

# 车辆环境中异构社交网络的框架设计与实现

陈立军,张屹,陈孝如,杨微  
(广州软件学院 软件工程系,广东 广州 510990)

**摘要:**针对车载社交网络(VSN)是动态变化的原因,导致车与车之间的连通性不稳定、互相通信延迟太大,提出了一种异构网络框架中的连接管理技术(connection management techniques in heterogeneous Network frameworks, CMTHNF)。它遵循异构无线社交网络,由在线社交网络(online social networks, OSN)和VSN组成,OSN和VSN可以同时存在,用于在属于不同网络节点之间进行数据交换,在预期的连接丢失以及网络性能下降的情况下,允许网络连接进行切换(即由VSN切换到OSN或由OSN切换到VSN),防止连接漏洞或流量过载,将消息从一个网络重定向到另一个网络。与传统的客户端-服务器(CS)和点对点(P2P)架构模式相比,CMTHNF框架的性能远远优于单独的VSN网络,解决了目前研究的切换不仅不能提高性能,而且会达到一个上限,不必要的切换还会造成通信延迟和资源浪费的问题。因此,在连接性和延迟方面,CMTHNF解决了VSN连接切换时性能下降和数据传播问题。

**关键词:**在线社交网络;车载社交网络;异构网络框架;连接性;通信性能;网络性能评估

中图分类号:TP183

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2022)08-0110-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2022.08.018

## Design and Implementation of Heterogeneous Social Network Framework in Vehicle Environment

CHEN Li-jun, ZHANG Yi, CHEN Xiao-ru, YANG Wei

(Department of Software Engineering, Software Engineering Institute of Guangzhou, Guangzhou 510990, China)

**Abstract:** Aiming at the dynamic change of vehicle-mounted social network (VSN), which leads to unstable connectivity between vehicles and too large communication delay, we propose a connection management technology in a heterogeneous network framework (CMTHNF), which follows heterogeneous wireless social networks and consists of online social networks (OSN) and VSN. An OSN and a VSN can exist at the same time for data exchange between nodes belonging to different networks. In the case of expected connection loss and network performance deterioration, the OSN and VSN can be used for data exchange between nodes belonging to different networks. Allows network connections to be switched (that is, from a VSN to an OSN or from an OSN to a VSN), preventing connection vulnerabilities or traffic overloads and redirecting messages from one network to another. Compared with traditional client-server (CS) and point-to-point (P2P) architectures, the performance of CMTHNF framework is much better than that of the single VSN network, which solves the problem that the current research on switching not only can not improve the performance, but also reaches an upper limit, and unnecessary switching will cause communication delay and resource waste. Therefore, in terms of connectivity and latency, the proposed framework CMTHNF addresses the performance degradation and data propagation issues of VSN connection switches.

**Key words:** online social network; in-vehicle social network; heterogeneous network framework; connectivity; communication performance; network performance evaluation

## 0 引言

近年来,人们观察到,物联网等已有的网络架构中正在出现社交特征,从而形成了物联网社交网络<sup>[1-2]</sup>,移动设备中的社交特征也被应用于车辆社交网络(VNS)<sup>[3]</sup>的定义中。

在虚拟车辆网络中,车辆之间通过共享共同感兴

趣的信息进行社交,如交通信息、天气状况、道路状况、收费站、空车位和媒体共享等。由于车辆自组织网络的机会主义性质,VSN也由于断开和非常快的网络动态而存在局限性。车辆之间的社会关系可以形成车辆社区,并基于物理约束(即传输范围内节点的可用性)实时建立连接。

收稿日期:2021-09-18

修回日期:2022-01-20

基金项目:2018年度广东省普通高校重点科研平台和科研项目(2018KQNCX395);广东省质量工程(ZXKC202105)

作者简介:陈立军(1974-),男(苗族),讲师,研究生,研究方向为系统开发。

机会性网络中的连通性漏洞是通过存储-携带-转发机制来解决的,当且仅当转发节点可用时,节点就会转发消息,然而,这种方法仅在容忍延迟的应用程序中有用,在这种应用程序中,延迟不是问题,而且可以在较长的延迟后接收消息。对于更快的实时应用程序,在接收信息时应该有有限的延迟,应该考虑其他解决方案。VSN不能保证车辆之间始终可用的连接,因此可能需要通过其他可用的连接来重定向消息。与VSN不同的是,在线社交网络(OSN)可以在没有严重延迟的情况下保持连接,这要归功于客户机-服务器(CS)网络架构所保证的始终可用的服务。

