

基于历史相遇间隔的机会网络路由协议

张 翼, 周四望

(湖南大学软件学院, 长沙 410082)

摘 要: 针对大多数机会网络路由协议在寻找端到端通信链路时不能很好地抓住节点社会性质的问题, 提出一种基于历史相遇间隔(HICR)协议的路由算法。HICR 协议利用社会关系的特点, 根据节点之间的历史相遇间隔判断它们的亲密程度, 转发消息给离目的节点更亲近的节点, 使得消息朝更靠近目的节点方向发送。仿真结果表明, 该 HICR 协议在网络资源有限的情况下, 与 Epidemic 协议和 Prophet 协议相比, 能获得更高的消息交付率。

关键词: 机会网络; 路由; 网络协议; 多拷贝; 社会性

Opportunistic Networks Routing Protocol Based on Historical Intervals of Contacts

ZHANG Yi, ZHOU Si-wang

(Software School, Hunan University, Changsha 410082, China)

【Abstract】 When most of the opportunity networks routing protocols seek end to end communication links, they often do not grasp the node's feature of sociality properly. A routing protocol based on Historical Intervals of Contacts(HICR) is proposed, which can take advantage of the characteristics of sociality, determine the acquaintance according to the intervals of contacts between nodes, and forward messages to nodes closer to the destination node. So message will be sent towards the direction of destination node. Simulation results show that, compared with Epidemic and Prophet, HICR can achieve higher message delivery rate under the condition where network resources are limited.

【Key words】 opportunistic networks; routing; network protocols; multi-copy; sociality

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3428.2011.14.027

1 概述

各种便携设备的出现使得由移动自组织网(Mobile Ad hoc Network, MANET)演化而来的机会网络具有良好的应用前景。机会网络的概念来自于容迟网络(Delay Tolerant Network, DTN)^[1], 与 MANET 相比, 其视无线自组织网络中的间断性为其固有的特性, 利用节点彼此之间通信的机会转发信息。显然, 由于机会网络中节点的随意移动性, 它的拓扑结构随着时间的推移处于不断变化的状态中, 构成 2 个终端间路径即 2 个终端间的转发节点不断变化, 因此转发节点收到信息后就会根据路由度量决定转发给其他节点或是继续保存, 消息的转发也承受更大的延迟。原有的 MANET 路由协议^[2]都以节点的部署具有固定拓扑结构作为前提, 因此需要重新设计面向机会网络的路由算法。

目前, 虽然已经有很多人提出了针对机会网络的路由协议, 但是仍不能真正利用节点的社会性质, 因此, 现有协议依旧不能在实际中得到广泛应用。传染路由机制^[3](Epidemic Routing)虽然在网络带宽和缓存等资源足够的前提下可以获得最高的传输成功率, 但在实际资源有限的条件下, 广播导致的拥塞会使其性能急剧下降。人们提出利用社会性质改善路由性能的方法, 如文献[4]提出的 Prophet 协议, 当节点在选择转发链路时, 只会把消息传输给到达目的节点相遇概率比自身高且缓存中没有此消息的邻居节点; 文献[5]提出了将不同的社区节点打上不同的标签, 当节点相遇时, 根据标签优先选择与目的节点属于同一社区的中间节点; 文献[6]提出给每个节点都附上其社区信息属性组合, 形成一张二维表, 当节点相遇时, 信息转发给与目的节点属性组合相遇次数最

