

基于区块链的个性化车险系统

宋晶晶¹, 万志国², 贺海武³, 王伟¹

¹(智能交通数据安全与隐私保护技术北京市重点实验室(北京交通大学),北京 100044)

²(山东大学 计算机科学与技术学院,山东 青岛 266237)

³(法国 iexec 区块链科技,法国 里昂 69007)

通讯作者: 王伟, E-mail:wangwei1@bjtu.edu.cn

摘要: 区块链技术的落地应用是目前一个重要的研究方向. 传统车险主要根据车辆的自然属性,因此存在定价不精准的问题. 基于使用量的车险定价模式(Usage Based Insurance, UBI)是基于驾驶员实际的驾驶行为表现例如驾驶时间、地点、驾驶习惯等.通过车联网技术,记录驾驶员的驾驶行为数据,能够更加准确地定价车险,但其详细驾驶行为数据中心化存储特质会泄露用户隐私并且无法保证保险公司不篡改数据,同时也无法防止用户骗保.本论文提出一种基于区块链的个性化车险系统的设计方法,该方法将区块链技术与 UBI 相结合,提出驾驶行为数据存储去中心化的新型分布式保险理赔业务模式.通过车载诊断系统(On Board Diagnostic, OBD)和通用型汽车诊断检测工具 ELM327 实时记录车辆状态数据,可信硬件每月进行数据汇总上传数据至区块链,分布式车险应用将车险保价计算公式写入智能合约并部署运行于公链,车险购买者网上投保,通过其历史驾驶行为数据与对应智能合约计算车险报价,去掉中间的代理,投保高效且成本低,计算过程公开透明,任何篡改数据和骗保行为都可被追溯,还可促使车主改善驾驶行为.本系统经过实验验证,结果表明该系统安全、可靠.

关键词: 区块链;智能合约;车联网;UBI;保险

An Personalized Auto Insurance System Based on Blockchain

Jingjing Song¹, Zhiguo Wan², Haiwu He³, Wei Wang¹

¹(The Beijing Key Laboratory of Security and Privacy in Intelligent Transportation (Beijing Jiaotong University), Beijing 100044, China)

²(School of Computer Science and Technology, Shandong University, Qingdao 266237, China)

³(Iexec Blockchain Tech - Iex.ec, LYON 7EME 69007, France)

Abstract: The application of blockchain technology is currently an important research direction. Traditional auto insurance is mainly based on the natural attributes of vehicles and drivers, therefore there is a problem with inaccurate pricing. UBI (Usage Based Insurance) is a model based on usage to calculate price. Its basic idea is that premiums are based on actual driving time, location, driving habits and driving behavior. Through the Internet of vehicles technology, the driver's driving behavior characteristics can be recorded and auto insurance can be pricing more accurately. But its natural property of centralized storage of driving behavior data leads to the leakage of user privacy, and in this model we cannot insure that data won't be modified by the insurance company, and we also cannot prevent insurance fraud. We propose a method of individualized auto insurance system based on blockchain, which combines blockchain and UBI. We also propose a new style distributed insurance claiming settlement business model with the property of decentralized storage of driving behavior data. In our method, vehicle status data is recorded in real-time through OBD (On Board Diagnostic) and vehicle diagnostic testing tool ELM327, and through trusted hardware the data is summarized as driving behavior data and uploaded to blockchain. Auto insurance Dapp write the auto insurance calculation formula into smart contract and deploy and run the contract on the blockchain. The auto insurance purchasers insure online, calculate the auto insurance quotation through their historical driving behavior data and the corresponding smart contract, and interact with the Dapp directly without the middle agent. This method has advantages of high-efficiency and low-cost, and the calculation process is open and transparent. This method can also encourage drivers to improve their driving behavior. The system was tested to be secure and reliable in our experiment.

