 RREQ 分组时,都会检查节点本身的信号强度,当信号强度比较弱的时候,在建立路由的同时,还需要沿反向路由发出 RWARN 消息,通知上游节点和源节点要重新发送 RREQ 分组,继续寻找新的路径,当更稳健的路由建立起来后,从路由表中删除源路由。

5 AODV-SS 路由协议的性能仿真与分析

为了对 AODV-SS 路由协议的性能进行分析,采用当前比较流行的仿真软件 NS2[11-12] 对 AODV,AODV-SS 路由协议进行性能仿真,主要通过仿真得到改进后的 AODV 路由协议与原路由协议的丢包率,通过丢包率来衡量路由协议的性能。

5.1 仿真环境

实验采用的仿真环境为在 1 000 m × 1 000 m 的矩形区域,随机生成 50 个节点,并针对节点的信号强度 0 ~ 100% 区间内的节点的丢包率进行仿真实验,使用 Trace 文件记录实验过程中的数据、用 gawk 程序提取和处理数据、用 gnuplot 工具绘制二维图对 AODV 和 AODV-SS 的丢包率进行性能分析。仿真环境的参数如表 3 所示。

表 3 仿真参数及取值

参数	参数取值
节点个数	50
仿真区域大小/m^2	1 000 × 1 000
数据流类型	CBR
仿真时间/s	300
节点信号强度/%	0 ~ 100
MAC 层模型	802.11
传输距离/m	300

5.2 仿真结果与分析

本文根据节点的不同型号强度对 AODV 和 AODV-SS 路由协议进行的丢包率进行仿真测量,测量结果如图 4 所示。

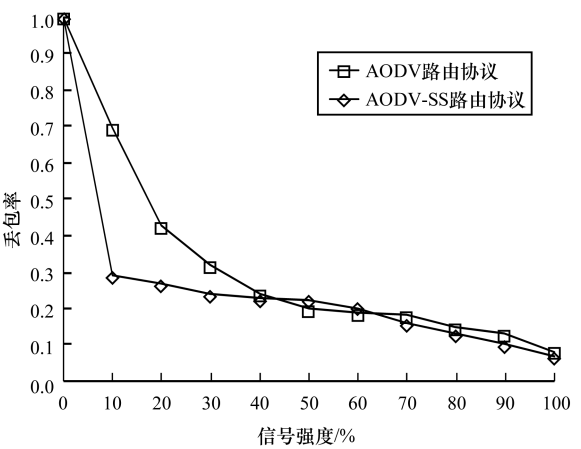

图 4 节点丢包率

由图 4 可知,当节点的信号强度高于 30% 时,路径比较稳定,AODV 和 AODV-SS 路由协议的丢包率差别不大,但是当信号强度低于 30% 时,原路由协议继续按照以前的路径发包,而改进后的路由协议就开始重新寻找路径建立新的路由发包,由图可见,改进后的路由协议的丢包率明显低于原路由协议,性能优于 AODV 路由协议。

(下转第 120 页)