该文提出的异构网络框架中的连接管理技术(connection management techniques in heterogeneous Network frameworks, CMTHNF),遵循异构无线社交网络,即由VSN和OSN组成,可以同时存在,在出现连接漏洞和流量过载的情况下,将消息从一个网络重定向到另一个网络。这两种网络具有不同的特点,例如不同的网络架构、性能和安全问题,P2P架构是典型的容许延迟VSN,而OSN采用CS架构,可以利用VSN和OSN的异构特性构建一个重叠平台,在断开连接和服务中断的情况下提供切换解决方案,其中VSN与OSN之间的切换发生在连接漏洞的情况下,反之亦然,流量过载影响服务器的可用性。

CMTHNF框架允许不同的通信模式,如:VSN内部和VSN之间的通信,以及OSN扩展到VSN。在CMTHNF框架中,基本上可以区分出三种类型的节点:(1)纯VSN节点通过IEEE 802.11p点对点(P2P)模式与其他VSN节点通信;(2)纯OSN节点通过OSN服务器通信,通过任何无线接入网络,如LTE,通过CS模式;(3)通过上述两种通信技术进行通信的OSN-VSN节点,采用P2P和CS模式。在VSN内部通信和VSN之间通信时,数据通过P2P方式在VSN节点之间传播,通过CS方式在OSN链路上传播,分别桥接两个隔离的VSN。最后,对于OSN-VSN节点,它们可以根据连接可用性的状态在两种通信模式(P2P和CS模式)中进行选择。具体来说,如果P2P连接不可用,将使用CS模式,否则,将使用P2P来减少CS模式的延迟。

该文旨在研究如何在CMTHNF框架的支持下管理动态车辆社交网络中的连通性问题,使用从VSN到OSN的切换(即连接切换),反之亦然,已经证明可以维持业务并提高网络性能。然而,已有研究发现,扩展的切换不仅不能提高性能,而且会达到一个上限,不必要的切换会造成延迟和资源浪费。利用CMTHNF网络架构可以取得的良好结果,重点讨论切换优化问题,以便在达到最大性能的同时最小化连接切换的数量。

## 1 相关工作

近年来,社交网络吸引了许多研究者的兴趣,因为社交方面在不同的背景下出现了大量渗透,从知名的OSN<sup>[4]</sup>到基于众包的移动网络,其中包括移动社交网络(MSNs),如VSN,直到社会物联网(social internet of things, SIoT)<sup>[5-6]</sup>。值得注意的是,社交特征会出现在不同的网络场景中,并且可以作为一种提高系统性能的好处加以利用。

从电信的角度看,“社会节点”在通信网络中具有独特的特征和主导作用,据观察,集线器节点<sup>[7]</sup>,即以社会指标(如中间性和中心性)表示的具有高度社会性的节点,可能会影响和增强无线通信。具有延迟容忍网络DTN(delay tolerant networks)特性的微球网络(MSN)受到了特别的关注。由于无线网络中无线节点的动态特性,检测社交节点和研究减少连接漏洞的方法非常重要。在文献[8]中,Gramaglia等人强调了考虑上下文信息、用户行为和可用资源对提高单分散微球数据质量和效率的重要性。在文献[1]中,Akabane等人采用了车载社会网络分析(SNA)的概念来改善网络性能,通过对SNA的依赖,作者得出了以协作方式进行备选路线规划的方法。在文献[9]中,Ning等人指出人为因素在微球环境中起着基础性作用,为了提高系统的性能,应该明确集成人为因素,他们讨论了OSN和VSN之间的主要区别,但仍然保持两个网络的分离。

请注意,尽管在以前的研究中考虑并整合了人类和社会因素的巨大潜力,但据笔者所知,文献中还没有关于开发源自OSN和VSN两者结合的文献。SOLVER框架除外<sup>[9]</sup>,它利用OSN和VSN的优势来提高异构社交网络中的通信性能,但是,在实施该框架时,多种共存技术可能会带来挑战,从网络的角度来看,垂直切换和数据传播是异构网络中最受关注的两个挑战<sup>[10]</sup>,当连接链路从一种无线接入技术切换到另一种无线接入技术时,就会发生垂直切换,然后在不同的接入网络上进行通信,已经为具有不同目标的车载网络设计了几种垂直切换,例如优化接入网络之间的切换次数<sup>[11]</sup>或增强连接性<sup>[12]</sup>。

