

# Ad Hoc 网络中 AODV 路由协议的分析与改进<sup>①</sup>

吴国凤 邵 臣 (合肥工业大学 计算机与信息学院 安徽 合肥 230009)

**摘要:** AODV 协议是 Ad Hoc 网络中典型的反应式路由协议。该协议仅适用于双向传输信道, 路由表仅维护一条到指定目的节点的路由, 所以对于 AODV 协议的改进是必要的。就是针对 Ad Hoc 协议应用在某些特定场合做了一定的改进, 并通过实验仿真验证了改进后的 AODV 协议可以提高网络的吞吐量并有效的降低了网络传输时延。

**关键词:** Ad Hoc 网络; 改进 AODV 协议; NS-2; 时延; 吞吐量

## Analysis and Improvement of AODV Routing Protocol in Ad Hoc Network

WU Guo-Feng, SHAO Chen

(Department of Computer and Information, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** AODV protocol is a typical reactive routing protocol in Ad Hoc network. This protocol applies only to the two-way transmission channel. Also, the routing table only maintains one route to the specified destination node; here improving the AODV protocol is necessary. This article makes a definite improvement for the AODV protocol used in certain occasions. Through simulated experiments, it has been proven that the new AODV protocol can improve the network's input and effectively reduce the network latency.

**Keywords:** Ad Hoc network; improved AODV protocol; NS-2; delay; throughput

### 1 引言

Ad Hoc 网络<sup>[1]</sup>是一种特殊的无线移动通信网络。Ad Hoc 网络中所有节点的地位平等, 无需设置任何中心控制节点, 具有很强的抗毁性。网络中的节点不仅具有普通移动终端所需的功能, 而且具有报文转发能力。当通信的源节点和目的节点不在直接通信范围之内时, 它们可以通过中间节点转发报文进行通信。有时节点间的通信可能要经过多个中间节点的转发, 即报文要经过多跳才能到达目的地, 这个是 Ad Hoc 网络与其他移动通信网络的最根本的区别。因此, 需要为 Ad Hoc 网络设计专门的协议和各种算法, 还要对 Ad Hoc 网络的应用、组网和管理等进行专门的研究。其中, 路由协议的设计是 Ad Hoc 网络的重要组成部分, 要实现多跳路由, 必须要有路由协议的支持。

Ad Hoc 网络中路由协议设计面临的主要问题<sup>[2]</sup>有: (1) 动态变化的网络拓扑 (2) 单向信道的存在 (3) 有

限的无线传输带宽 (4) 无线移动终端的局限性。而自上世纪九十年代以来, 众多国内外学者和专家对 Ad Hoc 网络的路由协议做了大量的研究。目前大致可以将它们分为先验式 (Proactive) 路由协议、反应式 (Reactive) 路由协议以及混合式路由协议三种<sup>[1]</sup>。

### 1 AODV 协议

在反应式路由协议 (如 AODV、DSR 和 TORA 等<sup>[1]</sup>) 中, 节点不需要维护及时准确的路由信息, 只有当节点需要发送数据时才发起路由查找过程。如果节点在发送分组时没有到达目的节点的路由时, 需要启动相应的路由发现机制搜寻路由, 这样将会产生一定的时延, 不利于实时业务的传输。而随着网络规模的扩大, 节点移动速度的增快, 网络的拓扑变化频繁, 反应式路由协议可以减少网络的负载量、提高系统的吞吐量并可以总体提高系统的性能。AODV 协议是在基于表

<sup>①</sup> 基金项目: 2009 年高校优秀人才基金 (2009SQZ136)

收稿时间: 2010-01-25; 收到修改稿时间: 2010-03-22

驱动方式的 DSDV<sup>[2]</sup>协议基础上, 结合类似 DSR 中按需路由机制进行改进后提出的, 它采用了逐跳转发分组方式, 在每个中间节点都隐式保存了路由请求和回答的结果, 此外它还加入了组播路由协议扩展, 并支持 QoS<sup>[2]</sup>。因此 AODV 协议的宽带利用率高, 能够及时对网络拓扑结构变化作出响应, 同时也避免了路由环路现象<sup>[3]</sup>的发生。AODV 协议采用了广播式路由发现机制, 且它的路由依赖于中间节点建立和维护的动态路由表。

通过以上对 AODV 协议的介绍, 我们会发现: 传统的 AODV 路由协议只有在业务需求时才查找、建立或维护业务路由, 有效地减少了路由管理维护开销, 协议效率较高, 但明显增加了业务端到端的时延。因此, 本文提出一些改进 AODV 路由协议的方案, 目的就是要降低端到端的时延, 增加网络传输的吞吐量<sup>[4]</sup>。