Key words: blockchain; smart contract; Internet of vehicles; UBI; insurance

1 研究背景

随着车联网技术的成熟,保险公司有了实际的途径来获取车辆运行的物理参数、驾驶员的驾驶行为习惯和GPS定位等^[1],更加科学地进行车险费率厘定.相比于传统车险保费主要取决于车辆的自然属性,产品单一,车险定价不精准.基于使用量的保险定价模(Usage Based Insurance, UBI)是车联网的新型保险产品^[2].其车费费率厘定是基于驾驶员实际的驾驶行为表现例如驾驶时间、地点、驾驶习惯等.驾驶行为表现良好的驾驶员应该获得车险保费优惠.让车险费率厘定“从车”转向“从人”,让车险定价更加公平与科学^[3].

UBI的应用在国外已日渐成熟.根据PTOLEMUS和方正证券数据显示,2003年意大利就推出UBI车险业务,是首先使用UBI车险的国家,整体渗透率已达5%以上,欧洲的UBI车险已具有一定规模.而且美国、日本、澳大利亚等国家同时也在扩展UBI业务.美国战略应对行动机构(SMA)研究数据表明,截止到2020年,约36%的保险公司会推行UBI车险产品.全球UBI市场发展具有巨大空间但国内UBI车险正处于起步阶段^[4].

UBI车险虽然有诸多优点,但车主详细的驾驶行为数据例如GPS定位和驾驶时间等会通过车辆物联网设备被保险公司直接收集及中心化存储,车主的隐私数据严重泄露.而且数据存储在保险公司中心化数据库中,不公开透明,保险公司也可随意修改数据,出现险情,用户也可能存在骗保行为,导致用户与保险的相互不信任.

随着区块链技术的兴起,UBI车险迎来了新的挑战与机遇.全球化平台和新的业务模式正在悄然出现.从本质上来说,区块链技术是通过节点间的共识算法来生成数据、通过密码协学技术来确保访问和传输数据的安全性、通过链式数据结构来存储数据、通过去中心化自动执行的智能合约来更新数据的一种新型的分布式交互和计算框架^[5].这样的框架使得区块链技术具有集体维护,去中心化,公开透明,不可篡改,可靠数据库五大特性^[6].区块链基础技术架构如图1所示.智能合约是由自动化脚本代码编写的^{[7][8]},合约中规定了参与者的义务和权利,一旦部署运行于区块链就由计算机自动执行,不需要人为干预.

目前为止,区块链在保险行业的应用场景非常丰富^[9],可应用在销售、理赔、反欺诈等诸多环节.法国的安盛保险就提出一种新型航班保险,如果航班延误超过规定时间,智能合约根据预设条件判断将会直接向乘客自动偿还费用,为航班延误提供自动化参数保险,在节省人力和物力和物力的同时,也提高了理赔的效率^[10].

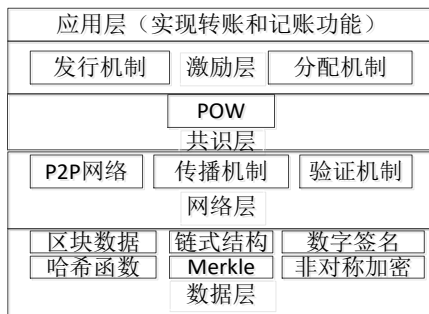


Fig.1 Technical framework of Blockchain

图1 区块链基础技术架构

为了解决UBI车险数据中心化存储带来的诸多问题,本论文利用区块链技术,提出一种UBI与区块链技术相结合的方案,可为用户打造个性化车险.区块链技术的去中心化特性可以取代中间商的存在,不可篡改、数据公开透明等特性又可以解决过去的驾驶行为数据由单一分布式车险应用中心化存储,无法实现在分布式车险应用之间共享的问题,分布式车险应用不允许访问用户详细的原始数据还可以保证数据安全性^[11].集体维护确保了每位投保人的参与度.通过个性化分析车主行为数据,计算出对应的车险保费,实现“一人一车一价”.良好的驾驶行为直接体现在驾驶行为数据上,使得车主获得更低的车险报价,通过这种机制可以促使车主改善驾驶行为.

