



# 计算机科学

COMPUTER SCIENCE

## DTN中基于虚拟货币交易的高效率路由算法

崔建群, 刘珊, 常亚楠, 刘强强, 吴清铖

引用本文

崔建群, 刘珊, 常亚楠, 刘强强, 吴清铖. DTN中基于虚拟货币交易的高效率路由算法[J]. 计算机科学, 2024, 51(3): 300-308.

CUI Jianqun, LIU Shan, CHANG Yanan, LIU Qiangqiang, WU Qingcheng. Efficient Routing Algorithm Based on Virtual Currency Transaction in DTN [J]. Computer Science, 2024, 51(3): 300-308.

---

## 相似文章推荐 (请使用火狐或 IE 浏览器查看文章)

Similar articles recommended (Please use Firefox or IE to view the article)

### [基于SecureCNN的高效加密图像内容检索系统](#)

Efficient Encrypted Image Content Retrieval System Based on SecureCNN

计算机科学, 2023, 50(9): 26-34. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.230400033>

### [基于蜂群优化的Spiking神经网络模型研究与评估](#)

Study and Evaluation of Spiking Neural Network Model Based on Bee Colony Optimization

计算机科学, 2023, 50(8): 221-225. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.220700181>

### [基于复杂网络的全球航空网络结构分析与应用](#)

Analysis and Application of Global Aviation Network Structure Based on Complex Network

计算机科学, 2021, 48(6A): 321-325. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.200900112>

### [基于多模型的COVID-19传播研究](#)

Research on Propagation of COVID-19 Based on Multiple Models

计算机科学, 2021, 48(6A): 196-202. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.201100086>

### [DTN中基于消息质量和节点可信度的拥塞控制](#)

Congestion Control Based on Message Quality and Node Reliability in DTN

计算机科学, 2021, 48(4): 268-273. <https://doi.org/10.11896/jsjcx.200500011>

# DTN 中基于虚拟货币交易的高效率路由算法

崔建群 刘 珊 常亚楠 刘强强 吴清铖

华中师范大学计算机学院 武汉 430079

(jqcui@126.com)

**摘 要** 由于容迟网络的间歇性连接等特点,以及节点自身缓存、能量等资源受限,DTN 中的节点往往会表现出一定的自私性。自私节点的存在可能会提高网络的开销,降低消息的成功投递率。为了促进自私节点参与合作,提出了一种基于虚拟货币交易的高效率路由算法 PVCT(Efficient Routing Algorithm Based on Virtual Currency Transaction in DTN),并结合容迟网络的小世界特性,提高了路由算法的效率。该算法利用虚拟货币交易的方式,并根据节点的基本属性、位置属性、社会属性等进行定价,节点根据设计的价格函数给出对应的报价,并利用价格函数合理地分配消息副本数。在 PVCT 策略中,节点根据判断情况分为正常节点和自私节点,当消息的跳数小于或等于两跳时,按照概率路由的策略进行转发;反之,当消息的跳数大于两跳时,若遇到的为自私节点,则执行虚拟货币交易的路由算法。携带消息节点的出价若高于转发节点的价格,则进行交易,更新各自的收益状态;否则,进入二次价格调整阶段以协调节点双方之前的虚拟报价。仿真实验表明,PVCT 路由算法在 DTN 中能更好地促进消息的转发,从而提升网络的整体性能。

**关键词**:DTN;虚拟货币;小世界;价格函数;自私节点

**中图分类号** TP393

## Efficient Routing Algorithm Based on Virtual Currency Transaction in DTN

CUI Jianqun, LIU Shan, CHANG Yanan, LIU Qiangqiang and WU Qingcheng

School of Computer Science, Central China Normal University, Wuhan 430079, China

**Abstract** Due to the characteristics of intermittent connection of the delay tolerant network, as well as the limited resources such as the node's own cache and energy, the nodes in the DTN tend to show a certain degree of selfishness. The existence of selfish nodes may increase the network overhead and reduce the successful delivery rate of messages. In order to promote selfish nodes to participate in cooperation, an efficient routing algorithm PVCT (efficient routing algorithm based on virtual currency transaction in DTN) is proposed, which combines the small world characteristics of the delay tolerant network to improve the efficiency of the routing algorithm. The algorithm uses the virtual currency transaction mode, and prices according to the basic attributes, location attributes, social attributes, etc. of the node. The node gives the corresponding quotation according to the designed price function, and uses the price function to reasonably allocate the number of message copies. In PVCT strategy, nodes are divided into normal nodes and selfish nodes according to their judgments. When the number of hops of messages is less than or equal to two hops, they are forwarded according to the probability routing strategy. On the contrary, when the number of hops of the message is more than two hops, if a selfish node is encountered, the routing algorithm of the virtual currency transaction is executed. If the bid of the message carrying node is higher than the price of the forwarding node, the transaction will be conducted and the respective revenue status will be updated. Otherwise, entering the secondary price adjustment stage to coordinate the virtual quotation of both parties. Simulation results show that PVCT routing algorithm can better promote message forwarding in DTN, thus improving the overall performance of the network.

**Keywords** DTN, Virtual currency, Small world, Price function, Selfish node

### 1 引言

容迟网络(Delay Tolerant Network, DTN)<sup>[1]</sup>的概念最初来自于星际网络,主要用于应对节点间间歇性通信、节点之间

连接频繁中断的情况。容迟网络也适用于链路状态不稳定、数据传输延迟大、数据传输丢失率高、网络拓扑结构不断变化的极端通信环境,如野生动物追踪<sup>[2]</sup>、卫星通信网络<sup>[3]</sup>、地震紧急通信网络<sup>[4]</sup>、车载自组织网络<sup>[5]</sup>、无人机自组网<sup>[6]</sup>等应用

到稿日期:2022-12-23 返修日期:2023-05-14

基金项目:国家自然科学基金面上项目(62272189,61672257)

This work was supported by the National Natural Science Foundation of China(62272189,61672257).

通信作者:常亚楠(yncchang@mail.ccnu.edu.cn)

场景。然而,当DTN中节点的剩余缓存、剩余能量等资源不足时,节点会表现出一定的自私倾向,拒绝转发或者丢弃消息,降低了消息交付的成功率。如何促进自私性节点合作,设计出一条高效的传输路径,是当前容迟网络需要解决的问题之一。

目前,大多数路由协议都是基于节点合作的背景下,例如传统的概率路由PROPHET<sup>[7]</sup>算法,相遇的两个节点相互比较相遇概率,从而选择最佳的中继节点传递消息。该算法筛选下一跳节点时只比较相遇概率,没有考虑节点的类型对路由的影响,而且对消息副本数量的分配也没有上限。目前,很多相关学者开始引入节点的自私性来设计路由算法,然而仍然存在考虑不足的方面,包括节点类型的判断复杂且对消息的成功投递率提升幅度不大等问题。

基于针对以上问题的分析,本文提出了基于虚拟货币交易的路由算法PVCT。其主要贡献如下:

1)根据节点的基本属性(缓存、能量、消息生存时间)、社会属性(亲密度)、位置属性(速度、距离、角度)设计价格函数,并利用节点双方设计的价格函数合理地分配消息副本的数量。

2)通过节点亲密度函数来判断节点间的亲密程度,若两个节点的亲密度高,携带消息的节点在选择转发节点时,转发节点应适当降低收入函数的价格,反之,应提高收入函数的价格。由于容迟网络的小世界<sup>[8]</sup>特征,通过限制消息经过的中间节点的个数来提高投递率,在该算法中以两跳为度量。

