

## 基于类距离值最小准则的应急 VANET 路由协议

全上克,唐存东

(南阳理工学院 计算机与信息工程学院,河南 南阳 473004)

**摘 要:**为实现应急车辆与目的地之间的数据快速传输,提出一种面向应急车辆自组织网络的快速路由协议。该路由协议主要包括目的节点与通信车辆自适应选取、基础通信设施最优选择及应答消息快速回传 4 个步骤。依据传输距离、传输时间、车辆速度和中断链路数量计算相邻基础通信设施之间的类距离值,选择类距离值最小的基础通信设施作为数据传输的下一个基础通信设施,从而减少运行时间。仿真结果表明,与 EM-AODV 和 EN-AODV 路由协议相比,该路由协议可以明显降低端到端平均传输延时和应答消息平均响应延时,提高应急事件处理效率。  
**关键词:**车辆自组织网络;路由协议;应急车辆;传输延时;自适应选取

**中文引用格式:**全上克,唐存东. 基于类距离值最小准则的应急 VANET 路由协议[J]. 计算机工程,2017,43(10): 38-43.

**英文引用格式:**QUAN Shangke, TANG Cundong. Routing Protocol for Emergency VANET Based on Criterion of Minimum Similar-distance Value[J]. Computer Engineering, 2017, 43(10): 38-43.

### Routing Protocol for Emergency VANET Based on Criterion of Minimum Similar-distance Value

QUAN Shangke, TANG Cundong

(School of Computer and Information Engineering, Nanyang Institute of Technology, Nanyang, Henan 473004, China)

**[Abstract]** A fast routing protocol for emergency Vehicular Ad Hoc Network (VANET) is proposed to achieve rapid transmission of data between the emergency vehicle and the destination. This routing protocol mainly includes four stages, i. e., adaptive selection of destination node, adaptive selection of communication vehicles, optimist selection of infrastructures and quick return of reply messages. It calculates the similar-distance value between two adjacent infrastructures according to four factors, including transmission distance, transmission time, vehicle speed and the number of broken links, and selects the optimist infrastructures with minimum similar-distance value as the next basic communication facility for data transmission to reduce running time. The simulation results show that, compared with the EM-AODV and EN-AODV routing protocols, the proposed routing protocol can significantly reduce the average end-to-end transmission delay and average response time delay of reply messages, and improves the efficiency for dealing with emergencies.

**[Key words]** Vehicular Ad Hoc Network (VANET); routing protocol; emergency vehicle; transmission delay; adaptive selection

**DOI:**10.3969/j.issn.1000-3428.2017.10.007

## 0 概述

车辆自组织网络(Vehicle Ad Hoc Network, VANET)在智能交通、应急交通等领域应用广泛<sup>[1-3]</sup>。VANET 中的通信节点是行驶的车辆和道路旁边的基础通信设施,每台车辆和每个基础通信设施都可以发送、接收和存储数据,车辆与车辆(Vehicle to Vehicle, V2V)、车辆

与基础通信设施(Vehicle to Infrastructure, V2I)之间都可以相互通信<sup>[4-6]</sup>。

应急车辆自组织网络是一种面向应急交通应用的车辆自组织网络。在该网络中,应急车辆一般是指具有特殊功能的公共车辆,如救护车、警车或者消防车。这些车辆在处理消息时的主要特点是要求速度尽可能快。例如,救护车中病人病情危急,需要尽

**基金项目:**河南省科技攻关计划重点项目(122102210563, 132102210215);河南省高等学校重点科研项目(15B520008);河南省科技厅项目(9412012Y0004, 9412012Y0005)。

**作者简介:**全上克(1980—),男,讲师,主研方向为车辆自组织网络;唐存东,讲师、硕士。

**收稿日期:**2016-08-03 **修回日期:**2016-10-17 **E-mail:**quanshangkehn@163.com

快把病人的生理特征信息发送给最近的医院,然后由医院针对当前病人的生理特征给出应急的处理方案,并及时反馈给救护车,由车上医务人员进行应急处理。此时,救护车产生的数据需要尽快传输给最近的医院。同时,医院生成的应急处理方案也需要尽快传输给发送数据的救护车。因此,应急车辆自组织网络在设计路由协议时更关注传输时间指标。目前路由协议有很多种,各路由协议关注的指标不尽相同<sup>[7-9]</sup>。例如,GSR<sup>[10]</sup>和GPSR<sup>[11]</sup>路由协议主要关注传输距离;EM-AODV<sup>[12]</sup>和EN-AODV<sup>[13]</sup>路由协议主要关注能量消耗;SEAD<sup>[14]</sup>和SAODV<sup>[15]</sup>路由协议主要关注路由的安全性。总体来说,现有的路由协议在面向应急车辆自组织网络应用的数据传输效率方面还有待提高。

