

Phân Tích Ứng Dụng Blockchain Hỗ Trợ Cho Quản Lý Và Chia Sẻ Tài Nguyên Trong Truyền Thông Internet Vạn Vật

Hồ Phú Lộc

Sinh viên Khoa Công nghệ thông tin
Trường Đại học Giao thông vận tải
Thành phố Hồ Chí Minh
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
1951150076@sv.ut.edu.vn

Trương Xuân Hòa

Sinh viên Khoa Công nghệ thông tin
Trường Đại học Giao thông vận tải
Thành phố Hồ Chí Minh
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
1951150066@sv.ut.edu.vn

Trần Thiên Thanh

Khoa Công nghệ thông tin
Trường Đại học Giao thông vận tải
Thành phố Hồ Chí Minh
Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam
thanh.tran@ ut.edu.vn

Tóm tắt-Những năm gần đây, sự phát triển của Internet vạn vật (IoT) ngày càng tiên tiến. Tuy nhiên, hiệu quả trong quản lý và chia sẻ tài nguyên là rất quan trọng, trong khi nguồn phổ tần hiện tại đang khan hiếm. Sự hiện hữu của công nghệ Blockchain và việc tích hợp với hệ thống truyền thông Internet vạn vật góp phần giải quyết vấn đề trên. Bài báo nhằm phân tích tiềm năng về quản lý và chia sẻ tài nguyên trong truyền thông Internet vạn vật với sự hỗ trợ của Blockchain. Sự tích hợp của Blockchain và IoT được xem như một bước tiến quan trọng thúc đẩy cho sự phát triển hệ thống truyền thông trong tương lai.

Từ khóa-Blockchain, Internet vạn vật, quản lý tài nguyên.

I. GIỚI THIỆU

Sự ra đời của ý tưởng mạng lưới thiết bị thông minh được phát triển năm 1982 với mục đích nghiên cứu về việc kiểm kho và báo cáo nhiệt độ của những lon nước ngọt được đặt bên trong một máy bán nước Coca-Cola tự động ở Pennsylvania (Hoa Kỳ). Điều đó đã tạo ra nền móng vững chắc cho việc nghiên cứu mạnh mẽ về Internet vạn vật (IoT), cụ thể là công nghệ nhận dạng qua tần số vô tuyến (Radio - Frequency Identification, viết tắt: RFID). Công nghệ này giúp kết nối các thiết bị, đối tượng trong môi trường vào một mạng. Mạng lưới này có thể kết nối xe cộ, thiết bị gia dụng và các thiết bị điện tử khác và cũng được dùng trong việc nghiên cứu thông tin liên lạc, quản lý và chia sẻ tài nguyên.

Hiện nay, IoT được áp dụng phát triển rộng rãi trong thông tin liên lạc mạng 5G (Mạng thế hệ thứ 5) và trong tương lai gần là 6G. Tuy nhiên mạng lưới này còn gặp nhiều thách thức về an ninh và bảo mật, chưa đảm bảo được tính tin cậy về độ an toàn thông tin. Ở thời điểm này một công nghệ khác được kết hợp với IoT để đảm bảo tính an toàn bảo mật trong kết nối kiểm soát thông tin là Blockchain.

Blockchain lần đầu tiên công bố vào năm 2008, được thiết kế bởi Satoshi Nakamoto, công nghệ này đã được hiện thực hóa, được xem là một phần cốt lõi của Bitcoin và nền tảng cho sự phát triển công nghệ trong thị trường Cryptocurrency (tiền mã hóa). Nội dung chính của bài báo là trình bày việc áp dụng Blockchain vào bài toán quản lý tài nguyên và lưu trữ thông tin một cách an toàn bảo mật trong hệ thống IoT. Cụ thể là quản lý và chia sẻ tài nguyên phổ tần.

Vào những năm trước đây, đã có các sáng kiến về sự kết hợp giữa các công nghệ điện toán Cloud với IoT. Sự kết hợp này đã mở ra cơ hội mới như cơ chế truy cập và chia sẻ thông tin trong IoT. Tuy nhiên, sáng kiến này cũng xuất hiện những lỗ hổng liên quan đến thiếu minh bạch và chính xác của dữ liệu. Tương tự như vậy, Blockchain cũng có những tiềm năng to lớn khi kết hợp với IoT. Công nghệ Blockchain được sử dụng để đảm bảo an toàn trong giao tiếp giữa các thiết bị IoT, cung cấp dịch vụ chia sẻ đáng tin cậy, nơi thông tin đáng tin cậy và có thể theo dõi được. Dữ liệu trong Blockchain có thể được xác minh mọi lúc và không thay đổi theo thời gian, điều này làm tăng tính bảo mật của dữ liệu [1]. Việc quản lý tài nguyên phổ tần mạng đang gặp nhiều hạn chế trước nhu cầu kết nối không lồ được dự đoán của mạng viễn thông trong tương lai. Cụ thể, với đặc điểm cơ sở hạ tầng rộng lớn, mạng truyền thông tương lai cần có các yêu cầu tương thích với các hoạt động quản lý tài nguyên như chia sẻ phổ, điều phối và tính toán phi tập trung. Sự tích hợp giữa IoT và Blockchain sẽ cho phép mạng giám sát, quản lý phổ và sử dụng tài nguyên phổ tần hiệu quả hơn, giảm chi phí quản lý, cải thiện tốc độ của phổ tần và khắc phục sự cố phát sinh với mạng lưới, máy chủ hoặc thiết bị sẽ không gây ảnh hưởng đến toàn bộ hệ sinh thái IoT mà mô hình truyền thông cũ gặp phải. Ngoài ra, Blockchain cũng có thể ghi lại việc sử dụng phổ trong thời gian thực để nâng cao

hiệu quả phổ bằng cách phân bổ động các dải phổ dựa trên nhu cầu thiết bị [2], [3].

Bài báo gồm 06 phần. Ngoài phần I giới thiệu chung vấn đề nghiên cứu; phần II trình bày cấu trúc và sự phát triển của IoT; phần III nêu tổng quan về Blockchain và các tính năng của nó; trong phần IV chúng tôi tập trung phân tích vào lĩnh vực chia sẻ tài nguyên hỗ trợ Blockchain trong bài toán quản lý phổ tần được phân bổ động, phần V trình bày chia sẻ tài nguyên hỗ trợ Blockchain và quản lý phổ trong Internet vạn vật (IoT). Và cuối cùng, trong phần VI là tóm tắt về kết luận trong bài báo và những đề xuất trong tương lai.

II. IOT (INTERNET VẠN VẬT)

IoT được hiểu là một mạng Internet kết nối các đồ vật và thiết bị thông qua cảm biến, cho phép các thiết bị thu thập và trao đổi dữ liệu với nhau. Khi đồ vật, thiết bị được kết nối Internet, nhờ vào khả năng tự hoạt động dựa trên thông tin gửi và nhận mà nó thông minh hơn. Các thiết bị IoT có thể thu thập dữ liệu nhờ vào cảm biến và truyền dữ liệu nhờ khả năng kết nối với mạng máy tính.

A. Cấu trúc của IoT

Trong mạng IoT có rất nhiều giao thức kết nối được dùng trong truyền thông vô tuyến được dùng rộng rãi và áp dụng vào từng lĩnh vực khác nhau. Cụ thể có năm giao thức phổ biến là Wifi, Zigbee, Z-Wave, BLE và RFID (bảng I).

BẢNG I. BẢNG SO SÁNH VỀ ĐỘ TIN CẬY VÀ AN TOÀN CỦA CÁC GIAO THỨC KẾT NỐI MẠNG [4].

