



HAL
open science

La technologie blockchain en faveur de véhicules connectés : état de l'art

Halima Mhamdi, Ahmed Zouinkhi, Hédi Sakli

► To cite this version:

Halima Mhamdi, Ahmed Zouinkhi, Hédi Sakli. La technologie blockchain en faveur de véhicules connectés : état de l'art. Colloque sur les Objets et systèmes Connectés - COC'2021, IUT d'Aix-Marseille, Mar 2021, MARSEILLE, France. hal-03593720

HAL Id: hal-03593720

<https://hal.science/hal-03593720v1>

Submitted on 2 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La technologie blockchain en faveur de véhicules connectés : état de l'art

Halima MHAMDI¹, Ahmed ZOUINKHI¹, Hédi SAKLI^{1,2}
mhemdi.halima@gmail.com

(1) Laboratoire Modélisation, Analyse et Commande des Systèmes (MACS),
École nationale d'Ingénieur de Gabès, Université de Gabès, Tunisie.

(2) EITA Consulting, Montesson, France.

RESUME : L'internet des véhicules (Internet of Vehicles : IoV), dont les notions de base sont semblables à celles de l'internet des objets (IdO), désigne la capacité de véhicules à se communiquer de manière intelligente grâce à l'échange d'informations entre eux. Elle contribue à améliorer la sécurité routière, à résoudre les problèmes de congestion, à améliorer l'expérience des passagers et à développer de nouveaux services pour les usagers. Pour assurer l'échange de flux d'informations entre les différentes entités, l'autonomie, la rapidité et la notion décentralisée doivent être pris en considération. La technologie Blockchain, une technologie de registre distribué, est la solution pour surmonter ces défis et garantir la communication véhiculaire. Dans ce cadre, nous présentons un état de l'art sur l'intégration de la blockchain et l'Internet des véhicules.

Mots clés : Internet des objets, véhicules connectés, Internet des véhicules, Blockchain.

1 INTRODUCTION

L'Internet des Objets est le concept de connecter ou capturer tout type d'informations et le transmettre à une destination indépendamment de la plateforme via Internet. L'IoT est un réseau des objets connectés qui communiquent et partagent les informations entre eux en utilisant les technologies RFID, WSN, Zigbee, Z-wave, WiMax, LPWAN... Un système IdO connecte 3 types d'objets : des personnes entre eux, les personnes et les appareils et les machines eux-mêmes. Il est capable de se connecter et s'installer à tout type de systèmes hétérogènes en temps réel. Il doit être dynamique possédant plusieurs états (actif, en veille, connecté, déconnecté) et a la possibilité de lancer ou arrêter le flux de données et détecter les phénomènes du monde physique et leurs changements et les convertir en signal numérique. Finalement il peut gérer l'énormité des données.

Le développement rapide de l'Internet des objets (IoT) touche plusieurs secteurs tels que l'énergie [1], la santé [2], l'industrie [3], l'agriculture [4], les réseaux ad hoc véhiculaires (VANET) [5,6], etc. Un nouveau paradigme, appelé IoV, est établi à la suite de l'intégration de l'IdO avec le VANET. Dans cette partie émergente de l'IdO, les objets sont des véhicules intelligents interconnectés qui accèdent à Internet pour l'échange et le traitement des données. La transmission de l'information entre les différentes entités est assurée via l'Internet. La question que se pose ici est comment garantir la rapidité et la sécurité de transfert de données ainsi que la traçabilité de transmission et le stockage de transactions. L'utilisation de la technologie blockchain doit donc être pleinement exploitée. Cette dernière présente de nombreux avantages, notamment la décentralisation, l'automatisation des échanges, le stockage de données volumineuses, la crypto-monnaie.... Par conséquent, la technologie blockchain pourrait être un moyen efficace d'améliorer les réseaux de véhicules.

2 CONCEPTS DE BASE

Dans cette partie on va donner un aperçu sur le concept de l'Internet des véhicules ainsi que la technologie blockchain.

