



GIẢI PHÁP LƯU TRỮ BỆNH ÁN ĐIỆN TỬ BẰNG CÔNG NGHỆ BLOCKCHAIN

Nguyễn Hoàng Tùng¹, Lê Hoàng Anh¹, Trương Minh Tuyền¹,

Huỳnh Phước Hải¹, Nguyễn Văn Hòa¹

¹Trường Đại học An Giang, ĐHQG-HCM

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 16/03/2020

Ngày nhận kết quả bình duyệt:
18/09/2020

Ngày chấp nhận đăng:
03/2022

Title:

The storage solution of
electronic medical record with
blockchain technology

Keywords:

Blockchain, medical data,
electronic medical record

Từ khóa:

Blockchain, dữ liệu y tế, bệnh
án điện tử

ABSTRACT

Currently, the electronic medical record is being promoted rapidly by the Ministry of Health at all hospitals in Vietnam. Therefore, hospital management information systems are being studied to develop effectively electronic record storage solutions to ensure immutability and sharing safely data between hospitals with a medical identifier. Blockchain technology is a suitable and potential solution to build a private medical record storage model for hospitals. In this paper, we propose the storage solution of the electronic medical record with blockchain technology for hospitals. Simultaneously, we analyze and assess the feasibility of the solution.

TÓM TẮT

Hiện nay, bệnh án điện tử đang được Bộ Y tế thúc đẩy phát triển nhanh tại toàn bộ các bệnh viện tại Việt Nam. Do vậy, các hệ thống thông tin quản lý bệnh viện đang được nghiên cứu xây dựng các giải pháp lưu trữ hiệu quả bệnh án điện tử để đảm bảo tính bất biến dữ liệu và tính chia sẻ dữ liệu giữa các bệnh viện một cách an toàn bằng mã định danh y tế. Công nghệ blockchain là một giải pháp phù hợp và tiềm năng để xây dựng mô hình lưu trữ bệnh án điện tử cho các bệnh viện. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất giải pháp lưu trữ bệnh án điện tử bằng công nghệ blockchain cho các bệnh viện, đồng thời phân tích, đánh giá tính khả thi của giải pháp.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, công nghệ blockchain đang được nghiên cứu và ứng dụng vào nhiều lĩnh vực quan trọng trong giáo dục, dịch vụ công, y tế,... tại nhiều nước trên thế giới. Công nghệ này là một cơ sở dữ liệu phân cấp, lưu trữ dữ liệu trong các khối thông tin được liên kết với nhau bằng mã hóa và mở rộng theo thời gian (Zheng, Z., Xie, S., Dai, H-N., Chen, X., Wang, H, 2017). Mỗi khối được tạo ra đều chứa thông tin thời gian khởi tạo và liên kết với khối trước đó kèm một mã

thời gian và thông tin giao dịch. Vì thế, blockchain được thiết kế để chống lại sự thay đổi của dữ liệu. Khi dữ liệu đã lưu trữ trên mạng blockchain thì sẽ khó thay đổi và nếu được cập nhật sẽ được lưu vết dưới dạng nhật ký. Hiện nay, công nghệ này đang thu hút nhiều nghiên cứu để xây dựng các mô hình mạng blockchain cho các quy trình đặc thù trong giáo dục, các hệ thống chia sẻ dữ liệu trong dịch vụ công và dữ liệu y tế.

Ở Việt Nam, việc triển khai ứng dụng công nghệ thông tin (CNTT) trong lĩnh vực khám chữa bệnh

là một trong những chủ trương lớn của Đảng và Nhà nước. Chủ trương này đã được cụ thể hóa thông qua Nghị quyết số 20-NQ/TW ngày 25 tháng 10 năm 2017 (Đảng Cộng sản Việt Nam, 2017) về tăng cường công tác bảo vệ, chăm sóc và nâng cao sức khỏe nhân dân trong tình hình mới, trong đó có ứng dụng, phát triển công nghệ thông tin y tế. Các chủ trương này nhằm tăng cường khả năng kết nối liên thông, tích hợp, chia sẻ, sử dụng lại thông tin, cơ sở hạ tầng thông tin triển khai tại đơn vị khám chữa bệnh, đảm bảo việc triển khai ứng dụng công nghệ thông tin đồng bộ, hạn chế trùng lặp, tiết kiệm chi phí, thời gian triển khai. Bộ Y tế đã công bố tài liệu tiêu chuẩn quốc tế giao thức bản tin HL7 phiên bản tiếng Việt về chuẩn bệnh án điện tử (Electronic medical record - EMR) của các hệ thống phần mềm quản lý thông tin bệnh viện (Hospital information system - HIS). Kết quả của sự phát triển này đạt tỷ lệ triển khai 100% các hệ thống thông tin (Trần Quý Tường, 2019), đặc biệt các bệnh viện đều đã triển khai hệ thống HIS (Trần Quý Tường, 2019). Trong đó, các giá trị pháp lý EMR được quy định trong Luật Khám bệnh (Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội chủ nghĩa Việt Nam, 2009) và Thông tư số 46/2018/TT-BYT (Bộ Y tế, 2018). Như vậy, theo các cơ sở pháp lý này, các cơ sở khám chữa bệnh (KCB) đáp ứng đầy đủ các tiêu chí quy định có thể lưu trữ EMR thay cho việc lưu trữ hồ sơ bệnh án giấy (không cần lưu trữ hồ sơ bệnh án giấy) (Bộ Y tế, 2018). Theo tầm nhìn của Bộ Y tế, trong giai đoạn từ năm 2024 - 2028 tất cả các cơ sở khám bệnh, chữa bệnh trên toàn quốc phải triển khai EMR (Bộ Y tế, 2018). Trong đó, các hệ thống HIS phải đảm bảo đầy đủ các tiêu chí về đảm bảo an toàn, bảo mật đối với EMR. Bên cạnh đó, EMR phải được chia sẻ giữa các cơ sở khám chữa bệnh thông qua tiêu chuẩn kỹ thuật dựa vào tiêu chuẩn HL7 để tạo giao thức kết nối, liên thông dữ liệu giữa các phần mềm thông tin y tế và mã định danh y tế (ID) (Bộ Y tế, 2019).

