

# 一种机会网络中节点转发策略的改进

钱景辉

(南京工业大学 电子信息与工程学院, 江苏 南京 211816)

**摘 要:** 在分析现有机会网络转发策略及机会网络中节点的运动特性的基础上, 通过改进节点的转发策略提出一种新的机会网络路由算法(Delayed Spray and Wait, DSW). 算法假设的应用场景为节点均沿着预先存在的路径移动, 通过延迟发送转发数据包, 可以显著减少网络中的低效数据包转发的数量. 仿真结果表明, 在合适的应用场景下该算法可以显著的降低网络中数据包的转发数量并略微提高传输成功率, 这对于减少节点能耗和改善网络拥塞状况都具有实际意义.

**关键词:** 机会网络; 传感器网络; 延迟容忍网络; 移动自组网; 路由算法

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-7180(2013)01-0005-03

## An Improved Forwarding Strategy in Opportunistic Networks

QIAN Jing-hui

(College of Electronic and Information Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 211816, China)

**Abstract:** Based on the analysis to the existing forwarding strategy and nodes movement characteristics, proposed a new routing algorithm, named Delayed Spray and Wait (DSW). The applied scenarios are assumed to be situations that mobile nodes move along existing path. The contribution includes adding a delay period, which can effectively reduce the unnecessary relay package in the network. The simulation result shows that this algorithm achieves better delivery rate and less relay package numbers in appropriate scenarios, which has practical significance in saving nodes energy and avoid congestion.

**Key words:** opportunistic network; WSN; DTN; MANET; routing algorithm

### 1 引言

机会网络是一种新型的无线移动自组网形态, 它与传统的无线移动自组网的主要区别在于它利用网络节点的移动性, 通过节点相遇时的通信机会进行数据转发, 因此它不要求源节点和目标节点之间必须存在完整的通信链路. 这一特性使得其能够减少网络节点密度, 并最终达到降低布网成本的目的. 此外在一些不适合传统传感器网络布网的场景下机会网络也有着广泛的应用<sup>[1]</sup>.

### 2 相关研究

由于机会网络的网络特性与传统网络存在较大

差异, 传统网络中的路由转发协议在机会网络中往往无法正常工作. 机会网络设计实用高效的路由算法也是机会网络研究中的研究热点.

#### 2.1 直接传输算法(Direct Delivery)

在该算法中, 任何数据包的路由开销均为 0, 可以保证网络负担最小, 但是由于数据包投递的成功与否完全依赖于源节点与目标节点的相遇机会, 其投递的成功率很低<sup>[2]</sup>.

#### 2.2 传染转发算法(Epidemic Forwarding)

传染转发算法采取的是另一个极端, 网络中任意 2 个节点相遇时, 均会交换相互没有的消息. 其算法本质是一种洪泛法, 理论上说只要网络中不存在完全孤立节点, 所有数据包均可以成功投递, 并且可

以找到数据传输的最优路径. 但实际情况并非如此理想, 受到节点存储介质空间、网络带宽、数据包的 TTL 等限制, Epidemic 算法中数据包实际的成功投递率远远低于理论值. 同时, 由于洪泛法带来的大量重复数据包极大的加重了网络负担, 网络拥塞可能导致传输效率急剧下降, 在某些极端情况下投递成功率甚至不如直接传输算法<sup>[3]</sup>.

### 2.3 Spray and Wait 算法

Spray and Wait (SW) 算法<sup>[4]</sup>是一种具有较高实用性的、基于消息复制的路由算法. 通过预先设定每个数据包在网络中传输的副本数的上限来进行一定数目的消息复制, 在保证传输成功率的前提下控制向网络中注入的数据包的数量, 以避免过大加重网络中负担. 这个算法分为 Spray 和 Wait 两个阶段: 在 Spray 阶段, 源节点会向中继节点转发最大 1 份数据包副本. 当携带待转发数据包的节点与中继节点相遇时, 将  $k$  份副本交由中继节点转发. SW 算法提供了 2 种转发策略, 在 Binary 模式下  $k=1/2$ , 即将一半的副本数交由中继节点转发. 当携带数据包的节点中的转发副本数降为 1 时, 节点转到 Wait 阶段, 在此阶段下, 节点采用和直接传输算法相同的策略等待与目标节点的相遇机会.

