

# CC-AODV: 有效的多路径拥塞控制 AODV

Yefa Mai、Fernando Molina Rodriguez 和 Nan Wang 博士

电气与计算机工程系

加州州立大学弗雷斯诺分校

美国弗雷斯诺

maiyf1991119, 费莫利纳, nwang@mail.fresnostate.edu

**摘要:** MANET 的特点是网络中的无线移动节点支持自配置和独立移动节点的功能。这些节点又可以被塑造为主机或客户端,以构建动态网络,通过动态路由路径将包裹从其来源传递到各自的目的地。关于网络性能,路由器在将数据传送到适当的目的地方面发挥着关键作用。工程师们一直在实施各种路由算法来提高无线网络性能。Ad hoc 按需距离矢量 (AODV) 路由是著名的路由算法之一。为了提高性能,对该协议进行了大量研究。在本文中,提出了一种新的控制方案,称为拥塞控制AODV (CC-AODV) 来管理所描述的路由条件。使用此表条目,包裹投递率显著提高,同时包裹丢失率降低,但其实施会导致包裹开销。本文使用NS3 (网络模拟器3) 进行仿真。

根据 MA NET 设计的本质,网络通过将路由器紧密地容纳在一起来实现更好的性能。然而,对于广阔空间的情况,必须实施稳健的算法以获得满意的网络连接结果。

在 TCP/IP 体系结构中,主机到主机传输层用于实现路由协议,而路由协议又在算法的设计中起着至关重要的作用。过去几年,研究人员一直关注 MANET 路由协议设计的路由算法。Ad hoc 按需距离矢量 (AODV) 路由是最著名的 MANET 反应式路由协议之一 [2-4]。因此,研究人员广泛修改了该协议以提高其性能。

本文将使用 NS3 无线通信模拟器比较 AODV 和提出的拥塞控制 AODV (CC-AODV)。本文分为以下几节。第二部分讨论了两种现有的反应式路由协议,第三部分介绍了提议的 CC-AODV 协议机制。仿真设置将在第四节中讨论,相应的仿真结果和理由将在第五节中介绍。第六节对本文进行总结。

**关键词—MANET、NS3、AODV、拥塞控制**

我、我简介

移动自组织网络 (MANET) 引入了一种很有前途的解决方案,因为它为未来的移动节点通信提供了高效的无线通信,因此自 20 世纪 90 年代中期以来一直主导着路由研究主题。MANET 允许节点在任何时候向各个方向随机移动,因此其互连关系的信息需要相应更新。研究人员在 MANET 设计中面临的最大挑战是如何确保每个节点与其邻居互连以及如何动态流量的情况下成功地将包裹传递到适当的目的地。

MANET 一般应用于灾区、战区、交通站点等场景。在大多数情况下,通信发生时基础设施并不是固定的。汽车、士兵、轮船、公共汽车、飞机和模型无线设备,都可以代表如图1所示的MANET。同时,节点可以随时移出范围,因此需要重新配置网络。MANET 有多种类型,包括 VANET (车载自组织网络)、SPAN (智能手机自组织网络)、iMANET (基于互联网的移动自组织网络) 以及军事或战术 MANET [1]。

MANET 节点充当路由器,将数据从源传送到相应的目的地。由于

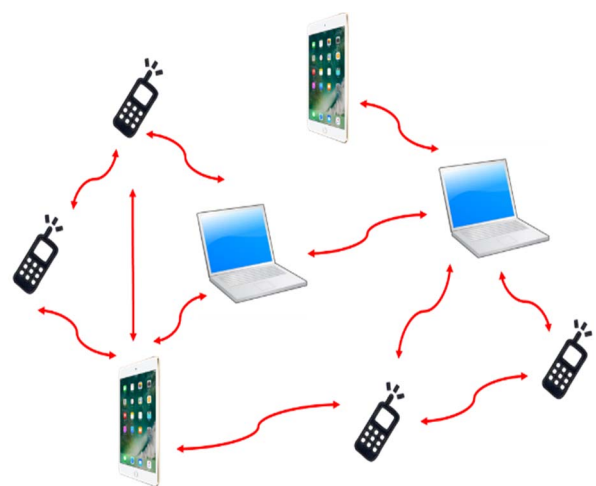


图 1. MANET (移动自组织网络) 示例

## 二. 相关工作

在MANET中,路由协议分为三类:反应式路由协议、主动式路由协议

和混合路由协议。本文将主要关注反应式路由协议。这些类型的路由协议是按需路由协议，仅当源想要与目的地通信时才启动路由发现过程。同样，当没有通信时，节点也不会维护更新的路由信息。在网络内部，源向整个网络发送路由请求 (RREQ)，以找到到达所需目的地的路径，例如动态源路由 (DSR) 和 AODV 路由，稍后将讨论它们。