2.1 L'Internet des Véhicules

L'IoV est un réseau distribué à grande échelle, où les véhicules sont capables de communiquer entre eux et avec d'autres objets connectés. Ils s'interagissent en recevant et en envoyant des informations ou des données. C'est ce qu'on appelle la communication de véhicule à véhicule (V2V) et/ou de véhicule à objet (V2O), qui inclut les véhicules, les infrastructures, les feux de circulation, les piétons et les fournisseurs de services [7,8]. Cette interaction permet aux véhicules et aux passagers de bénéficier de plusieurs services [9]. Compte tenu de la forte pression temporelle, les utilisateurs sont toujours à la recherche de moyens pour faciliter la gestion de l'environnement et du temps. L'IoV leur permet de bénéficier de ses services en gagnant du temps en toute sécurité, en évitant les embouteillages et en trouvant le prestataire de services disponible le moins cher à proximité. Il permet aussi d'améliorer de nombreuses applications telles que la sécurité routière, le contrôle des véhicules, la gestion du trafic, la surveillance urbaine ou l'efficacité des transports.

Les véhicules et les objets connectés échangent un grand nombre de données. Ces données comprennent les données relatives au trafic, les habitudes des conducteurs, et même le partage d'expériences entre les voitures. Elles comprennent également des données liées aux transactions de commerce électronique, telles que les transactions d'assurance automobile, les transactions de ravitaillement en carburant et les transactions de recharge de véhicules électriques. Compte tenu du grand nombre de véhicules connectés, l'analyse et le stockage de la quantité de données échangées constituent un défi majeur. N'oublions pas non plus que l'architecture centralisée des modèles de communication entre véhicules

intelligents peut entraîner une perturbation du réseau IoV en cas de défaillance du serveur central.

2.2 Blockchain

La technologie Blockchain est un réseau distribué de pair à pair. Dans ce réseau, les membres connectés utilisent la technologie du grand livre distribué (DLT) qui permet d'enregistrer les transactions dans des blocs immuables et sécurisés et de conserver ces blocs de données de manière chronologique entre les transactions. Les données manipulées dans la blockchain sont partagées entre les machines/nœuds sans être enregistrées dans un serveur local. Chaque entrée, ou "bloc", est connectée aux précédentes par un processus cryptographique qui relie tous les blocs entre eux pour former une chaîne qui ne peut être modifiée. Le concept de blockchain a été introduit par Satoshi Nakamoto en 2008 [10]. La figure 1 illustre le processus de fonctionnement des transactions de la blockchain. Ce processus commence lorsque quelqu'un demande une transaction. La transaction est diffusée sur un réseau P2P public (réseau Blockchain) composé de plusieurs nœuds. Le réseau de nœuds valide la transaction à l'aide d'algorithmes de hachage. Une fois vérifiée, la transaction est combinée avec d'autres transactions pour créer un nouveau bloc de données pour le grand livre. Le nouveau bloc est ajouté à la chaîne de blocs existante sous une forme qui est permanente et inaltérable. Enfin, la transaction est terminée avec succès.

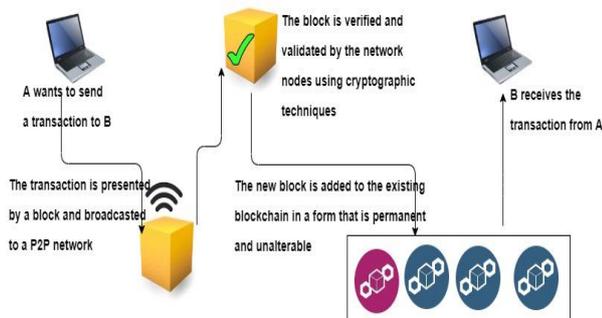


Fig 1 : Processus de transactions de la blockchain

Selon ses caractéristiques et ses fonctionnalités, la blockchain est classée en 3 catégories [11] :

- La blockchain publique : Tout le monde peut lire ou écrire des données et la seule condition est d'avoir un ordinateur et une connexion Internet. Une partie de ce type de réseau restreint l'accès en lecture ou en écriture uniquement. Ethereum et Bitcoin sont des exemples qui utilisent une approche où tout le monde peut écrire.
- Blockchain privée : N'est pas ouverte au public mais est accessible uniquement sur invitation et tous les membres participants se connaissent et se font confiance. Cette approche est très utile lorsque la blockchain est utilisée entre des entreprises appartenant à la même industrie. Les

plus célèbres, sont Hyperledger et Ripple (protocole permettant les transferts internationaux).