2 基于区块链个性化车险系统的总体框架

汽车系统通过传感器来采集驾驶行为数据,传感器在车主驾车行驶时会实时地监控各部件的工作.通过车载诊断系统(On-Board Diagnostic, OBD)和通用型汽车诊断检测工具 ELM327 可以实时的获取传感器的数据.额外给汽车配备一个可信硬件,在本论文中OBD和可信硬件不允许用户篡改行车数据^[11],可信硬件能够通过蓝牙与 OBD 设备通信,汽车在驾驶过程中会产生各种各样的驾驶行为数据,将 OBD 每秒记录的数据上传到可信硬件后汇总成月结单数据,然后加时间戳加密后在网络顺畅时以发送交易的方式将数据上传到区块链,原始数据不上链.分布式车险应用建立自己的 UBI 车险评分模型,将模型规则抽象化为智能合约,并部署运行于公链节点,但不允许访问用户详细的原始数据,驾驶行为数据在区块链上公开透明,不可篡改,可追溯.每个分布式车险应用在驾驶者授予公钥后将驾驶者与驾驶行为数据对应起来,然后读取驾驶者在区块链上已上传的驾驶行为数据,调用智能合约传入月结单数据,然后计算评分和车险报价,这是车险保费的可靠参考.用户也可以通过网页随时查看分布式车险应用报价和投保记录.基于区块链的个性化车险系统总体框架如图 2 所示.

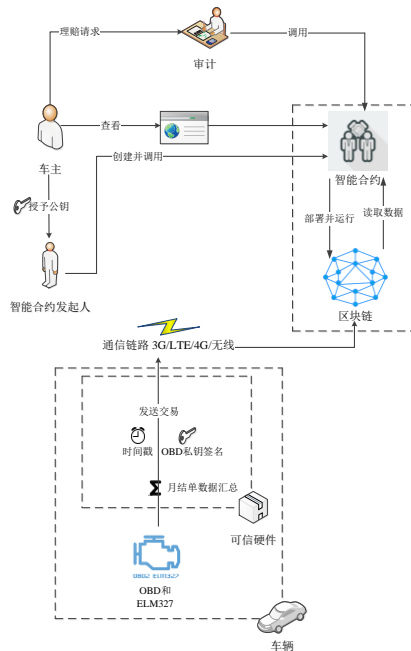


Fig.2 General framework of personalized vehicle insurance system based on block chain

图 2 基于区块链的个性化车险系统总体框架

3 基于区块链的个性化车险系统建模与实现

3.1 驾驶行为数据采集

车联网设备获取车辆物理信息和驾驶员驾驶行为数据的接口全部采用的是 OBD 通用接口.本论文采用的 OBD 模拟器,是在车辆互联网的趋势下研发的,可以模拟车辆 OBD 接口的大部分通信协议.

可信硬件端通过蓝牙和通用汽车诊断接口 ELM327 与 OBD 通信,传输 DTC 故障码和汽车实时状态^[13].通过 OBD 协议解析,对收到的数据进行分析、处理.本论文使用的 OBD 模拟器所有数据项如表 1 所示.本论文的 OBD 模拟器的数据项仅提供一个参考,汽车厂商可以根据实际需求定制 OBD 来满足不同的要求.

3.1.1 协议解析

当可信硬件蓝牙串口连接 ELM327 时,就可以获取 OBD 数据了,获取的数据代表汽车不同部件的状态信息,

如发动机转速,冷却液温度等.首先可信硬件发送 PID 向串口请求数据,然后接收缓冲区字符,将获得的 16 进制数据按如下表规则转换为 10 进制数据.在本论文中 OBD 模拟器的数据项对应的 PID 及数据转换规则如表 2 所示. (1)代表缓冲区接收到的第一个字节,(2)代表接收到第二个字节.