A. 动态源路由 (DSR)

在DSR中，路由信息由源节点发送并存储在各节点的路由缓存中。每当任何数据要发送到目标节点时，源节点都会检查路由缓存中是否有有效的目标路由。当源节点意识到没有有效路由时，它通过广播路由请求 (RREQ) 数据包来启动路由发现过程。如果具有到目的地的有效路由的节点接收到此 RREQ数据包，则将建立从其源到目的地的路由[3-6]。

B. 自组织按需距离矢量路由 (AODV)

在AODV中，只有当源节点想要将数据发送到所需的目的地时才请求路由。因此，源节点开始向其邻近节点发送 RREQ，发起通信，如图2所示。

当中间节点收到RREQ报文时，路由表中添加路由信息。如果表中已有条目，则路由器将序列号和跳数与表中的现有信息进行比较。如果条件通过，表将更新表中的路由信息。路由表具有固定条目，<目标IP地址、目标序列号、有效目标序列号标志、网络接口、跳数、下一跳、前驱列表、生存时间>。通过这些条目，节点确定它是否是目的节点。此外，节点可以检查其先前是否接收到具有相同ID的相同RREQ分组。结果，如果节点接收到相同的ID数据包，则它确定是否需要更新表。节点检查两个主要条件：序列号是否大于现有路由表条目以及跳数计数器是否小于前一跳计数，因此传输信息的 RREP 将更新表条目。

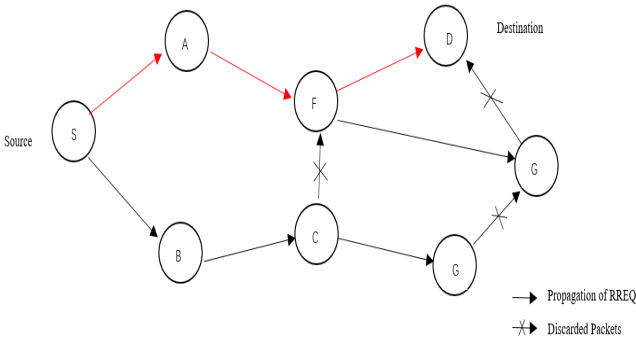


图 2. RREQ 数据包的传播

一旦目标节点收到 RREQ 数据包，它就会生成路由应答数据包 (RREP)。该数据包单播回其所代表的源节点并更新中间节点路由表。这样，AODV就建立了路由路径。

一旦链路出现故障或连接丢失，路由器生成错误 (RRER) 数据包并将其发送到源节点，源节点又请求建立新的路由路径。当源节点收到RRER报文时，开始 RREQ报文的泛洪广播，重新发起路由，使AODV能够维持路由路径。尽管有时中间节点太忙而无法传输数据包，但这些节点仍被使用，因为它们位于最短的通信路径上。尽管如此，当使用这种方法时，即使其他可用节点的流量可能较低，也没有得到充分利用，从而导致带宽利用率不足。结果，随着传送数据包的延迟增加以及传送的数据包数量的减少，性能下降。为了克服这一挑战，提出了拥塞控制CC-AODV。

三. 提出CC-AODV机制

所提出的 CC-AODV 旨在降低使用 AODV 传输数据时因数据包拥塞造成的性能下降。此外，CC-AODV通过使用拥塞计数器标签来确定数据的路径。这是通过检查表中当前节点的压力程度来实现的，一旦生成 RREP 包并通过节点传输，拥塞计数器就会向计数器加 1。[7-11]

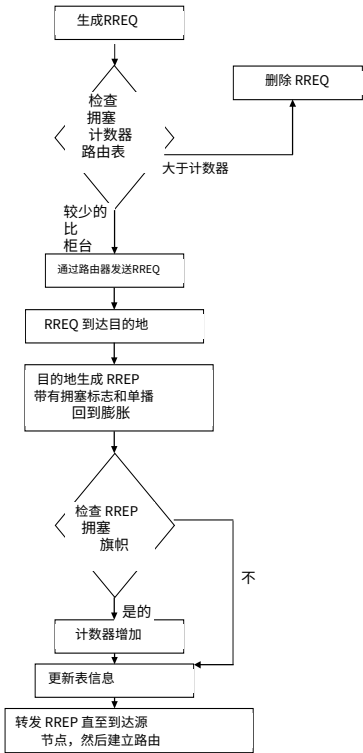


图.3. CC-AODV流程流程图

```

New-RREP:
Route Reply (RREP) Message Format

      0      1      2      3
    0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         Type                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         |R|A|                                         Reserved                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         Prefix Sz                                         Hop Count                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         Destination IP address                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         Destination Sequence Number                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         Originator IP address                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         Lifetime                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|                                         Congestion Flag                                         |
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+