- La Blockchain de consortium est un hybride entre la Blockchain publique et la Blockchain privée. Dans ce type, seuls quelques nœuds sélectionnés sont prédéterminés, et les nœuds participants sont invités, mais toutes les transactions sont publiques. Cela signifie que les nœuds participent à la maintenance et à la sécurité de ce réseau, mais que toutes les transactions sont visibles par les utilisateurs du monde entier. Les droits de lecture peuvent être publics ou limités aux participants. Elle préserve la confidentialité des données, comme les blockchains privées. BigchainDB est un exemple de blockchain de consortium.

3 BLOCKCHAIN ET INTERNET DES VEHICULES

Dans le contexte de l'IoV, la technologie blockchain permet d'attribuer à chaque véhicule une identité numérique décentralisée. Cette technologie améliore la manière dont les véhicules connectés communiquent avec d'autres appareils IoT. Elle permet d'envisager un échange d'informations ou d'argent entre différents véhicules et entre des véhicules et d'autres objets, avec des transferts de données plus sécurisés, des fonctions de géo localisation et un système de paiement transparent entre passager et véhicule. Il existe plusieurs articles publiés sur la fusion de la blockchain et l'IoV. Par exemple, le travail de [12] présente et compare les applications existantes en essayant d'améliorer la sécurité, la confidentialité et la confiance dans les systèmes IoV. Ramaguru et al. [13] ont proposé une architecture blockchain_IoV pour assurer l'authentification et maintenir une communication sécurisée entre les véhicules. Aussi dans [14], l'objectif du travail proposé est un modèle sécurisé permettant de construire un système de partage de données de confiance en IoV. [15] Ce travail propose un mécanisme de l'utilisation de la technologie blockchain pour garantir une identification des véhicules et une authentification des données lors de transmission des paquets de données d'un véhicule à un autre. Dans le même contexte, [16] un mécanisme décentralisé d'authentification est présenté pour assurer la sécurité des services mobiles. Enfin, dans leur article [17], exposent comment la technologie blockchain pourrait être étendue à l'application de la mise en réseau des véhicules, en particulier en tenant compte du stockage distribué et sécurisé des big data. Parmi les autres applications de la blockchain, on trouve effectivement l'échange de données. La blockchain décentralisée permet des transactions et un partage de données rapides et efficaces avec une grande fiabilité. En outre, les contrats intelligents facilitent l'exécution automatique des transactions pour des paiements rapides en termes de péages, de stationnement, de taxes, d'assurance, etc.

Donc grâce à la technologie blockchain et les smart contracts, les véhicules deviennent capables de communiquer avec le parking, les stations de carburant, les péages, etc. ... sans intervention humaine.

Pour la réservation d'espace de stationnement, [18, 19] proposent une plateforme transparente où les individus peuvent louer leur terrain inutilisé pour une durée définie. L'application mobile a la possibilité de choisir le parking de votre convenance. Après avoir choisi le parking et en fonction de la durée du séjour, vous pouvez effectuer le paiement par une méthode symbolique et vous pouvez bénéficier du parking pour le temps alloué. Dans [20], l'auteur présente une application IoT pour les achats automatisés d'essence. AGasP est une application de contrats intelligents pour la communication machine à machine.

Récemment, la fusion entre la technologie blockchain et les DApp (decentralized applications) touche plusieurs domaines de recherche. Cette fusion permet aux utilisateurs de prédire l'évolution du système avant la réalisation d'une transaction. Appliqué au domaine de l'IoV, de nombreux chercheurs ont exploité cet avantage pour assurer une communication décentralisée et intelligente entre les véhicules et les fournisseurs de services. Par exemple, dans leur article [21], les auteurs ont proposé une plateforme qui assure une transmission et un stockage rapides des données pendant la communication entre les véhicules et leur environnement. La solution considérée ici est une application décentralisée en temps réel utilisant la technologie blockchain. Cette plateforme est composée de deux applications Android représentant le frontend de la DApp et utilisées pour collecter des informations sur le véhicule, le conducteur et son circuit. Le backend est le réseau blockchain. Cette partie assure le stockage et la transmission des données entre les différents acteurs du système. Le Framework **car insurance policy** (CAIPY), développé par Bader et al [22], utilise la technologie blockchain, en particulier les smart contracts, pour améliorer les polices d'assurance automobile existantes. Cette plateforme est composée de 3 acteurs : la compagnie d'assurance, le client et le tribunal. Une interface DApp, à travers laquelle les différents acteurs interagissent avec les smart contracts, permet de réduire la paperasse et d'examiner les réclamations des utilisateurs. Dans la deuxième partie, les smart contracts sont enregistrés dans une blockchain publique Ethereum qui gère les réclamations et enregistre les accidents. Le dernier composant est un ensemble de capteurs installés dans les véhicules. Ils peuvent détecter de manière fiable les dysfonctionnements des composants ou les collisions et transmettre les informations au contrat intelligent afin de les stocker dans la blockchain. Cette solution permet de réduire le coût d'un expert et d'accroître la transparence pour les clients. De même, Katarina et al [23] ont proposé un système pour surmonter le manque de confiance dans le kilométrage des voitures d'occasion. Leur solution consiste à enregistrer le kilométrage de chaque voiture de manière transparente en utilisant des contacts intelligents et la blockchain Ethereum. Cette dernière

