

# 快速移动环境中上下文感知优化链路状态路由协议

张可<sup>1</sup> 张伟<sup>1</sup> 李炜<sup>1</sup> 曾家智<sup>2</sup>

(电子科技大学电子科学技术研究院 成都 610054)<sup>1</sup>

(电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)<sup>2</sup>

**摘要** 提出了一种应用于快速移动环境的上下文感知优化链路状态协议 CAOLSR(Context-aware Optimized Link State Routing Protocol)。CAOLSR采用了一种上下文信息机制,将节点间相对移动预测、前后访问时间以及节点连接度情况引入MPR(Multi Point Relays)选择,并设计了CAOLSR-MPR算法。此外,CAOLSR通过引入Fisheye减少了移动性对路由精度的影响。模拟实验表明,在节点快速移动与拓扑快速变化环境下与HOLSR(Hierarchical Optimized Link State Routing Protocol),OLSR(Optimized Link State Routing Protocol),DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)相比,CAOLSR具有更为良好的性能。

**关键词** 快速移动,移动自组织网络,路由,上下文感知,多点中继

**中图分类号** TP393 **文献标识码** A

## Context-aware Optimized Link State Routing Protocol for Fast Movement Scene

ZHANG Ke<sup>1</sup> ZHANG Wei<sup>1</sup> LI Wei<sup>1</sup> ZENG Jia-zhi<sup>2</sup>

(Research Institute of Electronic Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)<sup>1</sup>

(School of Computer Science and Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)<sup>2</sup>

**Abstract** An Context-aware optimized link state routing protocol for networks with fast-moving nodes was proposed CAOLSR (Context-aware Optimized Link State Routing Protocol) adopts a context-aware mechanism, and selects MPR (Multi Point Relays) based on relative movement of nodes, recent access-time and connection number of nodes, and adopts a special flow of MPR selection. In addition, by the introduction of Fisheye, reduces the influence from mobility on the routing accuracy. Experimental results show that CAOLSR can achieve good performance and outperform HOLSR (Hierarchical Optimized Link State Routing Protocol), OLSR (Optimized Link State Routing Protocol) and DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) in networks with fast-moving nodes.

**Keywords** Fast movement, MANET, Routing, Context-aware, MPR

## 1 引言

在无人机网络中,各个节点之间平等通信,都有参与路由选择和数据传输的功能。由于无线节点数据传输范围的限制,通信节点之间往往需要中继节点来进行路由转发,因此可能同时被选择为主机节点和路由器节点,构成移动自组网(Mobile Ad-hoc Networks, MANET)<sup>[1-5]</sup>。

尽管国际上对自组网网络的研究已经开展多年,但是通常研究的网络中节点移动速率较慢,移动速率约几米到十几米每秒,而无人机的移动速度一般约几十米甚至上百米每秒。换言之,无人机与地面移动设备在速度上差别极大,从而造成了无人机网络拓扑变化过于频繁,由传统的MANET路由选择算法得出的路径信息有可能很快变得不可达,必须重新进行选择路由,严重影响了网络的性能。因此,有必要对无人机网络路由策略提出更高的要求,有针对性地开展相关研究<sup>[6]</sup>。

先应式路由协议(Pre-active Routing Protocol)<sup>[5]</sup>试图维护一种连续的、不断更新的、从每个节点到网络中其它节点的路径信息,为了保持网络视图能反映网络拓扑的动态变化,各节点在全网发布更新信息。这类路由协议的主要代表有OLSR(Optimized Link State Routing Protocol)<sup>[7-11]</sup>,DSDV(Destination Sequenced Distance Vector)<sup>[12]</sup>,STAR(Source Tree Adaptive Routing)<sup>[13]</sup>等协议,此外相关研究工作也非常多<sup>[14-16]</sup>。本文的研究主要集中在快速移动及拓扑迅速变化环境下先应式路由协议上。

本文第2节描述本文的动因以及采用的网络模型;第3节给出所提协议的详细设计;第4节进行仿真验证与比较分析;最后总结全文。

## 2 网络模型和问题描述

本文假设初始状态时, $N$ 个网络节点随机分布在一个

到稿日期:2010-07-11 返修日期:2010-11-14 本文受中央高校基本科研业务费专项资金(ZYGX2009J092),航空科学基金项目(20090580013),电子科技大学青年科技基金项目(JX0862),电子科技大学中青年学术带头人支持计划资助。