3)节点以现有的概率路由PROPHET中改进的平均相遇概率作为转发基础。若转发节点为正常节点,当该节点的平均相遇概率大于源节点时,则将消息进行转发;若转发节点为自私节点,则按照虚拟货币交易的方式进行路由转发,当携带消息节点的支付价格高于转发节点的出价时,交易成功,否则进入二次价格调整阶段,抑制自私节点的虚拟报价。

4)在缓存方面采用ACK<sup>[9]</sup>确认删除机制,及时删除节点中冗余的消息副本,减轻网络负担。

## 2 相关工作

为了处理节点自私性带来的问题,当前的研究方法大多聚集在设计节点的激励机制上。已有的激励路由策略主要包括三大类,分别是基于信誉的路由算法<sup>[10]</sup>、基于等量交换的路由算法<sup>[11]</sup>以及基于虚拟货币的路由算法<sup>[12]</sup>。基于信誉的路由算法的核心思想是每个节点都携带一张与其他节点交互的信誉表,在路由转发过程中比较相邻节点的信誉值,把消息交付给信誉值较大的节点。基于等量交换的路由算法利用互利对等的思想,双方节点帮助和转发的数据包数量相等。基于虚拟货币的路由算法中,节点引入虚拟货币的概念,将每一次消息转发过程抽象为买卖双方交易的过程,一旦交易成功,转发节点就会收到携带消息的节点支付的虚拟货币。同样,节点也可以利用自身拥有的虚拟货币购买相应的数据转发服务。

基于虚拟货币的路由算法在无线网络、社交容迟网络等网络中应用广泛,且算法相对简单,容易实现。目前越来越多的研究人员将这种激励策略与博弈论相结合,从而激励自私

节点参与消息转发。文献[13]提出的VCILDR算法考虑到节点时延的因素,将数据转发给时延最小的下一跳节点,并引入轮流出价的博弈模型。该算法在一定程度上能有效激励自私节点合作,但是没有考虑节点能量、缓存等方面的资源限制,而且节点可能会出现虚拟报价的行为。文献[14]提出的AMIM激励机制,根据节点的资源状态、数据属性和虚拟货币的数量,制定出买卖双方的估价函数,并引入博弈论,分析出该激励机制的纳什均衡解,然而该算法也可能出现虚拟货币不足的情况。文献[15]提出的GIS路由策略,通过建立三次价格模型来进行交易,无需第三方机制管理,可以有效抑制恶意节点的虚假报价。文献[16]提出的CAIS算法根据节点的社会关系将其划为两种社区,分别应用社区虚拟代币和非社区虚拟代币进行交易。其中消息的副本数可以根据合作级别和获得的货币量进行调整。然而,此激励方案没有考虑货币缺乏的问题。文献[17]提出的NIS策略针对存在的虚拟货币缺乏和报价问题,设计了动态可支配的虚拟货币分配策略,依据透明的财富和资源状态对节点双方价格进行再次调整,阻止节点出现不合理的报价行为,虽然有效激励了自私性节点的合作,但消息的成功投递率相对较低。文献[18]提出了基于二次价格密封拍卖机制的激励路由算法,买方节点根据公式计算出期望投标值,并以密封的方式发送给卖方节点。出价最高的节点转发消息并以理想的价格成交。该算法首次引入二次价格拍卖机制,其局限性在于认为所有的节点是可信的,无法避免节点出现谎报虚拟预算值的行为。文献[19]提出的EOGH算法将消息的转发过程当作节点间博弈议价的过程,依据设计的概率转发策略选择合适的下一跳节点,采用虚拟代币的激励方法,引入惩罚策略和效益函数来实现节点在能耗上的均衡。然而,该算法要求节点需要充足的缓存空间,且只考虑能量消耗一种指标。

以上算法是针对虚拟货币的路由算法的应用,考虑到了节点的社会特征、缓存、能量以及财富状态等情况,但有些算法可能会出现节点虚拟货币缺乏或者消息副本分配不合理的情况,本文综合考虑了节点的基本属性、位置属性以及社会属性,并结合容迟网络小世界特性,通过限制消息的跳数来提高投递率。针对网络中存在的正常类型节点和自私类型节点,采取不同的路由策略,合理地分配消息副本,促进节点间数据的合作转发,并有效提高数据的成功交付率。

## 3 模型概述

针对本文算法所适用的环境提出如下条件:

- 1)每个节点都存储一定数量的虚拟货币。
- 2)双方节点进行交易时知道彼此的价格和虚拟货币情况。
- 3)假设网络中存在 $M$ 个节点,则在DTN中节点的集合表示为 $N_{\text{set}} = \{v_1, v_2, \dots, v_M | M \geq 1\}$ 。

### 3.1 节点平均相遇概率

本文路由阶段采用改进的概率路由算法PROPHET<sup>[7]</sup>。为了避免出现路由抖动现象,消息的转发概率用节点的平均相遇概率来代替<sup>[20]</sup>。

网络中节点的平均相遇概率指两个节点在一段时间内平均接触的次数,记为 $P_{\text{avg}(x)}(m, n)$ ,由文献[20]可知,节点 $v_m$ 和

$v_n$  在第  $x$  次相遇的平均概率如式(1)所示:

$$P_{\text{ave}(x)}(m, n) = \frac{\sum_{j=1}^{x-1} t_j \times P_{\text{ave}(x-1)}(m, n) + t_x \times P_x(m, n)}{\sum_{j=1}^x t_j} \quad (1)$$

其中,  $t_j$  为节点间第  $j-1$  次与第  $j$  次相遇时的时间间隔;  $P_x(m, n)$  和  $P_{\text{ave}(x)}(m, n)$  分别表示节点间第  $x$  次相遇时的相遇概率和平均相遇概率。

### 3.2 节点虚拟货币状态

网络中的节点初始都拥有一定数量的虚拟货币, 其拥有的虚拟货币量在一定程度上体现了节点的转发能力。根据节点现有的虚拟货币量, 可以划分为 3 种不同的虚拟货币状态: 充足状态、一般状态、不足状态。

假设节点在  $t$  时刻拥有的虚拟货币数量为  $W_t$ 。虚拟货币阈值  $W_{\min}$  和  $W_{\max}$  分别代表节点拥有的虚拟货币量的最高值和最低值。当  $W_t > W_{\max}$  时, 节点处于虚拟货币充足状态, 此时  $C_m > 1$ ; 当  $W_t < W_{\min}$  时, 节点处于虚拟货币不足状态, 此时  $C_m < 1$ ; 当  $W_{\min} \leq W_t \leq W_{\max}$  时, 节点处于虚拟货币一般状态, 此时  $C_m = 1$ 。

节点  $v_m$  的虚拟货币状态划分如式(2)所示:

$$C_m = \begin{cases} \frac{W_t}{W_{\max}}, & W_t > W_{\max}, & \text{充足状态} \\ \frac{W_t}{W_{\min}}, & W_t < W_{\min}, & \text{不足状态} \\ 1, & W_{\min} \leq W_t \leq W_{\max}, & \text{一般状态} \end{cases} \quad (2)$$