## 3 Delayed Spray and Wait 算法

在 SW 算法的基础上, 本文提出一种改进的机会路由算法 (Delayed Spray and Wait, DSW), 与 SW 算法不同点在于:

(1) 在 Spray 阶段, 携带数据包的节点  $i$  与中继节点  $j$  相遇后, 将一半的副本数分发给中节点  $j$  帮助分发, 同时在节点  $i$  中该数据包进入一个时长为  $D$  的休眠期;

(2) 当节点  $i$  携带的某数据包在休眠期中与另一节点  $k$  相遇时, 如果节点  $k$  是某数据包  $m$  的目标节点, 则投递, 否则放弃与节点  $k$  关于数据包  $m$  的分发机会. 当节点中的某个数据包进入休眠期时, 其本质是提前切换到了 Wait 阶段, 当休眠期结束时, 再次回到 Spray 阶段. 通过休眠期的长短的控制, 节点在 Spray 节点和 Wait 节点循环切换.

DSW 算法与 SW 算法的区别在于 DSW 算法在 Spray 阶段在每一次数据分发结束后加入一段休眠期, 其本质是使得该数据包暂时转入 Wait 阶段, 在休眠期结束后, 数据包重新切换为 Spray 阶段, 如此往复直到分发的数据副本数降为 1 后才永久转为 Wait 阶段. 这样做的原因是在于不少研究<sup>[5-7]</sup>发现

在同一段较短时间区间内出现在一个较小范围内的节点往往有很大的几率具有类似的移动特征, 即它们在随后一定时间内遇到的节点往往具有很大的重叠, 这种现象在一些节点必须沿着一系列预先限定的轨迹移动的场景中尤为明显 (一个典型的场景为沿公路行驶的车载传感器或由个人携带的手持设备组成的机会网络). 基于这样一个特征可以推测向连续相遇的节点分发数据包副本与只向其中一个节点分发数据包在效果上其实没有太大的差别, 并且这样做可以带来 3 点显而易见的好处:

(1) 由于在 Spray 阶段只进行有选择的分发, 在相同时间单位内产生的消息副本数相对于 SW 算法要少的多, 同时, 由于分发的频率相对 SW 算法要低的多, 可以更有效的减少节点能耗, 这点对于一些需要考虑设备能耗的场景 (如在灾区中由个人携带的手持设备) 中显得尤为重要;

(2) 休眠期的存在使得 Spray 阶段的持续时间更久, 剔除了相似节点后, 节点具有更大的可能将数据包分发给可能与目标节点相遇的中继节点, 可以期望在某些时候 DSW 算法具有更高的传输成功率;

(3) 以往的路由算法往往只考虑了对单一数据包的传输的成功率, 在实际使用时还可能出现由于相遇时间及带宽的限制, 当节点中携带的数据包数量过多时, 节点相遇机会时, 在有效传输时间区间内甚至无法完成所有数据包的交换. 在 DSW 算法中, 由于处于休眠期的数据包的存在, 每次节点相遇时并不需要节点之间需要交换所有的数据包, 节点之间的数据包交换数量也相应减少.

## 4 模拟仿真

### 4.1 仿真环境设定

本文使用机会网络仿真环境 ONE (the Opportunistic Networking Environment)<sup>[6]</sup>对 DSW 算法进行了模拟仿真, 并通过与直接传输、传染转发以及 SW 算法进行对比来评估 DSW 算法的性能指标. 具体的参数设定如表 1 所示.

### 4.2 DSW 算法与几种典型算法在性能指标上的对比

本文模拟了在上述仿真环境下 DSW 算法与几种典型算法在几个主要性能指标上的对比. 选取的几个性能指标为: 传输成功率 (Delivery Probability), 开销率 (Overhead Ratio) 以及平均传输延迟 (Average Latency).