张可(1979-),男,博士,助理研究员,主要研究方向为无线传感器网络、移动自组织网络等,E-mail:kezhang@uestc.edu.cn;张伟(1974-),男,博士,副研究员,主要研究方向为系统仿真技术;李炜(1980-),男,博士,助理研究员,主要研究方向为无人机策略与网络;曾家智(1939-),男,教授,博士生导师,主要研究方向为新型网络体系结构。

$M \times M$ 的二维正方形区域内,所有节点的通信半径均为  $R$ 。此外,假设该网络具有如下性质:(1)所有节点的运动规律符合 Random Waypoint<sup>[17]</sup>运动模型;(2)各个节点均明确本节点此次运动(停止之前)的目的点;(3)通过全球定位系统 GPS (Global Positioning System),各个节点可获知任意时刻自己的当前位置坐标信息;(4)每个运动节点都拥有充足的能量以及计算资源;(5)节点的无线发射功率固定不可控;(6)在所有节点部署完成后执行一个时间同步算法,让所有节点保持时间同步。

一个高效的适用于无人机网络等快速移动环境下的 MANET 优化链路状态路由协议应该具有以下特点:(1)维护一种连续的、不断更新的、从每个节点到网络中其它节点的路径信息,保持反映网络拓扑的动态变化;(2)MPR 选择策略高效可靠,能够及时对网络拓扑变化情况做出反应或者预测;(3)能够综合考虑影响路由协议性能的多个因素,对 MPR 的选择得到最全面的估计;(4)合理数量的链路控制信息,在保证路由性能的同时,控制网络中链路控制信息的发送,减少网络中失效冗余信息。

目前对于优化链路状态路由的研究,已有工作不能同时满足上述 4 个要求。例如在 Fast-OLSR<sup>[7]</sup>协议中,通过在高速以及低速情况下分别发送不同的 fast-HELLO 与 HELLO 消息,当速度较快时,将造成网络负载的急速增加,影响网络性能。G-OLSR<sup>[8]</sup>协议虽然将拓扑结构与地理位置相结合,但是主要应用于建立分层通信结构的网络,同时对于拓扑快速变化情况考虑不足。在 HOLSRL<sup>[10]</sup>中,虽然考虑了通过 Fisheye 技术控制链路控制信息,通过错误路由补偿算法 (ERC)增加了路由的可达性,但是缺乏对拓扑变化情况的动态预测,同时缺乏对影响 MPR 选取的综合因素考虑,存在一定的局限性。此外,还有大量工作集中在对 MPR 的选择采用如遗传算法<sup>[15]</sup>等数学手段进行考虑,取得了不错的效果,然而由于其研究重点及角度的不同,并不能在如无人机网络等特殊应用中均取得良好效果。

为了更好地解决以上问题,提出了一种符合上述 4 个要求的上下文感知优化链路状态协议 CAOLSR。下一节将具体描述 CAOLSR 协议思想。

### 3 上下文感知优化链路状态协议 CAOLSR

#### 3.1 MPR 选择优先级

快速移动环境中的 MPR 选择算法,需同时考虑多个网络上下文信息。因此本文设定了 3 个参数,分别是(1)通信概率  $P_i$ ,表示节点之间传输消息的可能性,该概率由节点之间直线距离以及相对运动趋势决定。距离越近,通信概率越大。节点相互靠近,通信概率增大,反之通信概率下降。(2)最近访问时间  $T$ ,表示节点之间上一次交互信息的时间戳信息,即上一次相互时间越近, $T$ 值越高。(3)节点的连接度  $N$ ,表示与该节点相连接的邻居节点数目,连接数越大,与该节点可能发生数据交互的节点数目越多。

首先分析节点的通信概率  $P_i$ 。由于网络模型定义,节点(如无人机)均装有 GPS 定位系统,节点可以提供自身当前位置信息。当某节点从另一节点旁通过时,先后可能收到多个 HELLO 消息。如图 1 所示,设有 3 个节点,节点  $n1$  与节点  $n2$  分别相对节点  $n0$  运动。 $n0$  先后分别收到来自  $n1$  与