```

为了使用 NS3 实现该方法, 需要遵守以下规则。RREP 头中需要添加 32 位的拥塞控制标志, 如图 4 所示。此外, 路由表还需要添加以下拥塞控制表项。

一旦表初始化，就会生成拥塞计数器并初始化为 0。

一旦节点收到RREP包，路由器就会检查拥塞标志，如果该标志为真，则计数器加1，否则计数器不改变。

- 表中有一个条目称为“生命周期”。当使用寿命到期时，计数器减1。
- 当某个节点将RRER包发送回源节点时，源节点和目的节点之间的中间路径从该节点开始断开。因此，该节点的计数器减1。

当节点从网络中移除时，拥塞计数器重置为 0。

为了验证所提出的 CC-AODV 与现有的反应式协议 AODV 和 DSR 相比是否表现更好, 使用专为无线网络设计并在 Linux Ubuntu 环境下运行的网络模拟器 3 (NS3) 进行了模拟。

时间有能力的IP参数S设置为S模拟

范围	价值
操作系统	乌班图14.04
模拟器	NS3(ns-3.26)
通道类型	无线频道
节点数量	10、30、50
Sink节点数量	5, 15, 25
节点最小移动速度(m/s)	4
节点最大移动速度 (米/秒)	10
数据类型	UDP协议
模拟时间	30
MAC协议	802.11
Wi-Fi 传输频率	2.4GHz
数据包大小 (字节)	第512数
数据包大小	第512数
模拟区	500*500
无线电传播模型	两射线地面
路由协议	C-AODV, AODV
初始节点功率(J)	50
每次接收消耗功率 (J)	0.0174

已经使用网络中不同数量的节点进行了模拟，以象征无线网络的不同实际应用。例如，10 个节点象征着可用于农业设置的小型网络。30 个节点象征着可用于工业设置的中型网络和可用于军事基地的大型 50 个节点网络。

基于四种不同的性能指标, CC-AODV 与其他两种反应式协议 AODV 和 DSR 进行了比较, 如下所示 [12-13]:

- 丢包率：发送过程中丢包总数。
- 数据包送达率：成功送达相应目的地的数据包数量的比率。
- 端到端延迟：将数据包从源传送到目的地的时间。
- 吞吐量：接收到的数据包数量与模拟时间的比值。
- 功耗：汇聚节点接收报文所消耗的功耗。

