

一种基于车载机会网络的自适应数据分发算法

蔡青松^{1,2} 牛建伟² 刘畅²

(北京工商大学计算机与信息工程学院 北京 100037)¹ (北京航空航天大学计算机学院 北京 100191)²

摘要 车载网络通过移动车辆的无线通信装置实现数据共享,是未来智能交通系统中的重要技术。传统的车载网络数据分发大多基于泛洪的传染扩散方法,其虽能适应网络的拓扑动态性,却无法达到高效和实用的目的。提出了一种适用于车载机会网络的自适应拷贝数据分发算法 ACS(Adaptive Copy and Spreading),它通过车辆移动参数(如方向、速度)动态计算所需分发数据的拷贝数并确定消息删除策略。仿真结果表明,ACS 算法相比随机选择分发算法和传染扩散算法降低了对网络资源的需求,适用于多种应用场景。

关键词 车载网络,机会网络,数据分发,传染扩散

中图分类号 TP393 **文献标识码** A

Adaptive Data Dissemination Algorithm for Vehicular Opportunistic Networks

CAI Qing-song^{1,2} NIU Jian-wei² LIU Chang²

(School of Computer Science and Information Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100037, China)¹

(School of Computer Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)²

Abstract Vehicular Ad-hoc networks (VANETs) are promising information-sharing technologies for modern intelligent transportation systems (ITS), in which information can be disseminated and shared among a group of moving vehicles through wireless communication devices. Previous data dissemination schemes for VANETs are unable to meet the requirements of effective and efficient data dissemination in VANETs due to the dynamic nature of the framework such as the intermittent connection between vehicles. An Adaptive Copy and Spread (ACS) data dissemination algorithm was proposed for opportunistic VANETs to adaptively adjust the dissemination strategies. Through making use of the moving parameters of vehicles (e. g. direction, velocity), ACS can dynamically calculate the number of message copies to be broadcasted so that vehicles can intelligently start or stop a message spread stage. In addition, ACS was designed to keep the message located at the effective area's boundary, inform the entering vehicles as soon as possible. Our simulation results show that ACS outperforms traditional Random Choice (RC) algorithm and Epidemic spreading (ED) algorithm with less network resource consumption in broad scenarios.

Keywords Vehicular Ad-hoc networks, Opportunistic networks, Data dissemination, Epidemic spreading

1 引言

车载自组织网络(Vehicular Ad-hoc Networks, VANETs)作为现代智能交通系统的重要基础之一,是以车辆间通信为设计目标的移动自组织网络。其基本思想是使得在一定通信范围内的车辆可以相互交换和共享信息,包括:车速、位置以及车载传感器所感知的其它信息,并自动相互连接形成一个移动的网络,从而提高交通效率和为驾驶者提供驾驶安全、驾驶辅助等多重便利。例如,通过信息交换,驾驶者能够获得视距范围之外的其它车辆的状况信息(如车速、方向、位置、刹车板压力等)以及实时路况信息等。典型的 VANETs 应用包括行使安全预警、协助驾驶、分布式信息发布与扩散以及基于通信的车辆运行控制等。

VANETs 节点单跳通信范围一般在几百到一公里,每个车辆节点不仅是一个通信的发起者和终止者,而且也是数据的转发者,车辆之间采用这种方式自组织在一起,把数据转发给更远的车辆。与传统 Ad-hoc (MANETs) 不同的是, VANETs 中车辆移动具有一定的规律性,例如车辆只能沿着道路方向移动,具有一维性。同时,道路的静态形状使得车辆只能受限移动,车辆移动轨迹也具有一定程度的可预测性。在实际 VANETs 应用场景中,由于车辆快速移动以及网络所固有的大规模性,很难保证网络的连通性。换言之, VANETs 在大多数情况下处于间歇性连通的状态,车辆之间的数据交换必须依赖于彼此的相遇(指车辆在移动过程中进入彼此的无线发射范围之内)机会进行,我们把这种依赖于相遇机会进行通信的车载自组织网络称为车载机会网络 VON(Vehicular

到稿日期:2010-11-16 返修日期:2011-02-25 本文受国家自然科学基金项目(60873241),国家自然科学基金重点项目(60933011),国家自然科学基金项目(61073014)和国家 863 高科技发展计划项目(2008AA01Z217)资助。

蔡青松(1973-),博士,讲师,主要研究方向为移动与分布计算、传感器网络, E-mail: simon_cqs@buaa.edu.cn;牛建伟(1969-),博士,副教授,主要研究方向为移动与分布计算、传感器网络、网络多媒体;刘畅(1985-),硕士生,主要研究方向为移动计算。

