

面向车联网的稀疏轨迹数据路径预测

单丰武

(江西江铃集团新能源汽车有限公司, 南昌 330008)

摘要: 在稀疏交通环境下, 车联网数据转发的机会会减少, 这就造成了车辆长时间携带数据而无法转发, 以至于出现较大的数据传输延迟; 在目前的大经济环境下, 这方面的研究有助于车联网的发展与应用; 对于这一问题, 笔者对车辆往稀疏轨迹数据预测进行分析, 并对双向交通路段延迟特征作了相关研究, 并通过理论分析和仿真实验, 探讨了 DDBT 协议在稀疏交通环境下的数据传输延迟性能; 以期在今后的面向车联网的相关研究中, 为研究者提供一定的借鉴和参考。

关键词: 车联网; 稀疏轨迹; 数据路径

Sparse Trajectory Data Path Prediction for the Connected Car

Shan Fengwu

(Jiangxi Jiangling Group New Energy Vehicle, Nanchang 330008, China)

Abstract: In a sparse traffic environment, the connected car data forwarding will be reduced, which causes the vehicle to carry data for a long time and can not be forwarded, so that a large data transmission delay occurs. In the current economic environment, research in this area who conducive to the development and application of the connected car. To solve the problem, author analyzes the prediction of vehicle sparse trajectory data and characteristics two-way traffic delay. By theoretical analysis and simulation experiments, we discuss the data transmission delay performance of DDBT protocol in sparse traffic environment. With a view to providing some reference and reference for researchers in the future research on the connected car.

Keywords: the connected car; sparse trajectory; data path

0 引言

自 IEEE 提出专用短程通信 (DSRC) 以来, 车载自组织网络 (ITS) 受到了学术界的广泛关注。目前, 车联网的通信方式主要分为两个类型: 一是车-车 (V2V) 通信、二是车-基础设施 (V2I) 通信。利用以上车联网通信可以有效地降低通信成本, 同时也能实现事故预警、信息发布、辅助驾驶等基本功能。但由于车载自组织网络节点通常都处于高速移动状态, 因此车载自组织网络各个节点之间的通信时间较短, 并且各网络节点的运行受道路拓扑的影响也较大。以往的车载自组织网络几乎都是采用的多跳无线网络通信协议, 但该协议在实际应用中存在诸多的问题, 尤其是在稀疏交通环境下车联网的数据传输问题。为了解决这一问题, 本文提出了一种新的协议, 即——基于数据轨迹的车联网数据转发协议, 并期望以此改善在稀疏交通环境下的数据传输延迟问题。

1 关于车辆往稀疏轨迹数据预测方面的相关研究

通常来说, 车联网都配设有定位系统, 从而保证车联网在动态网络环境下, 实现数据的有效传输。此种传输方式主要是采用了地理路由协议, 该协议是以 GPRS 为基础, 利用源节点和目的节点的地理位置, 从而确定一跳中继节点。相对来说, 该协议的网络节点具有较强的可扩展性。但事实上, 基于地理位置的数据转发方式却面临着局部最优路由空洞的问题。随后, Lochert 等人提出了 GSR 位置查询机制, GSR 可以在

数据包传输之前向目的节点发送查询请求, 目的节点在收到请求后可以即时反馈位置信息, 而这也正好成为了源节点计算最短路径的依据, 这在一定程度上解决了基于地理位置数据转发方式的局部最优路由空洞问题。在这之后, Shafiee 等人有提出了 CMGR 地理路由协议, 该协议主要是贡献在于可以通过选择连通度较高的数据传输路径确保数据的转发率, 在网络密度较高的情况下, CMGR 地理路由协议可以从不同的数据传输路径中选取延迟最小的路径进行数据传输。但事实上, 以上路径都仅仅适用于网络密度较大的城市环境当中, 受节点通信范围的限制较为明显。在 VANETs 中, 数据传输协议主要是采用“携带-转发”这一方式, 在这类数据传输协议中, 数据包由车辆携带并移动, 车辆在移动过程中遇到能够更好的传输自身携带的数据包的车辆时, 再利用 DSRC 技术将数据包传输给下一车辆。^[1-3]