本文提出一种基于类距离值最小准则的应急车辆自组织网络路由协议,依据传输距离、传输时间、车辆速度和中断链路数量计算相邻基础通信设施之间的类距离值,选择类距离值最小的基础通信设施作为数据传输的下一个基础通信设施,实现应急车辆与目的地之间数据的快速传输,提高应急事件处理效率。

## 1 问题描述

图 1 为应急车辆自组织网络通信的示例。其中,应急车辆为  $V_s$ ,该车辆可能是一辆救护车,也可能是一辆警车; $V_1 \sim V_{33}$  为道路上的其他车辆;灰色区域为车道; $D_1$  和  $D_2$  为目的,可能是医院,也可能是警察局; $R_1 \sim R_{12}$  为道路旁边的基础通信设施。应急车辆自组织网络是将应急车辆  $V_s$  作为源节点,将道路上的车辆  $V_1 \sim V_{33}$  以及基础通信设施  $R_1 \sim R_{12}$  作为中间节点,将  $D_1$  和  $D_2$  作为备选的目的节点。应急车辆自组织网络通信的目标是将应急车辆  $V_s$  产生的数据尽可能快地发送到目标节点,并获取目标节点的响应消息。例如,应急车辆  $V_s$  为警车,其发现一个嫌疑人并拍摄了照片,需要将照片信息快速发送给最近的警察局,由警察局核实后将响应消息回传给应急车辆  $V_s$ ,然后应急车辆在做出相应的处理后抓捕嫌疑人。在设计应急车辆自组织网络的路由协议时需要考虑的问题主要有:

- 1) 寻找距离最近的目的节点。
- 2) 寻找传输时间最短的传输路径。

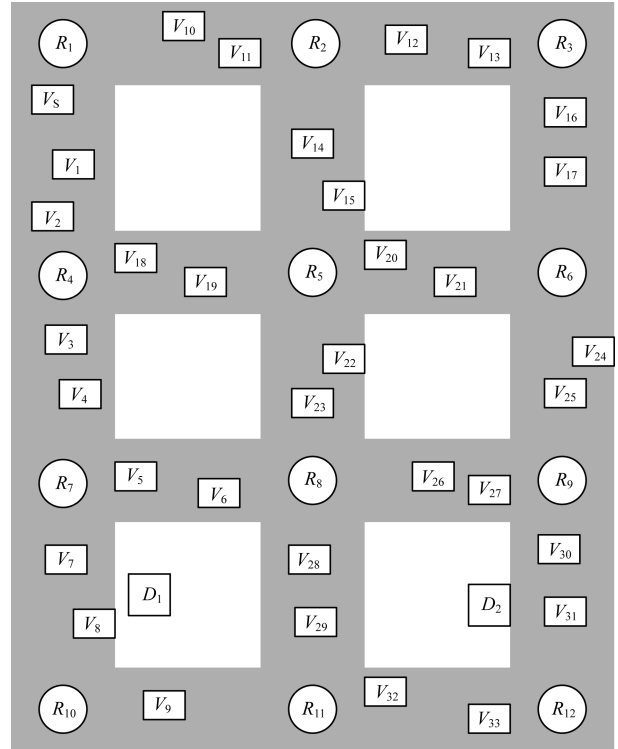


图 1 应急车辆自组织网络示例

## 2 应急车辆自组织网络路由协议

本文用图模型  $G(V, E)$  描述图 1 所示的应急车辆自组织网络。将道路旁边的基础通信设施 ( $R_1 \sim R_{12}$ ) 看作图模型  $G(V, E)$  的顶点  $V$ , 将连接各基础通信设施的道路看作图模型  $G(V, E)$  的边  $E$ 。在应急车辆自组织网络中,每台车辆可以看作一个通信节点,且假定每台车辆都安装了定位模块,如北斗定位模块或者 GPS 定位模块。这样每台车辆都可以获取自身所处的位置和速度信息,与道路旁边的基础通信设施按照某个特定的时间间隔进行通信,并且可以通过基础通信设施获取其他车辆的相关信息,如位置、速度、方向和身份等。本文假定应急车辆  $V_s$  已知网络中所有备选目的节点  $D$  (图 1 中的  $D_1$  和  $D_2$ ) 的位置信息。目的节点采用无线通信方式进行高效数据通信。道路旁边的基础通信设施是固定的,可以控制数据通信,采用信标服务接收和存储当前车辆的交通信息,假定基础通信设施有足够的空间存储这些数据。