Công nghệ blockchain có thể xây dựng các giải pháp lưu trữ dữ liệu không những an toàn, bảo mật đối với EMR mà còn có thể kết nối chia sẻ dữ

liệu trong bài toán lưu trữ EMR (Mettler, 2016). Giải pháp lưu trữ bằng công nghệ này sẽ hoạt động trên mạng lưới máy tính phi tập trung, từ đó giảm thiểu rủi ro bị tấn công trên máy chủ và mất dữ liệu. Hơn nữa, giải pháp xây dựng trên công nghệ blockchain sẽ gia tăng niềm tin giữa các cơ sở KCB nhờ tính minh bạch khi EMR được lưu trữ bằng công nghệ này sẽ khó có thể sửa đổi. Do đó, giúp tránh được tình trạng gian lận bằng cách nguy tạo dữ liệu và lịch sử dữ liệu. Theo tìm hiểu của nhóm chúng tôi thì ở Việt Nam chưa có một nghiên cứu nào về ứng dụng blockchain trong lưu trữ EMR được công bố. Trong bài báo này, chúng tôi đề xuất giải pháp lưu trữ EMR cho các hệ thống HIS của các bệnh viện bằng công nghệ blockchain trên nền tảng Hyperledger Fabric. Chúng tôi đánh giá khả năng triển khai ở nhiều bệnh viện thông qua phân tích hiệu suất và yêu cầu lưu trữ của kiến trúc mạng blockchain đề xuất.

Trong phần tiếp theo của bài viết sẽ giới thiệu các nghiên cứu có liên quan sử dụng công nghệ blockchain. Phần 3 sẽ trình bày mô kiến trúc đề xuất của mạng blockchain và mô hình tổng thể của giải pháp lưu trữ EMR. Kết quả của giải pháp và phân tích tính khả thi của kiến trúc mạng blockchain được đề xuất trong phần 4 trước phần kết luận và hướng phát triển trong phần 5.

2. CÁC NGHIÊN CỨU CÓ LIÊN QUAN

Hiện nay, nghiên cứu sử dụng công nghệ blockchain trong hệ thống thông tin y tế đã được nhiều quốc gia trên thế giới thực hiện. Các nghiên cứu này đã cải thiện các hệ thống quản lý y tế truyền thống như tăng cường tính bảo mật và khả năng chia sẻ dữ liệu (Siyal, 2019; Zhuang, Y., Sheets, L., Shae, J., Tsai, J, J, P., Shyu, C-R, 2018). Các giải pháp này sử dụng nền tảng blockchain để lưu trữ dữ liệu và các giao dịch. Ngoài ra, công nghệ blockchain được sử dụng trong các ứng dụng về chăm sóc sức khỏe cộng đồng, tiếp nhận bệnh trực tuyến, chia sẻ dữ liệu bệnh nhân mới mục tiêu minh bạch hóa thông tin và đảm bảo an toàn dữ liệu (Mettler, 2016; Kleinaki, A, S.,

Mytis-Gkometh, P., Drosatos, G., S. Efraimidis, P., Kaldoudi, E, 2018; Peterson, K., Deeduvanu, R., Kanjamala, P., Boles, K, 2016). Các nghiên cứu của Shrier (Workgroup, 2010) và Liu (Liu, 2016) đề xuất các phương pháp tiếp cận để sử dụng blockchain trong quản lý EMR. Bên cạnh đó, cũng đã có nhiều ứng dụng quản lý EMR được triển khai trong thực tế như nghiên cứu của Azaria và cs. (Azaria A., Ekblaw, A., Vieira, T., & Lippman, A, 2016) đã triển khai hệ thống quản lý sức khỏe dựa trên nền tảng mạng ngang hàng của blockchain gọi là MedRec. Hệ thống này chia sẻ thông tin bệnh nhân với các nhà nghiên cứu, bác sĩ. Ý tưởng chính của nghiên cứu nhằm kết nối giữa bệnh nhân và các nhà nghiên cứu trong một môi trường mạng an toàn và ẩn danh. Tuy nhiên, hệ thống này yêu cầu được xác thực các EMR đối với các dữ liệu sức khỏe quan trọng hơn và các trường hợp phức tạp (Halamka, J, D., Lippman, A., & Ekblaw, A, 2017). Dự án Cyph MD là một “Startup” ở Australia đề xuất quản lý hồ sơ bệnh nhân trên nền tảng của mạng blockchain. Gem OS là một hệ điều hành cung cấp bảo mật dựa trên công nghệ blockchain. Hệ điều hành này cung cấp một số cái chung và quản lý các khóa xác minh bằng chữ ký số trong hệ thống mạng. Trong đó hai ứng dụng nổi bật của Gem OS là quản lý EMR và chuỗi cung ứng.