从现有的协议中来看, 利用车辆密度、路段平均速度等道路网交通信息进行车辆间的数据转发在车流量较大的 VANETs 中效果较好。但在车流量较低的农村地区, 这类数据传输协议则不完全适用。而 Skordylis 等人又提出了一种可以满足用户定义的延迟边界并可以优化通信道利用率的协议, 但仍然难以满足数据传输的延迟要求。^[6] SADV 则提出在交叉路口部署静态节点对车联网数据传输进行辅助的转发协议。

以上协议虽然都考虑到了道路交通流的宏观信息, 但对于车辆本身的围观信息却没有较多的关注。而近年来, 随着我国车载地理信息系统的普及, 人们在驾驶车辆时可以选择车辆行驶的最短路径或车流量较低的路径, 这也表明车载信息数据包可以选择更加优质的路径进行转发。部分研究人员采用高阶马尔可夫链预测车辆轨迹, 并提出了具体的算法。而 Jeong 等人提出的 TPD 协议通过预测车辆相遇时间, 并构建车辆相遇图,

收稿日期: 2017-12-05; 修回日期: 2018-01-08。

作者简介: 单丰武(1975-)男, 河南南阳人, 工程硕士, 高级工程师, 主要从事新能源产品的工艺开发, 产品质量控制及改进工作方向的研究。

保持了特定的交互率，降低了数据传输延迟。之后 Jeong 等人又在 TBD 协议中引入了单个车辆的轨迹信息，并建立了数据传输延迟模型，并遵循最小延时转发原则，在一定程度上实现了密度较低的 VANETs 数据的传输。^[10]但 TBD 协议仅仅只考虑了数据单向传输的问题，还缺乏在双向路段环境下的数据双向传输方面的研究。而这一问题，也是今后研究的重点。

2 双向交通端对端传输延迟模型构建

2.1 网络模型假设

假设路口设有一定数量的可临时存放数据的网络接入点，简称 AP；假设参与数据传输的车辆都装配有 GPS 定位系统以及车载地理信息系统，确保车辆具备获取路段交通流信息的功能。假设模型中均采用“携带-转发”的通信方式，路段长度则可以确定为：车辆携带数据包运动距离 l_c 加上无线通信转发距离 l_f 。车辆携带数据包的时间通常比数据转发的时间较长。在本模型中，数据包通过 DSRC 在车辆间转发时同样存在传输延迟，但相对于由车辆携带数据包运动产生的传输延迟要小得多。

2.2 相关概念及计算

路段延迟：路段延迟主要是指数据包经过车辆转发或携带后在相邻路口之间产生的数据延迟时间。

端对端延迟：端对端延迟主要是指当数据包从当前车辆节点经过多个路段的数据传输，而到达目的短的传输延迟被称为端对端延迟。EDD 为传输期望值。

连通组件：联通组件主要是指，能够完成将一跳或多跳传输彼此通信任务的一组车辆群。

同向车辆：同一路段上运动方向和数据传输方向相同的车辆。

对向车辆：同一路段上运动方向和数据传输方向相反的车辆。

在同向车辆可连通的情况下数据包的输出优先选择同向车辆，如图 1 所示，车辆 $n_i (i=1, \dots, k)$ 构成一个连通组件，当前携带数据包的车辆为 n_c ，车辆 n_c 将数据包传输给连通组件，在此情况下，数据转发距离 l_f 等于连通组件长度。数据包到达路口时，立即携带或转发（情况 A）。此时，路段延迟 d_{ij} 计算式为：

$$d_{ij} = d_{ij}^c = l_c/v$$

其中 d_{ij}^c 为数据包在路段上的鞋带延迟， v 为鞋带数据包车辆的行驶速度。而当数据包到达路口时，并不立即携带或转发，而是等待携带或转发的情况下（情况 B），数据包等待下一车辆携带或转发的时长为 $1/\lambda$ ，其中 λ 为车辆到达率，在该情况下，路段延迟 d_{ij} 为：

$$d_{ij} = 1/\lambda + l_c/v。$$

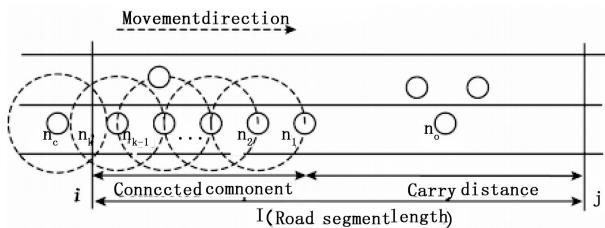


图 1 连通组件模型

分布相似。^[9]这说明数据包在达到路口时并不能够立即被转发，而是更加趋近于情况 B，用 t_h 表示第 h 辆车到达路口的时间， T 为车辆间的时间间隔， T_h 为 t_{h+1} 和 t_h 的差值， $P[B]$ 为携带概率，其计算式为：