Opportunistic Networks)。VON 的核心问题之一是如何处理网络动态变化以及间歇性局部连通条件下的数据分发问题。由于 VON 的多跳路由是由普通节点间的协作完成的,不存在专用的路由设备,因此需要对转发节点设计高效的数据分布式转发机制,使其能够适应网络拓扑的动态变化。在一些应用场景下,VON 是由道路上配置的信息站在和道路上移动的车辆组成的混合网络,其中信息站作为网关连接到骨干网,充当信息源的角色负责向网络中广播消息。车辆安装有卫星导航系统(GPS, Global Positioning System)和短距离无线通信设备(如 WLAN 等),车辆通过 GPS 获得行驶过程的方位、速度等信息,同时通过短距离无线通信实现车辆间点对点的通信。车辆具有移动性好、速度快、活动范围大等特点,随着实际生活中车辆数目的增加,车载网络作为信息传播的良好载体已经在国内外研究和应用领域受到极大的关注。然而在实际生活场景中,局部车辆往往达不到很高的密度,而且车辆的行驶路线是不断变化的,这使得车辆相遇事件具有很大的偶然性和不可预见性,因此,决定了这种情况下 VON 的拓扑结构是不稳定的,机会性的相遇与数据转发与分发是这类应用场景的主要特征^[1,2]。传统的数据分发框架在 VON 中已不再适用,需要探索新的数据分发算法。

本文提出了一种基于 VON 的自适应的数据分发算法,算法能够通过向邻居节点发送探寻消息获知邻居车辆节点的行使速度向量和是否被通告等信息,然后携带通告消息的车辆根据自身的行使状态计算自己和邻居车辆的行使状态关系,并以此作为自身通告消息副本删除与否的依据。此算法还使得在有效期内消息能够在其有效区域边界得以保持,使得驶入区域边界的车辆能够在最短的时间内收到通告消息,进而提高消息的通告效率。

如图 1 所示,黄色圆代表消息需要通告到的区域,消息源处于通告区域的中心,由红色虚线表示。消息源可以是一个固定的传感器节点,也可以是一个移动的车辆。消息源可以向外广播通告消息,如堵车情况、交通事故等,经过消息源的车辆能够接收到这些通告消息,协助通告消息扩散。算法在如上应用场景中,能够在保证一定分发成功率的情况下,有效降低网络负载,从而增强 VON 中数据分发的实用性。

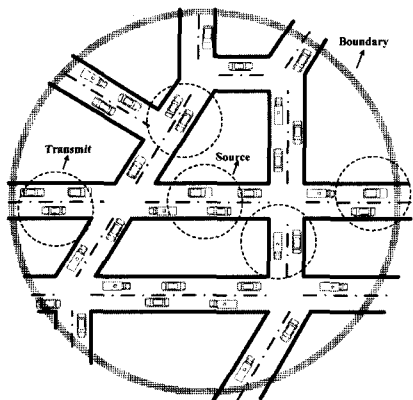


图 1 VON 中的自适应消息拷贝扩散示例

本文第 2 节介绍了相关工作;第 3 节提出了基于车载机会网络的自适应拷贝扩散算法;第 4 节是仿真实验与结果分析;最后给出了结论。

2 相关工作

早期的数据分发策略主要依赖于消息发送者。例如在工作^[3]中作者提出了一种 Stored-GeoCast 分发策略,在该策略中发送者负责为准备发送的每条消息指定目标区域和有效期,在目标区域内的节点都可接收到消息。该算法的缺点在于消息发送者无法及时删除失效的消息,因此容易造成过期消息拥塞网络,使消息更新无法完成。在网络中消息密度较高时,静态的周期广播策略将会使网络负载超负荷。另一种基于消息发送者的算法^[4]中,消息发送者以固定的时间间隔将自己携带的所有消息广播一次,网络中的任何节点都可接收该消息。这种算法可以保证消息以最小的延迟传播到整个网络。它的缺点是同一条消息的副本过多,造成网络负载增长过快,不适合带宽有限的网络。因此,基于消息发送者的策略应注重消息的分类,降低无用的消息副本数量,提高带宽利用率。在基于内容的分发策略中,Content-based Forwarding^[5]是一种基于节点位置的贪婪分发算法。消息分发节点在其邻居节点(在消息分发节点的广播有效半径之内的节点)中选择距离自己最近的作为下一跳节点。一种改进的算法^[6]利用电子地图协助完成下一跳节点的选择,这种算法利用在城市中交通路口处的关联性最好这一发现,将消息分发节点在交通路口遇到的车辆作为下一跳节点。这两种算法都基于网络中其他车辆的位置信息进行数据分发,相比早期基于消息发送者的策略和基于内容的数据分发策略降低了网络中无用消息的数量,提高了整体数据分发的效果。但是这类策略仍没能从消息本身的角度进行考虑,数据分发的性能仍差强人意。另外一种是基于地址信息和节点兴趣的数据分发策略^[7],这种数据分发策略中,消息分发节点在选择下一跳节点时,综合考虑了其邻居节点的地址信息和感兴趣的消息类型,而且消息分发节点可以自主决定如何处理一则消息(立即分发、暂时保留或者直接丢弃这则消息),这种策略完全不是基于消息发送者,而是由周围节点的兴趣特征决定网络中消息的流向。这就使得网络中垃圾消息的数量大大下降,提高了数据分发效率。Wischhof 等人提出了一种自组织流量信息系统^[8],系统中传感器节点或车辆节点监控流量信息(如拥堵、停车位等)并且把这些信息描述发给其它车辆。Nadeem^[9]等人提出了利用反向行驶车辆来携带信息以使得消息转发更快的方法。