## 2 AODV协议的改进

AODV 协议非常适用于节点移动速度相对较快, 并且节点数目在几百个的自组网络中。但是它依旧存在很多的不足。接下来, 我们将从以下几个方面对 AODV 协议进行适当的改进与优化。

首先我们考虑自组网络中的节点之间的链路正常工作(即没有出现差错以及没有断裂的情况下)的情况。考虑以下情况: 假设节点 A 需要发送数据包, 并且它暂时没有最新的路由表以及一条有效的路由来进行数据的传输, 那么 A 必然就需要进行新的路由建立。如果此时我们已知 A 所需传输数据的目的节点是节点 F, 它会启动路由建立过程。具体的过程如图 1 所示:

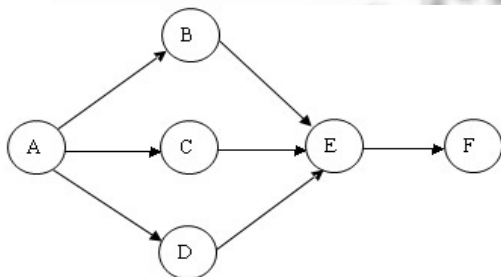


图 1 第一种情况的路由建立

节点 A 广播 RREQ 分组, 其中包括目的节点地址(即节点 F 的地址)和源节点地址(即在 A 之前的节点)以及一个 ID 号码。节点 A 将其所收到的数据包利用扩散法广播到其邻节点 B,C,D。当节点 B,C,D 收到

RREQ 分组之后, 便会开始分析其中的数据, 保留 A 到自身的路由信息并添加到自身的路由表中, 接下来便附上自己的节点标识, 然后同样利用扩散法将数据包进行转发到与它连接的除 A 以外的邻接点中, 如图 3 所示, 与节点 B,C,D 邻接的是节点 E。假设节点 E 同时收到 B,C,D 三个节点所转发而来的 RREQ 分组, 便会开始处理所收到的数据。而我们都知节点 E 在处理这些分组数据包时, 需要一定的时延, 我们可以将其处理数据的时间大致分为三个部分: 服务时间、数据包排队等待时间和数据传输时间。其中数据包排队等待时间所占的比例最大, 是服务时间和传输的几倍甚至几十倍。因此我们考虑, 如何降低众多数据包的排队等待时间。在有线网络中, 当网络层的中间节点需要处理目的节点相同的多条路由请求分组时, 采用“热土豆”算法的思想, 即当一个分组到达时, 节点必须将其尽快脱手, 迅速将数据包选择其中任意一条路由请求分组转发出去。这样可以获得较好的时延, 而对于 Ad Hoc 网络来说, 如果我们也采用与其类似的思想, 那么就可以使得节点 E 不需要花费大量的时间去处理这些目的地址都是一样的数据包信息, 可以节约节点的能耗。因为在无线自组织网络中, 每个节点的寿命都是有限而短暂的, 我们这样做的目的就是为了让网络中的任一节点都可以在有限的寿命中做更多事情, 转发更多的有用信息和数据。

我们再看另外一种情况, 如图 2 所示:

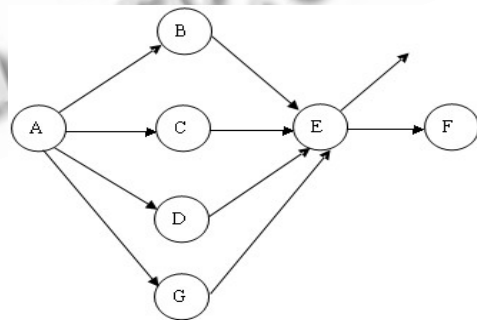


图 2 第二种情况的路由建立

节点 A 和 E 之间有四个节点, 分别是节点 B,C,D,G, 假设节点 A 经由路径 A->G->E 所发送的另一个路由请求的目的地址不是 F, 当节点 E 分别收到节点 B、节点 C、节点 D 和节点 G 所发来的四个 RREQ 时, 假设顺序为 BCDG, 按照原协议, 节点 E 按先后到达顺序处理这四个 RREQ, 发现来自节点 B、