$P[B] = P[vT > R] = P[T > R/v] = 1 - F(R/v, \lambda) = e^{-\frac{R}{v}}$
 式中， R 为车辆网络节点的通信半径， V 为车辆平均行驶速度。 $F(x, \lambda)$ 为车辆到达率的指数分布函数。由此可以得出，数据包在到达路口后，立即被携带或转发的概率 $P[A]$ 计算式为：

$$P[A] = 1 - e^{-\frac{R}{v}}$$

稀疏交通环境：在稀疏交通环境下，车辆密度不超过 $1/R$ ，且连通组件仅仅有同向车辆组成，转发距离较小，但数据传输延迟较大。虽然在对象车辆的协助下，连通组件基数逐渐增大，但由于对向车辆行驶方向和数据传输方向是相反的，因此，在稀疏交通环境下对象车辆并不能对数据包的传输起到任何作用。当对向车辆不能将数据包传递至下一路口时，同向车辆必须要接收对向车辆的数据包，并进行携带或转发。^[4-6]在这种情况下，携带数据包的车辆必须要遇到同向行驶的车辆和数据传输方向一致的车辆才能够实现将数据包转发。但在稀疏交通环境下，与单向交通的情况存在较大的差异，通常来说，在车辆行驶至入口连通组件时，车辆会携带数据包运动一段时间，但携带数据包的车辆可能会与下一个路口的对向车辆组成连通组件。

2.3 对向车辆协助下路段数据包传输模型

“携带+连通组件”定义：“携带+连通组件”是指车辆在离开上一个连通组件并携带数据传输包开始，再到下一个连通组件结束，可参与数据包传输的车辆。如图 2 所示，数据包经由车辆 n_1 逐渐传输到 $n_2, n_3, \dots, n_7, n_8$ 车辆的这一过程为一个“携带+连通组件”。在该模式下，数据包在路段上的传输事实上就是多个“携带+连通组件”的组合。^[12]

假设携带有数据包的车辆 n_1 在其传输方向行驶是遇到对向可转发车辆的概率为 P_{1-2} ，数据包在对向车辆间进行转发时，转发距离可视为图 2 中 n_2, \dots, n_4 的长度。而当对向车辆不能进行数据转发时，数据包将会传回数据包传输方向上的车辆，而之后该车辆在传输方向上能够遇到可转发数据包车辆 n_5 的概率设为 P_{2-1} 。

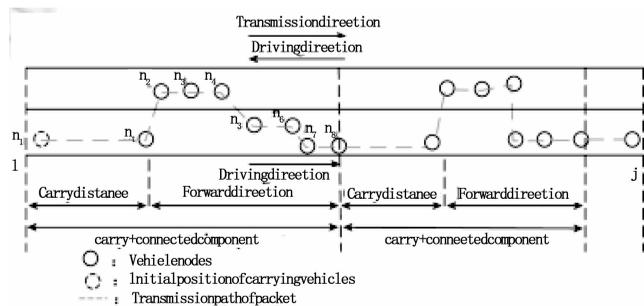


图 2 双向交通数据包传输模型

假设携带数据包的车辆在传输方向上行驶遇到对向可转发车辆为转发条件 α ；假设数据包经对向车辆转发后，遇到同向可转发车辆为转发条件 β ；则 P_{1-2} 和 P_{2-1} 可表示为：

$P_{1-2} = P(\alpha) = 1 - e^{-\frac{2R}{v_2}}$, $P_{2-1} = P(\beta | \alpha) = 1 - e^{-\frac{R}{v_1}}$
 式中， λ_1, λ_2 同向车辆到达率和对向车辆到达率， v_1, v_2 分别