表 1 仿真参数设定

| 参数     | 设定值                              |
|--------|----------------------------------|
| 仿真时间   | 12 h                             |
| 区域范围   | 4500 m×3400 m                    |
| 传输速度   | 2 Mbps                           |
| 传输范围   | 10 m                             |
| 移动模型   | Shortest Path Map Based Movement |
| 节点移动速度 | 10~50 km/h                       |
| 节点缓存大小 | 5 M                              |
| 数据包大小  | 500 KB~1 MB                      |
| 数据包生存期 | 5 h                              |
| 数据生成频率 | 每 25~35 秒生成一个数据包                 |

4.2.1 传输成功率对比

仿真实验测试了几种路由算法在不同节点密度下的传输成功率，它的计算方法为到达目标节点的数据包数量与源节点产生的数据包数量的比值。仿真结果如图 1 所示。

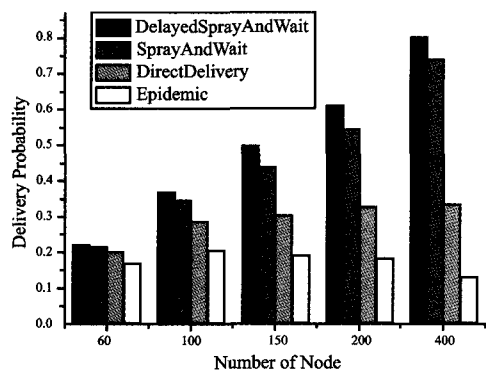


图 1 传输成功率

可以看出当网络中节点数达到一定密度时，DSW 算法和 SW 算法的传输成功率明显好于直接传输算法和传染转发算法。在节点密度较低时，DSW 算法和 SW 算法的效率基本一样，网络中节点密度适当增加时，DSW 算法的传输成功率要略好于 SW 算法。

4.2.2 开销率对比

仿真实验测试了几种路由算法在不同的节点密度下的开效率，它的计算方法为整个仿真时间区间内产生的数据包的数量(包括源节点生成的数据包以及中继节点转发数据是产生的数据包)与源节点生成的数据包的比值。这个指标反映了路由算法在转发过程中对网站造成的负担，开效率越大越容易造成网络拥塞。仿真结果如表 2 所示。

表 2 开销率

| 节点数            | 60    | 100   | 150    | 200    | 400    |
|----------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| SprayAndWait   | 10.38 | 15.95 | 18.45  | 16.96  | 14.06  |
| DSW            | 8.04  | 11.42 | 13.20  | 13.40  | 11.80  |
| DirectDelivery | 0     | 0     | 0      | 0      | 0      |
| Epidemic       | 16.25 | 47.40 | 120.88 | 231.28 | 1269.6 |

可以看出传染转发算法的开销率随着网络中的节点数增加呈指数型增长，并且结合图 1 的结果可以看到当节点密度达到一定程度后网络中节点数的增加反而降低了传输成功率，这是因为大量的额外开销造成了网络拥塞。DSW 算法与 SW 算法的开销率相对要平缓的多，相比传染转发算法，它们占用的网络资源要少的多，并且 DSW 算法的开销率要低于 SW 算法。直接传输算法虽然具有最低的开销率，但这是以较低的传输成功率和较大的传输延迟为代价的。

4.2.3 平均传输延迟对比

仿真实验测试了几种路由算法在不同节点密度下的平均延迟，即数据包从源节点到目标节点所需要的平均时间。

DSW 算法与 SW 算法的平均延迟基本持平，二者的差异我们认为在仿真误差的合理范围内。

5 结束语

文中提出一种基于 Spray and Wait 算法的改进算法 DSW 算法。DSW 算法通过设置一个延迟区间使得节点在 Spray 阶段和 Wait 阶段循环切换。通过调整延迟区间的长短可以获得更高的传输成功率以及更低的开效率及传输延迟。

仿真结果表明当网络中的节点必须沿预设路径行进时，DSW 算法在获得较高的传输成功率、较低的开效率及基本相同的传输延迟。尽管 DSW 算法的性能发挥需要建立在移动节点必须按照路径移动假设的前提下，机会网络中有不少应用场景可以满足这一假设，在这类场景中，DSW 算法可以成为一个不错的路由改进算法。

参考文献：

[1] 熊永平,孙利民,牛建伟,等. 机会网络[J]. 软件学报, 2009,20(1):124-137.