### 3.3 节点基本属性

节点的基本属性主要包括节点的缓存、能量以及节点所携带消息的生存时间。节点  $v_m$  的基本属性函数由节点剩余缓存比、节点剩余能量比以及所携带消息剩余生存时间比组成, 其定义如式(3)所示:

$$f_{\text{BET}}(m) = \alpha \times \left(1 - \frac{B_m}{B_{\max}}\right) + \beta \times \left(1 - \frac{E_m}{E_{\max}}\right) + \gamma \times \left(1 - \frac{T_m}{T_{\max}}\right) \quad (3)$$

其中,  $\alpha, \beta, \gamma$  为对应的不同权重值,  $B_m, E_m, T_m$  分别表示节点  $v_m$  当前的剩余缓存空间、剩余能量值以及所转发消息的剩余生存时间。节点  $v_m$  的剩余资源越多, 说明节点转发能力越强, 节点更愿意合作帮忙转发其他消息。

### 3.4 节点位置属性

节点的位置属性主要包括节点的运动速度、与目的节点的夹角以及距离。节点  $v_m$  的位置属性函数  $\text{pos}(m, d)$  的定义如式(4)所示:

$$\text{pos}(m, d) = \frac{S_m \times |\cos G|}{D_{(m, d)}} \quad (4)$$

其中,  $S_m$  表示节点  $v_m$  的运动速度, 假设节点  $v_m$  和目的节点  $v_d$  的位置坐标分别为  $(x_m, y_m)$  和  $(x_d, y_d)$ , 则  $\cos G = \frac{x_m \times x_d + y_m \times y_d}{\sqrt{(x_d + y_d)^2} \times \sqrt{(x_m + y_m)^2}}$ ,  $0 \leq G \leq \pi$ ,  $G$  表示节点  $v_m$  与  $v_d$  的夹角,  $D_{(m, d)} = \sqrt{(x_m - x_d)^2 + (y_m - y_d)^2}$ , 表示节点  $v_m$  与  $v_d$  的 Euclidean 距离。

用高斯相似函数<sup>[21]</sup>对式(4)进行归一化, 将其作为衡量

节点位置属性的度量, 如式(5)所示:

$$g(m) = e^{\frac{-(\text{pos}(m, d))^2}{2\sigma^2}} \quad (5)$$

其中,  $\sigma$  ( $\sigma > 1$ ) 为比例参数, 调节节点位置属性函数的波动情况。节点位置属性函数越小, 中继节点到达目的节点所需的时间越短, 位置越有利, 源节点更愿意把消息传给中继节点。

### 3.5 节点亲密度

在 DTN 中, 节点被赋予一定的社会属性, 如爱好相似的节点经常会聚集在某个地点活动, 而很少访问其他地点, 频繁被访问的地点被称为“社区”<sup>[22]</sup>。假设网络中的每个节点都有符合自己社交属性的社区, 可以根据节点所属的社区来确定节点间的亲密程度。同属于一个社区的节点亲密程度较高, 节点之间的活动范围相似程度高。

**定义 1**(节点亲密度) 节点  $v_m$  和  $v_n$  的亲密度定义为两个节点共同拥有的邻居节点的数目, 记为  $h(m, n)$ , 如式(6)所示:

$$h(m, n) = |NC_m \cap NC_n| \quad (6)$$

其中,  $NC_m$  和  $NC_n$  分别表示节点  $v_m$  和  $v_n$  的邻居节点集合。如果两个节点接触过的相邻节点几乎重合, 则说明它们的亲密程度很高, 活动的区域也很相似。节点  $v_m$  更愿意把消息传递给亲密度低的节点  $v_n$  (仅当该节点不为目的节点), 这样消息的传播范围更广, 到达目的节点的延迟越低。

### 3.6 节点自私属性

判断一个节点是否是自私节点, 除了考虑节点的实际转发意愿强度外, 还要考虑节点自身的剩余资源情况。

节点  $v_m$  的转发意愿强度定义为节点  $v_m$  实际转发消息的数目与该节点接收到的消息总数之比, 记为  $FN(m)$ , 具体如式(7)所示:

$$FN(m) = \frac{MS_{\text{forward}}}{MS_{\text{forward}} + MS_{\text{drop}}} \quad (7)$$

其中, 节点接收到的消息总数由节点实际转发的消息总数  $MS_{\text{forward}}$  和节点丢弃的消息总数  $MS_{\text{drop}}$  组成。当节点  $v_m$  的转发意愿低于某一阈值  $FN_{\min}$  时, 节点可能为自私节点。考虑到节点的社会自私性, 当节点自身可用的资源较少时, 节点接收来自其他节点消息的意愿会降低, 因此判定一个节点是否具有自私属性, 还要考虑节点自身的剩余资源情况。

节点  $v_m$  的剩余资源情况由缓存、能量组成的度量式组成, 记为  $FR(m)$ , 具体如式(8)所示:

$$FR(m) = 1 - \sqrt[3]{k_1 \times \left(1 - \frac{B_m}{B_{\max}}\right) + k_2 \times \left(1 - \frac{E_m}{E_{\max}}\right)} \quad (8)$$

其中,  $FR(m) \in [0, 1]$ , 0 表示节点资源充足, 1 表示节点资源耗尽,  $k_1$  和  $k_2$  分别表示缓存和能量所占的不同权重值, 且  $k_1 + k_2 = 1$ , 这里设置节点的缓存资源占较大的比重, 经多次实验取得  $k_1 = \frac{1}{3}$ ,  $k_2 = \frac{2}{3}$ , 此时节点的剩余资源情况判断最合理。当节点的  $FR$  值低于某阈值  $FR_{\min}$  时, 节点可能为自私节点。综上可知, 判断一个节点是否是自私节点需要满足两个条件:  $FN < FN_{\min}$  或  $FR < FR_{\min}$ 。

## 4 PVCT 策略

PVCT 策略以 PROPHET 协议为基础进行改进, 并结合

节点的社会特征,设计关于节点交易的函数,从而促进不同类型节点的合作,提高消息的成功交付率。

#### 4.1 源节点支出函数

源节点 $v_m$ 定义为消费节点,为了转发消息,需要支出虚拟货币给合适的下一跳节点。当节点的虚拟货币状态为充足状态时,源节点非常愿意以较高的价格完成消息的交易;当节点的虚拟货币状态为不足状态时,随着消息生存时间的缩短,节点可用的缓存、能量逐渐耗尽,源节点想尽快把消息转发出去,因此源节点会向转发节点支付较多的虚拟货币,其消息的出价会偏高。综上可知,源节点 $v_m$ 的支出函数如式(9)所示:

$$SN_{\text{price}}(m) = M_{\text{size}} \times (f_{\text{BET}}(m) + \sigma_m \times g(m)) \times C_m \quad (9)$$

其中, $M_{\text{size}}$ 表示要转发消息的大小; $C_m$ 表示节点 $v_m$ 的虚拟货币状态; $\sigma_m$ 是节点位置属性所占的权重,且满足 $\alpha + \beta + \gamma + \sigma_m = 1$ 。

由式(9)可以得,随着节点缓存、能量的逐渐减少,节点想转发消息的任务会越来越紧急,为了降低节点缓存的压力,节点会在消息的生存时间耗尽前把消息转发出去。另一方面,当源节点到达目的节点的时间越长,为了及时找到中继节点来传递消息,源节点会稍微抬高价格。还要考虑节点的虚拟货币状态,当节点虚拟货币充足时,节点为了转发需求出价会较高,反之,出价会相对较低。