大量实践证明，车辆间时间间隔 T 与车辆到达率 λ 的指数

是指同向车辆行驶速度和对象车辆行驶速度。

假设数据包传输方向为 1，数据包传输反方向为 2，在图 2 中，想要实现数据包进行 1-2-1 的传输过程，转发条件 α 和转发条件 β 均需要满足，数据包转发概率用 P_f 表示，携带概率用 P_c 表示，其计算式如下：

$$P_f = P_{1-2-1} = P(\alpha) \cdot P(\beta | \alpha) = (1 - e^{-\frac{2R}{v_2}})(1 - e^{-\frac{1R}{v_1}})$$

$$P_c = 1 - P_f = e^{-\frac{2R}{v_2}} + (1 - e^{-\frac{2R}{v_2}})e^{-\frac{1R}{v_1}}$$

3 DDBT 协议数据转发原则

DDBT 协议的数据转发原则必须要要求车辆保存数据包副本，当 EDD 接近广播的 EDDmin 车辆时转发数据包。值得注意的是，EDDmin 的车辆车速不一定最大，但 DDBT 协议在同一路段上进行数据传输时，优先选择车速较大的车辆携带数据包，进而减少在该路段的数据传输延迟。但考虑到 EDD 较小的车辆在后续的数据传输中有可能继续携带或转发数据包，因此为了避免车辆二次传输占用信道资源，EDD 较小的车辆在转发数据包时，应保留副本，当车辆遇到 EDD 更小的车辆时再次转发数据包，并判断路口 AP 是否存在该数据包副本。^[7]如果路口 AP 中不包含该数据包副本则直接转发给路口 AP，并在一定范围内广播该数据包的 EDDmin。此外，路口 AP 在收到数据包之后的短时间内，应定时地将数据包的 EDD 传输给经过路口的车辆，并判断经过车辆是否携带有数据包副本，若无，则向其转发数据包副本，而受到数据包副本的车辆则进行下一路口的运动。若有，所有携带有该数据包副本的车辆其本身的 EDD 小于 EDDmin 时，则广播其 EDD。当车辆和路口 AP 无法收到 EDDmin 广播时则丢弃该副本。^[13-14]

4 稀疏交通环境下各协议数据传输性能对比

在稀疏交通环境下，造成车辆数据包丢失的主要影响因素并非是缺乏路口 AP 的协助，以及数据包的吞吐量。对此，本文主要从平均传输延迟的角度对数据传输性能进行评估。图 3 为 VanetMobiSim 生成的交通场景仿真区域。

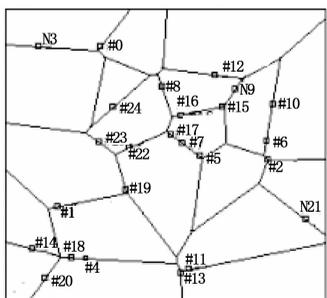


图 3 交通场景仿真区域

图形比例为 2 000 m × 2 000 m，密度值为 4×10^{-5} ，并在图中 10 个交叉路口处随即部署网络接入点 AP，所有道路网均为双向交通。仿真参数如表 1 所示。

表 1 仿真参数

仿真参数变量
车辆速度/(m · s ⁻¹)
传输速度/Mbps
路口接入点 AP/个
车辆到达率
车辆通信半径/m

4.1 车辆平均速度对数据传输延迟的影响

图 4 为车辆到达率达到 0.05 辆/s，车辆通信范围为 200 时，平均车速对数据传输延迟的影响。从下图中，我们可以发现，DDBT 协议、TBD 协议、BADD 协议在平均车速较高时传输延迟相对更低。从客观上来看，车速的提高虽然在一定程度上会造成车辆密度降低，但在确保车辆到达率的情况下，却可以弥补这一问题，在这种情况下，车辆车速的增加则可以大大减少数据传输的延迟。^[11]但在不同平均车速下，DDBT 协议的传输延迟至少比 TBD 协议的数据传输延迟低了 6 个百分点，而与 VADD 协议相比竟然低了 29 个百分点。这也说明，DDBT 协议比 TBD 和 BADD 协议更加适用于稀疏交通环境。