最后,关于数据传播,这成为一个大问题,因为城市中的车载网络规模可能很大,而网络内的网络密度可能会有很大差异<sup>[13]</sup>。Benslimane等人<sup>[14-15]</sup>提出了一种将3G集成到车辆网络中的架构,并提出了一种集群建立算法。该算法根据不同的相关指标动态地对车辆进行集群,然后选择网关来提供对两个接入网络的访问,同时减少瓶颈和流量拥塞;文献[14-15]中介绍了另一项关于车辆聚类的工作,目的是同时提高通信质量和优化蜂窝网络的使用。该文通过提出的

CMTHNF 连接切换算法,考虑了垂直切换和数据传播问题。

## 2 CMTHNF 连接开关

CMTHNF 网络架构如图 1 所示,其中不同的 VSN 社区“即时”形成用于车辆之间的消息交换,而 OSN 社区始终在用户之间可用,每个 VSN 网络社区都可以建模为网络图  $G_v = (V_v, E_v)$ , 其中  $V_v$  是基数为  $N$  的车辆集合,即  $V_v = [v_1, v_2, \dots, v_N]$ 。该文假设 VSN 中的每个节点都有关于它的邻居的消息,这些消息在给定的时间间隔内不断更新,该假设适用于基于移动边缘计算的架构,其中节点具有计算和更新其本地地图的计算能力,该信息在车辆之间交换,以便每个节点可以计算连接图。类似地,假设 OSN 社区被建模为网络图  $G_o = (V_o, E_o)$ , 其中  $V_o$  是基数  $M$  的节点集,即  $V_o = [n_1, n_2, \dots, n_M]$ 。

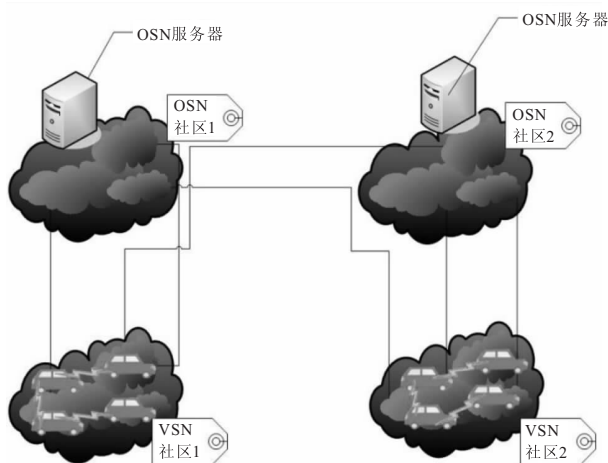


图 1 CMTHNF 的网络架构

(由具有公共节点的重叠 VSN 和 OSN 社区组成)

请注意,根据 CMTHNF 框架,OSN 社区的节点也可以属于不同的 VSN 社区,如图 1 所示,具体来说,在 OSN 节点中,区分那些也属于 VSN 社区的节点,例如展示 OSN 连接以及 VSN 的节点分别在物理上位于 VSN 社区 1 中;VSN 社区的第  $i$  个节点也可以具有 OSN 连接性,即节点之间形成社交联系,反之亦然,OSN 社区中的每个节点也可以具有 VSN 连通性,即它是 VSN 社区中的车辆。该文定义了 OSN-VSN 映射,当一个节点表现出 VSN 和 OSN 连通性时,只要有必要,就能够在两个异构网络之间进行切换,另一方面,仅显示 VSN (OSN) 连接的节点只能在其 VSN (OSN) 社区内进行通信。

总而言之,基于 CMTHNF 架构中的每个节点都可以在 VSN 和 OSN 社区内显示多个网络连接接口,可以描述为以下类型的节点:

(1) 纯 VSN 节点:通过 IEEE 802.11p 等 P2P 通信

方式与邻居进行通信;

(2) 纯 OSN 节点:根据 LTE 等任意无线接入网络,与同属 OSN 社区的其他节点进行通信,通过 OSN 虚拟服务器进行 CS 通信;