Technology	Physical Layer	Frequency	Data Rate	Topology	Safety	Reliability
BLE	Core 5.2	2.4 GHZ	1 Mb/s to 3 Mb/s	Star Pt to Pt	✓	✓
Wi-Fi	IEEE 802.11	2.4 GHz 5 GHz	Up to 250 Mb/s	Star Pr to Pr	✓	
ZigBee	IEEE 802.15.4	868 MHz 915 MHz 2.4 GHz	20 Kb/s to 25 Kb/s	Star Mesh	✓	
Z-Wave	ITU-T G-9959	865 MHz to 923 MHz	9.6 Kb/s to 100 Kb/s	Mesh	✓	✓
RFID	ISO/IEC 18000	120 kHz to 5.8 GHz	4 Kb/s to 848 Kb/s	Pt-to-Pt	✓	

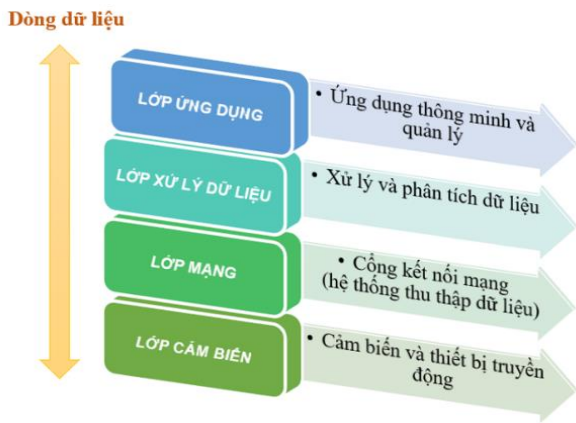
Dựa vào những so sánh đánh giá về ưu, nhược điểm của các phương thức kết nối trong tài liệu [4] và [5] có thể nhận định rằng:

- Nếu muốn truyền đi dữ liệu nhanh chóng và dễ sử dụng phù hợp với nhu cầu người dùng thì giải pháp Wi-Fi là lựa chọn tốt nhất. Vì nó có thể đáp ứng được cho một lượng lớn người dùng và đảm bảo độ an toàn cao. Tuy nhiên, về vấn đề chi phí, BLE cung cấp giải pháp tốt hơn;

- Ngoài ra RFID là lựa chọn tối ưu nhất trong truyền thông dữ liệu vì đáp ứng được yếu tố địa hình và thời tiết mà các công nghệ khác không áp dụng được trong thực tiễn và phát huy cao tính hiệu quả;

- Còn những phương thức kết nối còn lại như ZigBee và Z-Wave thích hợp việc ứng dụng trên những thiết bị thông minh gia đình.

Để giao thức kết nối được thiết bị trên mạng IoT, cần phải đi qua các lớp bên trong của kiến trúc IoT [6]. Kiến trúc IoT phụ thuộc vào chức năng và việc triển khai ở các lĩnh vực khác nhau. Cấu trúc hình thành của mạng lưới IoT được mô phỏng dưới hình 1 và có thể nhận thấy mạng lưới chia thành 04 lớp.



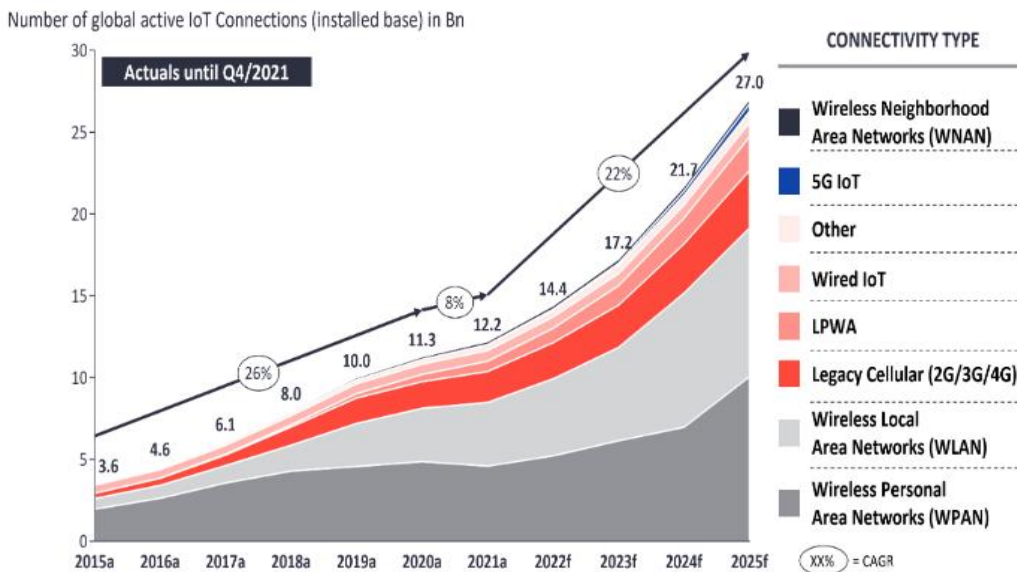
Hình 1. Kiến trúc hình thành các lớp của IoT [6].

- Lớp cảm biến: Bao gồm các cảm biến có nhiệm vụ nhận các dữ liệu như thông số vật lý và môi trường, sau đó xử lý dữ liệu và truyền dữ liệu qua lớp mạng;
- Lớp mạng: Chứa hệ thống thu nhận dữ liệu (DAS) và các công Internet. Nhiệm vụ là tổng hợp và biến đổi dữ liệu, được thực hiện bởi DAS và đưa đến lớp xử lý dữ liệu.
- Lớp xử lý dữ liệu: Nơi tập trung dữ liệu và xử lý hệ sinh thái IoT. Dữ liệu được xử lý trước khi gửi đến trung tâm dữ liệu, nơi mà dữ liệu được truy cập bởi các chương trình phần mềm, thường được gọi là ứng dụng nghiệp vụ. Ứng dụng này cho phép theo dõi và quản lý dữ liệu. Kết quả của việc nghiên cứu được hiển thị ở lớp ứng dụng;
- Lớp ứng dụng: Đó là lớp cuối trong sơ đồ kiến trúc IoT. Tại trung tâm dữ liệu được gọi là đám mây trung tâm nhằm quản lý dữ liệu, duy trì và được sử dụng bởi các ứng dụng người dùng.

Mô hình bốn lớp ở trên được xem là kiến trúc nền tảng của IoT. Kiến trúc của IoT có thể thay đổi tùy thuộc vào lĩnh vực nghiên cứu và đề tài được triển khai. Những nghiên cứu phát triển IoT sẽ dựa vào kiến trúc nền tảng ở hình 1, có thể tối giản bằng mô hình ba lớp [7] hoặc phát triển nâng cấp thành những kiến trúc mới như mô hình năm lớp [8]. Trong bài viết này, mô hình năm lớp được chúng tôi áp dụng vào nghiên cứu, trong đó có sự cải tiến là thêm một lớp Phần mềm trung gian (MW) ở giữa lớp Mạng và lớp Xử lý dữ liệu. Vì số lượng IoT kết nối với nhau trong Blockchain là rất lớn [9], gây ra vấn đề không đồng nhất về thiết bị, các hệ điều hành và định dạng dữ liệu khác nhau. Điều này rất khó để tích hợp tương thích với tất cả các thiết bị IoT. Lớp MW sẽ giải quyết được các vấn đề trên [8].