Table 1 OBD simulator data item
表 1 OBD 模拟器数据项

数据项	数据项全称
RPM	发动机转速
VSS	车速
ECT	水温
MAF	空气流量
MAP	歧管绝对压力
TP	节气门开度
O ₂ B ₁ S ₁	氧传感器值
LOAD	负荷百分比

Table 2 PID and data conversion rules corresponding to data items in OBD simulator
表 2 OBD 模拟器数据项对应的 PID 及数据转换规则

PID	行车数据项名称	返回数据字节	转换方式
010C	RPM	2	((1)DEC*256+(2)DEC)/4
010D	VSS	1	HEX->DEC
0105	ECT	1	(HEX->DEC)-40
0110	MAF	2	((1)DEC*256+(2)DEC)/100
010B	MAP	1	HEX->DEC
0111	TP	1	(HEX->DEC)*100/255
0114	O ₂ B ₁ S ₁	2	(HEX->DEC)*0.005
0104	LOAD	1	(HEX->DEC)*100/255

3.2 UBI车险建模

UBI 车险费率厘定的关键是建立驾驶行为评分模型. 为了建立科学且合理的驾驶行为评分模型,首先通过物联网设备如 OBD 采集驾驶者的驾驶速度、驾驶时间、驾驶里程、GPS 定位等数据^[12], 然后计算汇总原始数据, 分析采集到的各项数据中对 UBI 车险费率厘定起关键性作用的因素, 选取这些因素作为指标并确定各个指标的权重, 最终建立驾驶行为平跟表. 在不同的智能合约中可以制定不同的 UBI 车险费率厘定方法来计算评分和保费, 供车主选择车险报价并投保.

可信硬件在链外对原始数据进行分析整合形成月结单数据. 比如 OBD 每秒记录的车速, 利用微积分的思想, 这一秒的起始速度作为这一秒的平均速度与时间相乘累积起来近似得到月结单的月总行驶里程. 工作日早晚高峰行车时间、夜间行车时间、周末行车时间可由非零速度的持续时间累加得到, 同时时速 80~120km/h 行车时间占比和高于 120km/h 行车时间占比也可以分别通过时速 80~120km/h 和高于 120km/h 的持续时间累加得到. 当汽车急加速、急减速和急转弯时, 上一秒的车速和下一秒的车速会发生急剧变化, 由于燃料燃烧不完全, 氧气浓度降低, 混合气体浓度升高, 氧传感器值会增大, 同时歧管绝对压力会和空气流量会增大, 可以通过监测这些数据项来判断汽车是否平稳行驶. 违章次数可通过交通部门获得.

在本论文实验中采用熵权——层次分析法将主观与客观相结合,既考虑了重要指标的权重大小,如超速行驶指标、夜间行驶指标,又兼顾了其他指标的重要性,因此得到的权重结果合理科学,符合实际情况^[13].将驾驶行为评分的指标作为月结单数据,并确定每个指标权重如表 3 所示.

Table 3 Driving behavior index and weight ratio

表 3 驾驶行为指标及权重占比

指标	权重
月总行驶里程	0.0765
工作日早晚高峰行车时间	0.0462
夜间行车时间	0.1044
周末行车时间	0.0401
时速 80~120km/h 行车时间占比	0.1543
高于 120km/h 行车时间占比	0.2601
急加速次数	0.0749
急减速次数	0.0381
急转弯次数	0.0804
违章次数	0.125

3.3 数据上传至区块链

将海量家驾驶行为数据从车辆 OBD 上传至区块链有三个要求^[14].

- (1) 真实性:只有 OBD 产生的数据才被认为是真实的驾驶行为数据^{[12][13]}.
- (2) 机密性:不允许任何人访问用户详细的原始数据,由可信硬件计算汇总数据.
- (3) 隐私性:详细的驾驶行为数据在可信硬件汇总后才上传到公链,原始数据不上传公链,其他人没有权限访问原始数据,也无法篡改.

如果直接将采集到的驾驶行为数据通过网络上传至区块链,不采取加密措施,攻击者通过协议分析,可能会拦截并篡改数据^{[15][16]}.为了防止篡改数据,在上传数据之前用 OBD 私钥签名数据,即使攻击者截获数据也无法获取 OBD 私钥来篡改数据.私钥签名可以有效地防止原始数据被篡改,但是还可能遇到重放攻击.为了防止重放攻击,采用时间戳方法,来确定每项数据的唯一性.如果用本地时间作为时间戳的“种子”,会产生两个问题,一是本地时间可能存在地域差异,二是攻击者可以伪造本地时间,解决方法是从中心服务器获取统一的时间,就可以防止伪造时间戳的“种子”.