(3) 混合 OSN-VSN 节点:可以采用上述两种通信技术进行通信,可以采用 P2P 方式,也可以采用 CS 方式。

根据上述考虑,在这样一个异构网络场景中,可以将第  $i$  个节点的连通性指数  $c_i$  定义为 VSN 和 OSN 中计算的节点度的平均值,如:

$$c_i(t) = \frac{\delta_i(t) + o_i(t)}{2} \quad (1)$$

其中,  $o_i$  为第  $i$  个节点的 OSN 连通性指数,当第  $i$  个节点是纯 VSN 节点时,则为 0,表示该节点只拥有 VSN 连通性链路;同理,  $\delta_i$  为第  $i$  个节点的 VSN 连通性指数,当第  $i$  个节点为纯 OSN 节点时,则为 0,即该节点仅拥有 OSN 连通性链路。当然,由于 VSN 和 OSN 的性质不同,其中第一个网络假设的连接是根据节点的机会主义行为动态建立的,而后者假设 OSN 社区中所有节点之间总是可用的连接服务,由于节点在 VSN 中的行为,第  $i$  个节点的连接指数变化非常快,例如,由于节点的移动模式和社会行为,第  $i$  个节点可以显示一个可变的  $\delta_i$  VSN 连接指数,因此等式(1)中的表达式是可变的,每  $\Delta T_{[s]}$  时间间隔需要更新,节点连接性链路的更新主要是由变量  $\delta_i$  引起的,而节点 OSN 连接性指数  $i$  的变化非常缓慢,可以假设随时间变化为常数,即:

$$O_i(t) \approx \bar{O}_i + \varepsilon_i(t) \quad (2)$$

其中,  $\bar{O}_i$  为平均 OSN 节点度,  $\varepsilon_i(t)$  为第  $i$  个节点 OSN 节点随时间的小幅增量。

第  $i$  个节点的连通指数  $c_i$  反映了该节点的受欢迎程度,即连通指数高的节点预计在 VSN 中有很多邻居,与其他节点相比,对 OSN 网络的连接更稳定,然后期望一个连接指数最高的节点被选为簇首 (CH),这是通过广播的一个信号,在比其他节点等待时间更短的情况下,提名自己为簇首 (CH),指定 CH 的重要性是由于需要根据 CMTHNF 通信模式将消息转发到相邻节点,即进入同一个 VSN 社区或 OSN 网络节点之间。

为了不断更新网络图  $G_v$  的状态,所有车辆定期交换信息,每个固定时间 ( $\Delta T \approx 30$  s) 更新节点连通性。算法 1 给出了 CMTHNF 连接切换方法的伪代码,在 VSN 社区中,如图 1 所示,源车辆  $v_{T_i}$  的目的是向车辆  $v_j$  即  $p(v_{T_i}, v_j)$  发送数据包,如果节点  $v_j$  与  $v_{T_i}$  处于连通性链路中,则报文以 V2V 方式传输,否则,如果无法与

$v_j$  建立连接,则  $v_{T_i}$  将报文发送给 VSN 团体的 CH 节点,CH 节点携带要发送给  $v_j$  的报文  $p(v_{T_i}, v_j)$ 。如果存在连接链路  $(CH, v_j)$ ,则 CH 将报文发送到  $v_j$ ;否则,如果  $(CH, v_j) \notin V_o$ ,且节点  $v_j$  也是 OSN 社区成员,即  $v_j \in V_o$ ,则 CH 节点将报文发送给 OSN 服务器,然后将报文从 VSN 切换到 OSN 团体。最后,如果节点  $v_j \notin V_o$ ,将不可能发送,最终将被丢弃。