在以上方法中存在如下的问题未得到很好的解决:(1)如何在预定义的区域内存持信息和转发信息;(2)如何避免区域内产生多余副本;(3)如何确定消息拷贝的数量以保证信息在区域内的扩散速度;(4)如何保证信息不转发到预定义的区域以外。虽然上述 VANETs 中的信息分发方法为某些特定场景提供了可行的解决方法,但对于更广泛的应用场景却并不适用,本文针对此设计新的数据分发方案,以解决上述问题。在车载机会网络中,车辆的移动具有一维性,其轨迹具有一定程度的可预测性。基于此观察,本文提出了基于车辆移动参数的自适应拷贝与分发算法以降低网络负载和提高数据分发效率。

3 基于车载机会网络的自适应拷贝扩散算法

3.1 定义与假设

假定移动车辆之间建立通信连接所需的时间可以忽略,

同时每个移动车辆均可通过 GPS 获知自身的位置信息和方向信息。

定义车辆间通告消息与回馈消息如下。

(1)通告消息以 NM 表示,指携带需要通告并扩散到一定区域范围内的消息。定义如下:

NM (vector, position, source, range, TTL, message)

其中,vector 表示通告消息发布车辆当前的速度矢量; position 表示通告消息发布车辆当前的位置; source 表示通告消息源的位置; range 表示消息的有效区域,用区域半径表示; TTL 表示通告消息的剩余生存时间; message 表示通告消息的具体内容。

(2)回馈消息以 AM 表示,用于向通告消息发送车辆反馈的状态信息。定义如下:

AM (vector, position, notified)

其中,vector 表示回馈消息发送车辆当前的速度矢量; position 表示通告消息发送车辆当前的位置; notified 表示车辆是否接收过此通告。

3.2 算法描述

在自适应拷贝扩散(Auto Adaptive and Spreading, ACS)算法中,拥有消息副本的车辆在固定时间间隔内向周围广播通告消息 NM,并以收到的回馈消息 AM 来决定是否删除或继续持有此消息。算法通过一系列策略来做出上述决定,包括持有消息副本的车辆与需通告车辆的相对位置信息、NM 消息源车辆与其它车辆之间的位置信息等。

(1)NM 发送车辆与 AM 发送车辆的位置关系

当发送 NM 消息的车辆收到 AM 消息时,它通过 AM 消息所携带的 vector 向量和自身的 vector 向量计算两车辆行驶方向的角度,以得出这两个车辆是同向行驶还是反向行驶。计算方法如式(1)所示。

$$\alpha = \cos^{-1} \frac{V.v * A.v}{|V.v| |A.v|}$$

$$= \cos^{-1} \frac{V.v.x * A.v.x + V.v.y * A.v.y}{\sqrt{(V.v.x^2 + V.v.y^2) + (A.v.x^2 + A.v.y^2)}} \quad (1)$$

式中, $V.v$ 和 $A.v$ 分别代表 Vehicle. vector 和 AM. vector; Vehicle. vector 表示 NM 消息发送车辆的 vector 矢量,AM. vector 表示 AM 消息发送车辆的 vector 矢量。如果 $|\alpha| < 10$, 认为两车行驶方向相同,如果 $|\alpha| > 170$, 视作两车行驶方向相反。通过上式得出车辆之间的相对行驶状态。

(2)车辆行驶方向与消息源之间的关系

为定义车辆行驶方向与消息源之间的相对位置关系,定义车辆行驶的两种相对状态:朝向消息源行驶和背向消息源行驶。朝向消息源行驶指车辆的移动方向大致向消息源方向行驶;同样,背向消息源行驶指车辆沿远离消息源的方向行驶。算法通过计算车辆的 vector 矢量同车辆当前位置与消息源连线的夹角来判定得到车辆的行驶状态。