OBD 每秒记录数据,可信硬件将数据汇总后每个月以发送交易的形式作为交易的数据部分上传到区块链后,数据公开透明,在驾驶者授予分布式车险应用公钥后,分布式车险应用可以将驾驶者和驾驶行为数据一一对应,读取数据.Merkle 树结构保证数据是永久并且不可能被篡改,区块链的每个区块的数据结构中都有 Merkle 树,区块链结构及 Merkle 树数据结构如图 3 所示.Merkle 树应用在交易的存储上,每笔交易都会生成一个哈希值,逐层向上计算哈希值,直到顶部,最终生成唯一的 Merkle 树根节点,并将 Merkle 树根节点放入数据区块的区块头.利用 Merkle 树特性,每一笔交易都是不可伪造且没有重复交易.Merkle 树对数据进行完整性验证过程如下.

- (1) 首先计算数据部分为驾驶行为数据的交易的哈希值,例如 H_1 ;
- (2) 节点从区块链网络上获取并存储最长链的所有区块头到本地;
- (3) 节点从区块链获取 H_2, H_{34} 作为待验证的 Merkle 树的哈希认证路径;
- (4) 根据认证路径,计算 Merkle 树的 Merkle 树根节点,将计算结果与本地区块头中的 Merkle 树的 Merkle 树根节点相比较;
- (5) 如果一致则说明交易的数据部分即驾驶行为数据真实有效.

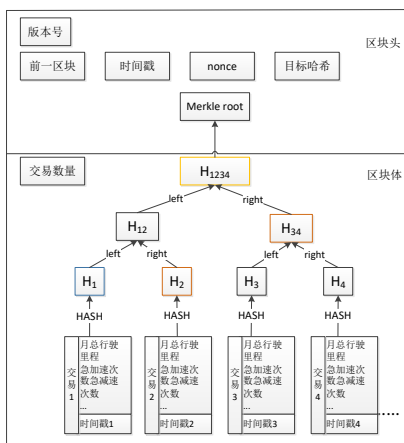


Fig.3 Block chain structure and data structure of Merkle tree

图3 区块链结构及 Merkle 树数据结构

3.4 数据上传至智能合约

当可信硬件计算汇总数据上传到区块链后,车主授予分布式车险应用公钥,分布式车险应用将车主和车主在区块链上的驾驶行为数据对应起来.车主调用智能合约将自己的地址传入智能合约,以地址作为索引查找车主所发送的交易,进而获取到交易的数据部分来初始化智能合约的月结单数据.

3.5 个性化车险智能合约的设计

智能合约的每次一执行都是公开的,通过反编译可以获得源码.要注意数值溢出攻击、短地址攻击、超出调用栈攻击、重入漏洞攻击等^{[15][16]},严格设计智能合约代码.在本论文的个性化车险智能合约中,不同于传统的按年投保,实行按月投保.公链中的任何节点都可以部署自己编写的智能合约,以众筹的方式发起智能合约,只有在发起人规定时间内达到规定金额与规定人数参与个性化车险,本次众筹才算成功,如果没有达到智能合约参数要求,则众筹失败,回滚所有操作.在参与车险众筹的过程中,车主将公钥授予发起人,发起人将车主与车主月结单数据对应起来,然后调用智能合约传入车主月结单数据得出每月评分并计算保费,车主根据车险报价投入相应的保费.智能合约的流程图如图4所示.