算法 1:CMTHNF 连接开关。

初始化:  $G_v = (V_v, E_v)$  //以  $V_v$  和  $E_v$  作为节点和边的集合的车辆网络图  $G_v$

$G_o = (V_o, E_o)$  //OSN 图分别以  $V_o$  和  $E_o$  作为节点和边的集合

$v_{T_i} \in V_v$  //将数据包  $p(v_{T_i}, v_j)$  传输到  $v_j$

procedure VSNconnectivity(  $v_{T_i}, v_j$  )

while (  $v_{T_i}, v_j$  )  $\in E_v$  do //节点  $v_{T_i}$  和  $v_j$  处于连接链路中

$v_{T_i}$  transmits to  $v_j$

if (  $v_{T_i}, v_j$  )  $\notin E_v$  then

$v_{T_i}$  transmits  $p(v_{T_i}, v_j)$  to CH

procedure VSNconnectivity( CH,  $v_j$  )

while ( CH,  $v_j$  )  $\in E_o$  do

CH transmits to  $v_j$

if  $v_j \in V_o$  then

CH transmits  $p(v_{T_i}, v_j)$  to OSN server

else Drop  $p(v_{T_i}, v_j)$

end if

end while

end procedure

end if

end while

end procedure

在描述了如何执行从 VSN 到 OSN 的切换(反之亦然)之后,该文的目的是优化消息传播会话(即  $N_H$ )期间执行的连接切换的数量,同时保证:(1)服务质量的最低要求(QoS)级别;(2)最大允许中断概率(即  $\text{Pr}_{\text{out}}^*$ ),两者都由单个用户体验,这可以用数学方式表示如下:

$$\min N_{H \text{ s.t. } \vartheta} \geq \vartheta_{\min} \text{Pr}_{\text{out}} \leq \text{Pr}_{\text{out}}^* \quad (3)$$

其中,  $\vartheta$  是每个连接实现的 QoS 级别,预计高于最小级别  $\vartheta_{\min}$ ,而  $\text{Pr}_{\text{out}}$  是必须低于或至少等于最大允许值  $\text{Pr}_{\text{out}}^*$  的中断概率,更详细地说,每个连接链路的 QoS 级别可以用  $[B_{\text{ps}}]$  中的瞬时吞吐量来表示。VSN 和 OSN 的中断概率是有区别的,在第一种情况下,它被定义为当低于给定阈值  $\chi$  时,VSN 中消息转发的条件概率,即:

$$\text{Pr}_{\text{out}} |_{\text{VSN}} = \text{Pr}_{\text{mess}} < \chi \quad (4)$$

等式(4)取决于所采用的特定概率消息转发方法,即  $\text{Pr}_{\text{mess}}$ ,另一方面,在 OSN 的情况下,中断概率表示为虚拟服务器所经历的流量负载  $\lambda$  高于给定阈值  $\Lambda$

的概率,即:

$$\text{Pr}_{\text{out}} |_{\text{VSN}} = \text{Pr}[\lambda - \Lambda] \quad (5)$$

### 3 性能评估

在本节中,给出 CMTHN 连接切换技术的性能评估结果,旨在减少  $N_H$  的切换数量,同时保证 QoS 和中断需求。实验是在 NS3 环境(网络仿真软件)下进行,在三种不同的通信模式下获得了仿真结果,这三种模式分别是:(1)用传输数据包的最小延迟;(2)数据包发送率 PDR;(3)成功发送数据包的比率。具体来说,假设在 VSN 社区中,由于 VSN 的 DTN 特性,消息在 P2P 模式下通过端到端连接进行传输;而在 OSN 社区,由于其集中的网络架构,消息传统上采用 CS 模式传输,因此,在 VSN 和 OSN 网络之间执行切换时,采用了混合通信模式。

设  $n_1$  为 VSN 社区的节点数,  $n_2$  为 OSN 社区的节点数,该文将  $n_3$  ( $n_3 < n_1, n_3 < n_2$ ) 作为 OSN-VSN 的混合节点数,即能够在 OSN 和 VSN 之间切换连接(即切换执行)的节点,反之亦然。初始节点位置生成成为 2 平方公里范围内的两条车道,根据节点的数量,有不同的密度场景,每个节点以平均 30 km/h 的速度移动,并随机向每个剩余节点发送信息包流(即每流 10 个信息包,间隔 10 毫秒),模拟结果中考虑的主要参数如表 1 所示。

表 1 模拟中使用的主要参数

参数	值
包大小	1 000 Bytes
服务器上传速率阈值( $\Lambda$ )	10 Mbps
网络规模—场景 1	$n_1 = 0, n_2 = 0, n_3 > 0$
网络规模—场景 2	$n_1 = 0, n_2 > 0, n_3 = 30$
$\vartheta_{\min}$	0.8 Mbps
包流量 $\lambda$	$[0.1, 1]$ 流/秒