如图 2 所示,车辆 A 以速度 V_A 在区域中行驶,车辆 B 以速度 V_B 在区域中行驶, V_A 和 V_B 是速度向量,表明了车辆的行驶速度和方向。 S 表示消息源, AS 和 BS 是车辆 A 与 B 到消息源的距离向量。 α 为 AS 向量与 V_A 向量的夹角, β 为 BS 向量与 V_B 向量的夹角。如果向量之间的夹角小于 $\pi/2$, 认为车辆行驶的方向为朝向消息源的方向;如果向量之间的夹角大于或等于 $\pi/2$, 认为车辆行驶方向为背向消息源的方向。

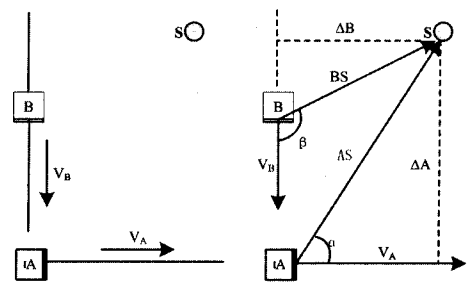


图 2 车辆行驶方向计算示意

显然,为计算 α 与 β , 必须获取 AS 和 BS 的信息。根据前面的假定,本文假设 AS 和 BS 可以通过 GPS 信息经过计算得到。由此可以计算得到 AS 向量与水平线的夹角,使用同样方法也可以得到 V_A 向量与水平线的夹角。将两个夹角的差记为 α ,使用同样方法计算出 β 。

$$\alpha = \tan^{-1}(AS.y/AS.x) - \tan^{-1}(V_A.y/V_A.x)$$

$$\beta = \tan^{-1}(BS.y/BS.x) - \tan^{-1}(V_B.y/V_B.x) \quad (2)$$

式中, $\alpha, \beta \in (0, \pi)$ 。

当 $\alpha < \pi/2$ 时,认为车辆朝向消息源的方向行驶;当 $\alpha \geq \pi/2$ 时,认为车辆朝向背离消息源的方向行驶。

3.3 车辆在消息有效区域内行驶时的消息分发算法

车辆在通告消息有效区域内行驶时,需要协助其它车辆将消息扩散到消息有效区域内,但又不能将消息泛洪到整个区域中,因此,需要车辆节点对消息副本有选择地进行接收、分发与删除。

车辆在收到通告消息后决定是否接受并存储消息副本,根据接受与否对 AM 消息中的 notified 位做出修改,然后广播 AM 消息。通告消息发送车辆收到回馈消息后,根据数据分发算法决定是否停止通告消息的广播并且删除通告消息,重复上述过程。这种基于 VON 的自适应的数据分发算法使得通告消息能够快速地将消息扩散到有效区域中,并且达到区域边界。消息分发算法描述如图 3 所示。

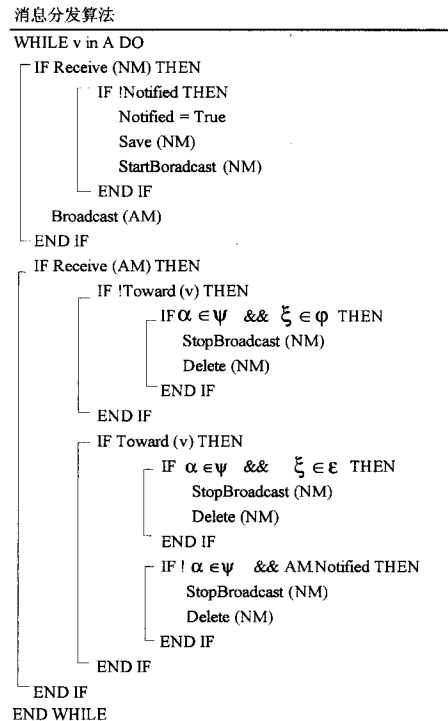


图 3 移动车辆在消息有效区内的自适应拷贝分发算法描述

图3中A表示消息的有效区域, v 表示车辆, Receive(NM)表示车辆收到了一条通告消息, Save(NM)表示车辆保存了通告消息副本, 此时系统中通告消息的整体数量加1。StartBroadcast(NM)表示车辆开始以一定周期广播通告消息; StopBroadcast(NM)表示车辆停止广播通告消息; Delete(NM)表示车辆删除自身的通告消息副本, 此时系统中通告消息的整体数量减1。Toward(v)是一个函数, 用于判断车辆的行驶状态, 函数的返回值是一个布尔值, 当返回值为 True 时, 表示车辆朝向消息源行驶; 当返回值为 False 时, 表示车辆背离消息源行驶。 α 为消息(包括通告消息或回馈消息)发送车辆与消息(包括通告消息或回馈消息)接收车辆之间的夹角, ψ 表示角度的集合, 其中包含表示同向行使的夹角。 α 表示发送了通告消息并且接收到回馈消息的车辆; φ 表示行使在 ξ 前面的车辆的集合; ε 表示行使在 ξ 后面的车辆的集合。AM_Notified表示车辆收到的回馈消息的 notified 值域(True 或者 False)。