$n2$  的多个 HELLO 消息,HELLO 消息携带自身的 GPS 位置以及时间戳信息。通过这些信息, $n0$  可以计算出与  $n1$  以及  $n2$  之间的相对运动趋势,得出  $n1$  运动远离  $n0$ ,而  $n2$  运动靠近  $n0$ 。节点运动远离,通信概率必然下降,反之当节点相对运动靠近,则通信概率必然增大。

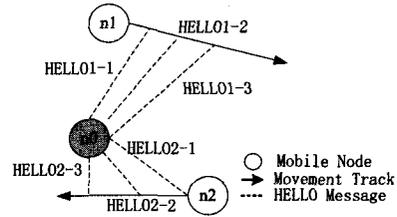


图 1 节点间 HELLO 消息交互示意图

假设存在节点  $M$  与节点  $O$  做相对运动,因为只需研究节点之间的相对运动,因此可以设定节点  $O$  为坐标原点且固定不动, $M$  节点对于节点  $O$  做相对运动,则相对运动可以视为直角坐标中节点的绝对运动,用于研究节点  $M$  与节点  $O$  之间的通信概率变化及预测,如图 2 所示。

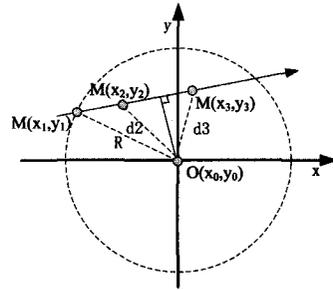


图 2 通信概率示意图

设节点  $O$  坐标为  $(x_0, y_0)$ ,  $M$  节点在某一时间段做匀速直线运动并于坐标  $(x_1, y_1)$  处进入节点  $O$  通信范围。由通信概率的定义可知,节点  $M$  与  $O$  的距离长短  $d$  直接与通信概率相关,因为两点之间由于运动关系,距离  $d$  越小,节点间的通信可能性越大。故通信概率越大,设无穷接近于原点则通信概率为 1,与原点距离长度为节点通信半径  $R$  则通信概率无穷接近于 0,故可设节点间相对位置信息所决定的基本通信概率  $P_b$  为

$$P_b = \begin{cases} 1, & (d \rightarrow 0) \\ 1 - (\sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} / R), & (0 < d < R) \\ 0, & (d = R) \end{cases} \quad (1)$$

此外,通信概率与节点间运动趋势有关。如图 2 所示,当节点  $M$  运动到坐标  $(x_2, y_2)$  及  $(x_3, y_3)$  时,与节点  $O$  之间距离分别为  $d_2$  以及  $d_3$ 。设  $d_2 = d_3$ ,则两节点基本通信概率  $P_b$  相同,但是由图 2 可以看出,这两个位置的下一时刻通信概率由于相对运动趋势不同而必然不同。设节点  $M$  运动到坐标  $(x, y)$  时与  $O$  点距离为  $d$ ,引入一个相对较小得时间段  $\Delta t$ ,该时间段仅用于计算相对运动趋势,设为较小数值即可,本文中设为 0.1s。则可计算得到  $M$  经过  $\Delta t$  时刻后的位置坐标,进而得到  $\Delta t$  时刻后  $M$  与节点  $O$  的距离  $d'$ 。若  $d - d' > 0$ ,说明节点间相对逼近。反之,若  $d - d' < 0$ ,节点间相对远离。设  $\rho$  为通信概率修正系数,以反映节点间相对运动趋势, $\rho$  值与  $d - d'$  的结果值以及  $\Delta t, R$  大小有关。同时引入权重系数  $\lambda, \eta$ ,用于调节运动趋势对通信概率大小的影响程度。系数  $\lambda, \eta$

根据  $P_b$  与  $\rho$  大小关系并经过多次仿真实验分析取得经验数据进行优化设置。综合分析后可设计通信概率变化修正系数为

$$\rho = \lambda(d - d') / ((\Delta t + \eta)R) \quad (\lambda > 0, \Delta t > 0, \eta \geq 0) \quad (2)$$