Hiện nay, hệ thống mạng blockchain được chia làm 3 nhóm (Zheng, Z., Xie, S., Dai, H-N., Chen, X., & Wang, H, 2017). Nhóm hệ thống blockchain công cộng cho phép mọi người dùng có quyền truy cập dữ liệu như Bitcoin (Nakamoto, 2018), Ethereum (Ethereum, 2014). Nhóm các hệ thống blockchain private chỉ cho phép người dùng quyền đọc dữ liệu mà không có quyền ghi vì điều này thuộc về bên thứ ba tuyệt đối tin cậy như Ripple (Armknrecht, F., Karame, G, O., Mandal, A., Youssef, F., & Zenner, E, 2015). Nhóm còn lại là hệ thống blockchain phân quyền là một dạng mở rộng của private nhưng có sự kết hợp độ tin cậy của người dùng khi tham gia vào mạng (Cachin, 2016). Mỗi hệ thống blockchain có

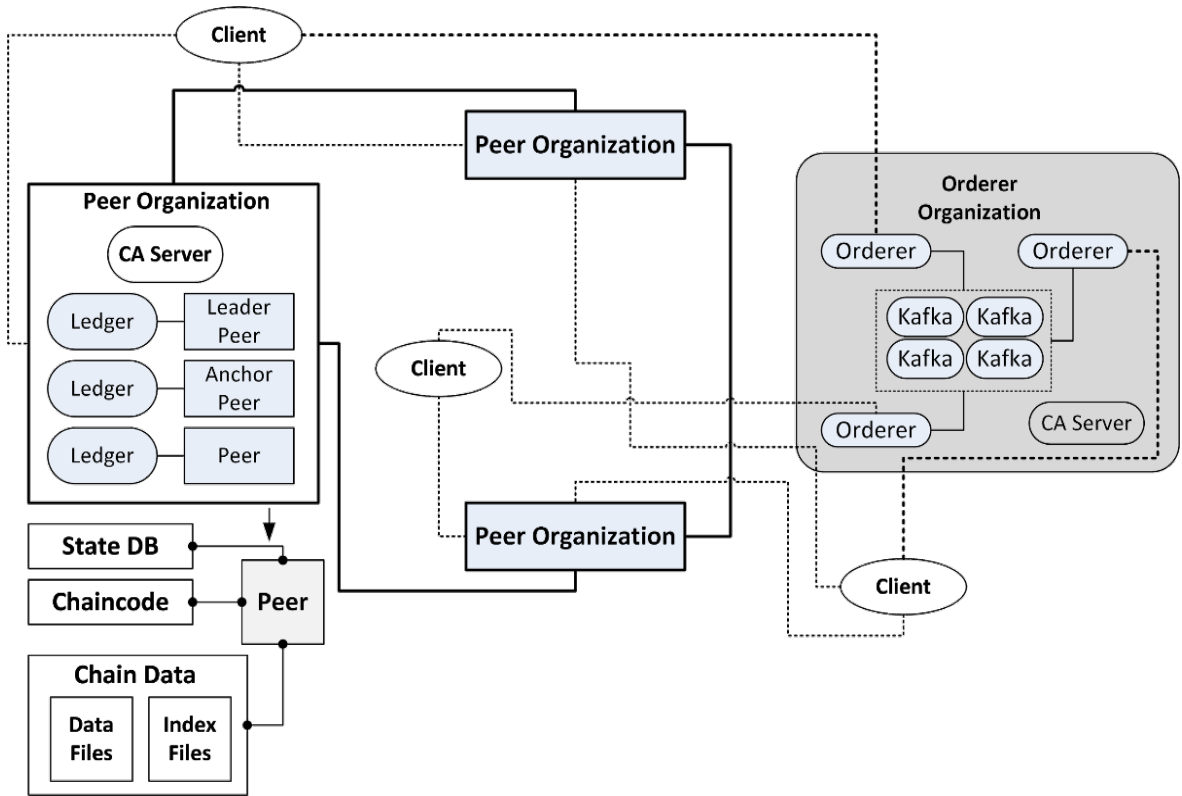
những đặc điểm riêng và được ứng dụng trong từng lĩnh vực cụ thể. Trong thực tế, công nghệ blockchain chỉ phù hợp với các dạng dữ liệu giao dịch. Tuy nhiên, với nhu cầu phát triển ứng dụng đa dạng như nhu cầu lưu trữ dữ liệu dạng tập tin. Trong đó, IPFS (InterPlanetary File System) là giao thức cho phép lưu trữ các tập tin phân tán nhằm chống lại sự thay đổi dữ liệu và hạn chế tối đa khả năng trùng lặp.

Bệnh án điện tử là hồ sơ điện tử lưu trữ thông tin quá trình khám chữa bệnh của bệnh nhân – bao gồm lịch sử sức khỏe, phác đồ điều trị, và các thông tin khác. EMR rất cần thiết trong việc hỗ trợ thông tin sức khỏe mà không phụ thuộc vào giấy tờ, giúp dễ dàng chia sẻ và sử dụng bởi các y bác sĩ. Tuy nhiên, các hệ thống EMR hiện nay thiếu các điều khoản về quyền riêng tư, bảo mật và hỗ trợ phân tích dữ liệu. Từ đó, các hệ thống EMR đòi hỏi cần có một giải pháp tốt, hoàn thiện hơn để hỗ trợ các mô hình chẩn đoán phức tạp. Theo quy định của Bộ Y tế, EMR phải được chia sẻ giữa các cơ sở KCB (Bộ Y tế, 2018) trên cơ sở đảm bảo tính an toàn, minh bạch và bất biến dữ liệu. Đặc biệt, dữ liệu EMR ở Việt Nam đặc biệt quan trọng nên không được phép lưu trữ trên các hệ thống lưu trữ công nghệ để hạn chế khả năng bị đánh cắp (Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội chủ nghĩa Việt Nam, 2009). Vì thế Hyperledger kết hợp với IPFS là nền tảng phù hợp để triển khai hệ thống blockchain lưu trữ bệnh án điện tử theo chuẩn HL7 và phiên bản chữ ký số.

