

一种基于地理位置预测的高性能路由算法

沙毅¹, 郭自强¹, 朱丽春², 张志伟²

(1. 东北大学 信息科学与工程学院, 辽宁 沈阳 110819; 2. 中国科学院 国家天文台, 北京 100012)

摘 要: 提出了基于 ARIMA 预测模型的高效路由算法. 该算法中节点通过前向与反向成功转发率、数据传输速率等计算链路的丢包率和期望传输次数来获取干扰感知期望传输时间(iETT), 代替 DSR 路由算法中的最短跳数判据. 并引入 ARIMA 模型来预测节点下一时刻的运动位置, 防止链路频繁断裂造成的网络丢包, 并在链路失效之前预先选择最稳定的路径进行数据传输. 仿真结果表明, 所提路由算法相比 DSR 判据吞吐量提高 6%~9%, 平均端到端时延降低 2%~6%, 提高了网络整体性能.

关 键 词: DSR; 地理位置预测; iETT 路由判据; 多速率; ad hoc 网络

中图分类号: TP 393.17

文献标志码: A

文章编号: 1005-3026(2015)09-1242-04

High Performance Routing Algorithm Based on Geographic Location Prediction

SHA Yi¹, GUO Zi-qiang¹, ZHU Li-chun², ZHANG Zhi-wei²

(1. School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110819, China; 2. National Astronomical Observatories, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100012, China. Corresponding author: SHA Yi, E-mail: shayi@ise.neu.edu.cn)

Abstract: Based on the ARIMA prediction model, an efficient routing algorithm was put forward. In this algorithm, a node could obtain the interference-aware expected transmission time (iETT) by measuring the packet loss rate and expected transmission number with the successful forward and reverse forwarding rate as well as the speed of data transmission. Thus, the L-iETT could replace the shortest hop criterion of the DSR routing algorithm. The ARIMA model was introduced to predict the movement location of the next node so as to prevent the network packet loss caused by frequent link fractures and select in advance the most stable path to data transmission before link failure. The simulation results showed that the routing algorithm criterion increases by 6%~9% compared with the DSR throughput and the average end-to-end delay reduces by 2%~6% so that the network's overall performance can be improved.

Key words: DSR; geographic location prediction; iETT routing criterion; multi-rate; ad hoc network

目前, ad hoc 网络中的路由算法^[1]研究的热点主要集中在分簇、拓扑变化等问题. 由于网络中节点的快速移动会造成网络拓扑的动态变化, 从而引起丢包和网络传输时延的增加, 因此如何寻找一条高效、高质量的路由路径是解决问题的关键. 国内外许多学者已经对该课题进行了一些深入研究, 提出了多种路由判据^[2], 如基于跳计数判据^[3] (hop count): 它的重点就是找到跳数最少的路径来转发数据; 它的缺点是在某些节点上可

能出现拥塞和能量消耗, 也没有考虑到不同链路的性能差异. 基于往返时延的路由选择方法或算法^[4] (RTT; per-hop round trip time): RTT 的设计主要是针对高负载的链路, 缺点是没有考虑数据的传输速率和链路间的干扰. 期望传输次数判据^[5] (ETX; expected transmission count): ETX 判据考虑了包的丢失速率和路径的长度, 因此对于长的有损耗的路径有更大的 ETX 值. ETX 判据的主要缺点是没有考虑到流内和流间干扰, 更没

收稿日期: 2014-08-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(11273001).

作者简介: 沙毅(1959-), 男, 江苏无锡人, 东北大学副教授.

有考虑不同链路上包的传输速率差异的影响. 基于期望传输时间判据(ETX: expected transmission time)^[6]; 在 ETX 基础上考虑了数据传输速率和链路的容量对路径性能的影响, 但是, ETX 路由判据的缺点是没有全面考虑到网络中的流内和流间干扰. 基于干扰感知期望传输时间判据^[7](iETT: interference-aware expected transmission time): 它分析了普通 ETX 判据的缺点, 在 iETT 判据中, 研究了单独链路高丢包率对整个路径性能的影响, 也考虑用 MAC 层的开销来计算数据传输时间. 综合以上路由判据的特点, 这些路由判据都不同程度地缺乏对网络中路径的长度、丢包率、数据传输速率和干扰等因素的考虑, 造成网络性能低下.

针对上述研究工作面临的问题, 本文提出了一种基于节点地理位置信息预测的路由算法, 本算法将 DSR 路由算法的最短跳数判据替换为 iETT 判据, 从丢包率、数据传输速率等多个角度综合考虑链路的性能差异. 而且为了寻找一条高质量的路径, 考虑节点移动引起的拓扑变化, 本文引入了基于地理位置预测的 ARIMA (auto regressive integrated moving average) 模型, ARIMA^[8] 模型也称为差分自回归移动平均模型, 是由统计学家 Box 和 Jenkins 提出的. 通过预测模型的计算, 可以获得下一时刻两个节点的运动位置, 通过判断下一时刻两个节点运动的位置关系来决定是否使用 iETT 判据. 本算法优化了路由选择, 提高了网络的总体性能.