则通信概率  $P_i$  可定义为

$$P_i = P_b + \rho = P_b + \lambda(d - d') / ((\Delta t + \eta)R) \quad (\lambda > 0, \Delta t > 0, \eta \geq 0) \quad (3)$$

本文中通信概率反映节点之间传输消息的可能性,其数值用于排序,故通信概率数值可以大于 1,其反映节点相对位置及其变化趋势关系对节点之间传输消息可能性的影响大小。

由式(1),式(3),通信概率  $P_i$  可以为

$$P_i = (1 - (\sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} / R)) + \lambda(\sqrt{(x-x_0)^2 + (y-y_0)^2} - \sqrt{(x_{\Delta} - x_0)^2 + (y_{\Delta} - y_0)^2}) / ((\Delta t + \eta)R) \quad (\lambda > 0, \Delta t > 0, \eta \geq 0) \quad (4)$$

HELLO 消息中的时间戳信息同时用来标示节点的最近访问情况,参照最近访问优先,将其纳入 MPR 选择策略,同时引入节点的连接度因素。参考机会网络中的上下文相关路由协议 CAR(Context-aware Routing)<sup>[16]</sup> 与传感器上下文相关路由协议 SCAR(Sensor Context-aware Routing)<sup>[18]</sup>, 构建 MPR 选择优先度  $A$ 。  $A$  可以通过下式计算:

$$A_i = \alpha P_i + \beta e^{(t_2 - t_1)} + \gamma N \quad (\alpha \geq 0, \beta \geq 0, \gamma \geq 0, t_2 > t_1) \quad (5)$$

式中,  $\alpha, \beta, \gamma$  为相关权重系数,根据  $P_i$  等 3 个上下文参数取值范围并经过多次仿真实验分析取得经验数据进行优化设置。 $t_1$  及  $t_2$  分别为节点中保留的原有记录时间戳信息及新收到包的时间戳信息,  $t_2 - t_1$  值越大,则反映出访问时间越近。

### 3.2 MPR 选择流程

当  $A$  值确定后,可以开始 MPR 选择搜索。描述该搜索方法时采用了如下定义:  $N$  表示一个节点的相邻节点子集,这些相邻节点是每个接口的相邻节点。 $N_2$  表示从每个接口可达的二跳邻居节点集合,但是不包括只能通过集合  $N$  中不愿意为其他节点转发信息的成员到达的那些节点、正在执行 MPR 计算的那个节点以及全部对称相邻节点。

CAOLSR 的 MPR 搜索方法流程如下:

(1) 将邻居集合  $N$  中的  $N\_willingness$  域为 WILL\_ALWAYS(即总是愿意为其他节点转发信息)的节点加入 MPR 集合中。

(2) 计算  $N_2$  中节点的传输概率  $P_i$ , 并将节点按照传输概率  $P_i$  进行从大到小排序。

(3) 将集合  $N$  中的这些成员节点添加到 MPR 集合中: 它们是提供可达集合  $N_2$  中的一个节点的唯一节点。例如,若集合  $N_2$  中的节点  $B$  只能通过集合  $N$  中的节点  $A$  的一条对称链到达,那么节点  $A$  添加到 MPR 集合中,删除集合  $N_2$  中的已被 MPR 集合中的一个节点所覆盖的节点。

(4) 集合  $N_2$  中依然存在未被 MPR 集合中任何节点所覆盖的节点,但是对于集合  $N$  中的每个节点,计算其可达性,即集合  $N_2$  中依然未被 MPR 集合中任何节点所覆盖的、但是通过该一跳相邻节点可达的节点的数量。

(5) 从该集合中选择一个节点作为 MPR,该节点的愿意程度在  $N$  中最高,而且可达性不为零。存在多种选择时,则

选择可达集合  $N_2$  中节点数量最多的那个节点。若存在多个节点提供相同数量的可达性,则计算这些节点的优先度  $A_i$ , 选择优先度  $A_i$  数值最大的那个节点。如果优先度  $A_i$  相同,则选择其中节点密度最高的节点。密度定义为该节点对称相邻节点的数量,但不包括集合  $N$  中所有成员节点以及正在执行该 MPR 计算的那个节点。删除集合  $N_2$  中的已被 MPR 集合中的一个节点所覆盖的节点。