表 II 和图 5 显示了 10、30 和 50 个节点上的路由协议的丢包值。

时间有能力的二. 磷确认信号L操作系统与10、30、和50节点

节点数量	AODV	C-AODV
10个节点	539	544
30个节点	1016	938
50个节点	1291	1238

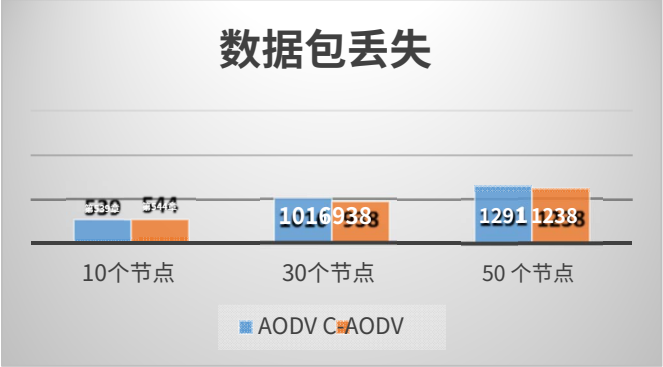


图 3. 总丢包率

在这个模拟中，生存时间（TTL）阈值是固定的，因此，更高密度的网络会降低性能。表III和图6显示了10、30和50个节点的PRD。

时间有能力的三. 磷确认信号D埃利弗里右与10、30、和50节点

节点数量	AODV	C-AODV
10个节点	76.80%	76.34%
30个节点	33.77%	42.98%
50个节点	7.32%	7.89%

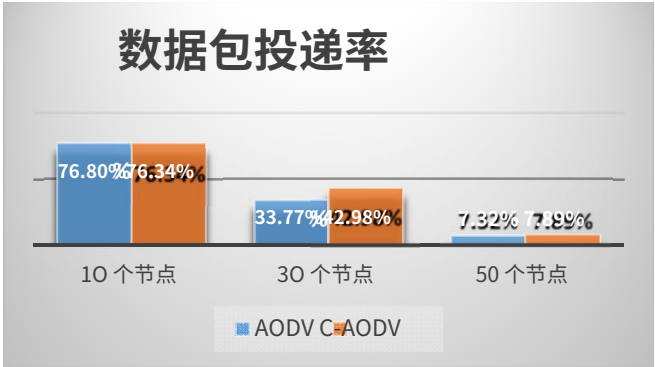


图 4. 数据包传送率

表 IV 和图 7 显示了 10、30 和 50 个节点的 ETED。

时间有能力的四. 乙ND-到-ENDD伊莱与10、30、和50节点

节点数量	AODV	C-AODV
10个节点	0.6117	0.6117
30个节点	4.4471	4.9428
50个节点	11.1233	13.9471

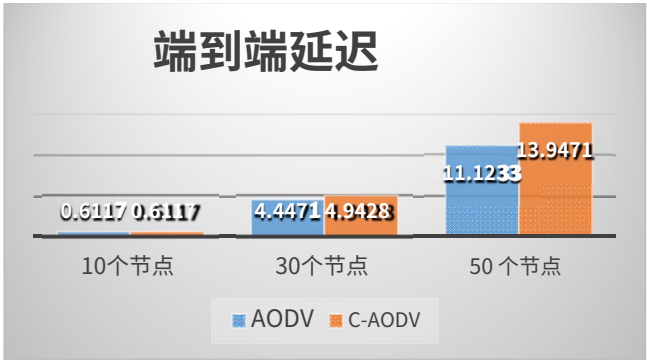


图 5. 端到端延迟

表 V 和图 8 显示了 10、30 和 50 个节点的吞吐量值。

时间有能力的电压T吞吐量10、30、和50节点。

节点数量	AODV	C-AODV
10个节点	36980	45360
30个节点	43764	46116
50个节点	43672	49080

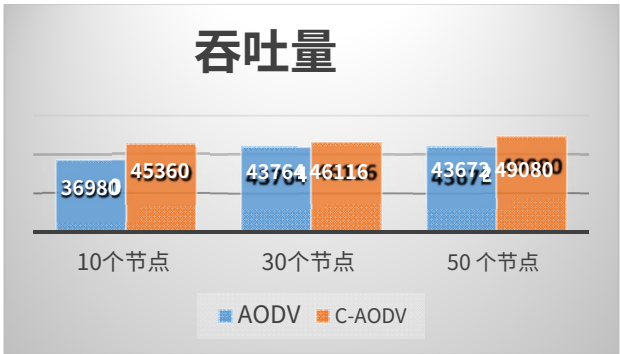


图 6. 吞吐量

表 VI 和图 9 显示了 10、30 和 50 个节点的吞吐量值。

时间有能力的六. 磷欧尔C消费与10、30、和50节点

节点数量	AODV	C-AODV
10个节点	9.17362	9.18601
30个节点	6.53536	5.97681
50个节点	6.60854	6.53709



## 能量消耗

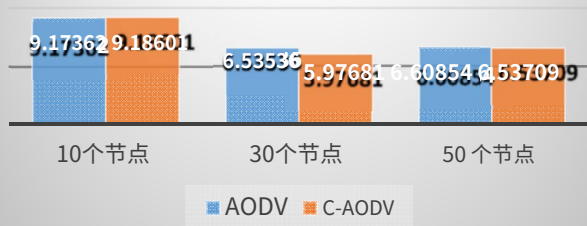


图 7. 功耗

### B. 结果论证

所有五个表格和图表都显示了 AODV 和 CC-AODV 之间的比较。

- 从表2和图5可以看出，当内部节点增加时，CC-AODV 的丢包率较小，因为路由器有更多的路由选择。
- 表3和图6都表明CC-AODV实现了更高的数据包投递率。在这个模拟中，当节点增加时，该比率会下降，因为 TTL 对性能影响很大。当无线网络密度增大时，TTL的阈值决定路由路径是否能够建立。然而，当网络密度更高时，CC-AODV 具有更好的性能。
- 表IV和图7都表明CC-AODV具有比AODV稍高的端到端性能，该结果是通过在路由器处于繁忙状态时重新路由数据路径来实现的。
- 表V和图8描述了所提出的CC-AODV比AODV具有更高的吞吐量。在CC-AODV中，内部节点的利用效率比AODV高，因为如果内部节点繁忙，计数器有助于重新路由路径。这可以提高网络信道利用率。
- 如表 VI 和图 9 所示，CC-AODV 并未改善功耗。然而，在30个节点的情况下，CC-AODV的功耗明显小于AODV。在 10 和 50 个节点设置中，两者消耗的功率几乎相同。