车辆在选择下一跳时将消息传递给更加靠近消息区域边界的车辆节点。在这过程中可以利用道路两侧的车辆节点协助消息扩散。在图3所示算法中, 携带有通告消息副本的车辆能够通过收到的回馈消息决定它下一步的动作。例如, 车辆可能继续周期性地广播通告消息, 也可能停止广播通告消息, 并删除自身携带的副本。图4是一个基于车辆消息的交换模型示例, 通告消息可以通过 $S1 \rightarrow S2 \rightarrow S3 \rightarrow S4$ 这条路径进行传递。

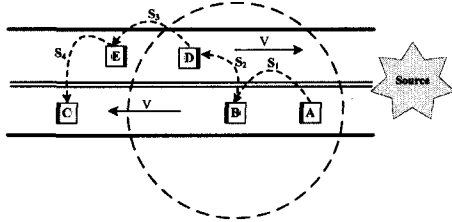


图4 车辆在通告消息有效区域内行驶时消息传递路径

3.4 车辆在消息有效区域边界行驶时的消息分发

当车辆将要行驶出通告消息有效区域边界时, 车辆则无需继续存储该通告消息, 而即将驶入通告消息有效区域边界的车辆则需要收到该通告消息。ACS算法能够使将要行驶出区域边界的车辆将通告消息发送给刚刚驶入区域边界的车辆。

当拥有消息拷贝的车辆正要驶出区域时, 为了将通告消息成功传递给刚刚驶入该通告消息有效区域的车辆, 防止网络中通告消息拷贝的丢失, 它将持续广播通告消息, 直到收到一条 notified 标志位为 True 的回馈消息后, 才将自身的消息拷贝删除。车辆收到通告消息后, 分析其位置, 如果判断自己为刚驶入通告消息有效区域的车辆, 则接收此通告消息。收到通告消息后车辆判断自身是否为处于边界的车辆, 重复上述过程, 完成对新进入通告消息区域的车辆的通告。

图5描述了车辆在区域边界行驶时的情形。

图5中, 车辆A与C将要行驶出通告消息有效区域, 车辆B与D将要驶入通告消息有效区域。在T1时刻, 车辆A将通告消息传递给即将驶入通告消息有效区域的车辆B, 随后B将通告消息传递给即将驶出通告消息有效区域的车辆C, 这样的过程循环往复, 直到通告消息的生命周期, 删除通

告消息。

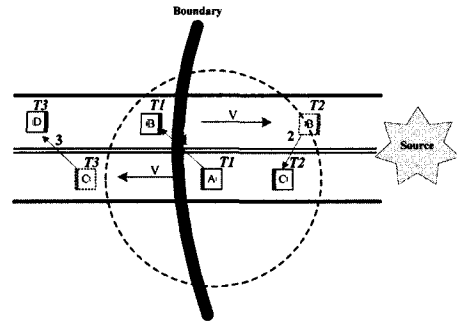


图5 车辆在通告消息有效区域边界行驶时的消息传递

4 仿真与分析

为了验证算法性能, 本文采用 OMNeT++^[10] 作为仿真环境, 车辆节点的移动采用曼哈顿模型 (Manhattan Mobility Model), 仿真实验对比了 ACS 算法与传统的传染算法 (Epidemic Dissemination, ED) 算法和随机选择算法 (Random Choice, RC) 的性能。

4.1 仿真参数设置

仿真参数如表1所列。

表1 仿真参数

仿真区域边长 (km)	30, 30
无线协议	802.11b
无线通信范围	100m
移动模型	Manhattan Mobility Model
NM 消息的大小 (bits)	264
AM 消息的大小 (bits)	49
车辆数量	500~2000
车辆速度 (km/h)	40~100
道路宽度 (m)	20~40
消息生存期 (s)	10000
仿真时间 (s)	10000