(6) 将一个节点的每个接口的 MPR 集合组合在一起,就建立了该节点的 MPR 集合。

### 3.3 CAOLSR 的 Fisheye 设计

对自然界中的鱼眼来说,靠近视觉焦点处的视野越清晰,远离视觉焦点处的视野越模糊。因此, Kleinrock 提出了“鱼眼(Fisheye)”<sup>[10]</sup> 技术用于维护精确距离与路由信息质量,逐渐精确的路由减少了移动性对路由精度的影响。在链路崩溃时,不发送控制信息,只删除邻居列表与拓扑表中的信息,以适合快速变化拓扑结构的网络。关于 Fisheye,在文献[10]中有更多的描述。

CAOLSR 所设置的 Fisheye 如图 3 所示。CAOLSR 的 Fisheye 根据节点发出消息的传播跳数来划分层次,消息经历的跳数越少,越位于 Fisheye 的内层。TC 控制信息根据 Fisheye 的层次来进行传播,不同层次采用不同的传播频率。位于 Fisheye 内层的节点 TC 传播频率越高,越外层传播的频率越低。在 CAOLSR 中,采用控制 TC 消息发送的延迟  $Delay$  来达到不同层次之间传播频率不相同的目的。越内层,延迟越小,反之越大。

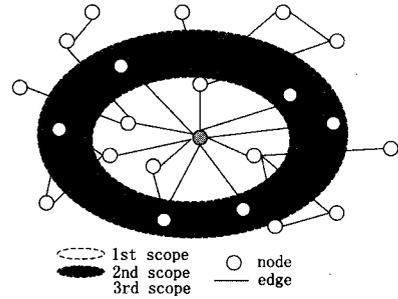


图 3 Fisheye 示意图

$Delay$  的具体设置如下式所示。其中 JITTER 为与 HELLO 消息发送时隙相关的随机时间长度。

$$Delay = \begin{cases} JITTER & (Hop \leq 3) \\ a * JITTER & (3 < Hop \leq 6) \\ b * JITTER & (Hop > 6) \end{cases} \quad (b > a > 1) \quad (6)$$

此外,CAOLSR 路由选择策略采用 Dijkstra 算法,以应对剧烈变化的拓扑结构带来的路由变化。

## 4 仿真分析

### 4.1 仿真场景

采用 NS2 作为仿真实验工具,将上节所提出的 CAOLSR 协议与 HOLSRL 协议在 NS2 上予以实现,并将其与 OLSRL 协议、DSDV 协议一同进行仿真比较。在 NS2 节点运动场景中采用 Random Waypoint Mobility Model 运动模型。仿真实验中网络节点运动场景参数设置如表 1 所列,其中括号内数值为默认场景参数值。

表1 网络节点运动场景参数设置

Parameter (unit)	Value
Number of nodes	10, 15, 20, 25, (30), 35, 40
Area(m <sup>2</sup> )	750×750
Maximum speed of nodes(m/s)	5, 10, 15, 20, 25, (30), 35
Minimum speed of nodes(m/s)	0
Pause time(s)	0
Simulation time(s)	100

本实验中在随机的节点对之间采用 CBR 流方式。仿真场景参数如表 2 所列。

表2 仿真场景参数设置

Parameter(unit)	Value
Radio propagation range(m)	250
Channel capacity (M bits/s)	2.0
Traffic type	CBR
Maximum pairs(pair)	22
Interval of CBR packets(s)	1
Size of CBR packet(Bytes)	512
Size of TC packet(Bytes)	20
Interval of HELLO packet(s)	1
Interval of TC packet in OLSR(s)	2