在应急通信情况下,应急车辆  $V_s$  产生求助信息发送给目的节点  $D$ ,目标是期望尽快得到目的节点的应答信息。为此,本文在设计路由协议时,主要目标是寻找距离最近的目的节点,选择高连通(车辆之间相互连通)和低链路中断的路径来传输数据。这

样做的目的是降低数据传输的延时,以便尽可能快地获取应答信息。

## 2.1 目的节点自适应选取

本文依据街区距离准则选取距离源节点最近的目的节点。如图 1 所示,依据街区距离准则, $D_1$  距离源节点(即应急车辆  $V_s$ )最近,选择  $D_1$  作为目的节点。

## 2.2 通信车辆自适应选取

在确定目的节点后,需要寻找传输时间最短的传输路径。在应急车辆自组织网络中,在车辆和基础通信设施之间进行数据传输。当基础设施不在应急车辆  $V_s$  的通信范围内时,无法直接将数据传递给基础设施。这时需要其他车辆作为中间节点来实现多跳通信。为此,需要自适应选取最优的中间节点(即车辆)。中间节点选取的基本思路是:依据欧氏距离准则,依次选取相同行驶方向上距离数据携带车辆最近的车辆,直至最后一台车辆的通信范围能覆盖基础通信设施。数据由应急车辆  $V_s$  传输到基础通信设施的实现伪代码具体如下:

**算法 1** 从应急车辆到基础通信设施的数据传输

输入  $V_s, R$

输出 车辆位置

```

1.  $V = V_s$ ;
2. for  $V$  to  $R$ 
3. {
4.   if ( $R$  在  $V$  的通信范围内)
5.   {
6.     传输数据给  $R$ ;
7.     break;
8.   }
9.   else
10.  {
11.    寻找相同行驶方向上与  $V$  欧氏距离最小的车辆  $V_{min}$ ;
12.    将数据从  $V$  传输给  $V_{min}$ ;
13.     $V = V_{min}$ ;
14.  }
15. }
```

本文以图 1 为例来介绍该过程。应急车辆  $V_s$  产生的数据需要先发送到基础通信设施。在应急车辆  $V_s$  发送数据到目的节点  $D_1$  之前,需要初步选择在  $V_s \rightarrow D_1$  方向上有效的通信设施。依据街区距离准则,选择从  $V_s$  到  $D_1$  的最短路径上的通信设施。从  $V_s$  到  $D_1$  的最短路径为:

$$P_{min} = V_s \rightarrow R_4 \rightarrow R_7 \rightarrow D_1 \quad (1)$$

初步选取的有效通信设施为  $R_4$  和  $R_7$ 。在

$V_s \rightarrow D_1$  的方向上没有基础通信设施在  $V_s$  的通信范围内。在此情况下,首先找到相同行驶方向上与  $V_s$  欧氏距离最小的车辆  $V_1$ ,并将数据传输给  $V_1$ 。此时, $R_4$  已在车辆  $V_1$  的通信范围内,因此数据可以由  $V_1$  传输给  $R_4$ 。

## 2.3 基础通信设施最优选择

当数据传输到某个基础通信设施后,需选择一个最优的基础通信设施作为数据传输的中转,直至达到目的节点。在 2.2 节中依据最短路径初步选择了基础通信设施。然而,除了路径最短之外,为了保障应急车辆能够快速接收到应答消息,还需要综合考虑数据传输延时、车辆行驶速度和链路中断数量等因素。本文路由协议综合考虑传输距离、传输延时、车辆行驶速度和链路中断数量 4 个因素,计算不同基础通信设施相互之间的类距离值,依据能量值指标选择最优的基础通信设施及数据传输路径,快速发送数据。

为计算不同基础通信设施之间的类距离值,需要获取反映上述 4 个影响因素的量化数据,包括基础通信设施之间各车辆的位置坐标,从一个基础通信设施到另一个基础通信设施的数据传输延时,距离目的节点的最短路径,基础通信设施之间各车辆的平均速度,链路中断的数量。