多的节点。

机会网络的参与者主体是人类, 人们总是在特定环境中倾向于同朋友、同事或者亲人交流, 形成某一时段特定环境下的社区, 社区间的活跃分子如邮差、巴士等则会在社区间形成一个稳定的沟通桥梁。根据这些规律不难得出结论, 在每一个时段中人类的社会角色是不同的, 但与属于同一社群的成员接触是很频繁的, 即同一社群节点之间相比于不同社群节点之间的相遇间隔都很短, 甚至一直处于接触, 不会产生中断间隔。文献[7]的实验结果更具有煽动性, 世界上的任何 2 个人之间只要通过它们认识的 6 个人便可联系。这说明社会中的节点具有传递性, 并且只需很小的代价便可联系起 2 个陌生的节点。本文提出以历史相遇间隔作为效用值改善洪泛带来的资源枯竭, 并根据机会网络的特性和人类社会特征提出基于历史相遇间隔(Historical Intervals of Contacts, HICR)的机会网络路由算法。

2 基于节点历史相遇间隔的路由算法

为了实现这些想法, 让每个节点 a 都保持到所有已知节点 b 的历史相遇间隔 $ET_{(a,b)}$, 表示节点 a 与节点 b 相遇间隔的历史信息, 经过更新周期 T 后进行重新计算。更新周期 T 是指在社群内所有节点至少相遇一次的时间。超出这个范围,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60973127); 湖南省自然科学基金资助项目(09JJ3123); 中国博士后科学基金资助项目(20090461005)

作者简介: 张 翼(1985—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 机会网络路由协议; 周四望, 副教授、博士

收稿日期: 2011-01-05 **E-mail:** zhangofyi@gmail.com

就可以认为节点的相遇间隔很大,已经超出了社群的范围,属于社群外的节点。

2.1 历史相遇间隔计算

在初始状态时 $ET_{(a,b)}$ 的大小被设为生存周期(TTL)大小,即 a 节点到 b 节点的历史相遇间隔无限大,在消息的生存期内无法达到目的节点。

下面讨论如何计算一个周期内产生的相遇间隔大小。 a 节点与 b 节点断开和相遇的时间分别设为 CT_1 和 CT_2 ,计算出单步的 a 节点到 b 节点相遇间隔大小 $Ival = CT_2 - CT_1$ 。在理想状态下相遇间隔大小 $Ival$ 全在一个周期内产生。 a 节点在一个更新周期 T 里记录下了与 b 节点所有的相遇间隔序列。笔者认为在一个时间段内,相遇间隔序列中的值具有同等地位,故将更新周期内的相遇间隔大小定义为:

$$Ival = \frac{\sum Ival_i}{n} \quad (1)$$

其中, $Ival_i$ 表示更新周期 T 内所有的相遇间隔序列; n 表示更新周期 T 内产生的间隔序列个数。这样就可以表示出在这个更新周期内产生的相遇间隔大小。

假如当前周期的相遇间隔延伸到了下一个周期,则把这个相遇间隔算入下一个周期的间隔序列。这样过去的 n 个更新周期 T 的历史相遇间隔 $ET_{(a,b)}$ 便可使用式(2)更新。

$$ET_{(a,b)} = \alpha \cdot Ival + (1 - \alpha) \cdot ET_{(a,b)} \quad (2)$$

其中, $\alpha \in (0,1)$, 会使历史相遇间隔更偏向于最近时间段观测到的数据。历史相遇间隔越短,则 2 个节点就越倾向于频繁的联系。

当 a 节点与 b 节点长时间未能相遇时,即在整个更新周期 T 中, a 节点一直没有对 b 节点的相遇记录。这时再继续用过去统计的历史相遇间隔作判断,就不能很好地反映出目前节点间处于长时间断开的状态。笔者提出以下解决方法,每当更新周期 T 结束后,若 a 节点没有遇见 b 节点,记上次相遇结束时间为 CT_1 ,周期结束时间为 CT_2 ,单步相遇间隔大小 $Ival = CT_2 - CT_1$,代入式(2)中进行计算以更新 $ET_{(a,b)}$,并把周期结束时间赋值给 CT_1 。若在接下来的一个周期与 b 节点相遇,时间为 CT_2 ,此时 $Ival = CT_2 - CT_1$,代入式(3)进行更新历史相遇间隔,在剩余的更新周期 T 内计算相遇间隔的方法同上面的操作。但假若在接下来的更新周期 T 内 2 个节点仍未相遇,则令 $Ival = T$,同样代入式(3)计算。