3. MÔ HÌNH KIẾN TRÚC HỆ THỐNG

3.1 Tổng quan về blockchain

Hyperledger Fabric là một nền tảng blockchain phân quyền nguồn mở, được thiết kế cho các ứng dụng riêng trong môi trường doanh nghiệp. Hyperledger Fabric cung cấp kiến trúc mô đun có sự phân định vai trò giữa các nút trong kiến trúc mạng, cho phép tích hợp và thực thi hợp đồng thông minh (Chaincode).



Hình 1. Các thành phần của mạng Hyperledger Fabric, mô hình kết nối giữa các peer và cấu trúc lưu trữ (Trương Minh Tuyền, Huỳnh Phước Hải, Nguyễn Hoàng Tùng, Lê Hoàng Anh, Nguyễn Văn Hòa, 2019)

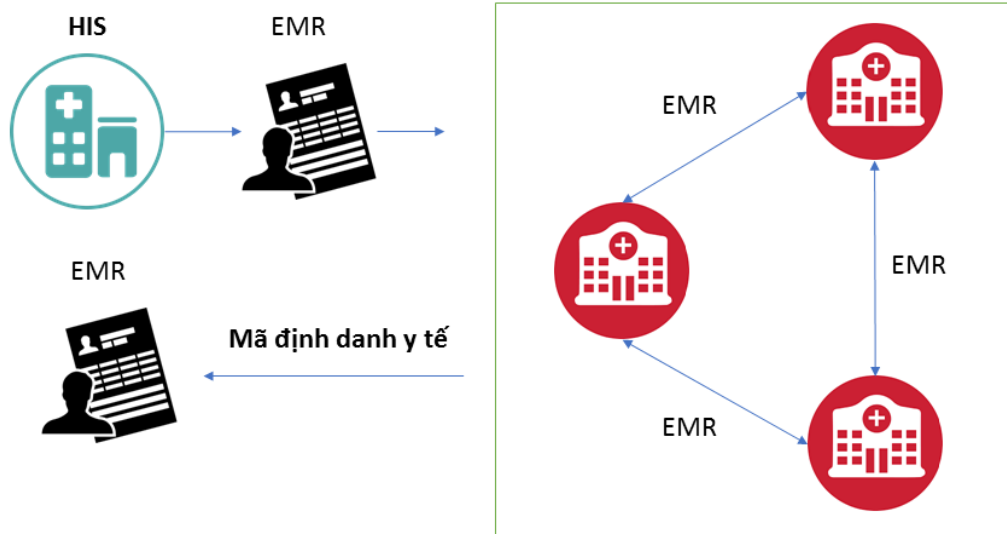
Mạng Fabric bao gồm các nút ngang hàng với vai trò thực thi các chaincode, truy cập dữ liệu sổ cái (Ledger), xác nhận giao dịch và cũng là giao diện cho phép các ứng dụng (Client) kết nối. Ngoài ra, trong mạng còn có các nút đóng vai trò sắp xếp thứ tự các giao dịch nhằm đảm bảo tính nhất quán của mạng blockchain sau đó phân phát lại các giao dịch được chứng thực cho các nút ngang hàng của mạng. Các nút này được gọi là Orderer, chúng sẽ vận hành các cơ chế đồng thuận như Solo, Kafka, Raft. Tất cả các thành phần trong mạng được xác thực và phân cấp các vai trò bằng hệ thống cung cấp dịch vụ gọi là Membership Service Provider (MSP). Hình 1 cho thấy các thành phần cơ bản của một mạng Hyperledger Fabric bao gồm các Peer, Ledger, Orderer, Client, Kafka và CA server (Trương Minh Tuyền, Huỳnh Phước Hải, Nguyễn Hoàng Tùng, Lê Hoàng Anh, & Nguyễn Văn Hòa, 2019).

3.2 Lưu trữ bệnh án điện tử bằng công nghệ blockchain

Hồ sơ bệnh án là tài liệu y học, y tế và pháp lý, mỗi người bệnh chỉ có một hồ sơ bệnh án trong mỗi lần khám - chữa bệnh tại cơ sở khám - chữa bệnh (Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội chủ nghĩa Việt Nam, 2009). EMR được lập, cập nhật, hiển thị, ký số, lưu trữ bằng phương tiện điện tử đáp ứng các quy định của Luật này thì có giá trị pháp lý như hồ sơ bệnh án giấy được quy định tại Điều 59 Luật khám chữa bệnh (Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội chủ nghĩa Việt Nam, 2009). EMR được quản lý thông qua hệ thống HIS đảm bảo theo quy định tại điều 8 của Luật khám chữa bệnh. Trong đó, EMR phải được kết xuất theo định dạng XML và đảm bảo các tiêu chí bảo mật và an toàn dữ liệu. Bên cạnh đó, EMR phải đảm bảo tiêu chuẩn HL7 gồm kiến trúc tài liệu lâm sàng HL7 - CDA và HL7 FHIR.