#### 4.2 转发节点收入函数

转发节点 $v_n$ 定义为收入节点,每次接收源节点的携带消息时,需要收取一定数量的虚拟货币。当节点的虚拟货币状态为充足状态时,节点提供消息转发的意愿会降低;当节点的虚拟货币状态为不足状态时,节点需要从别处获取更多的虚拟货币,其提供消息转发的意愿会提高。另外,还要判断节点 $v_m$ 和 $v_n$ 的亲密度,若节点间的亲密度高,即 $h > h_{\min}$ ,则说明两个节点活动重复区域高,此时节点 $v_n$ 转发消息意愿不强,出价会相对较低,如式(10)所示;反之,若节点间的亲密度低,即 $h \leq h_{\min}$ ,则转发节点出价会相对较高,如式(11)所示。

$$TN_{\text{price}}(n) = M_{\text{size}} \times (f_{\text{BET}}(n) - \sigma_n \times e^{h(m,n)}) \times \frac{1}{C_n} \quad (10)$$

$$TN_{\text{price}}(n) = M_{\text{size}} \times (f_{\text{BET}}(n) + \sigma_n \times e^{h(m,n)}) \times \frac{1}{C_n} \quad (11)$$

其中, $M_{\text{size}}$ 表示要接收消息的大小; $C_n$ 表示节点 $v_n$ 的虚拟货币状态; $h_{\min}$ 表示节点间亲密度的最低阈值; $\sigma_n$ 为节点亲密度所占的权重值,且满足 $\alpha + \beta + \gamma + \sigma_n = 1$ 。

由式(10)可知,在相同的虚拟货币状态下,随着消息生存时间的缩短,节点的可用缓存、能量逐渐耗尽,转发节点提供消息转发服务的估价会偏高。同时,转发节点接收消息的意愿随着亲密度的增加而降低。

#### 4.3 副本分配策略

在PVCT策略中,若节点 $v_n$ 为下一跳节点,则该节点 $v_n$ 分配的消息副本数 $LC_n^{\text{new}}(m_i)$ 如式(12)所示,与双方的价格函数有关。

$$LC_n^{\text{new}}(m_i) = \left[ \frac{TN_{\text{price}}(n)}{SN_{\text{price}}(m) + TN_{\text{price}}(n)} \times LC_m^{\text{old}}(m_i) \right] \quad (12)$$

其中, $LC_m^{\text{old}}(m_i)$ 为源节点 $v_m$ 携带的初始消息 $m_i$ 的副本数。

源节点 $v_m$ 的剩余消息 $m_i$ 的副本数量更新情况 $LC_m^{\text{new}}$ 如式(13)所示:

$$LC_m^{\text{new}}(m_i) = LC_m^{\text{old}}(m_i) - LC_n^{\text{new}}(m_i) \quad (13)$$

#### 4.4 路由策略

本文将介绍PVCT策略的消息转发以及实现过程的伪代码。

基于虚拟货币交易的路由过程与传统的PROPHET路由过程相似,采用平均相遇概率作为转发度量。另外,考虑到容迟网络的小世界特性,以消息的两跳作为转发基础。消息具体的转发过程如下:

1) 根据转发意愿和剩余资源情况确定节点自私性。

2) 当节点 $v_m$ 与 $v_n$ 相遇时,若节点 $v_m$ 所携带的消息转发跳数小于等于2,且节点 $v_n$ 的平均相遇概率大于节点 $v_m$ ,则节点 $v_n$ 接收该消息。

3) 若节点 $v_m$ 所携带的消息转发跳数大于2,则按照不同类型的节点进行不同的操作:

若节点 $v_n$ 为正常节点,则需要比较节点 $v_m$ 与节点 $v_n$ 的平均相遇概率,若节点 $v_n$ 的平均相遇概率较高,则传递消息给节点 $v_n$ 。

若节点 $v_n$ 为自私节点,则计算出节点 $v_m$ 与 $v_n$ 的价格函数,当节点 $v_m$ 的出价高于节点 $v_n$ 的估价,并且节点 $v_n$ 的平均相遇概率大于节点 $v_m$ 时,根据式(12)分配消息副本数量,向节点 $v_n$ 交付消息,并更新收益情况。否则,进行步骤4,进入价格的二次调整阶段。

4) 当转发节点 $v_n$ 的虚拟货币状态为充足状态时,即 $C_n \geq 1$ ,若节点 $v_m$ 此时也为充足状态,即 $C_m \geq 1$ ,则节点 $v_m$ 可以适当提高消息的出价,促进这次交易的成功;反之,若节点 $v_m$ 此时为不足状态,则节点 $v_m$ 此时最好的状态保持出价不变。在消息转发的整个过程中,节点 $v_n$ 可能受动态环境的干扰,即无法保证将消息一定送到目的节点,因此价格函数需要根据平均相遇概率和虚拟货币状态做调整,当 $C_n \geq 1, C_m \geq 1$ 时,双方价格调整如式(14)所示;当 $C_n \geq 1, C_m < 1$ 时,双方价格调整如式(15)所示,其中 $P_{\text{ave}(x)}$ 为节点平均相遇概率。

$$\begin{cases} SN_{\text{price}}(m) = SN_{\text{price}}(m) \times C_m \\ TN_{\text{price}}(n) = TN_{\text{price}}(n) \times \frac{\sqrt{P_{\text{ave}(x)}}}{C_n} \end{cases} \quad (14)$$

$$\begin{cases} SN_{\text{price}}(m) = SN_{\text{price}}(m)_{\text{init}} \\ TN_{\text{price}}(n) = TN_{\text{price}}(n) \times \frac{\sqrt{P_{\text{ave}(x)}}}{C_n} \end{cases} \quad (15)$$

当转发节点 $v_n$ 的虚拟货币状态为不足状态时,即 $C_n < 1$ ,若此时节点 $v_m$ 为充足状态,则节点 $v_m$ 的转发压力相对较小,可以根据自身缓存情况和虚拟货币状态适当提高出价价格。在相同的虚拟货币状态下,随着节点 $v_m$ 剩余缓存、能量的减少,节点想尽快把消息转发出去,因此出价价格也会提高。若此时节点 $v_m$ 为不足状态,则节点 $v_m$ 和 $v_n$ 均需要调整价格。当 $C_n < 1, C_m \geq 1$ 时,双方价格调整如式(16)所示;当 $C_n < 1, C_m < 1$ 时,双方价格调整如式(17)所示。其中, $B_m, E_m, T_m$ 符号的意义与式(3)相同, $u_1, u_2, u_3$ 为折扣系数,且 $u_1 + u_2 + u_3 = 1$ 。经过大量的实验表明,当 $u_1 = u_3 = 0.4, u_2 = 0.2$ 时,节点双方价格调整的效果最好。

$$\begin{cases} SN_{\text{price}}(m) = SN_{\text{price}}(m) \times C_m \times e^{(u_1 \times B_m + u_2 \times E_m + u_3 \times T_m)} \\ TN_{\text{price}}(n) = TN_{\text{price}}(n)_{\text{init}} \end{cases} \quad (16)$$

$$\begin{cases} SN_{price}(m) = SN_{price}(m) \times C_m \\ TN_{price}(n) = TN_{price}(n)_{init} \end{cases} \quad (17)$$