CAOLSR 以及 HOLSr 算法相关参数设置如表 3 所列。此外, HOLSr 其他相关参数设置均与文献[10]中设置相同。

表3 CAOLSR/HOLSr 协议相关参数设置

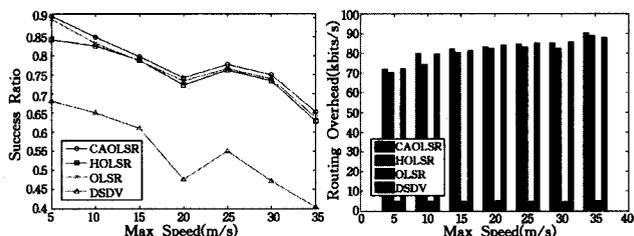
Parameter(unit)	Value
The first scope of CAOLSR/HOLSr	Hops≤3
The second scope of CAOLSR/HOLSr	3<Hops≤6
The third scope of CAOLSR/HOLSr	Hops>6
Delay Coefficient of 1st scope(s)	1.0
Delay Coefficient of 2nd scope(s)	1.1
Delay Coefficient of 3rd scope(s)	1.2
λ of communication probability	3
η of communication probability	1
Δt (s)	0.1
α of communication priority	4.0
β of communication priority	0.2
γ of communication priority	1.0

## 4.2 仿真分析结果

仿真从 4 个方面来对比分析:(1)数据交付率(Success Ratio),用于度量协议传输数据的能力。数值越高表明该协议的数据交付性越好。(2)负载(Routing Overhead),考查路由协议是否可以有效降低链路负载,从而减少协议开销。该指标越小,协议越高效。(3)平均跳数(Average Hops),用来度量数据包从发送到接收所经历的平均转发次数。数值越小表明算法转发数据包越准确、高效。(4)平均时延(End-to-End Delay),数据包从发出到被接收的平均时间,用于考查网络数据交付时延。

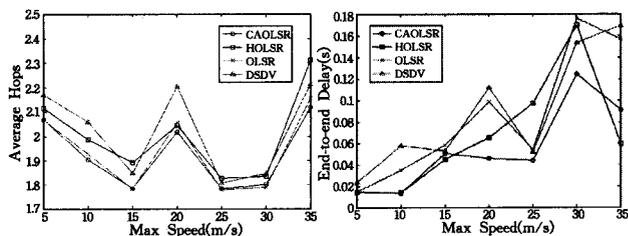
### 4.2.1 节点移动速度对算法性能的影响

由于网络的拓扑结构变化情况与节点的移动速度紧密相关,本组实验主要研究不同节点移动速度下不同算法的性能。改变节点的移动速度 V,实验结果如图 4(a)~图 4(d)所示。



(a)移动速度对数据交付率的影响

(b)移动速度对网络负载的影响



(c)移动速度对平均跳数的影响

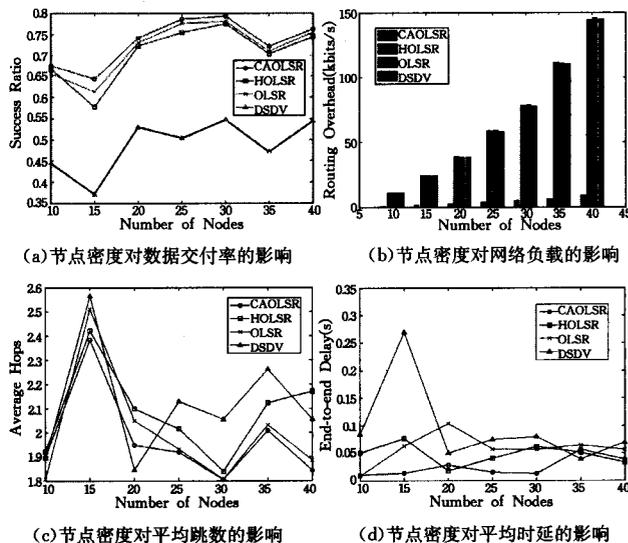
(d)移动速度对平均时延的影响

图4 移动速度对算法性能的影响

从图 4(a)可以看出,随着节点移动速度加快,4 种算法的数据交付率逐渐降低。由于 CAOLSR 在计算 MPR 时考虑了运动趋势对 MPR 的影响,数据交付率始终保持相对较高水平。此外,节点移动速度对负载也具有一定的影响,如图 4(b)所示,负载随着节点移动速度的增加而增加,CAOLSR 负载相对 HOLSr 与 OLSr 也保持较低水平,DSDV 的负载最低。由图 4(c)可以看出,随着节点速度的加快,4 种协议的平均跳数变化起伏较大,CAOLSR 依然保持相对较低的水平。从图 4(d)可以看出,随着节点移动速度加快,4 种协议的平均时延都有所变化,数据交付率下降,平均延迟总体呈现增加趋势,这是由于节点速度的增加导致了拓扑变化的加剧,造成了路由准确性下降,影响了数据传输的时延。相比较其他 3 种算法,CAOLSR 也呈现了一定的优势,能够尽量减少速度的增加对路由精准性的影响。