假设每 100 毫秒周期性地交换 100 字节的消息,其中包含每辆车的基本信息,如节点 ID、速度、位置等,节点根据 1 秒内从邻居接收到的消息的数量定义其 VSN 连接的瞬时吞吐量,更详细地说,当从邻居发送的 100 字节消息在 1 秒内达到 10 个时,每个连接的最大吞吐量达到大约 8 Mbps。

利用图 1 中的框架描述,该文考虑了两种不同的场景,这取决于无线节点的性质,即:

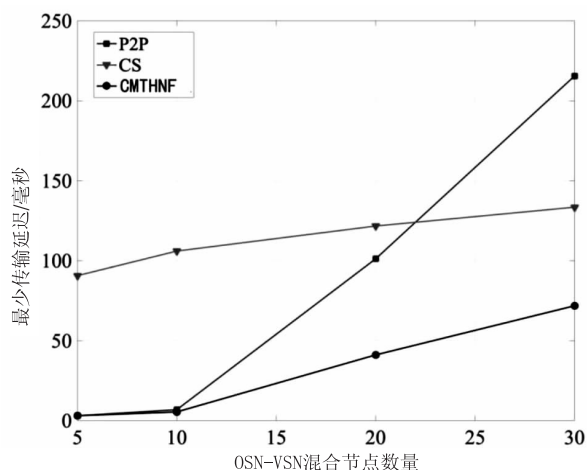
(1)场景 1:根据节点条件( $n_1 = 0, n_2 = 0, n_3 > 0$ ),所有节点都能进行 OSN 与 VSN 的连接切换;

(2)场景 2:OSN 社区中存在节点,OSN-VSN 连接交换中存在节点,即( $n_1 = 0, [n_2, n_3] > 0$ )。

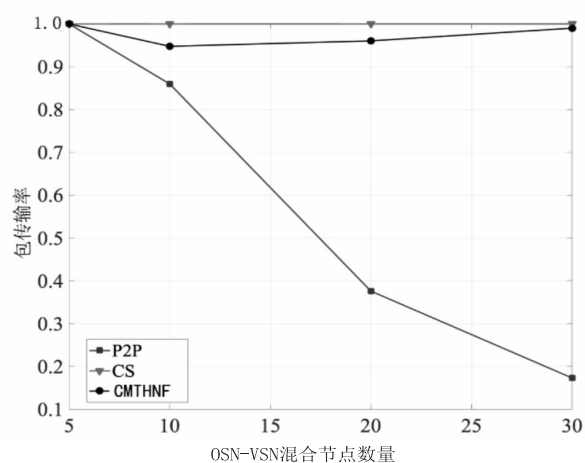
注意,对于第一个场景,只有混合 OSN-VSN 节

点,因此在需求最高的情况下将激活连接交换,每个节点都能切换到合适的通信方式(即从 VSN 切换到 OSN,CS 和 P2P,反之亦然)。此外,由于 OSN 社区的集中化特点,第一种场景中可能会出现服务器中断,但不会频繁发生,影响不明显。转发到 OSN 服务器的流量取决于 VSN 的通信质量,因此,只有当 VSN 社区的连接中断时,所有流量才会被转发到 OSN 上,服务器可能会宕机。为此,该文考虑了只有 OSN 和 OSN-VSN 混合节点的第二种模拟场景,即 OSN 模式下的节点数量超过 VSN 模式下的节点数量,在这种情况下,OSN 服务器的中断是值得关注的。

第一种场景仅由能够切换连接的 OSN-VSN 混合节点组成,OSN 和 VSN 通信网络的选择分别取决于服务 OSN 和 VSN 网络连接的可用性和质量,由于所有节点都可以发起和执行切换,因此可以在任意节点触发 OSN 和 VSN 之间的切换,因此,可以比较三种工作模式的网络性能,即 P2P、CS 和 CMTHNF 模式。



(a) 模拟场景中只有混合 OSN-VSN 节点时的最小传输延迟



(b) PDR

图 2 场景 1 中的网络性能

图 2 描述了场景 1 中只有混合 OSN-VSN 节点时的结果。在图 2(a)中,评估了在网络场景中发送数据包的最小传输延迟,并比较了 CMTHNF 方法在 P2P 和