1 iETT 路由判据

在 iETT 路由判据的设计中, 需要知道每条链路的期望传输次数 ETX、丢包率 P 、数据传输速率 R 就能实现 iETT 的计算. 已知在 IEEE 802.11b 的多速率环境中, 发射功率一定时数据传输速率和传输范围有密切的关系, 这样只要知道两节点之间的距离就可以找到最佳的数据传输速率. 节点间链路 ETX、丢包率 P 通过 d_f 和 d_r 获得, 而 d_f, d_r 和节点的位置距离都可以通过相邻节点间的信息获得, 这样就使得 iETT 路由判据的实现成为可能. 下面计算前向和反向转发成功率.

前向转发成功率 d_f 和反向转发成功率 d_r 的计算方式是通过每个探测包以最高 0.1Δ 的抖动周期发送广播链路探测包. 每个节点发送一个广播探测包周期为 $\Delta = 1$ s. 发送探测包的时间每次可在 $0.9\Delta \sim 1.1\Delta$ 间任意选取. 由于在网络中链

路探测包的发送采用广播方式, 不会有 ACK 确认信息, 因此如果发生丢包现象, 节点也不会再重新发送探测包. 网络中的每个节点记录在过去的 Γ 时间(在本文中值为 10 s)内所接收到的探测包数量. 因此, 在任意 t 时刻计算发送端的传送率的计算公式如下所示:

$$r(t) = \frac{\text{count}(t - \Gamma, t)}{\Gamma / \Delta}. \quad (1)$$

式中: $\text{count}(t - \Gamma, t)$ 值是统计了在过去的 Γ 时间内所接收到的探测包数量; Γ / Δ 值是在 Γ 时间内发送的总探测包数量.

如图 1 所示的链路中, 采用式(1)的计算方法, 节点 X 会计算出 d_r , 节点 I (J 或 K) 可以计算出 d_f . 其中, d_r = 从邻居接收到路由探测包的数目/10; d_f = 邻居接收到路由探测包的数目/10. 例如: 计算节点 X 和节点 I 的丢包率 P . 取周期 $\Gamma = 10$ s, 在 10 s 的周期内, 统计到节点 X 接收到发自节点 I 的路由探测包数为 10 个, 而节点 I 接收到发自节点 X 的路由探测包数为 7 个, 然后, 节点 X 等待节点 I 以单播的方式回复此信息给自己, 节点 X 收到此信息后, 会计算由节点 X 传送到节点 I 的丢包率 P : $P = 1 - (1 - 0.3) \times (1 - 0) = 0.3$, 则转发成功率为 0.7. 再计算 ETX 的值为 $1/0.7 = 1.43$. 这样以此类推, 按照这种算法可以计算出每条链路的 ETX 和 P 的值.

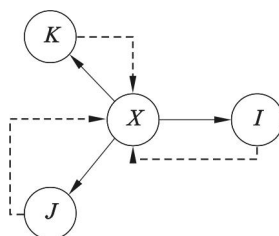


图1 探测包发送示意图
Fig. 1 Diagram of probe sending

2 基于地理位置预测的路由算法设计

2.1 L-iETT 算法基本思想

本文采用 DSR 路由算法, 但是节点在选择路由时不是根据最短跳数和 ETX 判据, 而是依据 iETT 值来选择更优的路径, 并且选择 iETT 值小的路径. 假设拓扑结构中节点 A 是源节点, 节点 B, C 是转发节点, D 是目的节点. 节点 A 与目的节点 D 的通信需要选择一条路径进行传输, 可供选择的路径是 $A - B - D$ 和 $A - C - D$ 两条路径. 若 t 时刻两条路径的干扰感知期望传输时间

iETT 的大小关系是: $iETT_{ABD} < iETT_{ACD}$, 则会选择 $A-B-D$ 这条路径进行转发数据. 但是节点 B 的运动方向是远离节点 A . 所以在 $t+1$ 时刻(下一时刻), 节点 B 已经不在节点 A 的通信范围之内, 而节点 C 仍然处于节点 A 和节点 D 的通信范围内. 在这种情况下, $A-B$ 链路已经断开, 选择 $A-B-D$ 路径就不能进行通信了.

为了避免这种现象, 可以提前预测节点下一时刻的地理位置, 预测运动趋势. 判断节点在下一时刻是否能够运动到彼此的通信范围内, 若在通信范围内, 则选择 iETT 值小的链路; 否则, iETT 判据不再适用. 本文采用 ARIMA 地理位置预测模型, 根据节点过去的地理位置信息预测 $t+1$ 时刻节点的地理位置, 可以提前预知节点的运动趋势, 确定位置关系; 然后再计算 iETT 的值, 选择在通信范围内的 iETT 值小的链路, 节点选择路由的方法流程图如图 2 所示.