permet d'attribuer une clé privée à chaque véhicule. L'utilisateur peut accéder à l'application via une interface web. Les travaux de [24] proposent une plateforme permettant de partager des données liées au véhicule (nombre de places, marque, ...), au conducteur (identifiant, niveau de fatigue) ou concernant le trajet suivi en exploitant la technologie blockchain. Ces données sont exploitables par différents acteurs de la plateforme tels que l'assurance automobile, le service aux véhicules, la ville intelligente et la mobilité, le constructeur automobile... Dans le respect de la vie privée de l'utilisateur du véhicule, les données sont partagées de manière fiable, sécurisée et décentralisée.

En résumant, l'intégration de la technologie Blockchain dans les applications IoV peut être divisée en deux catégories principales : la sécurité et les applications utilisateur. Les applications utilisateur fournissent des services. C'est l'échange de données ou transactions entre les différents objets dans le réseau en utilisant les smart contracts. Les véhicules et les objets qui l'entourent échangent une quantité de données importante. Ces données comprennent les données de trafic, les habitudes de conducteur, et même le partage d'expériences entre voitures. Elles incluent aussi des données relatives aux transactions de commerce électronique, telles que les transactions d'assurance automobile, les transactions de ravitaillement en carburant, les transactions de recharge des véhicules électriques. Compte tenu du grand nombre de véhicules en circulation et la quantité de données échangées, l'utilisation de la technologie blockchain devrait être pleinement exploitée. La technologie de blockchain présente de nombreux avantages, notamment la décentralisation, l'automatisation des échanges, big data storage, la crypto-monnaie ... Donc, la technologie blockchain pourrait être un moyen efficace d'améliorer les réseaux de véhicules.

4 CONCLUSION

L'Internet des véhicules et la technologie blockchain sont deux nouveaux paradigmes en cours de maturation. Ils attirent l'attention de nombreux chercheurs. Leur utilisation ensemble dévoile plusieurs avantages pour le développement et l'amélioration de la vie quotidienne. La technologie Blockchain apporte à l'IoV la sécurité, la transparence et l'immuabilité des données de transaction entre les différents acteurs de processus de la communication. Cet apport représente un défi majeur dont il faut donner un grand intérêt dans la recherche scientifique.

Bibliographie

- [1] A. Zouinkhi, H. Ayadi, T. Val, B. Boussaid and M.N. Abdelkrim, "Auto-management of energy in IoT networks", *International Journal of Communication System*, Vol. 33, Issue 1, 2020.
- [2] G. George and S.M. Thampi, "Securing Smart Healthcare Systems from Vulnerability Exploitation", In: Wang G., El Saddik A., Lai X., Martinez Perez G., Choo KK. (eds) *Smart City and Informatization. iSCI 2019*.

Communications in Computer and Information Science, vol 1122. Springer, Singapore.