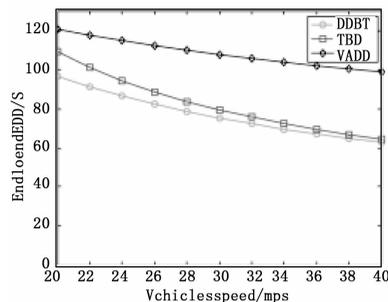


图 4 平均车速对传输延迟的影响

4.2 车辆到达率对数据传输延迟的影响

从下图中，我们可以发现，随着车辆到达率的不断增加，车辆节点开始也开始增加，同时节点之间的连通率也开始增加，并且随着车辆的移动，数据的转发距离开始增大，总体上来说车辆数据的传输延迟有所下降。从实验中的采用的三种协议来看，DDBT 协议几乎在所有的节点密度下，传输延迟性能都是由于 TBD 协议和 VADD 协议的。从数据上看，DDBT 协议的平均数据传输延迟比 TBD 协议低了 15 个百分点，与 VADD 协议对比结果同样是 DDBT 协议性能更加优越。但事实上，这是因为 TBD 协议和 VADD 协议都仅仅只考虑了数据的单向传输，而 DDBT 协议考虑到了数据的双向传输。

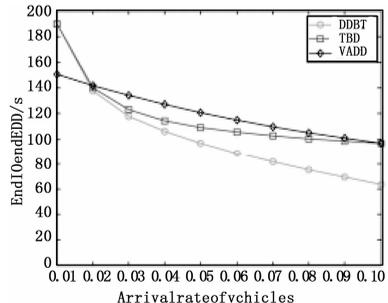


图 5 车辆到达率对数据传输延迟的影响

4.3 通信范围对数据传输延迟的影响

图 6 为车辆到达率为 0.05，平均车速为 20 m/s 时，各个通信节点对数据传输延迟的影响。从图中我们可以看出，随着通信节点的通信范围逐渐扩大，各个协议下的数据传输延迟都有所下降，但通过对比发现，采用 DDBT 协议的数据传输延迟在不同节点通信范围下的通信延迟都要低于 TBD 协议和 VADD 协议，而 TBD 协议的数据传输延迟又低于 VADD 协议。从数据上看，DDBT 协议的数据传输延迟较 TBD 协议低

了 16 个百分点, 较 VADD 协议低了 20 个百分点。

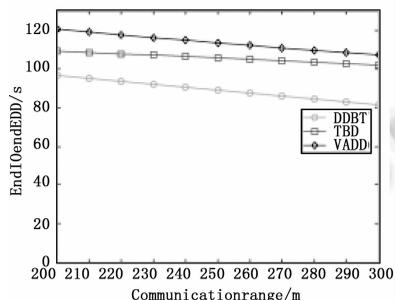


图 6 通信范围对数据传输延迟的影响

4.4 路口接入点 AP 数量对数据传输延迟的影响

图 7 为车辆到达率为 0.05, 平均车速为 20 m/s 时, 增加路口网络接入点 AP 数量对数据传输延迟的影响。从图中可以看出, 随着路口网络接入点 AP 数量的不断增加, 各协议下数据传输延迟均有所下降。但总体来说, DDBT 协议的数据传输延迟仍然是远低于 TBD 协议和 VADD 协议的。

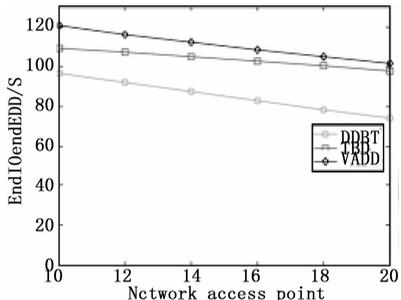


图 7 路口接入点 AP 数量对数据传输延迟的影响

5 结论

针对目前大多数车联网协议难以适应稀疏交通环境的现状, 本文提出一种可以适用于稀疏交通环境的数据转发协议

(上接第 244 页)

有线性关系, 随着明文增多逐渐变大, 但不会随着用户角色增多与减少发生改变; 采用传统方法无论是加密时间还是解密时间都会随着明文的增大而逐渐增加; 针对明文大小与控制机制所需时间关系, 采用改进方法进行验证时, 当明文大小小于等于 1 024 kb 时, 加密和解密所耗费的时间不会发生改变。当名为大小大于 1 024 kb 时, 加密和解密所耗费的时间会随着明文的增长逐渐变大, 呈正比例关系。由此可知, 研究的云计算存储数据安全访问控制机制能够有效进行角色分配, 且对加解密、用户访问的控制较好, 实用性强。

4 结束语

在云计算环境下, 随着云端数据规模的扩大, 用户对其访问的频率也在逐渐增加, 出现的网络问题也越来越多, 面临, 安全保护变得愈加困难。采用传统安全访问控制机制面对虚拟化的存储环境存在角色分配不合理、加密解密时间耗费长、用户不能安全访问等问题, 在该情况下, 提出了面向云计算数据存储方式的安全访问控制机制。通过实验验证该机制可信度较强, 且能够有效进行角色分配以及对加密、解密和用户访问的控制。