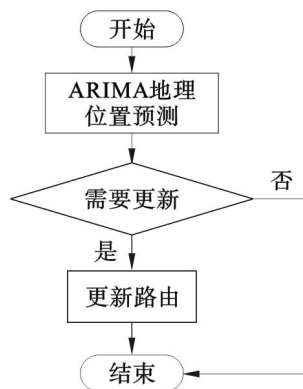


图 2 L-iETT 判据流程图
Fig. 2 Flow chart of L-iETT criterion

2.2 基于 L-iETT 的 DSR 路由算法的路由过程

在路由建立之前, 位置信息预测模块、探测包模块等模块都要初始化, 还有路由表的初始化. 在各部分初始化后, 开始广播发送探测包, 邻节点提取有用的信息并储存. 探测包发送的程序为

```

for(int i=0; i < size; i++)
{
    *(walk++) = (prob[i].ipadd_ >> 0) & 0xFF;
    *(walk++) = (prob[i].tau >> 0) & 0xFF;
}
  
```

其中, size 表示前 10 s 收到的发来探测包的邻节点的个数. 这样在接收端, 每个接收到此探测包的节点通过对比 ipadd_ 与自身 IP, 来获取相应的 tau, 再结合自身所收到的探测包个数, 可以得出 d_r, d_t 的大小, 利用公式计算出这条链路丢包率 P

的值.

路由更新时, 当节点收到 RREQ 时, 节点启动 ARIMA 地理位置预测, 判断下一时刻该节点与上一跳转发节点是否在通信范围内, 如果在通信范围, 则更新路由, 计算与上一跳转发节点链路的丢包率 P 、链路数据传输速率 R , 并且将计算结果及该中转节点地址存入 RREQ 的节点信息路由表中. 当 RREQ 到达目的节点时, 进行 iETT 的计算, 并将其值加入 RREP 返回源节点, 选择 iETT 值最小的 RREP 作为建立起一条通往目的节点的最优路径.

3 算法仿真及性能分析

3.1 仿真环境描述

本文使用 NS2^[9] 进行仿真, 节点随机分布在 $500\text{ m} \times 500\text{ m}$ 的矩形区域, 节点使用相同的无线收发设备, 采用单一增益的全向天线, 默认无线通信传输半径为 250 m, 无线接口带宽为 2 Mb/s. 每个 CBR 数据包大小为 512 byte, 移动速度在 1 ~ 5 m/s 内随机选取. 在实验结果中, 每个数据点表示 10 次实验的平均值. 表 1 给出了仿真中所使用的主要技术参数.

表 1 仿真环境参数
Table 1 Parameter of simulation circumstance

参数	值	参数	值
路由算法	L-iETT	传播模型	TwoRayGround
移动模型	RWP	业务类型	CBR
接口队列	PriQueue	队列长度	50
节点数	20	全向天线	OmniAntenna
仿真时间/s	300	发包速率/($\text{kb} \cdot \text{s}^{-1}$)	20

3.2 性能分析

为了能够较全面地比较算法的性能, 本文从平均吞吐量、平均端到端时延、路由开销 3 个性能度量标准进行了分析.

图 3 显示了吞吐量和节点停留时间之间的关系. 从图中可以看出, 改进的算法明显比 DSR 路由算法吞吐量高, 这是因为 iETT 判据综合考虑了各种因素对整个路径性能的影响, 因此它能够主动选择吞吐量高的链路进行数据传输. 而且本文引入的 ARIMA 模型可以提前预测节点运动趋势, 可提前得知节点是否运动出通信范围, 然后选择下一时刻能够运动到通信范围内的节点进行路由, 由此减少了链路断裂和丢包. 结果表明, 采用 L-iETT 比 DSR 吞吐量提高 6% ~ 9%.

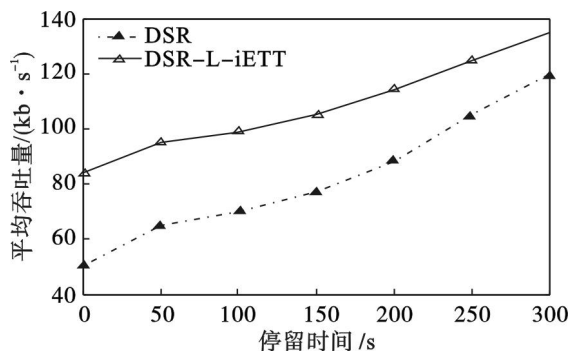


图3 平均吞吐量-停留时间
Fig. 3 Average throughput-pause time

由图4可知,L-iETT路由算法的时延比DSR路由算法降低2%~6%。这是因为本文运用的预测模型可以选择下一时刻稳定的链路进行路由,减少了路由中断次数,进而减少了路由重建的等待时延,使目的节点不可达现象减少,从而减少了发送数据的等待时间。