上述消息转发的伪代码如算法 1 所示, PVCT 策略消息的转发过程如图 1 所示。

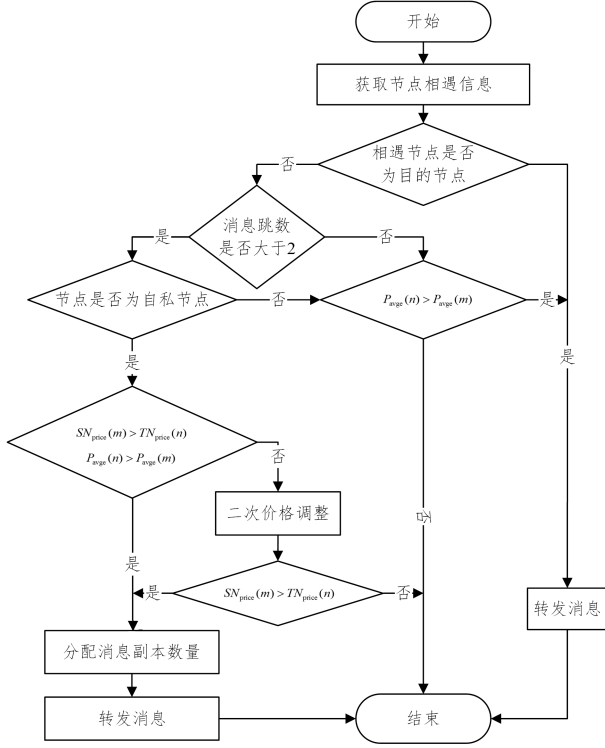


图 1 PVCT 策略的消息转发过程

Fig. 1 Message forwarding process of PVCT strategy

### 算法 1 PVCT 路由算法

输入: 节点平均概率计算函数  $InitAvgPredFor()$ , 节点  $v_m$  的消息列表

Message\_list, 节点自私属性判断函数  $Getnode\_attribute()$

输出: 发送消息列表  $ForwardMessageList()$

```

1. For 消息  $m_i$  in 节点  $v_m$  do
2. IF 节点  $v_m$  与节点  $v_n$  不在通信范围内 THEN
3.   Break;
4. END IF
5. IF  $m_i.getHopCount() \leq 2$  then
6.   IF  $getAvgPredFor(n) \geq getAvgPredFor(m)$  THEN
7.     forward( $m_i$ );
8.   END IF
9. ELSE IF  $m_i.getHopCount() > 2$  THEN
10.  switch(attribute_n)
11.  case 0:
12.  IF  $getAvgPredFor(n) \geq getAvgPredFor(m)$  THEN
13.    forward( $m_i$ );
14.  END IF
15.  case 1:
16.  IF  $getAvgPredFor(n) \geq getAvgPredFor(m)$  THEN
17.    calculate 节点  $v_m$  支出函数(见式(9))
18.    IF( $m_i.getSimilar(n) > sim\_th$ )
19.      calculate 节点  $v_n$  收入函数(见式(10))

```

```

20.   ELSE
21.     calculate 节点  $v_n$  收入函数(见式(11))
22.   END IF
23. IF( $SN_{price}(m) > TN_{price}(n)$ )
24.   根据式(12)更新  $LC_n^{new}(m_i)$ 
25.   forward( $m_i$ );
26. ELSE 二次价格调整阶段
27. END IF
28. END IF
29. END IF
30. END FOR

```

假设网络中节点  $v_m$  携带的消息数为  $N$ , 若每个消息都能被交付给对应的目的节点, 则算法 1 对应的时间复杂度为  $O(N)$ 。

## 5 仿真分析

### 5.1 仿真环境设置

为了评估 PVCT 策略的综合性能, 本文采用 ONE 仿真平台<sup>[23-24]</sup>进行路由算法比较。使用芬兰首都赫尔辛基的城市地图作为仿真场景, 节点按照批处理的模式进行仿真运行, 其中行人、汽车这两组节点的移动方式为基于地图路线的最短路径模型, 有轨电车节点的移动方式为基于地图的固定路线模型。在这 3 组节点中都可能存在自私节点, 验证在自私节点存在的真实环境中 PVCT 算法的综合性能表现。

从消息的投递率、平均时延、网络平均开销等方面, 与 NIS<sup>[17]</sup>算法、经典算法 Prophet<sup>[7]</sup>以及在 Prophet 基础上改进的算法 CARA<sup>[25]</sup>, MASS<sup>[26]</sup>进行比较。本文算法的实验参数设置如表 1 所列, 其他参数由多次仿真实验确定。

表 1 实验参数

Table 1 Experiment parameters

参数名	取值范围
运行时间/h	12
模拟环境大小/ $m^2$	4500×3400
节点种类	行人; 汽车; 有轨电车
节点初始能量/ $A \cdot h$	200
节点扫描一次数据消耗能量/ $mA \cdot h$	20
节点传输一次数据消耗能量/ $mA \cdot h$	100
节点扫描的时间间隔/s	30
$FN_{min}$	0.3
$FR_{min}$	0.2
$\sigma$	25
$\alpha, \beta, \gamma$	0.3
$\sigma_m, \sigma_n$	0.1

### 5.2 评价指标

1) 投递率: 目的节点成功接收到的消息数量与网络中存在的所有消息数量的比值。

2) 平均时延: 目的节点成功接收由源节点产生消息的总时间与成功投递消息总数的比值。

3) 网络开销: 需要传递的消息转发总次数与成功送至目的节点的消息数量的比值。

4) 平均跳数: 网络中的所有数据从产生到成功投递再到目的节点所经历的平均跳数。

### 5.3 初始虚拟货币值的确定

网络中每个节点都拥有一定数量的虚拟货币,确定合适的初始虚拟货币值对提升节点间消息的投递率很重要。为了避免节点虚拟货币出现伪造情况,初始虚拟货币的取值与节点的基本属性有关。当仿真刚开始运行时,节点间消息的传递还没有开始,此时节点先扫描一次数据需要消耗能量,虚拟货币的初始取值为节点初始能量与节点扫描一次数据消耗能量之间的比值,即从10000之后开始测试。在表1所列实验环境的设置下对 $W_0$ 进行不同指标的测验,综合考虑投递率、平均时延等因素,可以通过式(18)衡量节点初始虚拟货币值的综合指标。

$$CS_{W_0} = C_1 \times V_{\text{delivery}} + C_2 \times \frac{C_3}{V_{\text{latency}}} \quad (18)$$

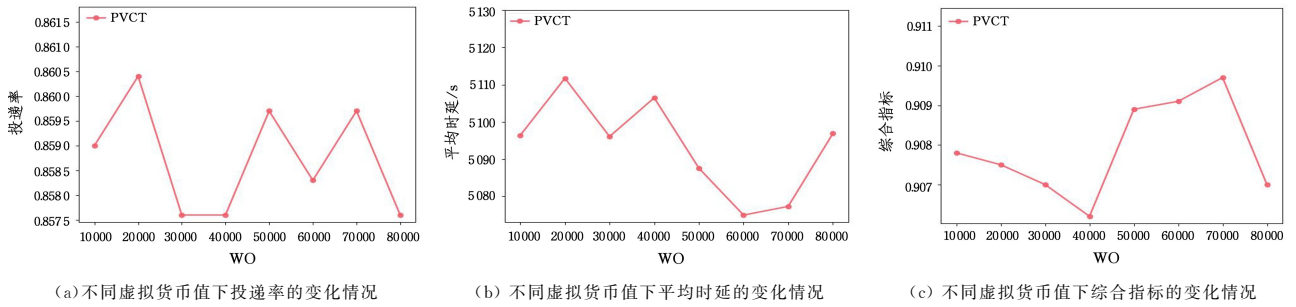


图2 节点虚拟货币值的确定

Fig. 2 Determination of node virtual currency value

### 5.4 实验结果分析

为了检验 PVCT 算法的综合性能,分别测试该算法在不同的节点缓存取值、消息生存周期和节点数目下其消息的投递率、平均延迟、平均网络开销等方面的表现。观察实验结果可以得出,该算法与对比算法在消息投递率、减小网络开销等