Trong bối cảnh ở Việt Nam hiện nay, theo Niên giám thống kê y tế (Bộ Y tế, 2019) hiện nay số cơ sở khám, chữa bệnh hiện tại là 13.508 cơ sở, với tổng số giường bệnh là 300.679 giường. Trên toàn quốc 100% các bệnh viện đã triển khai phần mềm HIS. Trong đó có một số bệnh viện tự phát triển phần mềm HIS, còn lại phần lớn các bệnh viện

(chiếm 92,3%) dùng phần mềm HIS của các doanh nghiệp CNTT. EMR được tạo ra bởi các phần mềm HIS và được lưu trữ độc lập tại mỗi hệ thống thông tin của bệnh viện. Gần đây, Bộ Y tế đã ban hành mã định danh y tế (Bộ Y tế, 2019) để tiến đến việc liên thông EMR giữa các bệnh viện.



Hình 2. Mô hình lưu trữ EMR bằng công nghệ blockchain cho nhiều bệnh viện

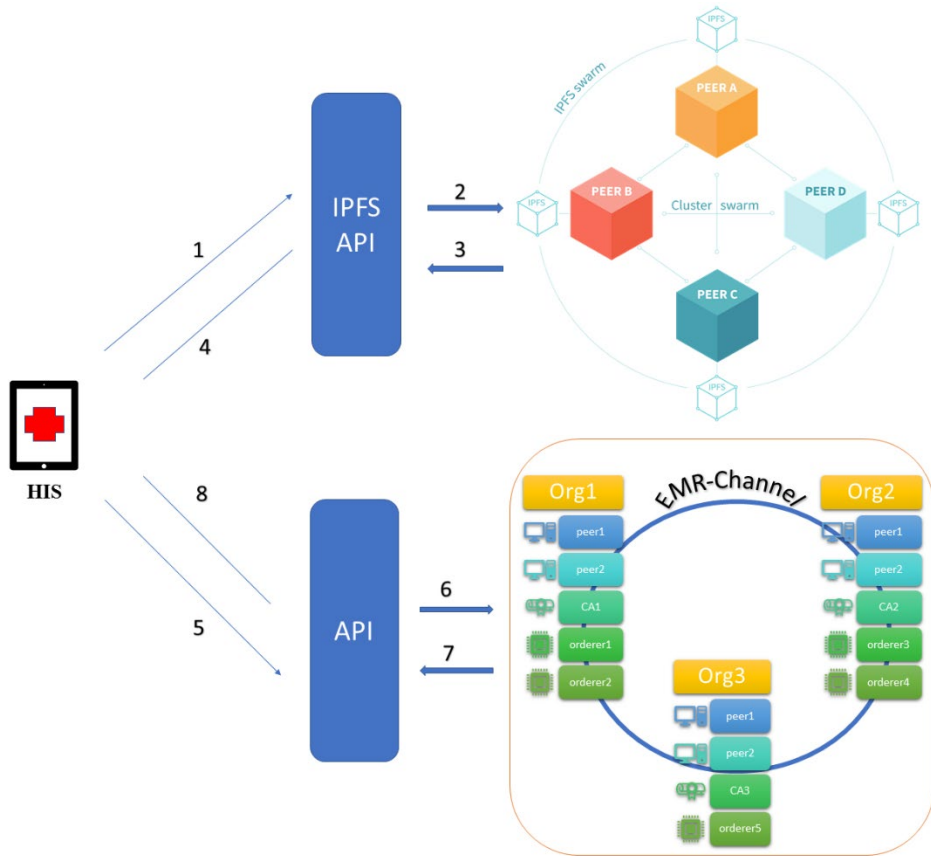
Chúng tôi đề xuất mô hình lưu trữ EMR bằng công nghệ blockchain trên nền tảng Hyperledger Fabric kết hợp với IPFS như hình 2 và hình 3. Mô hình đề xuất sẽ giải quyết được các vấn đề đang tồn tại trong các giải pháp lưu trữ EMR hiện nay.

Trong mô hình này, hệ thống mạng blockchain gồm nhiều node. Mỗi node là một bệnh viện. Hồ sơ EMR được tạo ra bởi hệ thống HIS của bệnh viện sẽ được kết nối với API của mạng để lưu trữ các thông tin gồm hồ sơ EMR có định dạng XML và tập tin EMR được ký số. Chúng tôi đã xây dựng phần mềm (Hình 5) để lưu EMR vào khối và sử dụng IPFS để lưu tập tin EMR đã ký số. Mô hình này có thể mở rộng nhiều nút với sự tham gia của nhiều bệnh viện. Khi một EMR được lưu vào mạng, bệnh viện tạo lập bệnh án có thể cấp quyền truy cập cho EMR đó cho các bên tham gia. Khi đó, các bệnh viện sẽ truy cập EMR thông qua mã định danh y tế do Bộ Y tế quy định tương ứng với quyền được cấp của hồ sơ đó. Bệnh nhân cũng

được quyền truy cập vào EMR của cá nhân mình được tóm tắt thông qua mã định danh y tế.