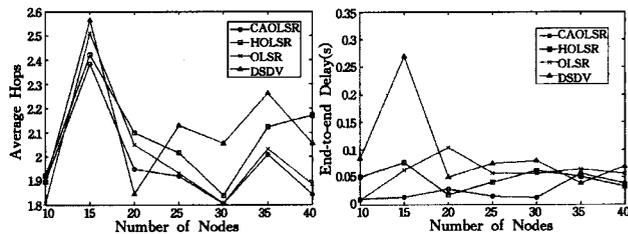
### 4.2.2 节点密度对算法性能的影响

网络的拓扑结构与节点的密度有关,本组实验主要研究不同节点密度情况下不同算法的性能。改变节点的数量 N,实验结果如图 5(a)~图 5(d)所示。



(a)节点密度对数据交付率的影响

(b)节点密度对网络负载的影响



(c)节点密度对平均跳数的影响

(d)节点密度对平均时延的影响

图5 节点密度对算法性能的影响

从图 5(a)可以看出,与其他 3 种协议相比,采用 CAOLSR 可以明显提高数据交付率。并且随着节点密度的增大,4 种算法的数据交付率相对关系大体不变,HOLSr 与 OLSr 相对 CAOLSR 较低,DSDV 始终保持较低水平。图 5(b)显示了随着节点密度的增大,CAOLSR, HOLSr 以及 OLSr 的负载都快速增加,DSDV 负载也随之增加,相对前 3 种协议处于一个相对较低的水平。这是其实现方式不同所造成的。在前 3 种协议中,随着节点密度的增加,CAOLSR 与 HOLSr 以及

(下转第 126 页)

[7] Yu B, et al. Developing Trust in large scale peer-to-peer systems [C]//Proceedings of the 1st IEEE Symposium on Multi-agent Security and Survivability. Philadelphia,2004;1-10

[8] 李景涛,等. 基于相似度加权推荐的 P2P 环境下的信任模型 [J]. 软件学报,2007,18(1):157-167

[9] 石志国,等. Trust and Reputation Model in Peer-to-Peer Networks[C]//Proceeding of the 3th International Conference on

[10] 郭亚军. 综合评价理论、方法与应用[M]. 北京:科学出版社, 2007

[11] 蒋慧峰,等. 基于熵值法的评教模型[J]. 湖北工业大学学报, 2009,24(4):91-93

[12] 郭亚军,等. 一种动态的综合评价方法及应用[J]. 系统工程理论与实践,2007,10:154-157

(上接第 113 页)

OLSR 相比,保持了相对较低的负载。图 5(c)分析了节点密度和平均跳数之间的关系。随着节点密度的增加,4 种协议的平均跳数都随之变化,CAOLSR 保持了相对较低的平均跳数,是由于其数据传输路由选择更为精确。图 5(d)分析节点密度与平均时延之间的关系。随着节点密度的增加,CAOLSR 始终保持了相对其他 3 种协议较低的平均延迟,CAOLSR 的 MPR 集更为优化,路由更为精准,所以数据的平均延迟相对较小。此外,HOLSR 由于采用了路由补偿算法,所以平均延迟也相对较小。

**结束语** 在节点以较高速度移动的情况下,传统 MANET 路由协议计算出的路由常常很快变得不可达。为此,本文提出了一种上下文感知链路状态优化协议 CAOLSR。与已有工作相比,本文的主要工作在于以下几个方面:

- (1)提出了一种基于位置信息预测的机制,将节点间相对位置以及运动趋势引入 MPR 选择。
- (2)CAOLSR 计算 MPR 综合了通信概率、最近访问时间以及节点连接度几个上下文参数,设计了 CAOLSR 的 MPR 选择算法。
- (3)CAOLSR 通过引入 Fisheye,降低了拓扑变化后无效的 TC 信息发送。