其中, $V_{\text{delivery}}$ 和 $V_{\text{latency}}$ 分别表示节点的投递率和平均时延取值, $C_1$ 和 $C_2$ 为所占的不同比重参数,且 $C_1 + C_2 = 1$ ,这里设置节点投递率占较大比重,经多次实验取得 $C_1 = 0.6, C_2 = 0.4, C_3$ 为调节平均时延的参数,初值设为5000s。

从图2(a)可以看出,当 $W_0 = 20000$ 或 $W_0 = 70000$ 时,消息的成功投递率较高, $W_0$ 为50000与 $W_0$ 为70000时投递率相等,从图2(b)可以看出, $W_0$ 为70000时平均时延相对较低。若 $W_0$ 取20000,从图2(b)中可以看出其平均延迟是最高的,若 $W_0$ 取70000,从图2(b)中观察可得平均延迟相对较低。另一方面,观察图2(c)可知,当 $W_0$ 取70000时,其综合指标值最高。基于上述的分析可知,本文中节点的虚拟货币值 $W_0$ 取70000时综合性能最好。

方面有明显的优势。

#### 5.4.1 节点的缓存对算法的影响

在本文的配置环境下,消息的生存时间固定在300min内,节点的缓存容量在5~30MB区间内变化。节点的缓存变化对各算法的影响如图3所示。

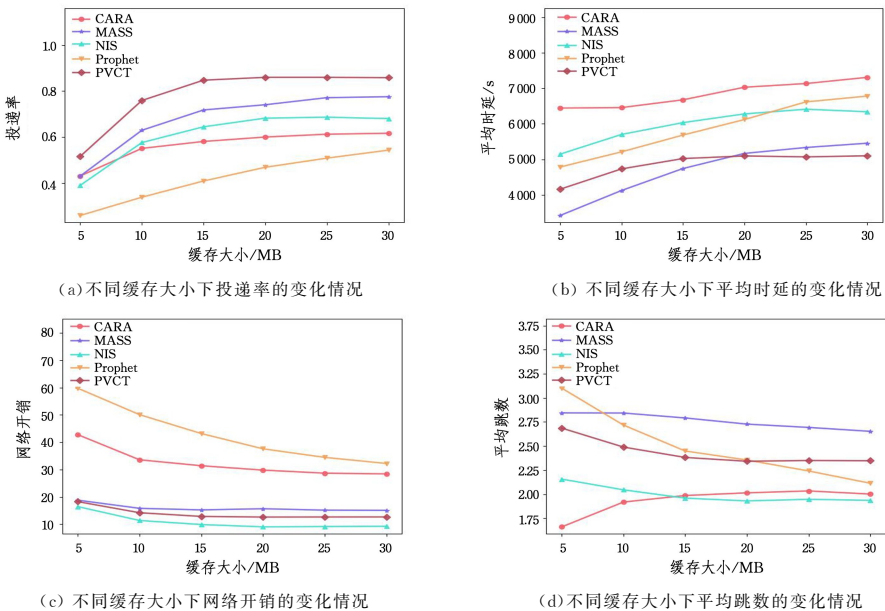


图3 在节点缓存变化下的算法对比

Fig. 3 Algorithm comparison with node cache changes

从图3可以观察到,本文提出的PVCT算法与其他算法相比,在节点缓存大小不断变化的情况下,其消息投递率最高,平均时延和网络开销较低,平均跳数较大。

从图3(a)可以观察到,随着节点缓存空间的不断增加,各种算法的投递率在不断提高,其中PVCT算法的投递率在缓存变化过程中始终高于其他对比算法。当节点的缓存容量

不断扩大时,每个节点携带的消息数量会增多,减少了因节点缓存容量不够而出现消息被丢弃的情况,因此携带消息的节点有更多的机会寻找最佳的转发节点,从而提高网络中数据的成功交付率。PVCT算法的平均投递率比 Prophet, MASS, CARA, NIS 算法分别提高了约 85.89%, 15.61%, 38.53%, 28.41%。

从图 3(b)可以看出,当缓存大小为 20MB 之后, PVCT 算法相比其他对比算法的平均延迟最低,这是因为 PVCT 算法节省了不同类型的节点到达目的节点的时间,为不同类型的节点规划出一条高效率的路径。PVCT 算法的平均延迟比 Prophet, CARA, NIS 算法降低了约 17.09%, 28.91%, 18.75%。

从图 3(c)可以看出, PVCT 算法的平均网络开销介于 MASS 算法和 NIS 算法之间,相对较低。这是因为 PVCT 算法考虑到了网络中自私节点的存在,并通过激励机制促进了节点间的合作转发,而且 PVCT 算法与 NIS 算法都加入了 ACK 删除机制,及时删除已经成功投递过的消息副本数量,降低网络负载。从图 3(d)可以看出, PVCT 算法从缓存为 15 MB 以后稳定在两跳左右。

#### 5.4.2 消息的生存周期对算法的影响

在本文的实验环境中,节点的缓存容量固定在 20 MB。消息的生存周期对各算法的影响如图 4 所示。

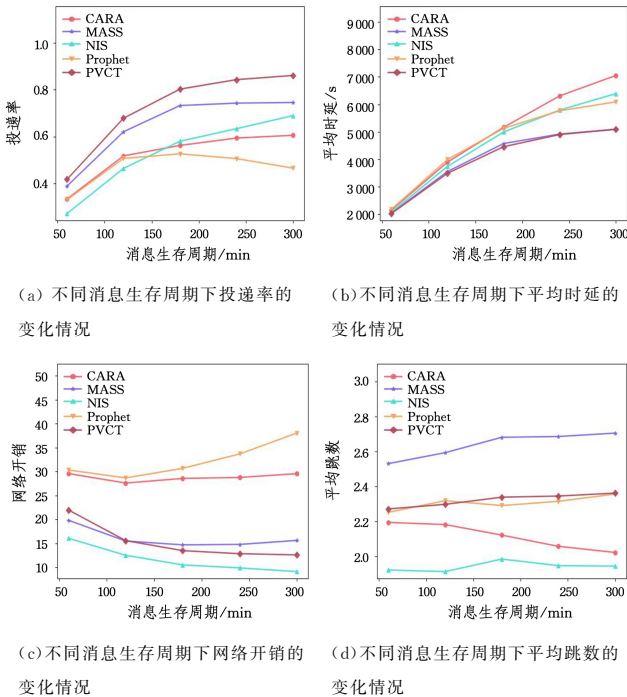


图 4 在 TTL 变化下的算法对比

Fig. 4 Algorithm comparison with TTL changes

观察图 4(a)可以得出,在消息的生存周期逐渐延长的过程中,各算法的消息投递率均有提升,其中 PVCT 算法消息的投递率最高。当消息的生存周期为 180 min 之后,可以发现 Prophet 算法的投递率逐渐下降。由于 Prophet 算法缺乏 ACK 机制,若消息的生存周期过长,则未成功投递的消息会过多占据节点的剩余缓存容量。综合分析可知, PVCT 算法