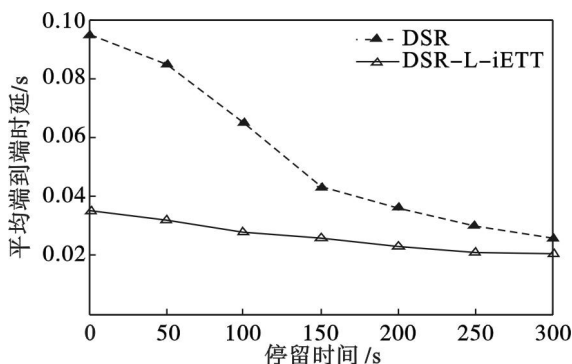


图4 平均端到端时延-停留时间
Fig. 4 Average end-to-end delay-pause time

路由开销与节点停留时间的关系如图5所示。随着节点停留时间的增加,两个协议的路由开销都在减少。这是因为随着节点停留时间的增加,链路中断次数减少,重建路由的次数就减少,需要的开销就较小。当停留时间达到一定值时,两个协议的路由开销趋于稳定。由图可见,L-iETT的

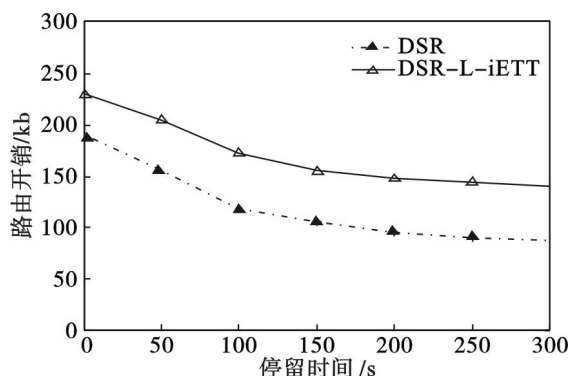


图5 路由开销-停留时间
Fig. 5 Route overhead-pause time

开销要大于DSR,这是因为L-iETT加入了周期为1s的广播探测包机制,所以造成了网络中的广播开销增大。

4 结 论

本文提出了基于ARIMA预测模型的L-iETT路由算法,利用干扰感知期望传输时间判据改进原始DSR算法,能够减少丢包,提高网络吞吐量,而且运用预测模型也可以减少链路中断,提高传输时延。L-iETT算法虽然在吞吐量和时延方面有明显的性能提升,但增加了广播开销,今后可在控制开销方面作进一步的改进。

参考文献:

- [1] Selvi K T. The secured OLSR protocol for MANET [C]// International Conference of Information and Communication Technology for Embedded Systems (ICICTES). Bengal, 2014;1-6.
- [2] Parvathi P. Comparative analysis of CBRP, AODV, DSDV routing protocols in mobile ad-hoc networks [C]// International Conference on Computing, Communication and Applications (ICCCA). Tamilnadu, 2012;1-4.
- [3] Kumar A, Lakshmanan A. An enhancement of dynamic source routing by efficient load balancing in wireless ad hoc networks [C]//IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC). Madurai, 2013;1-6.
- [4] Adya A, Bahl P, Padhye J, et al. A multi-radio unification protocol for IEEE 802.11 wireless networks [C]// Broadband Networks. Maribor, 2004;344-354.
- [5] Tai T A, Kyun K M. Characteristics of ETX link quality estimator under high traffic load in wireless networks [C]// High Performance Computing and Communications & 2013 IEEE International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing. Zhangjiajie, 2013; 611-618.
- [6] Li H K, Cheng Y, Zhou C. Multi-hop effective bandwidth based routing in multi-radio wireless mesh networks [C]// Global Telecommunications Conference. New Orleans, 2008; 1-5.
- [7] Biaz S, Qi B. IETT: a quality routing metric for multi-rate multi-hop networks [C]// IEEE Communications Society Subject Matter Experts for Publication in the WCNC 2008 Proceedings. Las Vegas, 2008;2729-2734.
- [8] Nakayama H, Ata S, Oka I. Predicting time series of individual trends with resolution adaptive ARIMA [C]// Measurements and Networking Proceedings. Naples, 2013; 143-148.
- [9] 王永胜,吴德伟,刘勇.基于NS2网络仿真研究[J].计算机仿真,2004,21(11):257-259.
(Wang Yong-sheng, Wu De-wei, Liu Yong. Network simulation based on NS2[J]. Computer Simulation, 2004, 21(11):257-259.)