$$ET_{(a,b)} = ET_{(a,b)} + \alpha \cdot Ival \quad (3)$$

式(3)由式(2)推导而来,式(2)可分解为 $ET_{(a,b)} = \alpha \cdot \sum Ival_i + (1 - \alpha) \cdot ET_{(a,b)}$ 。 $Ival_i$ 可以看成上述节点在更新周期内没有相遇情况下产生的相遇间隔序列。这样做可以避免由于节点长时间处于断开状态而不能更新历史相遇间隔的缺点。

假若 a 节点和 b 节点长时间未能相遇,则 $ET_{(a,b)}$ 会不断增长,使用式(3)继续增加 $ET_{(a,b)}$ 值就会耗用移动节点的计算资源。所以,将 $ET_{(a,b)}$ 增大到 TTL 后,即使仍未相遇也不再使其变化。在另一种情况下,整个更新周期 T 中, a 节点一直保持对 b 节点的连接状态,认为 a 节点与 b 节点长时间保持接触,仅依靠以前的历史相遇间隔值同样不能反映出 2 个节点的亲密状态,应使用这样的方法进行更新,令 $Ival = 0$,即此时的相遇间隔是 0,同样代入式(2)更新历史相遇间隔。

最后,历史相遇间隔时间同样也具有传递性。方法为当 2 个节点第 1 次相遇时,它们仅需计算出 2 个节点之间的历史相遇间隔,直到下一次相遇时,再交换各自保存的对所有相遇节点的历史相遇间隔值。用不等式 $ET_{(a,c)} < ET_{(a,b)} +$

$ET_{(b,c)}$ 进行判断,若成立,则使用式(4)更新 a 节点对 c 节点的历史相遇间隔 $ET_{(a,c)}$ 。

$$ET_{(a,c)} = ET_{(a,b)} + ET_{(b,c)} \quad (4)$$

其中, $ET_{(a,b)}$ 表示 a 节点保存的对 b 节点历史相遇间隔; $ET_{(b,c)}$ 表示 b 节点保存的对 c 节点历史相遇间隔。

2.2 转发策略

注意到每个节点都具有网络中到其他节点的历史相遇间隔 $ET_{(a,b)}$ 。现在假设发送消息的目的节点表示为 d ,将周围邻居节点按照历史相遇间隔的大小升序排列, i 表示排序后 a 节点周围的第 i 个邻居节点,则 a 节点成功传递消息给邻居节点的个数 n 满足如式(5)。同时也可以让到目的节点历史相遇间隔越小的邻居节点越容易成为路由节点。

$$ET_{(a,d)} \geq \sum ET_{(i,d)} \quad (5)$$

3 实验模拟及性能分析

为了评估 HICR 的性能,本文使用芬兰大学的机会网络模拟平台 the ONE,并将 HICR 与 Epidemic 和 Prophet 进行性能上的比较。

3.1 模拟环境设置

实验场景基于赫尔辛基的城区地图模型,整个节点活动区域为 $4\,500\text{ m} \times 3\,400\text{ m}$,场景中总共有 156 个节点。包括 6 个电车节点、100 个行人节点和 50 个汽车节点。HICR 的实验参数设置如表 1 所示。实验中每经过 25 s~35 s 的时间间隔后,任意节点都可以随机选择目的节点发送大小为 5 KB 的消息。模拟运行时间为 43 200 s,消息的生存周期 TTL 设定为 18 000 s。