B. Sự phát triển của IoT trên toàn thế giới trong tương lai

IoT đã xuất hiện sớm từ khoảng những năm gần cuối thế kỉ XX. Trong những năm gần đây, công nghệ IoT đang từng bước cải tiến và phát triển mạnh mẽ. Công nghệ này đã tạo ra viễn cảnh con người đều sử dụng thiết bị tự động hóa kết nối vạn vật và áp dụng công nghệ thông minh cho đời sống mỗi ngày là một điều không còn là xa lạ. Trên một website chuyên về phân tích dữ liệu tên là IoT - Analytics của Đức đã công bố số liệu thống kê về số lượng thiết bị công nghệ được áp dụng IoT trong hình 2 ở hiện tại là vào năm 2022, thị trường IoT dự kiến sẽ tăng 18% lên 14,4 tỷ kết nối đang hoạt động. Dự kiến đến năm 2025 tốc độ tăng trưởng ngành IoT sẽ tăng một cách đáng kể, sẽ có khoảng 27 tỷ thiết bị IoT được kết nối [10].



Hình 2. Số lượng thiết bị được kết nối Internet of Things (IoT) trên toàn thế giới dự đoán đến năm 2025 [10].

C. Vấn đề thiếu hụt phổ tần trong truyền thông 5G kết nối IoT

Mọi thiết bị không dây đều cần sóng vô tuyến để giao tiếp, với số lượng thiết bị ngày càng tăng như vậy và sự mở rộng của IoT góp phần làm thiếu các tần số khả dụng. Điều này đòi hỏi áp lực giải quyết nhu cầu cũng tăng lên. Vấn đề thiếu hụt phổ tần cũng là một trong số vấn đề vô cùng nghiêm trọng khi vận hành mạng 5G và đặc biệt là kết nối với thiết bị IoT. Có nhiều giải pháp đưa ra để giải quyết vấn đề trên được đề cập tại tài liệu [11] và [12].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đề xuất một giải pháp để an toàn bảo mật cho hệ thống và giải quyết vấn đề về phổ tần cũng như việc quản lý phổ hiệu quả thông qua Blockchain kết hợp IoT.

III. BLOCKCHAIN (CÔNG NGHỆ CHUỖI KHỐI)

Blockchain được dự đoán là một công nghệ có tầm quan trọng như Internet hiện nay. Về cơ bản, Blockchain là một cơ sở dữ liệu mở và phân tán, được duy trì bởi các nút trong mạng ngang hàng (P2P). Blockchain được sử dụng để ghi lại các Transaction giữa các nút, được xem là một “sổ cái phân tán”. Nhờ kỹ thuật bảo mật, các Transaction được ghi lại trên Blockchain có khả năng chống giả mạo. Trong phần này, chúng tôi sẽ giới thiệu tổng quan về công nghệ Blockchain, tóm tắt các đặc tính và ứng dụng của Blockchain [13].

A. Tổng quan về Blockchain

1) *Cấu trúc Blockchain*: Trong một mạng lưới Blockchain, các Transaction được xác nhận bởi một mạng lưới các nút và sau đó được ghi lại trong Blockchain (hình 3). Đó là một khối bao gồm phần đầu và phần thân nơi dữ liệu Transaction được lưu trữ. Phần đầu chứa Mã băm của khối trước đó, Time Stamp, Nonce và cây Merkle. Giá trị băm được tính bằng cách chuyển phần đầu của khối trước đó đến một hàm băm. Với Mã băm của khối trước đó được lưu trữ trong khối hiện tại, Blockchain sẽ phát triển với các khối và liên kết mới. Ngoài ra, nó đảm bảo rằng việc giả mạo khối trước đó phát hiện một cách hiệu quả. Time Stamp được sử dụng để lưu lại thời gian của khối được tạo. Nonce được sử dụng để tạo và xác minh một khối. Cây Merkle là một cây nhị phân với mỗi nút lá được gắn nhãn băm của một Transaction lưu trữ trong phần thân khối và các nút không phải lá gắn nhãn được ghép nối với băm của các nút con. Mã băm gốc của cây Merkle, được sử dụng để giảm nỗ

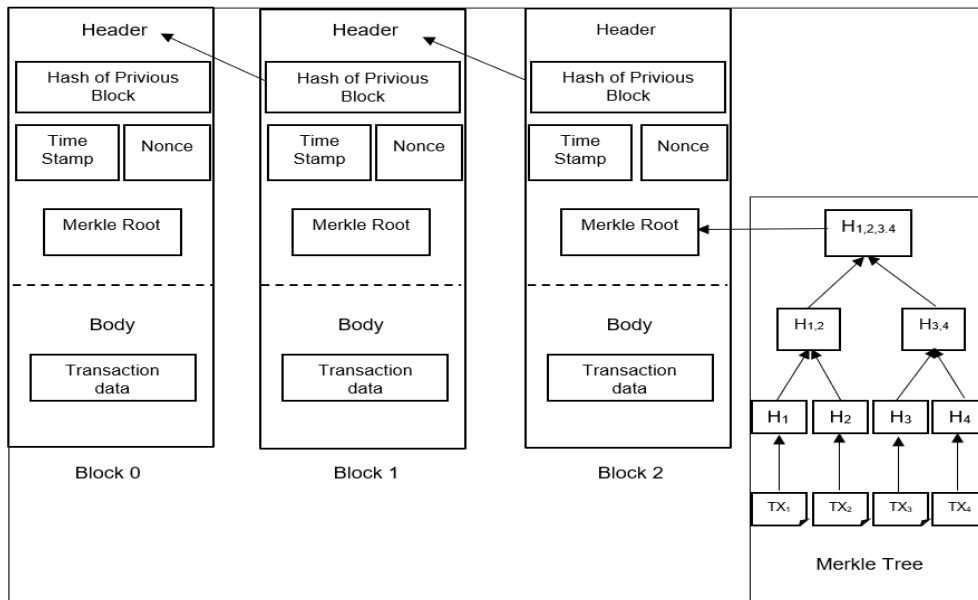
lực xác minh của các Transaction trong một khối. Vì một thay đổi nhỏ trong một Transaction có thể dẫn đến một gốc Merkle khác, nên việc xác minh có thể chỉ bằng cách so sánh với gốc Merkle thay vì tất cả các Transaction trong khối. Thuật toán đồng thuận: Là một tính năng đặc biệt, Blockchain loại bỏ yêu cầu đối với bên thứ ba để xác thực các Transaction. Thay vào đó, mọi nút phải đạt được sự đồng thuận trước một khối, ghi lại nhiều Transaction, được đưa vào Blockchain. Để chống các cuộc tấn công gây hại, một cơ chế đồng thuận được đưa vào để điều chỉnh xây dựng khối theo cách công bằng. Có các thuật toán đồng thuận khác nhau như: Proof of Work (PoW), Proof of Stake (PoS) và Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) để đáp ứng các yêu cầu về hiệu suất trong các ứng dụng và các Blockchain khác nhau.

2) *Các loại Blockchain*: Với những ứng dụng khác nhau, Blockchains thường được phân loại tùy theo các yêu cầu thành Blockchain công khai, Blockchain riêng tư và Blockchain kết hợp, dựa trên quy tắc xác minh, xác thực các Transaction được khởi tạo bởi các nút khác và quản lý các nút có thể truy cập.

- **Blockchain công khai**: Nhằm truy cập và xác minh bởi những nút mạng. Trong một mạng Blockchain công khai, mọi nút có thể xác thực các Transaction, giữ một bản sao cục bộ của Blockchain và thêm các khối mới vào Blockchain. Các Blockchains công khai được phân phối đầy đủ vì mọi nút đều có quyền duy trì một sổ cái. Nó sử dụng trong các Transactions ẩn danh;

- **Blockchain riêng tư**: Được quản lý bởi một tổ chức duy nhất. Các nút cấp phép được cung cấp quyền truy cập vào Blockchain và khả năng xác thực các Transaction bởi bộ điều khiển trung tâm. Điều này làm cho một mạng cấp phép được tạo ra, trong đó chỉ có các nút được cấp phép mới truy cập vào các Transaction của Blockchain nhất định. Trong phương pháp này, quyền riêng tư của Transaction được tăng cường đáng kể, trong khi tổ chức vẫn giữ quyền kiểm soát đối với việc phân cấp thẩm quyền xác thực Transaction.