的平均投递率比 Prophet, MASS, CARA, NIS 算法提高了约 54.04%, 11.48%, 37.72%, 36.39%。

从图 4(b)可以看出,各算法的平均延迟随着消息生存周期的延长而逐渐提高。由于消息生存周期的增加会导致节点缓存消息的增多,为了接收新的消息,节点可能会删除目的节点将要接收的消息,从而导致网络平均时延的提高。具体来看, PVCT 算法的平均延迟与 MASS 算法接近。

从图 4(c)中可以看出, PVCT 算法和 NIS 算法的网络开销相对较低。当消息的生存周期为 120min 之后, PVCT 算法的网络开销介于 MASS 算法与 NIS 算法之间。从图 4(d)中可以看出, PVCT 算法的平均跳数在 2.2~2.4 跳之间波动,当消息生存时间为 250 min 之后,逐渐稳定在两跳左右。

#### 5.4.3 节点数目对算法的影响

在本文的实验环境下,把节点的缓存大小固定在 20 MB 左右,节点数目在 20~200 区间内变化。节点的数目变化对各算法的影响如图 5 所示。

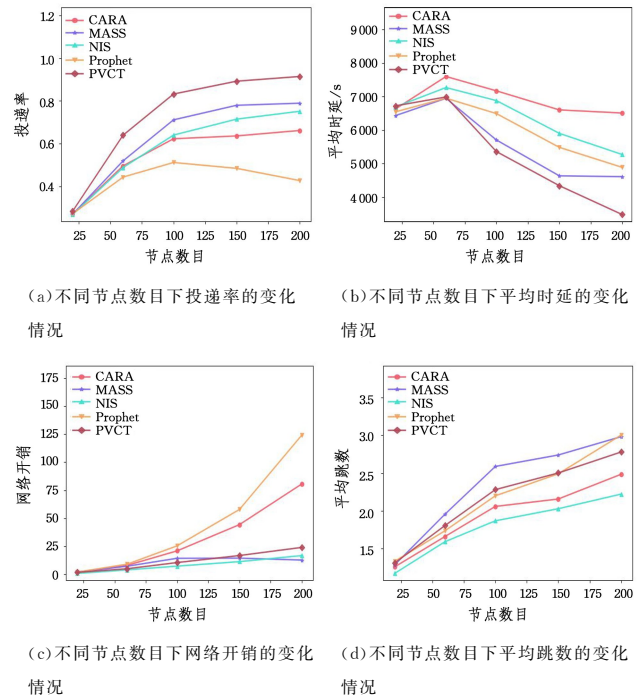


图 5 在节点数目变化下的算法对比

Fig. 5 Algorithm comparison with different numbers of nodes

从图 5(a)可以看出,当节点数目在 50 以下时,各算法的消息投递率差别不大,随着节点数目的增多,节点间接触机会相对增多,因此消息的成功交付率有所提高。当节点个数为 100 时, PVCT 算法的消息投递率接近 90%,这是因为该算法把网络中的节点进行分类,不同的节点执行不同的算法策略,从而高效地完成节点间消息的交付。具体来看, PVCT 算法的平均投递率比 Prophet, MASS, CARA, NIS 算法提高了约 66.43%, 16.05%, 32.52%, 24.43%。

观察图 5(b)可以得出,随着网络中节点数目的增多,各算法的平均延迟大多呈现下降的趋势。当节点的数目在 50 以上, PVCT 算法的平均时延最低。从图 5(c)可以看出, PVCT 算法的平均网络开销与 NIS 算法基本持平。具体

来看,PVCT算法的平均网络开销比 Prophet和CARA算法降低了约73.30%,62.60%。从图5(d)中看出,PVCT算法的平均跳数随着节点数目的增多而逐渐增加,介于CARA算法和MASS算法之间。

通过以上3组实验的对比可以发现,在相同的实验环境下PVCT算法的消息投递率最高,平均时延和平均网络开销相对较低,平均跳数相对较高。平均跳数相对较高的原因是PVCT算法促进了节点参与消息转发的积极性。其中,PVCT算法的平均时延会出现随着消息生存周期的增加而逐渐提高的情况,一方面可能是因为目的节点误丢了将要接收的消息,另一方面,如果当源节点所用的虚拟货币值不足,可能需要等待一段时间收取其他虚拟货币值或者重新选择下一跳节点,从而造成平均时延的提高。

**结束语** 本文针对DTN中存在自私节点的情况进行了分析,并设计了PVCT策略,以节点的平均相遇概率作为转发度量,综合考虑节点的属性来设计合理的价格交易函数,根据价格交易函数合理地分配消息副本的数量,并通过虚拟货币交易的方式有效促进节点间的合作。其中,货币收益促进了自私节点之间的转发消息意愿,提高了消息的交付概率,对筛选下一跳节点更加合理化,对路由选择的效率也有所提高。通过实验结果分析,证明了PVCT策略可以有效促进节点间的合作,提高了消息的交付率。从实验结果可以看出,该算法在节点密度较大时有较好的投递效果。另一方面,PVCT算法在本文设置的实验环境下,平均跳数相对较高,而且本文没有考虑到对异常节点的处理方式。当节点间的货币交易过程出现间歇中断时,携带消息的节点根据算法设计会重新选择下一跳节点,这可能会造成网络平均时延的增加,因此接下来将综合考虑上述情况,研究一种在虚拟货币交易中有效降低时延的缓存管理策略,以更好地应用在自私性的DTN中。