——DDBT 协议。该协议主要是利用“携带—转发”的思想, 通过端到端的数据传输实现与邻居节点共享轨迹信息。实验结果表明, 本文提出的 DDBT 协议在各变量下的数据传输延迟都要低于 TBD 协议和 VADD 协议, 这说明双向交通端对端数据传输延迟性能是优于传统的单向数据传输的。

参考文献:

- [1] 朱 沁. 基于轨迹数据的车联网交通管控机制设计与验证 [D]. 上海: 华东师范大学; 2015.
- [2] 高泽民. 车联网轨迹数据隐私保护问题研究 [D]. 郑州: 河南工业大学; 2016.
- [3] 朱晓进. 车联网数据上传及分析方法研究 [D]. 北京: 中国科学院大学; 2015.
- [4] 石峻岭. 面向车联网的社交型路由机制设计与仿真实现 [D]. 沈阳: 东北大学; 2014.
- [5] 冯 诚. 车联网中的数据聚集研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学; 2015.
- [6] 梅 颖. 车联网隐私保护研究 [D]. 武汉: 华中科技大学; 2014.
- [7] 卓福庆. 面向自驾联网车的交叉口协同控制方法研究 [D]. 广州: 华南理工大学; 2016.
- [8] 陈 斌. 车联网管理系统设计与实现 [D]. 广州: 华南理工大学; 2015.
- [9] 朱鹤全. 车联网中可靠路由协议的研究 [D]. 长沙: 长沙理工大学; 2014.
- [10] 黄 伟. 城市场景下车联网竞争转发路由协议研究 [D]. 大连: 大连海事大学; 2012.
- [11] 刘国田, 杨永军, 刘征宇, 等. 基于位置信息的车联网路由恢复方法 [J]. 电子测量与仪器学报, 2012, 26 (8): 716-720.
- [12] 郭 迟, 刘经南, 方 媛, 等. 位置大数据的价值提取与协同挖掘方法 [J]. 软件学报, 2014, 25 (4): 713-730.
- [13] 张春花, 臧海娟, 薛小平, 等. 车联网轨迹隐私保护研究进展 [J]. 计算机应用, 2017, 37 (7): 1921-1925.
- [14] 唐 蕾, 段宗涛, 康 军, 等. 面向车联网环境的车辆移动模型研究进展 [J]. 长安大学学报, 2016, 36 (5): 67-78.

参考文献:

- [1] 张衍志, 梁 波. 舰船云计算数据存储安全研究 [J]. 舰船科学技术, 2016, 20 (4): 148-150.
- [2] 杨腾飞, 申培松, 田 雪, 等. 对象云存储中分类分级数据的访问控制方法 [J]. 软件学报, 2017, 28 (9): 2334-2353.
- [3] 王于丁, 杨家海, 徐 聪, 等. 云计算访问控制技术综述 [J]. 软件学报, 2015, 26 (5): 1129-1150.
- [4] 蹇 旭. 云计算环境下数据分布式强制安全访问方法研究 [J]. 科技通报, 2017, 33 (8): 189-192.
- [5] 崔新会, 陈 刚, 何志强. 大数据环境下云数据的访问控制技术研究 [J]. 现代电子技术, 2016, 470 (15): 67-69.
- [6] 张经纬, 冯 桂, 刘建毅, 等. 云计算环境下支持属性撤销的外包解密 DRM 方案 [J]. 计算机研究与发展, 2015, 52 (12): 2659-2668.
- [7] 王 晶, 黄传河, 王金海. 一种面向云存储的动态授权访问控制机制 [J]. 计算机研究与发展, 2016, 53 (4): 904-920.
- [8] 韩同欣, 丁建元. 基于动态重新加密的云计算存储平台权限撤销优化机制 [J]. 科学技术与工程, 2015, 15 (20): 108-115.
- [9] 冯朝胜, 秦志光, 袁 丁. 云数据安全存储技术 [J]. 计算机学报, 2015, 38 (1): 150-163.
- [10] 战 非, 张少茹. 基于云计算的混合加密 DAES 算法研究 [J]. 电子设计工程, 2017, 25 (3): 185-189.