### 2.3.1 车辆行驶距离预测及有效性判断

基础通信设施通过信标服务存储了每一个经过它的车辆的信息,包括速度、时间等,依据这些信息可以预测每一台车辆的位置坐标。记  $v_b$  表示车辆与基础通信设施进行最后一次信标服务时存储的车辆速度, $t_b$  表示车辆与基础通信设施进行最后一次信标服务的时间。在当前时间  $t_c$ ,车辆移动的距离可以表示为:

$$d_{t_b \rightarrow t_c} = v_b (t_c - t_b) \quad (2)$$

车辆位置可以表示为:

$$p_{t_c} = p_{t_b} + d_{t_b \rightarrow t_c} \quad (3)$$

其中, $p_{t_b}$  和  $p_{t_c}$  分别表示车辆在时间  $t_b$  和  $t_c$  处的位置。

基础通信设施可以获取当前基础通信设施和邻近基础通信设施之间所有车辆的位置信息。某一车辆从一个基础通信设施行驶到另一个基础通信设施所耗费的最大时间  $t_{max}$  可以表示为:

$$t_{max} = \frac{d_r}{v_{min}} \quad (4)$$

其中, $d_r$  表示当前基础通信设施与邻近基础通信设

施之间的街区距离; $v_{\min}$ 表示车辆在 2 个基础通信设施之间运行的最小速度。

对于某个基础通信设施而言,只有在时间( $t_c - t_{\max}$ )和 $t_c$ 之间经过该基础通信设施的车辆才能用于中转数据。因此,本文路由协议仅预测该时间段内的车辆位置,若此段时间车辆位置在当前基础通信设施与邻近基础通信设施之间,则判断车辆的行驶距离是否小于 2 个基础通信设施之间的距离,满足条件的车辆判定为有效车辆;否则判定为无效车辆。车辆位置预测及有效性判断算法的伪代码如下:

**算法 2** 车辆位置预测及有效性判断

输入  $v_b, t_b, t_c, v_{\min}, d_r$

输出 有效车辆位置

```

1. 计算  $d_{t_c \rightarrow t_c}, p_i, t_{\max}$ ;
2. if ( $(t_c - t_{\max}) \sim t_c$  时间段内  $p_i$  在当前基础通信设施与
   邻近基础通信设施之间)
3. {
4.     if ( $d_{t_c \rightarrow t_c} < d_i$ )
5.     {
6.         当前车辆为有效车辆;
7.     }
8.     else
9.     {
10.        当前车辆为无效车辆;
11.    }
12. }
13. else
14. {
15.    当前车辆为无效车辆;
16. }
```

**2.3.2 数据逻辑传输路径计算**

当基础通信设施预测了经过它的所有有效车辆的位置后,开始搜索一个传输数据的逻辑路径 $P_i$ 。搜索准则为:寻找通信范围内距离当前基础通信设施最远的车辆作为数据传输的下一跳。这样可以使数据远离当前基础通信设施,到达邻近基础通信设施,从而尽快到达目的节点。

如图 1 所示,在当前基础通信设施 $R_4$ 上选择通信范围内距离 $R_4$ 最远的车辆 $V_4$ ,这样数据可以尽快到达下一个基础通信设施 $R_7$ ,数据的逻辑传输路径可以表示为:

$$P_i = R_4 \rightarrow V_4 \rightarrow R_7 \quad (5)$$

**2.3.3 传输时间计算**

当得到逻辑路径后,基础通信设施期望得到在该逻辑路径上传输数据所耗费的时间 $t_i$ 。一般地,数据从节点 $V_1$ 传输到节点 $V_2$ 的传输时间可以表示为:

$$t_d(V_1, V_2) = t_d + t_q + \frac{d(V_1, V_2)}{v_p} \quad (6)$$

其中, $t_d$ 表示数据的传输延迟; $t_q$ 表示数据的排队处理延迟; $d(V_1, V_2)$ 表示节点 $V_1$ 和 $V_2$ 之间的距离; $v_p$ 表示数据的平均传播速度; $\frac{d(V_1, V_2)}{v_p}$ 表示数据的传播延迟。