## 参 考 文 献

- [1] ZHANG J, WANG G, LIU C, et al. Delay Tolerant Network and the Algorithms of DTN Routing[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2019, 1169(1): 012058.
- [2] YANG W X. A rescue/rescue scheme based on DTN wildlife tracking network[J]. China Science and Technology Information, 2020(24): 88-89.
- [3] CAINI C. Delay-tolerant networks(DTNs) for satellite communications[J]. Advances in Delay-Tolerant Networks(DTNs), 2015(1): 25-47.
- [4] DUAN Z J, WANG X M, LI C B. Research on DTN based earthquake emergency rescue communication system [J]. Computer Application and Software, 2014, 31(1): 111-116.
- [5] AMIT K SR P. An efficient and intelligent routing strategy for vehicular delay tolerant networks[J]. Wireless Networks, 2020(1): 1-18.
- [6] QIAO G H, WU Q, WANG X, et al. Reinforcement learning based routing algorithm for UAV ad-hoc networks[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications(Natural Science Edition), 2023, 35(2): 335-342.
- [7] ANDERS L, AVRI D, OLOV S. Probabilistic routing in intermittently connected networks[J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, 2003, 7(3): 19-20.
- [8] ZHOU C R, XU X Q, YANG L, et al. Delay tolerant network routing algorithm based on small world and energy efficiency [J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2016, 45(1): 129-134.
- [9] KAWABATA N, YAMASAKI Y, OHSAKI H. On message delivery delay of epidemic DTN routing with broadcasting ACKs [C]// IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference(COMPSAC). IEEE, 2017, 1: 701-704.
- [10] KHALILI A, SAMI A. SysDetect: A systematic approach to critical state determination for Industrial Intrusion Detection Systems using Apriori algorithm[J]. Journal of Process Control, 2015, 32: 154-160.
- [11] KASHI S S, SHARIFI M. Coverage rate calculation in wireless sensor networks[J]. Computing, 2012, 94(11): 833-856.
- [12] WANG J, JIANZHU L U, ZENG X. Data aggregation scheme for wireless sensor network to timely determine compromised nodes[J]. Journal of Computer Applications, 2016, 36(9): 2432-2437.
- [13] JIANG Q F, MEN C G, LI X, et al. DTNs incentive aware low delay routing based on virtual currency[J]. Computer Research and Development, 2015, 52(12): 2707-2724.
- [14] LIU H, CHEN Z G, ZHANG L M. Data forwarding incentive mechanism based on auction model in mobile social network[J]. Journal of Communication, 2017, 38(11): 111-120.
- [15] LIU Q L, LIU M S, LI Y. Research on incentive mechanism of opportunity network based on game theory [J]. Computer Application Research, 2015, 32(7): 2128-2132.
- [16] NING Z, LI L, FENG X, et al. CAIS: A Copy Adjustable Incentive Scheme in Community-Based Socially Aware Networking [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2017, 66(4): 3406-3419.
- [17] LI X L, XUAN M Y. Research on Node Incentive Strategies in Selfish Opportunity Networks [J]. Computer Science, 2017, 44(4): 213-217, 222.
- [18] AMIR B N, MOHAMMAD H R. An Incentive-Compatible Routing Protocol for Delay-Tolerant Networks Using Second-Price Sealed-Bid Auction Mechanism[J]. Wireless Personal Communications, 2021, 121(3): 1-30.
- [19] FU H Z. Research on energy consumption equilibrium opportunistic network routing strategy based on game theory[D]. Hohhot: Inner Mongolia University, 2022.
- [20] ZHONG C C, LI T, WANG R C. Research on DTN congestion control based on enhanced PROPHET routing[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2016, 36(2): 118-123.
- [21] FAROUK M, RIADH D, MICHELE N L, ANDRE-LUC B. Content dissemination in vehicular social networks: taxonomy and usersatisfaction[J]. IEEE Communications Magazine, 2014, 52(12): 34-40.

- [22] WU L B, CAO S Q, CHEN Y J, et al. An adaptive multiple spray-and-wait routing algorithm based on social circles in delay tolerant networks [J]. *Computer Networks*, 2021, 189 (12): 107901.
- [23] KERANEN A, OTT J, KARKKAINEN T. The ONE simulator for DTN protocol evaluation [C]// *Proceedings of the 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques*. Brussels: Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, 2009:1-10.
- [24] LI J B, XIAO M J. Routing algorithms in delay tolerant networks [M]. Beijing: Science Press, 2014:247-255.
- [25] LIANG Z, REN Z P, WU X J. Congestion aware routing algorithm based on time factor in DTN [J]. *Computer Engineering and Application*, 2015, 51(5):97-101.
- [26] HU H, YANG D W, WANG H, et al. Delay tolerant network routing algorithm based on motion state awareness [J]. *Journal*

of Beijing University of Technology, 2019, 39(1):68-74.



**CUI Jianqun**, born in 1974, Ph.D, professor, is a member of CCF(No. 27790M). Her main research interests include opportunity network, Internet of things, mobile network and application layer multicast.



**CHANG Yanan**, born in 1984, Ph.D, associate professor, is a member of CCF (No. 35671M). Her main research interests include wireless network, social network and Internet of things.

(责任编辑:喻黎)

## CNCC 上,我们聊过的关于大模型的那些事

大模型是大数据、强大计算能力和先进算法相结合的产物。通过“预训练”和“大规模”两个阶段来提升其性能,在经过大规模数据集的预训练之后,模型能够在不需要额外微调或只需少量数据微调的情况下,直接应用于多种不同的场景。

自 2022 年底 ChatGPT 问世以来,其自然语言交互能力已在多个领域展现了巨大潜力。AI 大模型迅速成为全球科技行业的热点。在国内,产业界、投资界和研究机构的各方力量都在加速布局大模型领域。

CNCC 作为国内计算机领域级别高、规模大的学术盛会,多年来一直坚持探讨计算机及相关领域最新进展和宏观发展趋势,通过展示中国学术界、企业界最新成果,使不同领域的专业人士能够获得探讨的机会并获得所需信息。

CNCC2023 上,学术界、企业界的多位专家学者针对这一话题展开了多轮讨论。27 日召开的大会论坛——《大模型的研究进展与产业应用展望》上,CCF 副秘书长、YOCSEF 秘书长,北京赛博英杰科技有限公司创始人、董事长谭晓生邀请了 6 位业内专家共同探讨在国内百模大战的背景下,大模型的研究进展以及与产业应用的结合。

在技术论坛中,《大模型、计算系统与原生创新》论坛围绕大模型发展趋势、难题以及对计算系统的挑战展开,讨论大模型与算法、大模型下的计算系统优化,以及昇腾全栈 AI 系统和昇思计算框架使能大模型、加速训推等主题。

《第七届中日韩(CJK)适老助残技术论坛——大模型赋能无障碍》论坛从需求、政策、技术等多个层面,深入探讨 AI 大模型时代如何为老年人和残障人士等弱势群体提供更智能、便捷、个性化的服务。

《第三届智慧金融论坛——AI 大模型驱动的金融创新》论坛探讨在 AI 语言大模型能力不断增强的趋势下,如何更好地利用数字化、信息化和智能化技术来辅助金融创新,并防范潜在风险。

除此以外,CNCC2023 上还有《处理器设计自动化——AI 与大模型带来的变革》、《大模型与推荐系统》、《第三届 CNCC 网络生态治理论坛——大模型安全路在何方?》、《预训练大模型的挑战与未来》、《基于超大模型的推理和部署实践》、《基于大模型的智能化软件工程》、《大模型驱动网络安全新未来》、《大模型与科学计算论坛:大模型点燃科学创新的机遇与挑战》、《大模型生态创新探索》、《工业互联网:迈向工业大模型时代》、《面向开源大模型的智能安全风险》、《使能 AI 大模型的网络技术》、《AI+海洋:海洋大模型何时到来?》、《大模型时代的智能物联网研究前沿》、《大模型时代智慧医疗的机遇和挑战》、《大模型技术创新与产业实践》、《国产算力和软件如何支撑大模型系统》、《2023 CCF CTO Summit——从大模型走向 AGI,打开数智时代的新机会》等 18 个技术论坛围绕 AI 大模型的各个维度进行了深入的讨论。

2024 年 2 月 16 日,OpenAI 的最新文生视频大模型“Sora”亮相,再次成为计算机领域、乃至资本市场的热点。在 OpenAI 发布的近 50 多个 Sora 演示视频中,包含细节丰富的场景、复杂的摄像机以及多个充满情感的角色。同时,其它国内外的大模型企业也开始了新一轮的角逐,而随着从文本、图像再到视频模型的差距进一步拉大,“追赶”又成了新一轮的主题。无论如何,Sora 的横空出世已经引爆了学术界、产业界乃至投资界的讨论热度。

CNCC2024 将在今年 10 月左右举行,预计计算领域的专家学者将继续探讨大模型的发展趋势,欢迎 CCF 广大会员以及学术、技术、产业、教育界同仁继续关注 CNCC,一起推动我国计算领域的发展,携手共创数字新未来。