- **Blockchain kết hợp**: Tương tự như một Blockchain riêng tư theo nghĩa cả hai đều được lưu giữ trong một mạng được cấp phép. Sự khác biệt là với một Blockchain kết hợp, nhiều tổ chức tham gia vào việc chia sẻ quyền truy cập và xác thực Transaction. Ngay cả khi các tổ chức này không tin tưởng nhau hoàn toàn, các tổ chức có thể hợp tác bằng cách thay đổi phương pháp đồng thuận dựa trên mức độ tin cậy của họ.



Hình 3. Cấu trúc của một Blockchain [13].

B. Các tính năng của Blockchain

1) *Tính phi tập trung*: Trong mạng Blockchain công khai, những nút trong mạng đều ghi lại các Transaction và các nút đều có bản sao cục bộ riêng của sổ cái, nơi các Transaction được ghi lại. Do đó, sổ cái phân tán được bảo vệ chống lại các điểm lỗi duy nhất.

2) *Không cần sự tin cậy từ bên trung gian*: Trong một mạng Blockchain, thuật toán đồng thuận được sử dụng để xác thực và ghi lại các transaction. Vì vậy, bên trung gian đáng tin cậy không nhất thiết phải xác thực các transaction.

3) *Tính bất biến*: Bởi vì Blockchain sử dụng hàm băm mật mã một chiều nên những thay đổi đối với các khối trước sẽ làm vô hiệu hoá cho những khối tiếp theo. Để giả mạo các Transaction trong một khối trước đó, nút độc hại trước tiên tạo một khối mới và sao chép những khối tiếp theo. Điều này rất khó đạt được, vì các nút tiếp theo tạo ra các khối mới, làm cho Blockchain bất biến.

4) *Bảo mật dữ liệu*: Các thông tin, dữ liệu trong các chuỗi Blockchain được phân tán và an toàn tuyệt đối chỉ có người nắm giữ Private Key mới có quyền truy xuất dữ liệu đó.

5) *Tính minh bạch*: Trong một mạng Blockchain công khai, tất cả nút đều được truy cập vào các Transaction của Blockchain, có thể xác minh các Transaction đã được thực hiện. Điều này làm cho Blockchain công khai dữ liệu được lưu trữ.

6) *Truy xuất nguồn gốc*: Time Stamp được thêm vào đầu khối, ghi lại thời gian khối được tạo ra. Do

đó, các nút có thể nhanh chóng xác minh và truy xuất nguồn gốc của các khối trong quá khứ.

IV. ỨNG DỤNG BLOCKCHAIN VÀO QUẢN LÝ PHỔ

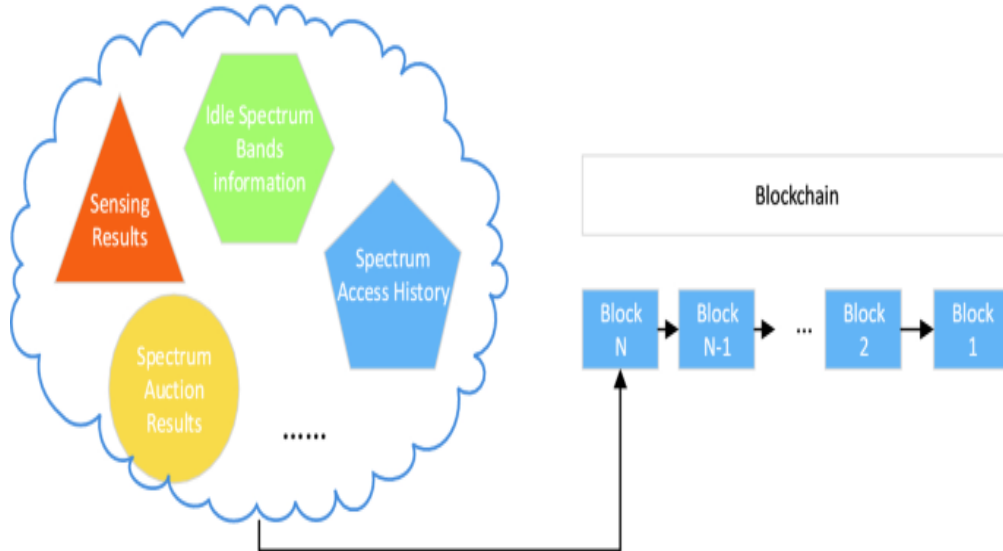
Hiện nay, các ứng dụng thế hệ 5G trở lên cần yêu cầu về tốc độ dữ liệu cao, điều này làm cho dung lượng của mạng cần phải được tăng lên, vì vậy nhu cầu về phổ tần cũng tăng lên. Có nhiều cách để quản lý phổ hiệu quả, nhưng gần đây việc sử dụng Blockchain như một cơ sở dữ liệu đáng tin cậy đã trở nên phổ biến. Nhiều loại dữ liệu như cảm biến quang phổ và kết quả khai thác dữ liệu, ảnh xạ phổ và thông tin về idle spectrum (phổ tần trống) được ghi lại một cách an toàn trên Blockchain. Kết quả là, Blockchain mở ra các khả năng mới cho Quản lý phổ động (DSM) và gần đây nó được xem là một kỹ thuật để giảm chi phí quản lý DSM. Hơn nữa, Blockchain có thể hỗ trợ việc khắc phục các vấn đề bảo mật liên quan đến DSM. Vì Blockchain là một cơ sở dữ liệu phân tán, nó mượn đặc điểm này để đảm bảo rằng các bản ghi của hệ thống DSM được ghi lại một cách phi tập trung [14]. Việc ghi lại thông tin của phổ tần là một trong những ứng dụng quan trọng của Blockchain trong quản lý phổ (hình 4). Blockchain ghi lại thông tin dưới dạng Transaction, trong khi quản lý phổ dựa vào cơ sở dữ liệu, chẳng hạn như cơ sở dữ liệu dựa trên vị trí để bảo vệ Primary Users (người dùng chính). Với Blockchain, Secondary Users (người dùng phụ) cũng có thể nhận được thông tin liên quan đến quản lý phổ. Do đó, những ưu điểm của việc sử dụng Blockchain để ghi lại dữ liệu quản lý phổ được nêu dưới đây:

- Blockchain cho phép người dùng kiểm soát trực tiếp dữ liệu được lưu trữ trên Blockchain, đảm bảo tính toàn vẹn của dữ liệu. Đặc biệt, thông tin về TVWS (Công nghệ sử dụng các khoảng tần số trống) và các phổ không được sử dụng khác có thể được lưu trữ trong Blockchain. Thông tin đó gồm: tần số, thời gian và vị trí của TVWS cũng như các yêu cầu ngăn chặn nhiễu của Primary Users;

- Hiệu quả sử dụng phổ tần: Được cải thiện bằng cách quản lý hiệu quả tính di động của Secondary Users và nhu cầu lưu lượng truy cập của Primary Users. Điều này được hỗ trợ bởi tính chất phi tập trung của Blockchain với Primary Users ghi lại thông tin trên Idle Spectrum, có thể dễ dàng truy cập bởi Secondary Users không được cấp phép. Ngoài ra, Secondary Users có thể bắt đầu một Transaction để thông báo đến người dùng khác về sự có mặt trong mạng hoặc thoát khỏi mạng của Secondary Users;

- Truy cập đồng đều (Access fairness): Thực hiện qua các hệ thống dựa trên Blockchain, nơi ghi lại lịch sử truy cập. Mặt khác, các phương pháp đa truy cập cảm biến sóng mạng (CSMA) truyền thống không được đồng bộ hóa quyền truy cập của chúng. Nếu người dùng vượt quá ngưỡng truy cập được xác định trước, người dùng có thể bị từ chối quyền truy cập ở khoảng thời gian nhất định vào một băng thông cụ thể. Điều này có thể được điều chỉnh trên Blockchain thông qua các hợp đồng thông minh (Smart Contract).