CS 模式下的性能。通过观察,与 P2P 和 CS 模式相比,CMTHNF 在最小延迟方面有改进,当节点数小于 20 时,P2P 和 CMTHNF 模式由于采用了直接通信的方式,相对于 OSN 模式,延迟较低。但是,当节点数增加时,P2P 模式的时延在 CS 和 CMTHNF 模式下显著增加,而在其他两种模式下,时延的增加是逐渐的。这可以解释为,随着 P2P 方式通信的节点数量的增加,CH 节点的排队时延变长,介质访问时延也变长;CS 模式下,即使所有节点都通过 OSN 服务器连接,30 个节点产生的流量负载仍然是服务器可以承受的,即没有超过服务器的阈值  $\Lambda$ ,稍后将在场景 2 中考虑服务器宕机的情况。

在图 2(b)中观察到 CMTHNF 表现出良好的 PDR 趋势,接近 CS 模式的最高趋势。在集中式网络体系结构中采用 CS 模式,可以最大限度地实现 PDR,CMTHNF 略有下降,趋势与 CS 曲线一致,达到 90% 以上,说明 CMTHNF 支持 VSN 内部通信,增强了车辆网络的连通性,另一方面,由于在 VSN 社区中缺乏始终可用的连接,在  $n_3 = 30$  时,P2P 模式的 PDR 急剧下降到 20%。综上所述,在只有混合 OSN-VSN 节点的场景 1 中,CMTHNF 演示了 PDR 与 P2P 模式相比的增强,其最小延迟仍然低于 CS 模式,这满足了 CMTHNF 的原始思想的目的,即利用 OSN 的连接性和 VSN 的快速传输。

在场景 2 中,所有节点都可以以 OSN 方式通信,没有 VSN 节点可用,  $n_1 = 0$ ,其中该文假设网络中仅分布纯 OSN 节点 ( $n_2 \geq 0$ ) 和固定数量的 OSN-VSN 混合节点 ( $n_3 = 30$ ),由于所有节点都处于 OSN 连接状态,使用 OSN 通信的需求较高,预计可能会发生 OSN 服务器宕机。此外,每个 OSN 节点上产生的报文流和 OSN 节点的个数也会影响到 OSN 服务器上的流量,每个节点产生的报文流越密集,OSN 节点数量越多,服务器的负载越重。

在图 3 中,只比较了 CMTHNF 和 CS 模式,因为在这个场景中,由于缺少 VSN 节点,所以没有 P2P 通信模式,考虑每个 OSN 节点产生的不同包流,即  $[0.1, 1]$  流/秒,每流 10 个包,间隔 10 ms。请注意,在 CS 模式下增加数据包流量会影响服务器,从而导致服务器中断(如图 3 中标记为 CS 中断),然后与没有中断的情况相比,性能会变得更差。

在图 3(a)中可以观察到,当网络中的 OSN 节点数小于 20 时,CMTHNF 表现出比 CS 模式更低的值,当 OSN 节点数增加时,即对于  $n_3 > 20$ ,OSN 服务器变得过载并且 CMTHNF 曲线遵循 CS 趋势(即没有观察到改进)并且传输延迟随着 OSN 节点数量的增加而增加。由此可见,OSN 服务器的容量对 CMTHNF 性能



有一定的影响,当传入流的数量足够大时,这会导致 OSN 服务器过载。在图 3(b)中可以观察到 PDR 的显著下降,当 CS 和 CMTHNF 模式的服务器中断,OSN 节点的数量达到 10 个时,PDR 快速下降并随着纯 OSN 节点数量的增加而减少约 18%,相比之下,在没有服务器中断的情况下,CS 和 CMTHNF 的 PDR 都保持较高。