4.2 结果与分析

4.2.1 不同车辆数的网络中通告消息的拷贝数量

在仿真区域大小不变时, 车辆数量大小决定了车辆的平均空间密度。仿真实验分析了随车辆密度变化网络中消息拷贝数量的变化情况。

如图6所示, 由于 RC 算法和 ED 算法没有考虑控制网络中消息拷贝的数量, 且不会主动删除网络中的消息拷贝, 导致副本数目随着时间推移而迅速增加。这两种算法只是在 VON 中车辆数较少时才能够保持较少的消息拷贝数量, 当网络中车辆数量增加时, 消息拷贝数量迅速增加。ACS 算法能够自适应地对过期消息拷贝进行删除, 并且能够控制拷贝数量, 因此在拷贝数量上明显优于 RC 算法和 ED 算法。

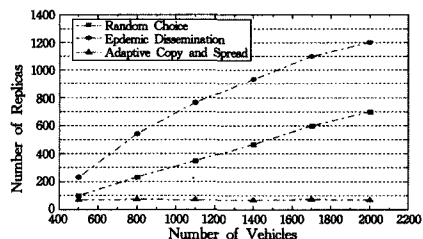


图6 不同车辆数目时的通告消息拷贝数量

4.2.2 不同车辆数量时通告消息的转发成功率

消息转发成功率表示通告消息成功地转发到目的车辆上

的比例。在一定的消息复制数量前提下,消息转发成功率越高的算法意味着该算法更能适应网络中节点数量的变化。

如图 7 所示,当网络中车辆数量较小时,ACS 分发算法在分发成功率上没有 ED 算法高;但当车辆数量增加时,ACS 的消息分发成功率随之上升,可以达到和 ED 算法几乎相同的水平,而 RC 算法的成功率一直表现出相对较低的消息传输成功率。这是由于 RC 算法选择分发对象时采用随机选择的方式,在所选择的转发对象之中可能有一部分是已经被通知过的车辆节点,或是对消息转发过程无用的车辆节点。ED 算法采用传染病策略将所有接触到的车辆节点作为一组分发对象。ACS 算法由于采用了消息拷贝转发控制策略,即消息发送车辆向周围发送通告消息(相当于探测包),周围的车辆将响应一条反馈消息,通告消息发送车辆可以以此判断车辆间的位置和相应的移动状态,从而采取针对性的分发,来提高消息分发的成功率。

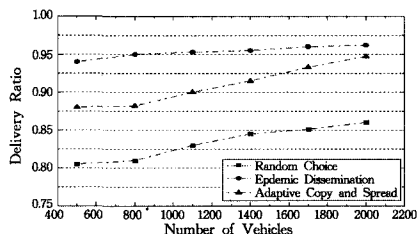


图 7 不同车辆数目时的通告消息分发成功率

4.2.3 移动区域大小与消息扩散到边界的延迟的关系

在车载移动网络中,消息具有一定的空间有效性,即距离消息源的位置越远,消息的“有用性”越低。因此,ACS 算法考虑到消息的有效边界。由于车辆节点的移动性,随着仿真实验中移动区域大小的增加,消息扩散到边界的时延均表现出增加的趋势。

如图 8 所示,当区域半径较小时,各算法将消息传输到区域边界产生的时延均比较低。随着半径的增大,通告消息有效区域范围增大,RC 算法的时延快速增加,ED 算法和 ACS 算法中时延增加较缓慢,优于 RC 算法。ACS 算法在转发时进行了有针对性的选择,根据车辆的行驶方向使得通告消息分发朝向区域边界方向快速进行,充分利用车辆移动的方向性加快消息扩散速度。

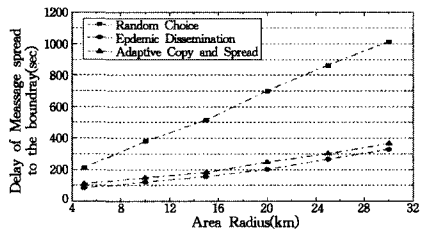


图 8 不同区域半径时通告消息扩散到边界的时延

4.2.4 网络负载分析

虽然 ACS 算法能够自适应地根据反馈消息控制消息的拷贝数量和删除过期的无用消息,但是随着仿真时间推移,如果删除消息拷贝的速度低于消息拷贝的速度,网络内的消息副本数量依然会逐渐增加,从而导致网络负载的增加。

如图 9 所示,随着时间的增加,ED 算法产生的网络负载增加速度非常快,RC 算法产生的网络负载增势相对较缓,而 ACS 分发算法表现最好,随着时间的增加,网络负载几乎没有变化。这表明,ACS 算法很好地控制了消息副本的拷贝速

度和过期消息的删除速度。图 9 表明,ED 算法和 RC 算法因为没有及时删除网络中多余的消息副本,而且未考虑控制对消息拷贝的数量,导致网络负载迅速增加。ACS 算法详细考虑了消息拷贝数量控制策略和无用消息删除机制,有效地降低了网络带宽的消耗,节省了网络资源。