[2] Grossglauser M, Tse DNC. Mobility increases the capacity of ad hoc wireless networks[J]. IEEE/ACM Trans. on Networking, 2002,10(4):477-486.

解决原有模板分析算法在模板数量较多时匹配效率较低这一问题. 通过模板间距离建立二级模板, 在匹配过程中同时应用一级模板和二级模板进行, 应用于协议识别领域, 提高了协议识别效率.

#### 参考文献:

- [1] Ercetin O, Ball M O, Tassiulas L. Modeling study for evaluation of aeronautical broadband data requirements over satellite networks[J]. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 2005, 41(1):361-370.
- [2] Gupta B, Ghosh K, Dutta D, et al. Broadcasting in complete and incomplete star interconnection networks [J]. International Journal of Computer System Science and Engineering, 2001, 4(2):205-213.
- [3] Suresh C, Josyula R R, Pankaj R. Template attacks [C]// Proceedings of Canadian Healthcare Engineering Society, Redwood Shores. CA, USA, 2003:13-28.
- [4] CCSDS 130. 0-G-2. Overview of space communications protocols, report concerning space data system standards[S]. Green Book, Washington, DC, USA, 2007.

- [5] CCSDS 720. 1-G-3. CCSDS file delivery protocol (CFDP)—part 1: introduction and overview, report concerning space data system standards [S]. Green Book, Washington, DC, USA, 2007.
- [6] CCSDS 720. 2-G-3. CCSDS file delivery protocol (CFDP)—part 2: implementers guide, report concerning space data system standards [S]. Green Book, Washington, DC, USA, 2007.
- [7] CCSDS 720. 3-G-1. CCSDS file delivery protocol (CFDP)—part 3: interoperability testing final, report concerning space data system standards [S]. Green Book, Washington, DC, USA, 2007.

#### 作者简介:

- 李 华 男, (1981—), 博士研究生. 研究方向为网络安全.
- 王 韬 男, (1964—), 教授, 博士生导师. 研究方向为网络安全.
- 郑天明 男, (1985—), 硕士. 研究方向为网络安全.
- 赵新杰 男, (1986—), 博士研究生. 研究方向为网络安全.

(上接第 7 页)

- [3] Becker V D. Epidemic routing for partially connected ad hoc networks[R]. Technique Report, CS-2000-06, Department of Computer Science, Duke University, Durham, NC, 2000.
- [4] Spyropoulos T, Psounis K, Raghavendra C S. Spray and wait: An efficient routing scheme for intermittently connected mobile networks[C]//Proc. of the 2005 ACM SIGCOMM Workshop on Delay-Tolerant Networking. Philadelphia: ACM, 2005:252-259.
- [5] Keränen A, Ott J, Kärkkäinen T. The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation[C]//Proc. of the 2nd Int'l Conf. on Simulation Tools and Techniques, Brussels, Belgium: ACM Press, 2009.
- [6] Chen L J, Chen Y C, Sun T, et al. Finding self-similarities in opportunistic people networks [C]//Proc. IEEE INFOCOM Mini-Symposium. Anchorage, Alaska, 2007.

- [7] Zhang X, Kurose J, Levine BN, et al. Study of a bus-based disruption tolerant network: mobility modeling and impact on routing [C]//Proc. ACM Mobicom Canda; Quebec, 2007:195-206.

#### 作者简介:



钱景辉 男, (1978—), 讲师, 硕士. 研究方向为传感器网络与移动自组网.