C、D 的 RREQ 的目的节点都是 F，不同于来自节点 G 的 RREQ。那么节点 G 的消息要一直等待到节点 E 来自节点 B、C、D 的 RREQ 处理完毕后才能够被处理，如果节点 E 当时的能耗已经很低了，只够处理三个路由请求，那么 RREQ\_G 将得不到任何处理而不得不重新寻找新的路由信息进行路由转发。这样就会使得节点 G 浪费大量的时间去等待，且等待的结果却是没被处理。而如果采用上述改进的思想，即在处理相同目的节点的路由请求时，任意选取一个(一般取第一个)将其转发，而将其余的忽略，接着处理别的路由请求，那么节点 E 就具备能力去及时地处理 RREQ\_G，这样节点 G 就会很快得到新的路由信息进行下一步的操作。扫描路由请求分组中的目的节点地址只需要极短的时间，而此举将节省大量的等待时间，将会大大提升网络的交付率。

在 Ad Hoc 网络中，中间节点需要处理多个条目的节点相同的路由请求的情况是非常常见的，因此我们做这种改进可以使 AODV 协议整体的性能有所提高，既缩短了网络的整体延迟时间，也可以增加网络的数据吞吐率。接下来我们再考虑在进行数据包传输的过程中如果链路发生断裂的情况。如果链路中某个节点发现链路断裂，那么该节点将会回传一个路由错误分组给其上一个节点，直到源节点收到路由出错分组之后，将触发一次新的路由建立过程。

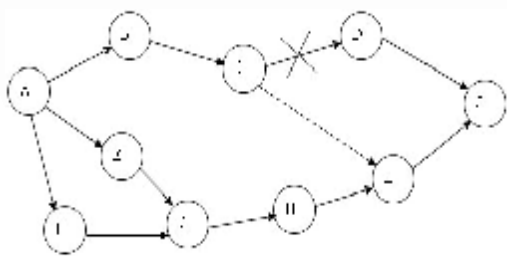


图 3 假设的可信路由链路

如图 3 所示，我们假设节点 A 到节点 J 已经建立了一条可信路由，并开始进行通信。在通信的过程中，如果节点 C-D 这段链路发生了断裂，节点 C 就会立刻将路由出错分组回传给其上一节点 B，直到节点 A 收到路由出错分组后，将触发一次新的路由建立过程。但是我们在图中可以看到，实际上只需再经过两跳就可以将数据发送至目的节点 J 了，也就是说如果断裂发生在离目的不远的地方，在这种情况下，设想如果

节点 C 不急着将错误回传，而是自己试探着找一找有没有到达 J 的其他的路由，如果找到的话，将数据通过这条新的路由发送至节点 J。而即使节点 C 没有找到合适路径(可以设置一个计时器)，再报告给节点 A，试探的这个时间花费相对于回传而言所占的比例较小，结果也是很接近的。显而易见在发生断裂的种种情况下，当断裂发生在离目的节点较近的地方时，采用这种改进的中间节点“预探法”可以节约一部分错误的回传时间，从而提高整个自组网络的时延并增大了网络的吞吐量。

在上述例子中，节点 C 试探地向自己周围的节点发送一个特殊的数据分组(我们称之为“预探分组”)，其中包含了节点 C 的地址和该条路由的目的节点地址(即节点 J)，目的是向其邻节点询问可不可以到达目的节点，离目的节点是不是很近了(可以设置一个阈值，比如设为还有 1 跳即可到达目的节点就接受)，节点 L 收到节点 C 发生的“预探”分组，查找自己的路由缓存到目的节点 J 的路由，找到一条路由 L-J，将其报告给节点 C，节点 C 接受这条路由，并与节点 L 建立起路由，这样，在没有报告错误的情况下，节点 C 自己通过预探修复了断连，建立了一条新路由，其中前半段是源路由的前半部分(A-B-C)，后半段是新的路由(C-L-J)。我们会发现做这样的改进可以使得自组网络的总体性能大大地优化，并且也提高了网络传输的整体吞吐量。

### 3 实验及仿真结果

#### 3.1 移动性可变条件下的性能对比

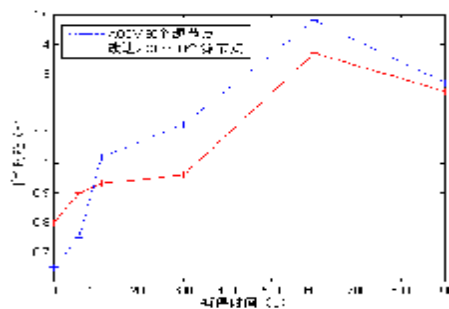


图 4 暂停时间与平均时延关系图一

我们采用 NS-2<sup>[5]</sup>进行仿真实验<sup>[6,7]</sup>，实验条件：50 个节点的网络、30 个通信源节点、分组速率为 4 个分组/s、暂停时间可变。图 4 中显示了经过第一种改进方案