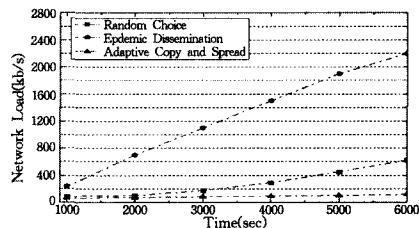


图 9 网络负载随时间的变化

4.2.5 消息拷贝数量随仿真时间推移的变化

如图 10 所示,随着时间的增加,ED 算法和 RC 算法在网络中产生了大量的消息拷贝,这是由于 ED 算法不对网络任意时刻的变化做反馈和预测,而是单纯依靠增加消息拷贝的数量来实现快速的数据分发过程。RC 算法对消息分发的条件做了一些限制,不需要单纯依靠泛滥的方式。ACS 分发算法中消息拷贝数量一直保持在较低的水平,这是因为在消息传递过程中,节点能够及时删除无用的消息,并且当消息传递到区域边界时,只有一个消息副本在一处边界得以保持,从而有效地控制了消息拷贝数量。

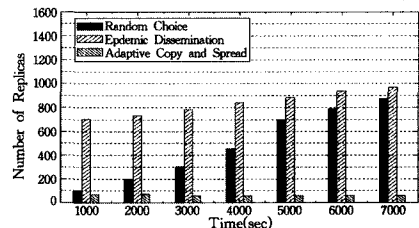


图 10 通告消息拷贝数目随时间的变化

结束语 基于城市背景提出了一种基于机会车载网络(VON)的自适应的数据分发算法 ACS,算法能够自适应地调整通告消息的拷贝数目以降低消息的通告时延,降低网络负载和节点资源消耗。算法根据车辆的行驶参数信息判断车辆的相对行驶状态以及与消息源的相对关系,进而采取具有针对性的数据分发策略,使得消息能够在较短时间内扩散到数据有效区域边界。仿真结果和分析表明,ACS 算法能够以很高的扩散成功率和较短的消息时延将消息扩散到整个消息有效区域,同时保证了较低的网络负载。

参考文献

- [1] Guidec F, Maheo Y. Opportunistic Content-Based Dissemination in Disconnected Mobile Ad-hoc Networks [C]// International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies. IEEE Computer Society Washington, D. C., USA, 2007; 49-54
- [2] 姜海涛, 李千目, 张宏. 一种新的基于无线射频的机会网络路由[J]. 计算机科学, 2010, 37(7): 66-69
- [3] Maihofer C, Franz W J, Eberhardt R. Stored Geocast [C]// Proceedings of Kommunikation in Verteilten Systemen (KiVS). Springer Verlag, 2003; 257-268
- [4] Adler C, Eigner R, Schroth C, et al. Context-adaptive Information Dissemination in VANETs-Maximizing the Global Benefit [C]// CSN'06-Proceedings of the 5th IASTED International

[5] Füßler H, Widmer J, Käsemann M, et al. Contention-based Forwarding for Mobile Ad-Hoc Networks [J]. Elsevier's Ad-hoc Networks, 2003, 1(4): 351-369

[6] Lochert C, Mauve M, Füßler H, et al. Geographic Routing in City Scenarios [J]. ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review (MC2R), 2005, 9(1): 69-72

[7] Kosch T. Local Danger Warning based on Vehicle Ad-hoc Networks; Prototype and Simulation [C]// 1st International Workshop in Intelligent Transportation (WIT 2004). Hamburg, Germany, March, 2004; 43-47

[8] Wischhof L. Adaptive Broadcast for Travel and Traffic Information Distribution Based on Inter-Vehicle Communication [C]// Proceedings of IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV03). Columbus, Ohio, USC, June 2003; 6-11

[9] Nadeem T, Shankar P, Iftode L. A Comparative Study of Data Dissemination Models for VANETs [C]// 3rd Annual International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems Workshops. San Jose, CA, 2006; 1-10

[10] OMNet++ Community Website [EB/OL]. <http://www.omnetpp.org>

(上接第 40 页)

和 RB 都等于 1, 因为这两种策略每次只运行一个副本, 而 NVP 启动的副本数最多。在主要的 perf 性能一栏中可以看出, Overlapping 策略的性能最好, Retry 性能最差(数值越小性能越好)。

表 3 基于网络感知模型实验结果

策略	All	RTT	Fail	Res	Perf
Retry	2800	17843	324	1	0.518
RB	2800	17171	316	1	0.506
NVP	2800	25289	174	3	0.501
Overlapping	2800	14379	244	1.68	0.455