Với mô hình đề xuất này, EMR được lưu trữ dựa trên kỹ thuật sổ cái phân tán (distributed ledger), dữ liệu của bệnh nhân được lưu ở nhiều nơi khác nhau, ngăn chặn nguy cơ dữ liệu bị phá hủy. Mỗi bệnh nhân sẽ có quyền truy cập vào EMR theo quy định truy cập của bệnh viện phát hành. Các bệnh viện sẽ được quyền truy cập EMR khi có sự cho phép từ các bệnh viện khác. Các cơ quan quản lý nhà nước có thể xây dựng các hệ thống thống kê và quản lý bằng cách kết nối với các hệ thống API để truy cập EMR từ các bệnh viện trên toàn quốc. Hơn thế nữa, với mô hình này mỗi bệnh viện đóng vai trò là một nút trong hệ thống mạng, điều này giúp tiết kiệm tối đa chi phí đầu tư hệ thống để lưu trữ tại mỗi bệnh viện.

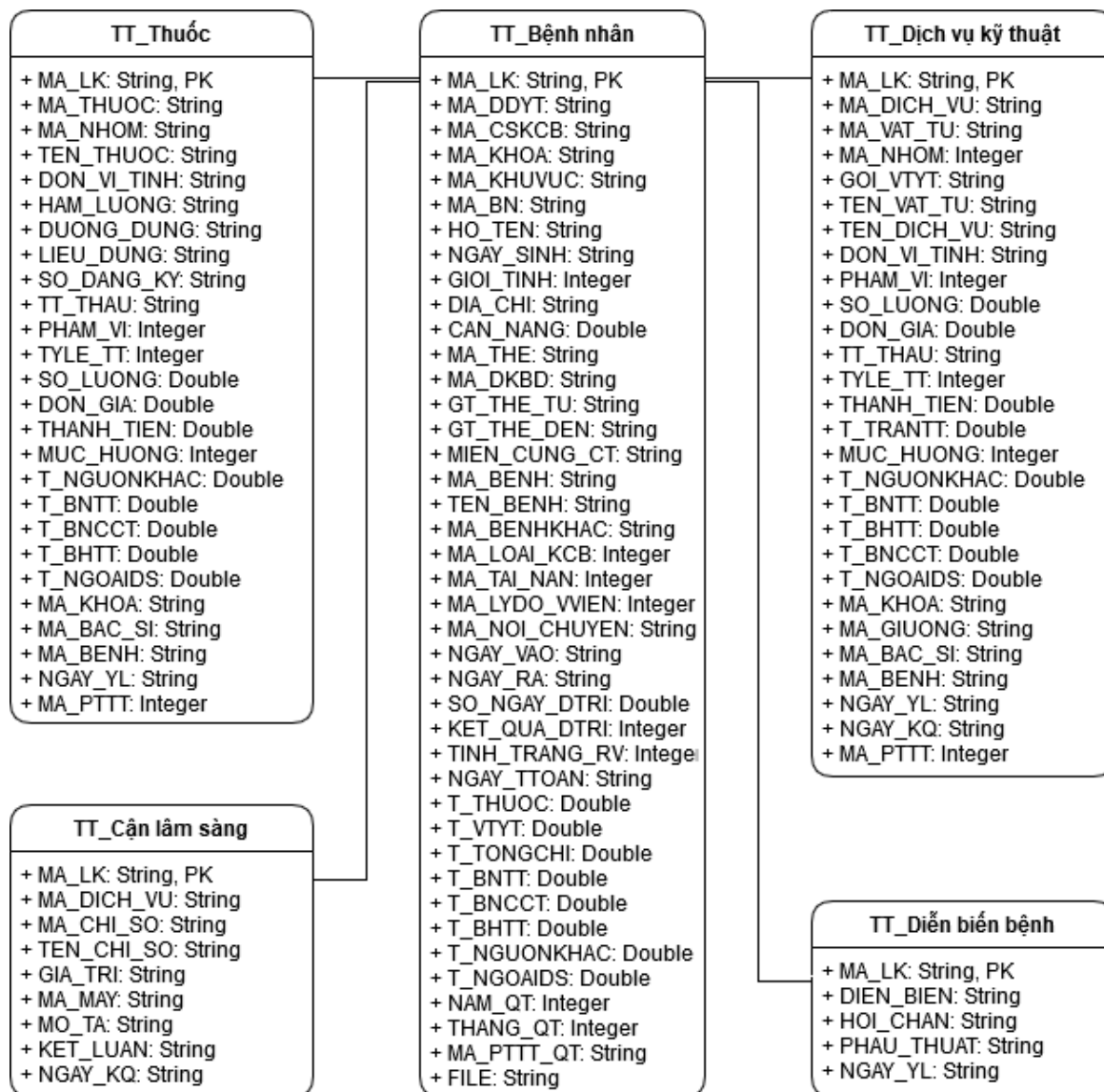
3.3 Mô hình kiến trúc mạng blockchain để xuất



Hình 3. Mô hình kiến trúc mạng blockchain Hyperledger Fabric đề xuất để lưu trữ EMR

Dựa trên các yêu cầu về nghiệp vụ, yêu cầu minh bạch hóa, và yêu cầu an toàn thông tin, chúng tôi đề xuất sử dụng công nghệ mạng blockchain để lưu trữ EMR dựa trên nền tảng Hyperledger Fabric như Hình 3. Mạng blockchain được xây dựng dựa trên 2 host, mỗi host là một tổ chức riêng biệt, bao gồm các thành phần sau: 2 peer, 1 CA, 1 orderer. Trên mạng này chúng tôi thiết lập một kênh duy nhất với tên là EMR-Channel và sử

dụng cơ chế đồng thuận Kafka. Trong mô hình đề xuất, tập tin bệnh án điện tử với chữ ký số sẽ được lưu trữ phân tán trên hệ thống IPFS thông qua các bước thực hiện từ 1 đến 4. Sau khi tập tin bệnh án được lưu trữ thành công, mã định danh của tập tin sẽ được cập nhật trong EMR với định dạng XML. Quá trình lưu trữ EMR với định dạng XML được thực hiện thông qua các bước từ 5 đến 8.