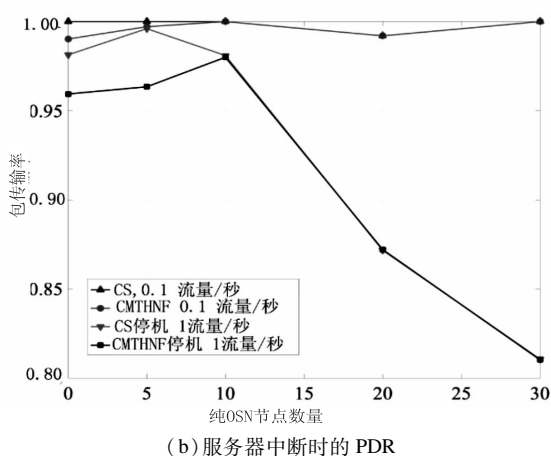
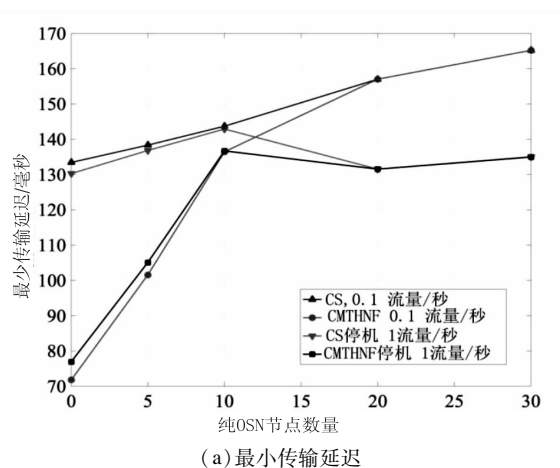


图 3 场景 2 中的网络性能

## 4 结束语

给出了一种异构社会网络框架 CMTHNF 的性能评估,该框架能够互连 OSN 和 VSN 社区进行数据交换,当性能下降,如 QoS 等级降低,超过中断概率时,VSN 和 OSN 之间会发生连接切换,反之亦然。最后提出了一种减少连接开关数量的优化方法,在 OSN 和 VSN 社区组成的异构场景中对 CMTHNF 框架进行了评估,结果表明,该算法在传输时延最小、PDR 最小、OSN 服务器宕机等方面优于传统的 CS 模式和 P2P 模式。

## 参考文献:

- [1] BUJARI A, GAGGI O, PALAZZI C E, et al. Would current ad-hoc routing protocols be adequate for the Internet of Vehicles? A comparative study [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2018, 5(5): 3683-3691.
- [2] 王 斌. 分布式社交网络中 Biclique 攻击延迟容忍算法 [J]. 科技通报, 2015, 31(10): 121-123.
- [3] 石峻岭, 王兴伟, 黄 敏. 一种内容中心型车载社交网络路由机制 [J]. 计算机科学, 2019, 46(7): 50-55.
- [4] 李 强. 车载社交网络中社区检测和数据转发策略的研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2019.
- [5] 刘永谋, 陈旭光. 无标度网络 VS 星状网络: 物联网拓扑结构及其社会影响 [J]. 南京邮电大学学报: 社会科学版, 2013, 15(2): 6-11.
- [6] ORTIZ AN M, HUSSEIN D, PARK S, et al. The cluster between internet of things and social networks: review and research challenges [J]. IEEE Internet of Things Journal, 2014, 1(3): 206-215.
- [7] VEGNI A M, SOUZA C, LOSCRI V, et al. Data transmissions using hub nodes in vehicular social networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2019, 19(7): 1570-1585.
- [8] 陈亚雷. 基于互联网和智能车载终端的车联网服务平台设计 [D]. 烟台: 烟台大学, 2021.
- [9] VEGNI A M, LOSCRI V, BENSLIMANE A. SOLVER: a framework for the integration of online social networks with vehicular social networks [J]. IEEE Network, 2020, 34(1): 204-213.
- [10] ZEKRI A, JIA W. Heterogeneous vehicular communications: a comprehensive study [J]. Ad Hoc Networks, 2018, 75(1): 52-79.
- [11] 马趁想. 室内 VLC/Wi-Fi 无线异构网络中垂直切换算法研究 [D]. 西安: 西安理工大学, 2021.
- [12] 陈汉成. 车载互联网的分组转发技术研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2018.
- [13] VEGNI A M, NATALIZIO E. Forwarder smart selection protocol for limitation of broadcast storm problem [J]. Journal of Network and Computer Applications, 2015, 47: 61-71.
- [14] 许耀华, 盛银银, 王贵竹, 等. 异构网络中基于兴趣感知的聚类缓存策略 [J]. 系统工程与电子技术, 2020, 42(11): 2629-2635.
- [15] UCAR S, ERGEN S C, OZKASAP O. Multihop-cluster-based IEEE 802.11p and LTE hybrid architecture for VANET safety message dissemination [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2015, 65(4): 2621-2636.