数据在逻辑路径上的传输时间可以表示为各跳的传输时间之和,逻辑路径 $P_i$ 上的传输时间可以表示为:

$$t_d(R_4, R_7) = t_d(R_4, V_4) + t_d(V_4, R_7) \quad (7)$$

**2.3.4 基础通信设施之间类距离值计算**

基础通信设施在计算了期望数据传输时间后,还需要计算在逻辑路径上的中断链路数量。当车辆之间都相互连通时,逻辑路径上的中断链路数量为 0,若有两台车辆之间相互不连通,则中断链路数量增加 1。

首先,基础通信设施搜索从当前基础通信设施到目标节点之间的最短路径,以及下一个基础通信设施到目标节点之间的最短路径。然后,基础通信设施计算当前基础通信设施和下一个基础通信设施之间所有车辆的平均速度。最后,结合这些信息来计算当前基础通信设施 $R_4$ 与下一个基础通信设施 $R_7$ 之间的类距离值 $I_v(R_4, R_7)$ ,表示为:

$$I_v(R_4, R_7) = \frac{N_b(R_4, R_7)}{N(R_4, R_7)} \times t_d(R_4, R_7) \times \bar{v}(R_4, R_7) \times \frac{d(R_7, D_1)}{d(R_4, D_1)} \quad (8)$$

其中, $N_b$ 表示当前基础通信设施 $R_4$ 与下一个基础通信设施 $R_7$ 之间中断链路的数量; $N$ 表示 $R_4$ 和 $R_7$ 之间总的链路数量; $\frac{N_b}{N}$ 表示基础通信设施 $R_4$ 和 $R_7$ 之间中断的链路数量所占的比例,该值越小越好; $t_d(R_4, R_7)$ 表示基础通信设施 $R_4$ 和 $R_7$ 之间的传输时间,该值越小越好; $\bar{v}(R_4, R_7)$ 表示基础通信设施 $R_4$ 和 $R_7$ 之间车辆的平均速度,其值越小越稳定; $d(R_7, D_1)$ 表示下一个基础通信设施 $R_7$ 与目的节点 $D_1$ 之间的距离; $d(R_4, D_1)$ 表示当前基础通信设施 $R_4$ 与目的节点 $D_1$ 之间的距离。 $\frac{d(R_7, D_1)}{d(R_4, D_1)}$ 取值越小,说明数据从当前基础通信设施 $R_4$ 到下一个基础通信设施 $R_7$ 后与目的地的距离越近。上述 4 个因素取值都是越小越好,即类距离值 $I_v(R_4, R_7)$ 越小越好。

按照上述方法,首先计算与当前基础通信设施 $R_4$ 相邻的所有基础通信设施( $R_5$ 和 $R_7$ )的类距离值。然后选择类距离值最小的基础通信设施作为下

一个基础通信设施,并将数据传输给下一个基础通信设施。传输的数据包括 2 个基础通信设施之间所有车辆的位置和速度信息。持续这个过程直到数据到达最后一个基础通信设施。最后通过多跳通信,将数据传输给目的节点  $D_1$ 。

#### 2.4 应答消息快速回传

当数据到达目的节点  $D_1$  后,经过处理之后将应答消息再发送给应急车辆  $V_s$ 。由于车辆一直处于行驶过程中,因此目的节点需要预测应急车辆  $V_s$  的当前位置。从应急车辆  $V_s$  生成发送消息到目的节点生成应答消息所需的总时间可以表示为:

$$t(V_s, D_1) = t_{V_s} + t_{V_s, D_1} + t_{D_1} \quad (9)$$

其中,  $t_{V_s}$  表示应急车辆  $V_s$  生成发送消息的时间;  $t_{V_s, D_1}$  表示数据从应急车辆  $V_s$  传输到目的节点  $D_1$  的时间;  $t_{D_1}$  表示目的节点生成应答消息的时间。

记  $t_s$  表示  $t_{V_s}$  的起始时间,  $t_e$  表示  $t_{D_1}$  的结束时间。应急车辆  $V_s$  在发送消息时,将其速度  $v$  和位置  $p$  同时发送给目的节点  $D_1$ ,依据这些信息,可以预测应急车辆  $V_s$  的当前位置为:

$$z = (t_e - t_s) \times v + p \quad (10)$$

在得知应急车辆的当前位置之后,目的节点  $D_1$  即可将应答消息发送给应急车辆。

### 3 仿真实验与结果分析

应急车辆自组织网络的主要评价指标为:端到端平均传输延时和应答消息平均响应延时。前者是指从应急车辆生成消息至目标节点收到消息所需的平均时间;后者是指目标节点生成应答消息至应急车辆收到应答消息所需的平均时间。本节结合这 2 个指标来评价本文路由协议的性能,并与 EM-AODV<sup>[12]</sup> 和 EN-AODV<sup>[13]</sup> 路由协议进行性能对比。本节仿真实验是在 Matlab 环境下进行,具体仿真参数如表 1 所示。