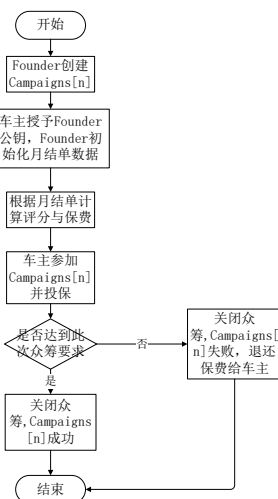


Fig.4 Smart contract flow chart

图4 智能合约流程图

如果是第一次参与个性化车险,第一个月就根据驾驶行为数据来投保,每个月的保费计算公式如下:

FI 第一个月保费,费率因子 B_1 B_2 B_3 ,NI 下个月保费,SCORE 是根据驾驶行为数据输入评分系统得到的评分,满分 100 分.

$$FI=B_1 + B_2 (100 - SCORE) \quad (1)$$

$$NI=B_1 + FI -B_3 (SCORE - 60) \quad (2)$$

3.6 车险理赔

当发生事故,车主需要理赔时,向智能合约发起理赔请求,智能合约根据预先设置的规定自动理赔.为了防止车主欺诈,赔付申请可让第三方定损机构出具带数字签名的证书.理赔过程和理赔结果记录在公链,全网公开可查.

4 安全性分析

详细的驾驶行为数据由 OBD 和可信硬件采集并计算汇总,用户无法访问篡改数据,保证了原始数据的真实性和安全性.

当驾驶行为数据上传到区块链后,基于区块链的个性化车险系统的安全性是由四个维度来保证的如图 5 所示.

- (1) 分布式账本.从本质上来说,上传到区块链的驾驶行为数据是一个公开的、可共享的、数据一致的分布式账本.攻击者面对的是全网节点共同维护的分布式网络,在短时间内掌握 51%以上的节点才有可能篡改区块数据,难度很大,几乎不可能实现.
- (2) 算力成本.攻击者想要篡改交易数据,就要篡改打包交易的区块.基于工作量证明机制(Proof of Work,PoW)的挖矿需要巨大的算力成本,即使有矿机和矿池,PoW 也需要海量的计算时间和高昂的成本,这是 PoW 使用巨大的成本代价换来算力保护.
- (3) 密码学技术.本论文提出的基于区块链的个性化车险系统中采用了大量的密码学技术,比如数字签名,哈希算法和非对称加密等,其背后都有复杂的数学难题做支撑,按现有的算法和算力,还很难破解.
- (4) 链式结构.区块链的每个区块的区块头都有前一区块的哈希值,要更改某个区块,必须更改这个区块之前的所有区块和本区块,同时每个新产生的区块严格按照时间线性顺序推进,时间的不可逆性导致任何试图入侵篡改区块链内数据信息的行为都很容易被追溯,导致被其他节点排斥.

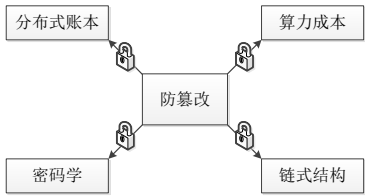


Fig.5 Four dimensional security

图 5 四维度安全

5 系统测试及结果分析

我们对车险系统进行了系统化测试.OBD 每秒记录的数据如表 4 所示.

Table 4 Numerical example of OBD data

表 4 OBD 数据项数值示例

数据项	数据项数值
RPM	2537r/min
VSS	65km/h
ECT	45°C

续表 4

数据项	数据项数值
MAF	155g/s
MAP	60kPa
TP	3%
O ₂ B ₁ S ₁	0.3V
LOAD	23%

可信硬件整合驾驶行为数据所得的某月的月结单数据项示例如表 5 所示.

Table 5 Example of monthly statement data item

表 5 月结单数据项数值示例

数据项	第一个月数值	第二个月数值
月总行驶里程	200km	300km
工作日早晚高峰行车时间	10h	8h
夜间行车时间	3h	4h
周末行车时间	2h	3h
时速 80~120km/h 行车时间占比	1%	3%
高于 120km/h 行车时间占比	0%	0%
急加速次数	2 次	0 次
急减速次数	3 次	5 次
急转弯次数	1 次	1 次
违章次数	0 次	1 次

分布式车险应用根据自己的车险价格制定策略来编写智能合约,表 5 的数据传入已编译部署并运行于公链的智能合约,根据智能合约中的评分和车险报价的计算规则,得出每个月的评分和车险报价.表 6 为实验所写智能合约计算所得评分以及车险报价.车主可以根据报价选择合适的分布式车险应用进行投保.