Các ứng dụng của Blockchain trong chia sẻ phổ gồm các chế độ như: Primary Cooperative Sharing, Secondary Cooperative Sharing, Secondary Non-Cooperative Sharing và Primary Non-Cooperative Sharing [15]. Những lợi ích và hạn chế của việc sử dụng Blockchain cho mỗi chế độ chia sẻ phổ được tóm tắt trong Bảng II.



Hình 4. Blockchain trong quản lý phổ tần [12].

BẢNG II: NHỮNG LỢI ÍCH VÀ HẠN CHẾ CỦA BLOCKCHAIN TRONG CHIA SẺ PHỔ [15].

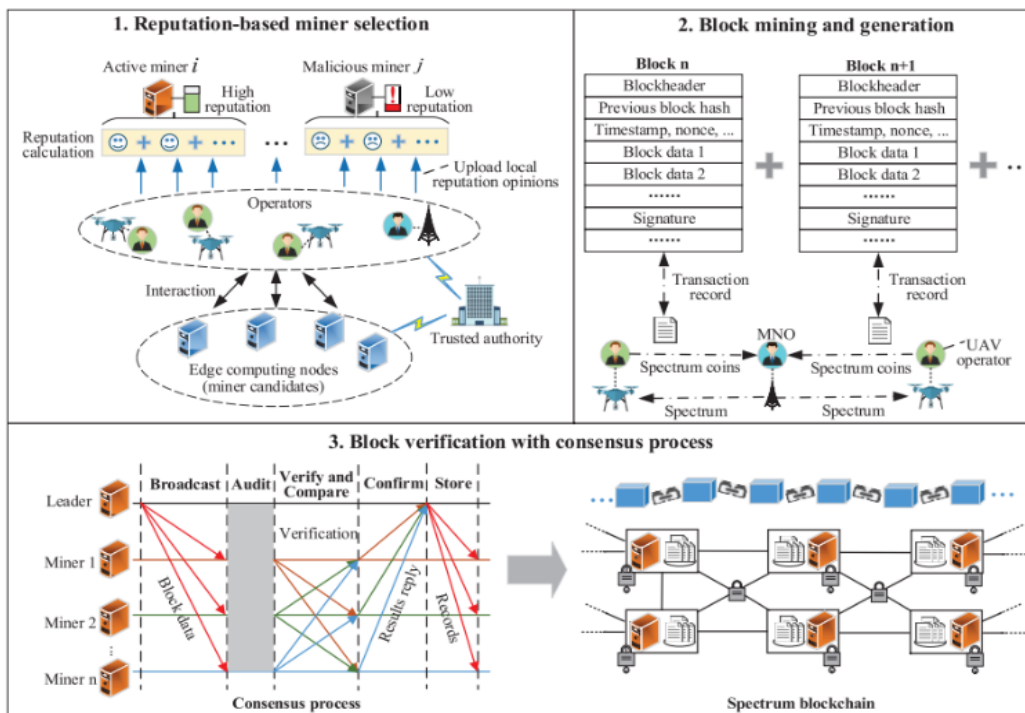
Các chế độ chia sẻ phổ	Lợi ích	Hạn chế
Primary Cooperative Sharing	<ul style="list-style-type: none"> • Cho phép việc trao đổi các nguồn phổ tần. • Cung cấp một bản ghi thống nhất của các transaction. • Với việc sử dụng các hợp đồng thông minh sẽ tạo điều kiện cho việc trao đổi các loại phổ tần khác nhau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nguồn phổ tần real-time thực sự không khả thi do độ trễ trong Blockchain. Nguồn phổ tần near-real-time có thể khả thi nhưng cần được thiết kế cẩn thận
Secondary Cooperative Sharing	<ul style="list-style-type: none"> • Cho phép các quyền sử dụng phổ tần xử lý phân tán và an toàn. • Việc sử dụng các hợp đồng thông minh cho phép các loại phổ thứ cấp khác nhau sử dụng các transactions. • Cung cấp một bản ghi thống nhất của các transaction. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tốc độ mà các transaction sử dụng phổ tần mới được xác thực sẽ bị giới hạn do độ trễ trong các hoạt động của Blockchain.

Các chế độ chia sẻ phổ		Lợi ích	Hạn chế
Secondary Sharing	Non-Cooperative	<ul style="list-style-type: none"> Cung cấp một bản ghi hoạt động của primary users mà dựa vào đó truy cập cơ hội có thể được thực thi. Cung cấp một phương pháp cho phép liên hệ trực tiếp giữa những người dùng cục bộ (như điều phối can thiệp), điều này sẽ loại bỏ việc tắc nghẽn. 	<ul style="list-style-type: none"> Với phương pháp tiếp cận non-cooperative cho secondary users, như phương pháp được sử dụng cho TVWS (Công nghệ sử dụng các khoảng tần số trống) sẽ có nhiều chi phí hơn nhưng không có sự khác biệt.
Primary Non-Cooperative Sharing	Open Access Commons	<ul style="list-style-type: none"> Nâng cao hiệu quả sử dụng phổ tần. Blockchain có thể được sử dụng để xác nhận sự hiện diện và xác minh danh tính. Tùy thuộc vào tốc độ được sử dụng của thuật toán đồng thuận, một bản đồ về việc sử dụng phổ tần cục bộ có thể được tạo ra. 	<ul style="list-style-type: none"> Chi phí cho việc sử dụng Blockchain có thể rất cao.
	Private Commons	<ul style="list-style-type: none"> Nâng cao hiệu quả sử dụng phổ tần. Có thể xây dựng bản đồ thời gian thực về việc sử dụng phổ tần cục bộ. Việc thực thi các quyền truy cập phổ tần được thực hiện dễ dàng hơn nhờ Blockchain. 	<ul style="list-style-type: none"> Nếu các chức năng của người quản lý commons không được chia sẻ cho một nhóm người quản lý đáng tin cậy với chi phí lớn, nó có thể trở thành một điểm thất bại duy nhất.

Trong tài liệu [16], việc sử dụng Blockchain để cho phép và đảm bảo chia sẻ phổ trong mạng vô tuyến nhận thức được chứng minh là an toàn và hoạt động tốt hơn giao thức truy cập phương tiện Aloha truyền thống. Các nghiên cứu trong [17] cho thấy rằng: Việc quản lý và chia sẻ phổ tần an toàn dựa trên công nghệ Blockchain cải thiện tính bảo mật và bảo vệ quyền riêng tư cho mạng di động có hỗ trợ máy bay không

người lái (UAV). Quy trình hoạt động của phổ tần an toàn dựa vào Blockchain được thể hiện qua hình 5.