表 1 仿真参数设置

参数	参数值
仿真区域面积/ $m^2$	8 000 × 8 000
基础通信设施总数	25
每行基础通信设施数量	5
每列基础通信设施数量	5
相邻基础通信设施距离/m	2 000
相邻基础通信设施之间车辆数量范围	10 ~ 100
车辆速度/ $(m \cdot s^{-1})$	50 ~ 80
基础通信设施通信范围/m	500 ~ 1 000
车辆通信范围/m	250 ~ 500
数据包大小/KB	512
码率/ $(Mb \cdot s^{-1})$	2

#### 3.1 端到端平均传输延时对比

基础通信设施之间的车辆数量不同,端到端平均传输延时也不同。图 2 显示了不同车辆数量下 3 种路由协议的端到端平均传输延时。由图 2 可知,2 个基础通信设施之间的车辆数量越多,端到端平均传输延时越小。这是因为车辆数量越多,中断链路数量越少,从而端到端平均传输延时越小。对比 3 种路由协议可以发现,在相同车辆数量条件下,本文路由协议的端到端平均传输延时最小,而且车辆数量越少,本文路由协议的优势越明显。这是因为本文路由协议在选择最优传输路径时综合考虑了传输距离、传输时间、车辆速度和中断链路数量 4 个因素,可以在车辆数量较少的情况下选择传输距离短、车辆速度慢、中断链路少、传输时间短的最优传输路径,从而降低网络的端到端平均传输延时。

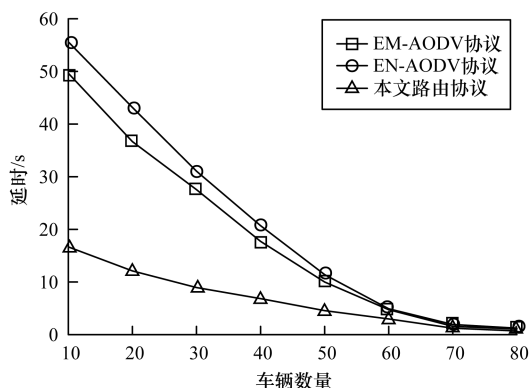


图 2 端到端平均传输延时对比

#### 3.2 应答消息平均响应延时对比

在不同的车辆数量情况下,应答消息平均响应延时也不同。图 3 显示了不同车辆数量下 3 种路由协议的应答消息平均响应延时。由图 3 可知,2 个基础通信设施之间的车辆数量越多,应答消息平均响应延时越小。在相同车辆数量条件下,本文路由协议的应答消息平均响应延时最小,而且车辆数量越少,本文路由协议的优势越明显。

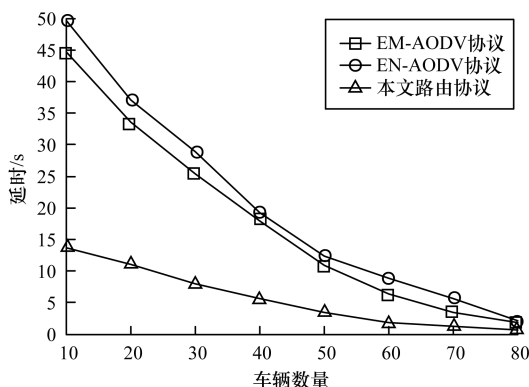


图 3 应答消息平均响应延时对比

### 3.3 总体延时对比

应急车辆自组织网络的最终目标是从应急车辆生成消息至应急车辆收到应答消息所需的平均时间越短越好,即端到端平均传输延时和应答消息平均响应延时之和越小越好。图4给出了在不同车辆数量条件下端到端平均传输延时和应答消息平均响应延时之和的对比情况。在相同的车辆数量条件下,本文路由协议的总体传输延时最小,而且车辆数量越少,本文路由协议的优势越明显。