Table 6 Scoring and car insurance quotations

表 6 评分及车险报价

月份	评分	车险报价/元
第一个月	89	420
第二个月	83	505

6 结论

本文提出一种基于区块链的个性化车险应用.结合 UBI, 提出一种驾驶行为数据去中心化存储的新型分布式保险理赔业务模式,保护用户数据隐私,防止用户欺诈骗保,同时使得保价计算、理赔流程以及结果高效、公开、透明且驾驶行为与保险价格挂钩能够促使车主驾驶行为规范化.测试结果表明,该系统安全可靠.下一步将全面开发该车险系统,并将其应用于实际的车险中.

参考文献

[1] 王辉. 众安保险进军车险市场,探索“互联网+车险”商业模式. 中国保险, 2015, 11(2): 45-46.

[2] 魏海鹏. 基于移动互联网技术的 UBI 车险创新研究. 西南交通大学, 2017.

[3] 杨磊. 车联网时代分布式车险应用开发 UBI 车险产品策略探析. 保险研究, 2014, 7: 33-35.

[4] 王和, 周运涛. 区块链技术互联网保险. 中国金融, 2016 (10) :74-76.

[5] A Kosba, A Miller, E Shi, Z Wen, C Papamanthou. Hawk: The Blockchain Model of Cryptography and Privacy-Preserving Smart Contracts. Security & Privacy, 2016: 839-858.

[6] Yong Yuan, Fei-Yue Wang. Blockchain: the state of the art and future trends. Acta Automatica Sinica, 2016, 42(4): 481-494.

[7] CD Clack, VA Bakshi, L Braine. Smart Contract Templates: foundations, design landscape and research directions. arXiv.org, 2017.

[8] M Pilkington. Blockchain Technology: Principles and Applications. Social Science Electronic Publishing, 2015.

[9] 刘德林. 区块链智能合约技术在金融领域的研发应用现状、问题及建议. 海南金融, 2016(10):27-31.

[10] 王海巍, 周霖. 区块链技术视角下的保险运营模式研究. 保险研究, 2017 (11) :92-102.

- [11] 赵阔, 邢永恒. 区块链技术驱动下的物联网安全研究综述. 信息网络安全, 2017 (5): 1-6.
- [12] Carmela Troncoso, George Danezis, Eleni Kosta, Josep Balasch, Bart Preneel. PriPAYD: Privacy-Friendly Pay-As-You-Drive Insurance. *IEEE Trans on Dependable and Secure Computing*, 2011, 8(5): 747-748.
- [13] 朱爽. 车联网环境下基于 UBI 的车险费率厘定模式与方法研究. 北京交通大学, 2016.
- [14] A Dorri, M Stege, SS Kanhere, R Jurdak. BlockChain: A Distributed Solution to Automotive Security and Privacy. *IEEE Communications Magazine*, 2017, 55 (12): 119-125.
- [15] K Christidis, M Devetsikiotis. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 2016(4), 2292-2303.
- [16] Lun Li, Jiqiang Liu, Lichen Cheng, Shuo Qiu, Wei Wang*, Xiangliang Zhang, Zonghua Zhang, CreditCoin: A Privacy-Preserving Blockchain-based Incentive Announcement Network for Communications of Smart Vehicles, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2018, 19(7): 2204-2220.
- [17] H Watanabe, S Fujimura, A Nakadaira, Y Miyazaki, A Akutsu. Blockchain contract: Securing a blockchain applied to smart contracts. *IEEE International Conference on Consumer Electronics*, 2016: 467-468.
- [18] F. Zahid and C. Barton. Pay Per Mile Insurance. *Risk & Insurance*, 2005.
- [19] H Qin, Z Li, Y Wang, X Lu, W Zhang. An integrated network of roadside sensors and vehicles for driving safety: Concept, design and experiments. *IEEE International Conference on Pervasive Computing & Communications*, 2010: 79-87.
- [20] J Ylihuomo, D Ko, S Choi, S Park, K Smolander, Where Is Current Research on Blockchain Technology?—A Systematic Review, *Plos One*, 2016, 11 (10) :e0163477.