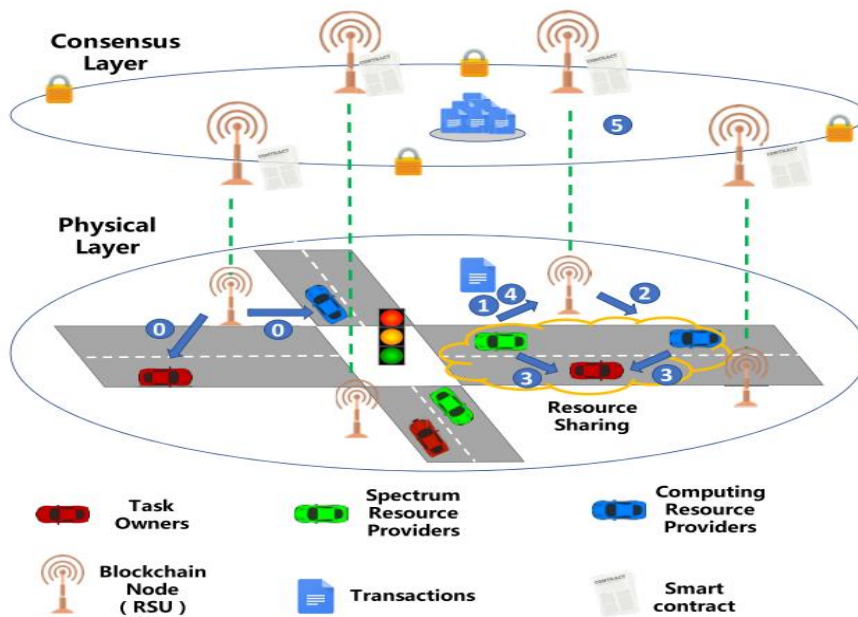
Trong tương lai, việc sử dụng Blockchain cho các ứng dụng trong mạng di động được hỗ trợ bởi UAV có thể phổ biến hơn, đáp ứng nhiều tính năng như triển khai tối ưu hóa, hạn chế năng lượng và lập kế hoạch quỹ đạo.



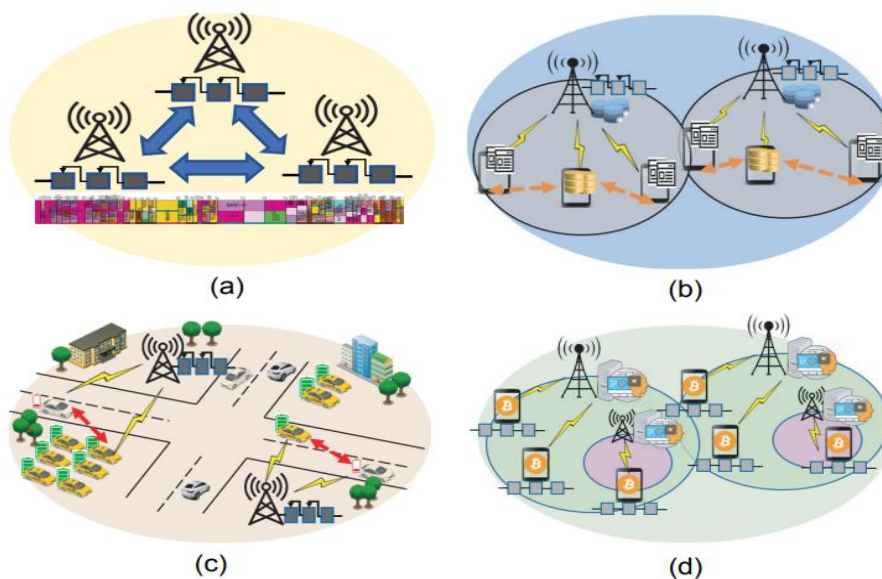
Hình 5. Quy trình hoạt động của giao dịch phổ an toàn dựa trên Blockchain [17].

Trong tài liệu [18] cho thấy tài nguyên được chia sẻ dựa trên Blockchain liên hợp cho V2X (Vehicular-to-Anything), trong đó chia sẻ tài nguyên với sự đồng thuận bằng cách khai thác giá trị phương tiện được hiển thị như trong hình 6. Truyền thông V2V (Vehicle to Vehicle) giúp phát hiện tắc nghẽn giao thông cùng với việc đỗ xe quy mô lớn [19]. Thông tin trong IoV (Internet of Vehicles) cần chính xác để tránh trường hợp không mong muốn. Ưu tiên hàng đầu là bảo mật của giao tiếp V2V trong IoV, đảm bảo cho sự tin cậy của người dùng. Khi đó, Blockchain trở thành một giải pháp tốt nhất để tạo ra hệ thống phân tán an toàn hơn [20]. Hiện tại, công nghệ Blockchain đã được ứng

dụng cho IoV ngày càng nhiều [21]. Trong tài liệu [22] đề xuất một kiến trúc mạng phương tiện dựa trên Blockchain trong thành phố thông minh, hoạt động theo cách phân tán để tạo ra một hệ thống quản lý vận tải phân tán mới. Nghiên cứu [23] đã sử dụng Blockchain để đạt được chia sẻ dữ liệu an toàn trong IoV. Một hệ thống dựa trên Blockchain được đề xuất để tăng cường bảo mật cho hệ sinh thái xe cộ [24]. Việc tích hợp công nghệ Blockchain vào mạng không dây để quản lý và chia sẻ tài nguyên thông minh, kết nối mạng linh hoạt và an toàn được đề xuất bởi nghiên cứu [25]. Đặc biệt là chia sẻ phổ, được thể hiện qua hình 7a.



Hình 6. Chia sẻ tài nguyên dựa trên Blockchain liên hợp cho V2X [18].



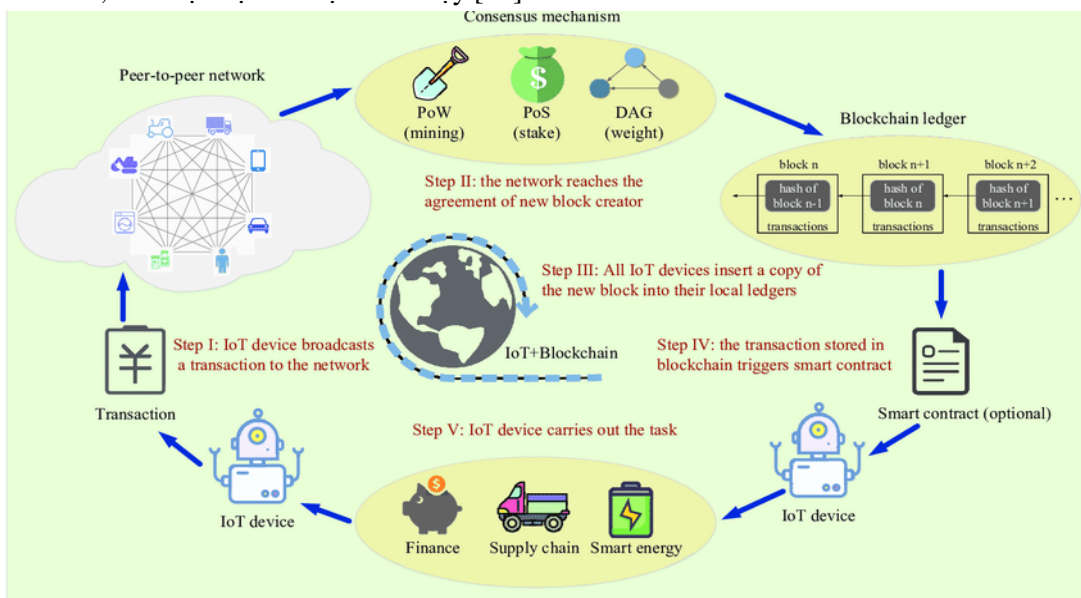
Hình 7. Quản lý tài nguyên tiềm năng được hỗ trợ bởi Blockchain: a) Chia sẻ phổ tần; b) Bộ nhớ đệm D2D; c) Tạo năng lượng; d) Giảm tải tính toán [25].