Hình 4. Thông tin chi tiết 5 tài sản (asset) của bệnh án điện tử

Để lưu trữ EMR với định dạng XML trên mạng blockchain chúng tôi sử dụng ngôn ngữ mô hình hóa (Modeling language) trong tập tin CTO theo định dạng của Hyperledger Composer để mô tả nghiệp vụ. Tập tin CTO này bao gồm các định nghĩa dữ liệu (concept), các thành phần tham gia (participant), các tài sản (asset) và các giao dịch (transaction). Ba thành tố quan trọng nhất trong tập tin CTO là các thành phần tham gia, các tài sản, và các giao dịch. Chúng tôi định nghĩa 1 thành phần tham gia chính là người dùng đến từ bệnh viện. Về tài sản, chúng tôi khai báo các tài sản sau đây: (a) TT_Bệnh nhân là thông tin liên

quan đến đợt điều trị của một bệnh nhân bao gồm các thông tin như mã liên kết, mã định danh y tế, mã cơ sở khám chữa bệnh, và các thông tin tổng quan về đợt điều trị; (b) TT_Thuốc là các thông tin liên quan về thuốc mà bác sĩ đã ra y lệnh sử dụng cho bệnh nhân trong đợt điều trị; (c) TT_Dịch vụ kỹ thuật là các thông tin về các dịch vụ và kỹ thuật đã được sử dụng cho bệnh nhân trong đợt điều trị; (d) TT_Cận lâm sàng bao gồm các thông tin về các chỉ định cận lâm sàng đã được thực hiện cho người bệnh trong đợt điều trị; (e) TT_Điển biến bệnh ghi nhận các thông tin về

diễn biến bệnh của bệnh nhân. Thông tin chi tiết của 5 tài sản này như Hình 4.

4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Để xây dựng mạng blockchain Hyperledger Fabric đề xuất như Hình 3, chúng tôi sử dụng 2 máy chủ. Cấu hình của mỗi máy chủ ảo như sau: 6 vCPU Intel Xeon 3.07GHz, 8G RAM. Băng thông kết nối 3 máy chủ ảo là 10 Gbps. Mỗi máy chủ ảo được sử dụng để chạy 2 peer, 2 orderer, 1 zookeeper, 1 kafka, và 1 CA. Mạng blockchain

được quản lý thông qua giao diện Hyperledger Explorer.

Chúng tôi đã phối hợp với Bệnh viện Đa khoa Khu vực tỉnh An Giang và Công ty Leopard, đơn vị trực tiếp xây dựng và triển khai HIS tại bệnh viện, để triển khai mô hình lưu trữ EMR trên nền tảng blockchain. Các tập tin bệnh án với chữ ký số và EMR với định dạng XML được lưu trữ lên mạng blockchain. Giao diện quản lý các EMR sau khi đã lưu trữ trên mạng blockchain như Hình 5.

The screenshot displays the 'HỒ SƠ BỆNH ÁN' (Medical Record) interface. At the top, there's a search bar with filters for 'Tình trạng' (Status), 'Đã đóng gói' (Packaged), 'Loại ngày' (Date type), 'Ngày ra' (Discharge date), 'Từ ngày' (From date), and 'Đến ngày' (To date). Below this is a table with columns: STT, IDHS, IDBN, HỌ TÊN, NGÀY VÀO, NGÀY RA, MÃ LOẠI HỒ SƠ, NỘI/NGOẠI TRÚ, PDF, LOG, TÌNH TRẠNG, and XEM HIS. Three records are listed, each with a patient name, admission/discharge dates, and status.

Below the table is the 'THÔNG TIN CHI TIẾT' (Detailed Information) section, divided into 'Thông tin hành chính' (Administrative info) and 'Thông tin khám chữa bệnh' (Medical treatment info). The administrative section includes fields for patient ID, birth date, gender, name, address, and insurance. The medical section includes weight, medical code, reason for visit, doctor name, and diagnosis.

At the bottom, there's a 'Chi phí khám chữa bệnh' (Medical charges) table with columns: Mã chi phí, Tên chi phí, Đơn vị tính, Số lượng, Đơn giá, Mức hưởng, Tỷ lệ, Thành tiền, Trữ thanh toán, BHYT TT, Nguồn khác, BN tự trả, and BN cùng chi trả. It lists charges for laboratory tests like blood sugar and creatinine.

Hình 5. Giao diện chính của hệ thống quản lý lưu trữ bệnh án điện tử

Khác với các mạng blockchain công cộng, mạng blockchain phân quyền có hiệu suất thực hiện các giao dịch rất cao (Trương Minh Tuyên và cs., 2019) nên việc triển khai hoạt động lưu trữ EMR cho nhiều bệnh viện sẽ không gặp khó khăn về hiệu suất thực hiện các giao dịch. Riêng về yêu cầu lưu trữ cho mỗi EMR, tập tin bệnh án với chữ ký thường có kích thước một vài MB, và dữ liệu EMR định dạng XML có kích thước khá nhỏ. Ngoài ra, một bệnh viện có nhu cầu lưu trữ vài chục cho đến vài trăm EMR trong 1 ngày. Và hiện nay, chi phí cho thiết bị lưu trữ là khá thấp nên

kinh phí để duy trì, vận hành hệ thống mạng blockchain đề xuất có tính khả thi cao.

5. KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Chúng tôi vừa trình bày giải pháp quản lý lưu trữ bệnh án điện tử trong nghiệp vụ quản lý bệnh viện không giấy trên nền tảng công nghệ blockchain. Chúng tôi đã xây dựng mạng blockchain phân quyền với Hyperledger Fabric với 4 peer, 2 CA, 4 orderer và một chaincode trên 2 máy chủ ảo. Chúng tôi cũng đã tiến hành đánh giá tính khả thi của giải pháp thông qua việc phân tích hiệu suất mạng blockchain và yêu cầu về lưu trữ của giải

pháp quản lý lưu trữ bệnh án điện tử. Giải pháp này cũng được triển khai thử nghiệm tại Bệnh viện Đa khoa Khu vực tỉnh An Giang. Trong tương lai chúng tôi sẽ triển khai mở rộng quy mô sử dụng giải pháp cho nhiều bệnh viện khác trong tỉnh An Giang.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Armknecht, F., Karame, G. O., Mandal, A., Youssef, F., & Zenner, E. (2015). Ripple: Overview and outlook. *International Conference on Trust and Trustworthy Computing*, 163-180.
- Azaria A., Ekblaw, A., Vieira, T., & Lippman, A. (2016). Medrec: Using blockchain for medical data access and permission management. *2016 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, 25-30. doi:https://doi.org/10.1109/OBD.2016.11
- Bộ Y tế. (2018). *Thông tư số 46/2018/TT-BYT*. Hà Nội: Bộ Y tế.
- Bộ Y tế. (2019). *Niên giám thống kê y tế*. Hà Nội: Bộ Y tế.
- Bộ Y tế. (2019). *Quyết định 4376/QĐ-BYT*. Hà Nội: Bộ Y tế.
- Cachin, C. (2016). Architecture of the hyperledger blockchain fabric. *Workshop on distributed cryptocurrencies and consensus ledgers*, 1-4.
- Đảng Cộng sản Việt Nam. (2017). *Nghị quyết số 20-NQ/TW ngày 25 tháng 10 năm 2017*. Hà Nội: Đảng Cộng sản Việt Nam.
- Ethereum, W. (2014). A secure decentralised generalised transaction ledger. *Ethereum Proj. Yellow Pap*, 151, 1-32.
- Halamka, J. D., Lippman, A., Ekblaw, A. (2017). The potential for blockchain to transform electronic health records. *Harvard Business Review*, 2017.
- Kleinaki, A. S., Mytis-Gkometh, P., Drosatos, G., S. Efrimidis, P., Kaldoudi, E. (2018). A blockchain-based notarization service for biomedical knowledge retrieval. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16, 288-297. doi:https://doi.org/10.1016/j.csbj.2018.08.002
- Liu, P. T. (2016). *Medical record system using blockchain, big data and tokenization*. Singapore.
- Mettler, M. (2016). Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here. *2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*, 1-3.
- Nakamoto, S. (2018). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.
- Peterson, K., Deeduvanu, R., Kanjamala, P., Boles, K. (2016). A blockchain-based approach to health information exchange networks. *Proc. NIST Workshop Blockchain Healthcare*, 1-10.
- Quốc hội nước Cộng hòa Xã hội chủ nghĩa Việt Nam. (2009). *Luật khám bệnh, chữa bệnh*. Hà Nội: Nhà Xuất bản Chính trị Quốc Gia.
- Siyal, A. A. (2019). Applications of Blockchain Technology in Medicine and Healthcare: Challenges and Future Perspectives. *Cryptography*, 3. doi:https://doi.org/10.3390/cryptography301003
- Trần Quý Tường. (2019). *Hội nghị đẩy mạnh triển khai bệnh án điện tử, hướng tới bệnh viện không sử dụng bệnh án giấy và không sử dụng tiền mặt thanh toán viện phí*. Truy cập từ https://benhvien199.vn/hoi-nghi-day-manh-trien-khai-benh-an-dien-tu-huong-toi-benh-vien-khong-su-dung-benh-an-giay-va-khong-su-dung-tien-mat-thanh-toan-vien-phi_dt_38
- Trương Minh Tuyền., Huỳnh Phước Hải., Nguyễn Hoàng Tùng, Lê Hoàng Anh, Nguyễn Văn Hòa. (2019). Giải pháp quản lý tài sản ngân chặn bằng công nghệ blockchain. *Kỷ yếu Hội nghị Quốc gia lần thứ 12 về Nghiên cứu cơ bản và ứng dụng Công Nghệ thông tin (FAIR)*.

- Workgroup, M. U. (2010). Office of the National Coordinator for Health Information Technology, US Department of Health and Human Services. *Using HIT Eliminate Disparities Focus Solution*. Wash. DC.
- Zheng, Z., Xie, S., Dai, H-N., Chen, X., Wang, H. (2017). An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. *IEEE International Congress on Big Data (BigData Congress)*, 557–564. doi:<https://www.doi.org/10.1109/BigDataCongress.2017.85>
- Zhuang, Y., Sheets, L., Shae, J., Tsai, J, J, P., Shyu, C-R. (2018). Applying Blockchain Technology for Health Information Exchange and Persistent Monitoring for Clinical Trials. *AMIA Annu, 2018*, 1167–1175.