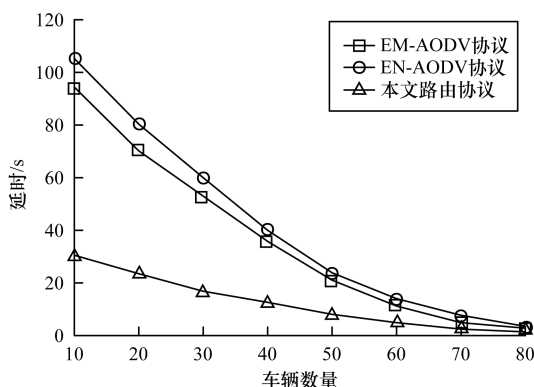


图4 总体延时对比

## 4 结束语

本文设计了一种面向车辆自组织网络的应急路由协议,其目标是将应急车辆生成的消息快速传输到目的地,同时将目的地生成的响应消息快速反馈给应急车辆。该路由协议的核心是计算各个基础通信设施之间的类距离值,选取类距离值最小的基础通信设施进行数据中转。该类距离值的计算综合考虑了传输距离、传输时间、车辆速度和中断链路数量4个因素,可降低数据从应急车辆传输到目的地以及从目的地传输到应急车辆的传输时间。

### 参考文献

[1] 吴怡,沈颖祺,沈连丰,等. 基于协议序列的车辆自组织网络信道接入控制算法[J]. 电子学报, 2012, 40(4): 826-831.

[2] MA X, ZHANG J, YIN X, et al. Design and Analysis of a Robust Broadcast Scheme for VANET Safety-related Services[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2012, 61(1): 46-61.

[3] GOZALVEZ J, SEPULCRE M, BAUZA R. Impact of the Radio Channel Modelling on the Performance of VANET Communication Protocols[J]. Telecommunication Systems, 2012, 50(3): 149-167.

[4] CHENG L, PANICHPAPIBOON S. Effects of Inter-vehicle Spacing Distributions on Connectivity of VANET: A Case Study from Measured Highway Traffic[J]. IEEE Communications Magazine, 2012, 50(10): 90-97.

[5] TERROSO-SAENZ F, VALDES-VELA M, SOTOMAYOR-MARTINEZ C, et al. A Cooperative Approach to Traffic Congestion Detection With Complex Event Processing and VANET[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2012, 13(2): 914-929.

[6] 陈振, 翟琰, 胡松华, 等. 基于网络划分的VANET路由构建及数据传输方法[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(8): 836-842.

[7] 罗涛, 李俊涛, 刘瑞娜, 等. VANET中安全信息的快速可靠广播路由算法[J]. 计算机学报, 2015, 38(3): 663-672.

[8] SAHUP K, WU H K, SAHOO J, et al. BAHG: Back-Bone-Assisted Hop Greedy Routing for VANET's City Environments[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2013, 14(1): 199-213.

[9] SLAVIK M, MAHGOUB I. Spatial Distribution and Channel Quality Adaptive Protocol for Multihop Wireless Broadcast Routing in VANET[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2013, 12(4): 722-734.

[10] LOCHERT C, HARTENSTEIN H, TIAN J, et al. A Routing Strategy for Vehicular Ad Hoc Networks in City Environments[C]//Proceedings of Intelligent Vehicles Symposium. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2003: 156-161.

[11] KARP B, KUNG H T. GPSR: Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks[C]//Proceedings of International Conference on Mobile Computing and Networking. New York, USA: ACM Press, 2000: 243-254.

[12] QI X, WANG Q, JIAN F. Multi-path Routing Improved Protocol in AODV Based on Nodes Energy[J]. International Journal of Future Generation Communication & Networking, 2015, 8(1): 207-214.

[13] SRIDHAR S, BASKARAN R, CHANDRASEKAR P. Energy Supported AODV(EN-AODV) for QoS Routing in MANET[J]. Procedia: Social and Behavioral Sciences, 2013, 73: 294-301.

[14] HU Y C, JOHNSON D B, PERRIG A. SEAD: Secure Efficient Distance Vector Routing for Mobile Wireless Ad Hoc Networks[J]. Ad Hoc Networks, 2003, 1(3): 175-192.

[15] ZAPATA M G. Secure Ad Hoc On-demand Distance Vector Routing[J]. ACM Mobile Computing & Communication Review Number, 2002, 6(3): 106-107.

编辑 陆燕菲