V. QUẢN LÝ TÀI NGUYÊN HỖ TRỢ BLOCKCHAIN TRONG IOT

Truyền thông IoT cho thấy rằng tất cả các đồ vật và thiết bị hàng ngày của chúng ta sẽ được kết nối với nhau, thu thập và chia sẻ thông tin. Điều này sẽ cho phép tự động hóa các hoạt động cụ thể và cho phép xuất hiện các ứng dụng khác như ngôi nhà thông minh, giao thông thông minh, nông nghiệp thông minh, các thiết bị đeo được trên cơ thể người, v.v. Các thiết bị IoT cần có các tiêu chuẩn và giao thức phù hợp để đạt được sự tự động hóa và phát triển như vậy. Tuy nhiên, các giải pháp hiện nay vẫn dựa trên một mô hình Centralized, gây ra chi phí cao cho việc bảo trì. Cùng với đó là các vấn đề liên quan đến bảo mật kém do có cấu trúc tập trung cũng khiến IoT trở thành một lĩnh vực đầy thách thức [26].

Trong bối cảnh này, Blockchain là một công nghệ kết hợp tuyệt vời cho IoT. Nó cung cấp khả năng tương tác cơ bản, cải thiện độ bảo mật và tin cậy [27].

Ví dụ: Trong quản lý và chia sẻ tài nguyên, các Blockchain được sử dụng để chia sẻ phổ tần, ghi lại tất cả các yêu cầu và sử dụng phổ, ở hình 8. Tích hợp Blockchain vào IoT, nó cung cấp khả năng tương tác bất cứ khi nào các thiết bị chia sẻ dữ liệu, giúp tạo ra một môi trường mạng đáng tin cậy hơn. Ngoài ra, khả năng tương tác cũng có thể được áp dụng để chia sẻ phổ, trong đó bất cứ khi nào người dùng phổ, khả năng tương tác có thể được chỉ định, tạo ra môi trường hợp tác tốt hơn và cải thiện hiệu quả phổ [15], [16]. Hơn nữa, các Blockchain có thể được sử dụng trong mạng V2X (Vehicular-to-Anything) bằng cách thúc đẩy việc trao đổi thông tin hoặc trao đổi năng lượng giữa các phương tiện với nhau [25]. Ngoài ra, đảm bảo giao tiếp an toàn giữa các phương tiện và hạ tầng khóa công khai (PKI) cũng là một phần quan trọng của mạng V2X. Trong bối cảnh này, Blockchain có thể được sử dụng làm cơ sở hạ tầng để cung cấp thông tin liên lạc an toàn và riêng tư cho PKI [28].



Hình 8. Việc triển khai Blockchain trong hệ thống IoT [4].

Tuy nhiên, ngoài những lợi ích trên, việc tích hợp Blockchain trong mạng IoT vẫn còn nhiều thách thức [15]. Trong trường hợp các chuỗi công khai, các CMS (Content Management System) phi tập trung thường yêu cầu khả năng tính toán từ các nút mạng cao (như Blockchain dựa trên PoW). Đây có thể là một vấn đề vì hầu hết các thiết bị IoT đều bị hạn chế về nguồn điện. Điều này đặc biệt đúng với các thiết bị cung cấp bởi Cellular IoT, có thể được triển khai ở các khu vực rất xa hoặc không thể tiếp cận [29]. Việc sử dụng Blockchain trong Cellular IoT, đặc biệt khi xem xét tính toán của thuật toán đồng thuận, có thể làm giảm đáng kể tuổi thọ của các thiết bị Cellular IoT, hạn chế khả năng và hiệu quả giao tiếp của chúng. Do đó, vẫn

chưa thể nào làm rõ việc PoW thực hiện như nào khi các Blockchain công khai được tích hợp với IoT [27]. Vì vậy mà các CMS khác như PBFT đang được đề xuất trong bối cảnh ứng dụng IoT [27], [30]. Một thách thức khác trong việc tích hợp Blockchain vào các thiết bị nhỏ là do dung lượng bộ nhớ hạn chế của chúng. Trong Blockchain, mỗi nút cần bản ghi của tất cả các khối hiện tại và trước đó trong chuỗi, nên không thể lưu trữ dữ liệu lớn đó trong các thiết bị IoT. Vì vậy, vẫn chưa làm rõ được làm sao để Blockchain có thể tích hợp hoàn toàn vào IoT. Ngoài ra, Blockchain vẫn có các vấn đề về quyền riêng tư, như các nghiên cứu khác đã chỉ ra, danh tính của người

dùng có thể được suy ra bằng cách phân tích các mẫu transaction [2].

Do cách tiếp cận phi tập trung và các CMs của Blockchain, độ trễ trên Blockchain cũng gây ảnh hưởng đến hiệu suất của mạng không dây như trong V2X, các ứng dụng công nghiệp, ... Hơn nữa, các tình huống trong V2X, bảo mật thông tin và khả năng phục hồi là rất quan trọng vì bất kỳ lỗi nhỏ nào cũng có thể dẫn đến hậu quả nghiêm trọng, thậm chí là gây tử vong. Trong những trường hợp này, Blockchain cung cấp một lớp bảo mật cho các phương tiện thực hiện trao đổi quản lý khóa [31].

Cuối cùng, một thách thức quan trọng khác trong lĩnh vực này mà phần lớn chưa được khám phá, là hiệu suất liên kết không dây ảnh hưởng đến hiệu suất của Blockchain như thế nào [3]. Mặc dù các công trình nghiên cứu gần đây về khả năng ứng dụng của giao thức CSMA / CA trong mạng lưới Blockchain không dây hoặc việc triển khai bảo mật và tối ưu của các nút IoT hỗ trợ Blockchain [32], nhưng vẫn cần nghiên cứu thêm [3], [33].

VI. KẾT LUẬN

Trong bài báo, nhóm tác giả tập trung phân tích tiềm năng của Blockchain được hỗ trợ để chia sẻ, quản lý tài nguyên trong mạng IoT. Trước tiên, nhóm đã giới thiệu về cấu trúc của IoT cũng như sự phát triển của nó trong tương lai trên toàn thế giới và việc thiếu hụt phổ tần trong IoT. Qua đó, trình bày tổng quan về Blockchain và các tính năng. Đồng thời, nhóm cũng sơ lược ngắn gọn về quản lý phổ và các kỹ thuật phân bổ hiện tại cũng như thảo luận về mối quan hệ giữa Blockchain và quản lý phổ. Ngoài ra, những ưu điểm cùng với những thách thức khi sử dụng Blockchain để hỗ trợ cho quản lý và chia sẻ tài nguyên trong mạng truyền thông IoT cũng được nhóm đưa ra. Sự tương tác, kết hợp của Blockchain vào IoT là rất quan trọng để phát triển và có thể dự đoán được trong mạng truyền thông trong tương lai.