表 1 协议参数

参数	参数值
更新周期/s	60.00
α	0.75
TTL/s	18 000.00
发送消息节点数	156.00
消息大小/KB	5.00

3.2 实验性能指标

本文从 4 个方面考察性能指标,分别是消息交付比率、传输平均延时、带宽开销、缓存占用比率。消息交付比率为成功交付的消息数目与原始消息数目的比值;传输平均延时是指所有成功交付消息数目的平均延时。带宽开销的计算方法定义为:(消息复制总数-成功交付的消息数目)/(成功交付的消息数目);缓存容量演变定义为在模拟运行中某一时刻所有节点被占用的平均缓存容量。成功交付的消息数目和原始消息数目都不包括协议产生的消息拷贝。

3.3 模拟结果与性能分析

本节比较了 3 个协议在不同缓存大小下的性能差异,本实验中缓存容量按照节点存放 5 KB 大小的消息数量设定,缓存容量分别设为(25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200)。

图 1 展示了在不同缓存大小的情况下 3 个协议的消息交付比率,消息交付比率随着缓存的增加而提高,HICR 的消息交付比率优于其他 2 个协议,只要缓存达到 100 个消息数目以上,就可以有具有 85% 以上的成功交付率。图 2 分析了平均传输延时,3 个协议的延时都控制在 1 500 s~3 000 s 之间,并且随着缓存增大 HICR 延时增大,但这是一个典型的机会网络,HICR 的消息交付比率随着缓存增大呈上升趋势,故而在具有容迟特性的机会网络里是可以接受的。如图 3 所示,HICR 较其余 2 个协议减小了带宽开销,HICR 的带宽开销控制在 180 以下,这是因为 HICR 减小了大量的冗余消息,导致了较小的丢包现象,并且随着缓存的增大,带宽开销随

着消息交付的比率也有所减小。

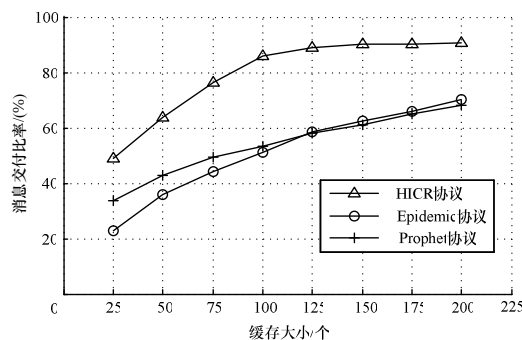


图1 不同数据包大小对消息交付比率的影响

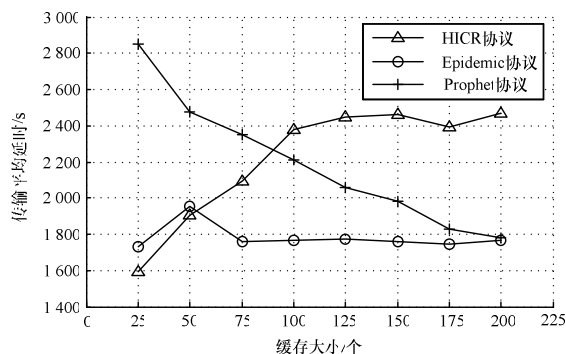


图2 不同数据包大小对平均传输延时的影响

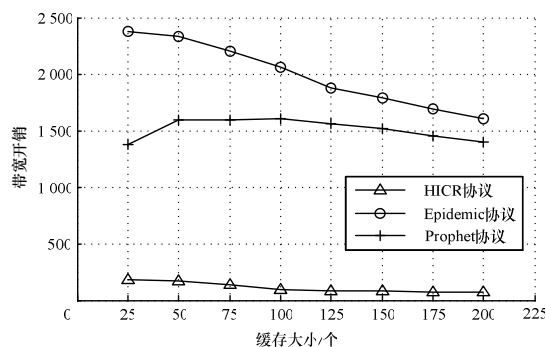


图3 不同数据包大小对带宽开销的影响

图4展示缓存大小为200时各协议在运行时间为4 500 s、13 500 s、22 500 s、31 500 s、40 500 s的所有节点的缓存容量演变情况，HICR的缓存占用情况明显优于其他2个协议。经过初始启动过程后，Epidemic和Prophet始终占用网络整个带宽资源，缓存占用率几乎为100%。与此同时，HICR只需要占用平均120个消息数目的缓存大小就可以达到很高的消息交付比率，这说明HICR相比其他2个协议对网络带宽资源是很友好的。