仿真实验数据验证了在节点快速移动环境下 CAOLSR 的良好性能。在下一步的工作中,将考虑在多个模型飞机节点上实现 CAOLSR,研究实际通信环境对 CAOLSR 协议性能的影响。

### 参 考 文 献

[1] Abolhasan M, Wysocki T, Dutkiewicz E, et al. A review of routing protocols for mobile ad hoc networks [J]. Ad-hoc Networks,2004,2:1-22

[2] Mian A N, Baldoni R, Beraldi R. A Survey of Service Discovery Protocols in Multihop Mobile Ad-hoc Networks[J]. IEEE Pervasive Computing,2009,8:66-74

[3] Ververidis C N, Polyzos G C. Service discovery for mobile Ad-hoc networks;a survey of issues and techniques[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials,2008,10(3):30-45

[4] Lima M N, dos Santos A L, Pujolle G. A Survey of Survivability in Mobile Ad-hoc Networks[J]. IEEE Communications Surveys & tutorials,2009,11:66-77

[5] Luo J H, Ye D X, Xue L, et al. A Survey of Multicast Routing Protocols for Mobile Ad-hoc Networks[J]. IEEE Communications Surveys & tutorials,2009,11(1):78-91

[6] Zhang K, Zhang W, Zeng J Z. Preliminary Study of Routing and Date Integrity in Mobile Ad-hoc UAV Network[C]//IEEE In-

[7] Benzaid M, Minet P, Al Agha K. Integrating fast mobility in the OLSR routing protocol [C]// 4th International Workshop on Mobile and Wireless Communications Network. France. September 2002;217-221

[8] Rasheed T, Javaid U, Jerbi M, et al. Scalable Multi-hop Ad-hoc Routing Using Modified OLSR Routing Protocol [C]// IEEE 18th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. Trento, September 2007;1-6

[9] Voorhaen M, Blondia C. Analyzing the Impact of Neighbor Sensing on the Performance of the OLSR Protocol[J]. International Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad-hoc and Wireless Networks,2006,4:1-6

[10] Ming L, Zhao G, Xie G H, et al. HOLSR: A Novel Routing Scheme of Ad-hoc Wireless Networks for Pervasive Computing [C]//International Conference on Pervasive Computing and Applications. Shijiazhuang, July 2007:661-666

[11] Dang Nguyen, Minet P. Analysis of MPR Selection in the OLSR Protocol[C]//21st International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops. Le Chesnay, May 2007(2):887-892

[12] Ur Rahman K K, Reddy A V, Zaman R U, et al. An Efficient DSDV Routing Protocol for Wireless Mobile Ad-hoc Networks and Its Performance Comparison[C]//Second UKSIM European Symposium on Computer Modeling and Simulation. Hyderabad, September 2008:506-511

[13] Hong Jiang, Garcia-Luna-Aceves J J. Performance comparison of three routing protocols for ad hoc networks[C]//Tenth International Conference on Computer Communications and Networks. Santa Cruz, October 2001:547-554

[14] 冯慧斌,张顺颐,刘超,等. 基于非合作博弈的无线自组织网络流量控制模型[J]. 电子与信息学报,2009,4:925-928

[15] 张信明,曾依灵,干国政,等. 用遗传算法寻找 OLSR 协议的最小 MPR 集[J]. 软件学报,2006,17(4):932-938

[16] Musolesi M, Hailes S, Mascolo C. Adaptive routing for intermittently connected mobile ad hoc networks[C]//Sixth IEEE International Symposium on World of Wireless Mobile and Multimedia Networks. London, June 2005:183-189

[17] Abdulla M, Simon R. A Simulation Study of Common Mobility Models for Opportunistic Networks[C]// 41st Annual Simulation Symposium. Fairfax, April 2008:43-50

[18] Pasztor B, Musolesi M, Mascolo C. Opportunistic Mobile Sensor Data Collection with SCAR[C]//IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems. London, October 2007:1-12