后的性能比较,从图4中可以看出在暂停时间较短时AODV协议的数据分组传输时延比改进AODV协议低约18%,但是在暂停时间较长时改进AODV协议的数据分组传输时延明显优于AODV协议(低约20%)。

图5显示了经过第二种改进方案后的性能比较,从图中可以看出在暂停时间较短时AODV协议的数据分组传输时延和改进AODV协议的相比几乎是完全相同的,但是在暂停时间较长时改进AODV协议的数据分组传输时延明显优于AODV协议(低约10%-30%)。

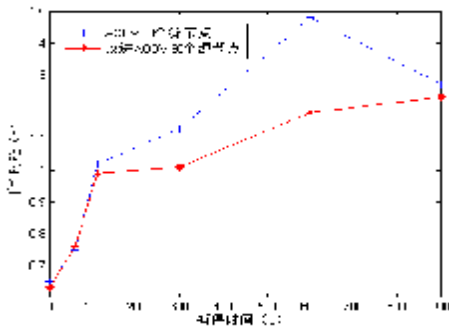


图5 暂停时间与平均时延关系图二

### 3.2 网络载荷可变条件下的性能对比

本组仿真实验演示的是第二种改进方案对网络载荷的影响。我们选择高速移动(暂停时间等于0),通信源节点数为30个,分组速率慢速递增,直到吞吐量饱和为止的实验条件。性能曲线中的“所提供的载荷”表示所有数据源节点的综合发送速率。我们为所提供的载荷选择的单位是kb/s,用于测量所使用的仿真网络的容量。

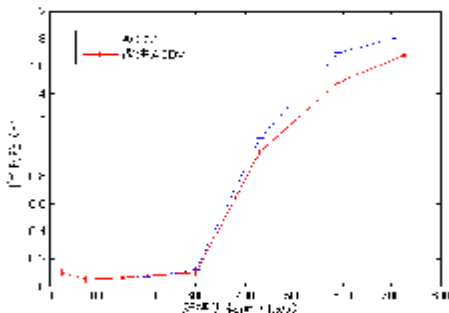


图6 载荷与吞吐量性能曲线

从图6和图7中可以看出,在所提供的载荷没有达到饱和值400kb/s之前,协议的吞吐量是不断递增的。当载荷大约等于400kb/s时,协议的吞吐量开始饱和。达到饱和之后,改进后的AODV协议的吞吐量

明显高于原协议,并且改进后的AODV协议所经历的时延明显低于AODV协议。通过本组仿真实验结果可知:改进后的AODV协议的性能优越于原协议,我们所提出的假设也得到了数据的验证。

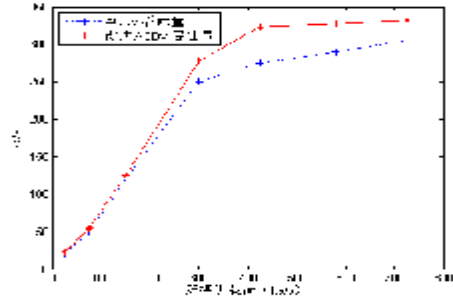


图7 载荷与平均时延性能曲线

## 4 总结

对于Ad Hoc网络的研究正在不断地深入,同时该网络也具备优越的前景。但是不同的应用环境对该网络的性能和协议要求也有所不同。本文就AODV路由协议进行了分析并对之作了一定的改进,而仿真的结果也表明改进之后的AODV协议较原来的协议时延以及网络吞吐量都有所改善。但是,本文所改善的仅仅是对Ad Hoc网络中的某些情况进行了讨论分析,不具有全面性,今后的研究重点则是考虑AODV协议在Ad Hoc网络中整体性的优化改进以及安全性的研究<sup>[8]</sup>。

### 参考文献

- 1 宇宏毅.无线移动自组织网.北京:人民邮电出版社,2005.1-45.
- 2 陈林星,曾曦,曹毅.移动Ad Hoc网络--自组织分组无线网络技术.北京:电子工业出版社,2006.88-156.
- 3 黄飞江,朱守业.移动Ad Hoc网络AODV路由协议改进.火力与指挥控制,2009,(3):19-21.
- 4 张天明,王培康.移动Ad Hoc网络AODV协议的分析与改进.计算机辅助工程,2008,(9):61-64.
- 5 方路平,刘世华,陈盼.NS-2网络模拟基础与应用.北京:国防工业出版社,2008.1-30.
- 6 NS.by Example[2009-6-10].<http://nile.npi.edu/NS/>.
- 7 NS.tutorial[2009-6-10].<http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial/index.html>.
- 8 夏铭.无线Ad Hoc网络及其安全性研究.网络安全技术与应用,2008,(6):46-47.