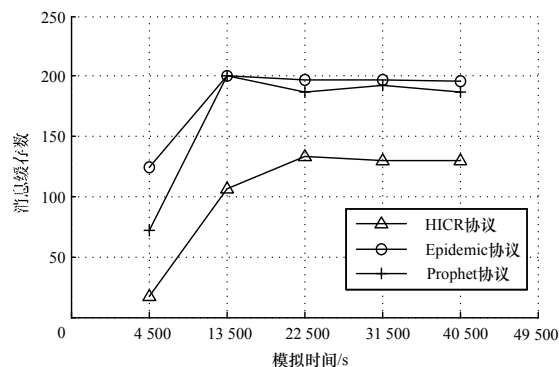


图4 缓存大小为200个时所有节点缓存容量演变情形

4 结束语

本文针对机会网络拓扑结构的中断性，提出一种以历史相遇间隔作为效用值判断下一跳的机会网络路由转发策略。利用the ONE模拟平台，用Java语言实现了该协议的仿真，并与Epidemic和Prophet进行了性能上的比较，实验结果表明，HICR相较于其他2个协议，具有较好的性能，能够在保证低带宽开销的同时，获得高消息交付比率。它适合机会网络的路由需求，是一种有效的路由协议。

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] 张惠娟, 王科特. 基于Ad hoc负载均衡的AODV改进算法[J]. 计算机工程, 2010, 36(10): 129-132.
- [3] Vahdat A, Becker D. Epidemic Routing for Partially Connected Ad Hoc Networks[R]. Durham, USA: Department of Computer Science, Duke University, Tech. Rep.: CS-2000-06, 2000.
- [4] Lindgren A, Doria A, Schelén O. Probabilistic Routing in Intermittently Connected Networks[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2003, 7(3): 19-20.
- [5] Hui P, Crowcroft J. How Small Labels Create Big Improvements[C]//Proc. of the 5th IEEE Int'l Conf. on Pervasive Computing and Communications. New York: USA: [s. n.], 2007.
- [6] Boldrini C, Conti M, Iacopini I, et al. Exploiting Users' Social Relations to Forward Data in Opportunistic Networks: The HiBop Solution[J]. Pervasive and Mobile Computing, 2008, 4(5): 633-657.
- [7] Milgram S. The Small World Problem[J]. Psychology Today, 1967, 1(1): 60-67.

编辑 索书志

(上接第84页)

参考文献

- [1] 张灯灿, 林春深, 万晋. 用于GPRS无线传输的抗分组丢失算法[J]. 计算机工程, 2009, 35(21): 283-285.
- [2] 金久真, 庞建民, 赵荣彩, 等. 基于排队网络的VoIP信令解析系统性能分析[J]. 计算机工程, 2008, 34(11): 111-113.
- [3] 冷文. GPRS设备IP语音传输可行性研究[J]. 计算机应用, 2007, 27(9): 2233-2235.
- [4] 崔鸿雁, 徐海博, 田辉, 等. 一种基于全IP蜂窝网络的实时业务传输机制[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(3): 244-246.
- [5] Chen Gyh-Cheng, Chen Weiming, Lin Hongwei. Design and Analysis of GPRS-WLAN Mobility Gateway[C]//Proc. of IEEE International Conference on Communications. Seoul, Korea: [s. n.], 2005: 918-923.
- [6] 李红, 张晓彤, 王沁. G729A语音编码算法DSP优化与高速实现[J]. 小型微型计算机系统, 2006, 27(12): 2290-2293.

编辑 索书志