Bên cạnh đó, nhóm tác giả cũng đã xác định những vấn đề mở, khắc phục những thách thức của Blockchain để chia sẻ tài nguyên phổ hiệu quả trong IoT đó là: Phát triển các giải pháp lightweight Blockchain (Blockchain tối giản) cho các thiết bị IoT chi phí thấp; Blockchain hiệu suất cao cho các mạng trong tương lai; phát triển các giải pháp Blockchain bằng cách xem xét các vấn đề bảo mật và quyền riêng tư.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. A. Khan, K. Salah, "IoT security: Review, blockchain solutions, and open challenges", *Future Generation Computer Systems*, pp. 395-411, 2018. DOI:10.1016/j.future.2017.11.022.
- [2] H. N. Dai, Z. Zheng, Y. Zhang, "Blockchain for Internet of Things: A Survey", *IEEE Internet of Things Journal*, vol.6, issue 5, pp. 8076-8094, 2019. DOI:10.1109/JIOT.2019.2920987.
- [3] Y. Sun, L. Zhang, G. Feng, B. Yang, B. Cao and M. Imran, "Performance Analysis for Blockchain Driven Wireless IoT Systems Based on Tempo-Spatial Model", 2019 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC), pp. 348-353, 2019. DOI:10.1109/CyberC.2019.00066.
- [4] S. J. Danbatta and A. Varol, "Comparison of Zigbee, Z-Wave, Wi-Fi, and Bluetooth Wireless Technologies Used in Home Automation", 2019 7th International Symposium on Digital Forensics and Security (ISDFS), pp. 1-5, 2019. DOI:10.1109/ISDFS.2019.8757472.
- [5] X. Jia, Q. Feng, T. Fan and Q. Lei, "RFID technology and its applications in Internet of Things (IoT)", 2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet), pp. 1282-1285, 2012. DOI:10.1109/CECNet.2012.6201508.
- [6] P. Gokhale, B. Omkar, B. Sagar, "Introduction to IOT", *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, vol.5, issue 1, pp. 41-44, 2018.
- [7] M. Burhan, R. A. Rehman, B. Khan and B. -S. Kim, "IoT Elements, Layered Architectures and Security Issues: A Comprehensive Survey", *Sensors* 18, no. 9, 2018. DOI:10.3390/s18092796.
- [8] L. Lao, Z. Li, S. Hou, B. Xiao, S. Guo and Y. Yang, "A Survey of IoT Applications in Blockchain Systems: Architecture, Consensus, and Traffic Modeling", *ACM Computing Surveys*, pp. 1-32, 2021.
- [9] O. Novo, "Scalable Access Management in IoT Using Blockchain: A Performance Evaluation", in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 4694-4701, 2019. DOI:10.1109/JIOT.2018.2879679.
- [10] M. Hasan, "State of IoT 2022: Number of connected IoT devices growing 18% to 14.4 billion globally", 2022. Available: <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>. Accessed on: 24/6/2022.
- [11] V. Nallarasana, K. Kottilingam, "Spectrum Management Analysis for Cognitive Radio IoT", 2021 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI), 27-29 January 2021, Coimbatore, India, IEEE, pp. 1-5, 2021.

- [12] X. Liu, X. Zhang, "Rate and Energy Efficiency Improvements for 5G-Based IoT with Simultaneous Transfer", in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 4, pp. 5971-5980, 2019. DOI:10.1109/JIOT.2018.2863267.
- [13] Y. C. Liang, "Blockchain for Dynamic Spectrum Management", *Dynamic Spectrum Management. Signals and Communication Technology*, Singapore: Springer, 2019.
- [14] H. Xu, P. V. Klainea, O. Oniretia, B. Cao, M. Imrana, L. Zang, "Blockchain-enabled resource management and sharing for 6G communications", *Digital Communications and Networks*, vol.6, issue 3, pp. 261-269 2020. DOI:10.1016/j.dcan.2020.06.002.
- [15] M. B. H. Weiss, K. Werbach, D. C. Sicker and C. E. C. Bastidas, "On the Application of Blockchains to Spectrum Management", *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, vol. 5, no. 2, pp. 193-205, 2019. DOI:10.1109/TCCN.2019.2914052.
- [16] K. Kotobi and S. G. Bilén, "Blockchain-enabled spectrum access in cognitive radio networks", 2017 *Wireless Telecommunications Symposium (WTS)*, 26-28 April 2017, Chicago, IL, USA, IEEE, pp. 1-6, 2017.
- [17] J. Qiu, D. Grace, G. Ding, J. Yao, Q. Wu, "Blockchain-Based Secure Spectrum Trading for Unmanned-Aerial-Vehicle-Assisted Cellular Networks: An Operator's Perspective", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 1, pp. 451-466, 2020. DOI: 10.1109/JIOT.2019.2944213.
- [18] H. Chai, S. Leng, K. Zhang, S. Mao, "Proof-of-Reputation Based-Consortium Blockchain for Trust Resource Sharing in Internet of Vehicles", *IEEE Access*, vol. 7, pp. 175744-175757, 2019. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2956955.
- [19] I. García-Magariño, S. Sendra, R. Lacuesta and J. Lloret, "Security in Vehicles with IoT by Prioritization Rules, Vehicle Certificates, and Trust Management", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 4, pp. 5927-5934, 2019. DOI:10.1109/JIOT.2018.2871255.
- [20] M. Singh, A. Singh and S. Kim, "Blockchain: A game changer for securing IoT data", 2018 *IEEE 4th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 05-08 February 2018, Singapore, pp. 51-55, IEEE, 2018.
- [21] M. Liu, F. R. Yu, Y. Teng, V. C. M. Leung, M. Song, "Performance Optimization for Blockchain-Enabled Industrial Internet of Things (IIoT) Systems: A Deep Reinforcement Learning Approach", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 15, no. 6, pp. 3559-3570, 2019. DOI:10.1109/TII.2019.2897805.
- [22] P. K. Sharma, S. Y. Moon, J. H. Park, "Block-VN: A distributed blockchain based vehicular network architecture in smart city", *Journal of Information Processing Systems*, vol.13, no.1, pp. 184-195, 2017. DOI: 10.3745/JIPS.03.0065.
- [23] J. Kang et al., "Blockchain for Secure and Efficient Data Sharing in Vehicular Edge Computing and Networks", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 4660-4670, 2019. DOI: 10.1109/JIOT.2018.2875542.
- [24] A. Dorri, M. Steger, S. S. Kanhere and R. Jurdak, "BlockChain: A Distributed Solution to Automotive Security and Privacy", *IEEE Communications Magazine*, vol. 55, no. 12, pp. 119-125, 2017. DOI:10.1109/MCOM.2017.1700879.
- [25] Y. Dai, D. Xu, S. Maharjan, Z. Chen, Q. He, Y. Zhang, "Blockchain and Deep Reinforcement Learning Empowered Intelligent 5G Beyond", *IEEE Network*, vol. 33, no. 3, pp. 10-17, 2019. DOI:10.1109/MNET.2019.1800376.
- [26] K. Christidis and M. Devetsikiotis, "Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things", *IEEE Access*, vol. 4, pp. 2292-2303, 2016. DOI:10.1109/ACCESS.2016.2566339.
- [27] B. Cao et al., "When Internet of Things Meets Blockchain: Challenges in Distributed Consensus", *IEEE Network*, vol. 33, no. 6, pp. 133-139, 2019. DOI: 10.1109/MNET.2019.1900002.
- [28] H. Liu, Y. Zhang, T. Yang, "Blockchain-Enabled Security in Electric Vehicles Cloud and Edge Computing", *IEEE Network*, vol. 32, no. 3, pp. 78-83, 2018. DOI: 10.1109/MNET.2018.1700344.
- [29] N. Mangalvedhe, R. Ratasuk, A. Ghosh, "NB-IoT deployment study for low power wide area cellular IoT", 2016 *IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, 04-08 September 2016, Valencia, Spain, pp. 1-6, 2016.
- [30] O. Onireti, L. Zhang and M. A. Imran, "On the Viable Area of Wireless Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) Blockchain Networks", 2019 *IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 2019, pp. 1-6, DOI: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9013778.
- [31] A. Lei, H. Cruickshank, Y. Cao, P. Asuquo, C. P. A. Ogah, Z. Sun, "Blockchain-Based Dynamic Key Management for Heterogeneous Intelligent Transportation Systems", *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 4, no. 6, pp. 1832-1843, 2017, DOI: 10.1109/JIOT.2017.2740569.

- [32] Y. Sun, L. Zhang, G. Feng, B. Yang, B. Cao, M. A. Imran, “Blockchain-Enabled Wireless Internet of Things: Performance Analysis and Optimal Communication Node Deployment”, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 3, pp. 5791-5802, 2019. DOI: 10.1109/JIOT.2019.2905743.
- [33] B. Cao, M. Li, L. Zhang, Y. Li and M. Peng, “How Does CSMA/CA Affect the Performance and Security in Wireless Blockchain Networks”, *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no. 6, pp. 4270-4280, 2020. DOI: 10.1109/TII.2019.2943694.