## 六. 结论

提出一种改进的AODV路由算法CC-AODV。已经进行了仿真，并基于五个不同参数对 AODV 和提出的 CC-AODV 之间的结果进行了比较。从仿真结果来看，当网络节点较多时，CC-AODV比AODV具有更高的端到端时延。另一方面，

CC-AODV 的吞吐量、丢包率和投包率均优于 AODV。结果表明，拥塞计数器可以通过提高网络吞吐量来帮助减少网络“繁忙”节点。最后，尽管路由表中的拥塞计数器增加了开销，但如模拟结果所示，它创造了更好的性能。总而言之，路由表中的拥塞计数器实现将是实现多路由路径同时提高无线性能的关键。CC-AODV未来的实现将通过优化预定义计数器阈值模块来改进。

### 右参考文献

- [1] 移动自组织网络, 维基百科, [https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile\\_ad\\_hoc\\_network](https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_ad_hoc_network)
- [2] Perkins, C. 和 Royer, E. (1999). 即席按需距离矢量路由。移动计算系统和应用, 1999 年。论文集。WMCSA '99。第二届 IEEE 研讨会, 90-100。
- [3] 麦叶发, 白玉霞, 王楠。 “使用 NS3 的 MANET 路由协议的性能比较和评估”, 电气工程杂志 5 (2017) 187-195 doi: 10.17265/2328-2223/2017.04.003
- [4] 吉町 M. 和真锅 Y. (2016)。 “A New AODV Route Discovery Protocol to Achieve Fair Routing for Mobile Ad Hoc Networks”, 第六届国际信息通信与管理会议。  
已检索 从 <http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwa1056/pdf/YoshimachiMANET2.pdf>
- [5] Udayakumar, P. 和 Ambhaikar, A. 2009。 “AODV 和 DSR 方案的实验比较”。国际工程杂志。研究与工业。应用。2 (三)。
- [6] Rahman, MA, Anwar, F., Naeem, J. 和 Abedin, MSM 2010。 “移动自组网络 (主动式、被动式和混合式) 路由协议基于仿真的性能比较”。计算机与通信工程国际会议, 11-13。
- [7] 巴蒂亚, B. (2015)。 “MANET 中基于 AODV 的拥塞控制协议的性能分析”。计算分析和知识管理的未来趋势 (ABLAZE), 2015 年国际会议, 453-458。
- [8] 拉梅什, B. (2008)。 “CA-AODV: 用于移动自组织网络中流视频的拥塞自适应 AODV 路由协议”。国际通信、网络和系统科学杂志, 01(04), 322-328。
- [9] Mohammad Meftah Alrayes, Sanjay Kumar Biswas, Neeraj Tyagi, Rajeev Tripathi, Arun Kumar Misra 和 Sanjeev Jain. (2013)。 “混合无线网状网络中 AODV 与多无线电的增强”。ISRN 电子, 2013, 1-13。
- [10] Phate, N., Saxena, M. 和 Rizvi, M. (2014)。 “在移动自组织网络中使用集群最大限度地减少拥塞并提高 AODV 的 QoS”。工程最新进展和创新 (ICRAIE), 2014 年, 1-5。
- [11] 夏丽, 刘志, 张勇, 孙鹏 (2009)。 “一种基于拥塞控制和路由修复机制的改进AODV路由协议”。通信和移动计算, 2009 年。CMC '09。WRI 国际会议, 2, 259-262。
- [12] Jorg, DO 2003。 “不同网络规模下 MANET 路由协议的性能比较”。瑞士伯尔尼大学。
- [13] Harrismare, “数据包传送率、数据包丢失、端到端延迟”, 从...获得 <http://harrismare.net/2011/07/14/packet-delivery-ratio-packet-lost-end-to-end-delay/>, 最后访问时间为 2014 年 5 月 10 日。