- [3] A. Zouinkhi, K. Mekki and M.N. Abdelkrim, "Application and network layers design for wireless sensor network to supervise chemical active product warehouse", *International Journal of Computer Science, Engineering and Applications*, Vol.4, No.6, pp. 53-72, 2014.
- [4] L. Minbo, Z. Zhu and C. Guangyu, "Information service system of agriculture IoT", *Automatika*, 54(4): 415-426, 2013.
- [5] A. LTIFI, A. Zouinkhi, M.S. BOUHLEL, "A Cooperation based scheme for Managing Alert Propagation in VANET", *International Journal of Wireless Personal Communications*, Springer, Vol. 85, No. 4, pp 2211-2231, 2015.
- [6] A. Ltifi, A. Zouinkhi and M.S. Bouhlel, "Trust-based scheme for alert spreading in VANET", *Procedia Computer Science*, Vol. 73, pp. 282-289, 2015.
- [7] Q. Wang, P. Fan, & Letaief, and K. Ben., "On the joint V2I and V2V scheduling for cooperative VANETs with network coding". *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 61(1), 62-73, 2012.
- [8] C. Lamboley and B. James, "L'apport des nouvelles technologies dans la gestion du trafic urbain: L'expérience de Paris", *Les Cahiers du numérique*, vol. 2, No. 1, 37-57, 2001.
- [9] L. Maglaras, A. Al-Bayatti, Y. He, I. Wagner and H. Janicke, "Social Internet of Vehicles for smart cities", *Journal of Sensor and Actuator Networks*, 5(1), 3, 2016.
- [10] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System", (2008) Available at: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.
- [11] D. Hong-Ning, Z. Zibin and Y. Zhang, "Blockchain for Internet of Things: A Survey", *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 6, No. 5, Oct. 2019.
- [12] L. Mendiboure, M. A. Chalouf, and F. Krief, "Survey on blockchain-based applications in Internet of Vehicles", *Computers & Electrical Engineering* Vol. 84, June 2020, 106646.
- [13] R. Ramaguru, M. Sindhu, and M. Sethumadhavan, "Blockchain for the Internet of Vehicles", In: Singh M., Gupta P., Tyagi V., Flusser J., Ören T., Kashyap R. (eds) *Advances in Computing and Data Sciences. ICACDS 2019. Communications in Computer and Information Science*, vol 1045. Springer, Singapore.
- [14] Q. A Wang, L. Zhou, Z. Tang and G. Wang, "A consortium blockchain-based model for data sharing in Internet of Vehicles", In: Wang G., El Saddik A., Lai X., Martinez Perez G., Choo KK. (eds) *Smart City and Informatization. iSCI 2019. Communications in Computer and Information Science*, vol 1122. Springer, Singapore.
- [15] M. Labrador and W. Hou, "Implementing blockchain technology in the Internet of Vehicles (IoV)", *2019 International Conference on Intelligent Computing and its Emerging Applications (ICEA)*, Tainan, Taiwan, 2019, pp. 5-10.
- [16] X. Wang, P. Zeng, N. Patterson, F. Jiang and R. Doss, "An improved authentication scheme for Internet of Vehicles based on blockchain technology," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 45061-45072, 2019.
- [17] T. Jiang, H. Fang and H. Wang, "Blockchain-based Internet of Vehicles: distributed network architecture and performance analysis," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 4640-4649, June 2019.
- [18] HS. Jennath, S. Adarsh, NV. Chandran, R. Ananthan, A. Sabir and S. Asharaf, "Parkchain: A blockchain powered parking solution for smart cities", *Front. Blockchain*, Vol. 2, No. 6, August 2019.
- [19] F. Panduwinata and P. Yugopuspito, "BPMN approach in blockchain with hyperledger composer and smart contract: reservation-based parking system," *2019 5th International Conference on New Media Studies (CONMEDIA)*, Bali, Indonesia, 2019, pp. 89-93.
- [20] Y. Hanada, L. Hsiao and P. Levis, "Smart contracts for machine-to-machine communication: possibilities and limitations," *2018 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS)*, Bali, 2018, pp. 130-136.
- [21] R. Jabbar, M. Kharbeche, K. Al-Khalifa, M. Krichen, and K. Barkaoui, "Blockchain for the Internet of Vehicles: A Decentralized IoT Solution for Vehicles Communication Using Ethereum," *Sensors*, vol. 20, no. 14, p. 3928, Jul. 2020.
- [22] L. Bader, J. C. Bürger, R. Matzutt and K. Wehrle, "Smart Contract-Based Car Insurance Policies," *2018 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)*, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2018, pp. 1-7.
- [23] P. Katarina, B. Moritz, B. Jan-Paul and S. Carolin. (2020), "Trusted systems of records based on Blockchain technology - a prototype for mileage storing in the automotive industry", *Concurrency and Computation Practice and Experience*. 2020.
- [24] C. Kaiser C, M. Steger, A. Dorri, A. Festl, A. Stocker, M. Fellmann, and S. Kanhere, "Towards a privacy-preserving way of vehicle data sharing—a case for blockchain technology?". In : *Dubbert J, Müller B, Meyer G (eds) Advanced microsystems for automotive applications 2018. Lecture notes in mobility*. Springer, Cham, pp 111–122.