表 4 是在传统主-从模型下各种容错策略的实验结果, 其结果类似于表 3, 但是从表 3 和表 4 中可以得出以下结论:

1. 在基于网络感知模型中所有容错策略的各项结果均要好于传统的主-从模型中的结果, 如在表 3 中所有策略的 RTT 时间要小于表 4 中的 RTT 时间, 表 3 中的各种策略的出错数要小于表 4 中的, 由此可以看出基于网络感知模型比传统的主-从模型能够处理更多的由于网络延迟带来的故障。

2. 在所有的策略中, 覆盖策略的性能是最佳的, 在表 3 中, 覆盖策略的性能是 0.455, 表 4 中性能是 0.499。从图 4 可以看出, 这两个值均要小于其他的策略。

表 4 传统主-从模型实验结果

策略	All	RTT	Fail	Res	Perf
Retry	2800	18117	395	1	0.604
RB	2800	18679	360	1	0.564
NVP	2800	25740	221	3	0.588
Overlapping	2800	15798	280	1.62	0.499

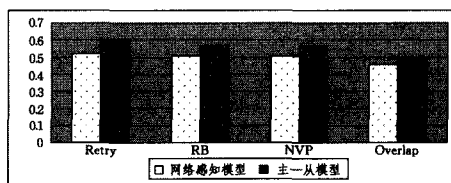


图 4 4 种策略的性能对比图

结束语 志愿计算是提高网络资源利用率的一个有效应用方式。由于志愿计算自身的特性, 如何做到容错计算是目前的研究热点。本文在分析了传统了主-从模型和基本容错策略的基础上, 提出了基于网络感知模型和改进的覆盖容错策略, 相对比传统的模型, 基于网络感知模型能够处理由于网络因素带来的故障, 使得志愿计算系统的可靠性得到了一定的提高。

在未来工作中我们将考虑更多的网络因素, 如负载、带宽

等等, 并分析这些因素对志愿计算系统可靠性的影响, 进一步完善本文提出的模型和策略。

参考文献

[1] 卢锡城, 王怀民, 王戟. 虚拟计算环境 iVCE: 概念与体系结构 [J]. 中国科学 E 辑信息科学, 2006, 36(10): 1081-1099

[2] Anderson D P, McLeod J. Local scheduling for volunteer computing [A]// 21th International Parallel and Distributed Processing Symposium, 2007 [C]. Long Beach: IEEE, 2007; 1-8

[3] 王宇, 王志坚. 志愿计算模型形式化方法 [J]. 软件学报, 2008, 19(5): 1125-1133

[4] Chan P P-W, Lyu M R, Malek M. Making Services Fault Tolerant [A]// Third International Service Availability Symposium, ISAS 2006 [C]. Helsinki: Springer, 2006; 41-63

[5] 杜云飞, 唐玉华, 杨学军. 容错并行算法的性能分析 [J]. 计算机科学, 2009, 36(9): 248-251

[6] Sarmanta L F G, Hirano S. Bayanihan: building and study web-based volunteer computing systems using java [J]. Future Generation Comp. Syst., 1999, 15(5/6): 675-686

[7] Malecot P, Kondo D, Fedak G. XtremLab: A system for Characterizing Internet Desktop Grids [A]// 15th IEEE International Symposium on High Performance Distributed Computing. 2006 [C]. Paris: IEEE, 2006; 357-358

[8] Aderson D P. BOINC: A System for Public-Resource Computing and Storage [A]// 5th International Workshop on Grid Computing, 2004 [C]. Pittsburgh: IEEE, 2004; 4-10

[9] Lammel R. Google's MapReduce programming model-Revisited [J]. Sci. Computer. Program, 2008, 70(1): 1-30

[10] 王建, 孙建伶, 王新宇, 等. 容错多处理机中一种高效的实时调度算法 [J]. 软件学报, 2009, 20(10): 2628-2636

[11] Chan P P-W, Lyu M R, Malek M. Reliable Web Services: Methodology, Experiment and Modeling [A]// 2007 IEEE International Conference on Web Services 2007 [C]. USA, IEEE, 2007; 679-686

[12] Randel J X B. The evolution of the recovery block concept [M]// Lyu M R, ed. Software fault tolerance. Wiley, Chichester, 1995; 1-21

[13] Avizienis A. The methodology of n-version programming [M]// Lyu M R, ed. Software fault tolerance. Wiley Chichester, 1995; 23-46

[14] Leu E L D, Bastani F B. The effect of statically and dynamically replicated components on system reliability [J]. IEEE Trans Reliab, 1999, 39(2): 209-16

[15] Planet-Lab [EB/OL]. <http://www.planet-lab.org>

[16] Owlet [EB/OL]. <http://owlet-code.sourceforge.net>