

NGHIÊN CỨU SỰ TÁC ĐỘNG CỦA TRƯỜNG ĐIỆN TỪ DO BỘ PHÁT WIFI TRONG NHÀ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỨC KHOẺ CON NGƯỜI

Đỗ Phương Nhung¹
Email: dpnhung@hou.edu.vn

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 02/06/2025

Ngày phản biện đánh giá: 08/09/2025

Ngày bài báo được duyệt đăng: 15/10/2025

DOI:

Tóm tắt: Trong thời đại số hoá mạnh mẽ và nhu cầu kết nối liên tục, việc sử dụng các thiết bị phát sóng WiFi ngày càng có ý nghĩa quan trọng và hiện diện rộng khắp trong các môi trường công cộng cũng như trong gia đình. Từ đó, kéo theo các mối lo ngại về tác động tiềm ẩn của trường điện từ (EMF) đến sức khỏe con người. Bài báo này tập trung đánh giá định lượng mức độ phơi nhiễm trường điện từ từ các thiết bị WiFi hoạt động ở tần số 2.4 GHz trong môi trường giả lập, sử dụng công cụ mô phỏng Java Modelling Tools (JMT), với mô hình mạng hàng đợi phản ánh quá trình phát, lan truyền, hấp thụ và tích lũy năng lượng EMF tại các khoảng cách từ 1m đến 5m so với nguồn phát. Kết quả mô phỏng cho thấy mức độ phơi nhiễm giảm phù hợp theo quy luật nghịch đảo bình phương khoảng cách [4], [5]. Ngoài ra, thời gian tiếp xúc trung bình (sojourn time) của người dùng cũng có xu hướng tăng dần theo khoảng cách, do ảnh hưởng của hiệu ứng chậm xử lý và tích lũy. Nghiên cứu này đóng góp các kết quả định lượng cho việc đánh giá an toàn EMF trong môi trường dân cư, đồng thời hướng tới đề xuất các kịch bản kiểm soát rủi ro dựa trên khoảng cách và thời gian tiếp xúc.

Từ khóa: trường điện từ, tỷ lệ hấp thụ đặc biệt, điểm truy nhập WiFi, thời gian tiếp xúc, mô phỏng JMT

I. Đặt vấn đề

Wireless Fidelity – gọi tắt là WiFi là thuật ngữ dùng để mô tả kết nối mạng không dây, cho phép kết nối mạng Internet với các thiết bị điện tử như máy tính, điện

thoại thông minh, tivi,... không cần sử dụng dây cáp. Nó sử dụng sóng vô tuyến có tần số 2.4GHz hoặc 5GHz để gửi và nhận tín hiệu từ bộ định tuyến (Router) không dây.

¹ Khoa Điện - Điện Tử, Trường Đại học Mở Hà Nội

Việc sử dụng WiFi đem lại rất nhiều tiện ích như là: Tiết kiệm chi phí và tăng tính thẩm mỹ do không phải mua và lắp đặt cáp kết nối; Có thể kết nối Internet ở bất kỳ nơi nào có sóng WiFi; Có thể linh hoạt chuyển đổi giữa các thiết bị khác nhau một cách dễ dàng và nhanh chóng; Có thể đặt mật khẩu hoặc mã hoá thiết bị WiFi để tăng tính bảo mật và an toàn cho người sử dụng. Tuy nhiên, WiFi cũng còn tồn tại một số hạn chế, điển hình là vấn đề tốc độ và vùng phủ sóng. Tốc độ WiFi phụ thuộc vào khoảng cách từ thiết bị đến Router, số lượng thiết bị kết nối và lưu lượng truy nhập. Vùng phủ sóng có thể bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như chướng ngại vật hay vật liệu xây dựng hoặc là thiết bị điện tử gần đó.

Với những đặc tính ưu việt của nó, đặc biệt trong cuộc sống hiện đại ngày nay, WiFi là một trong những thành phần không thể thiếu trong đời sống con người. Hầu hết các không gian công cộng như trường học, bệnh viện, trung tâm thương mại, nhà ga, bến tàu, ... và các hộ gia đình đều được phủ sóng WiFi nhằm đáp ứng các nhu cầu về kết nối liên tục. Tuy nhiên, cùng với sự gia tăng mạnh mẽ về mật độ thiết bị phát và thời gian tiếp xúc, vấn đề về ảnh hưởng của trường điện từ (EMF) phát sinh từ các thiết bị WiFi đến sức khỏe con người ngày càng được quan tâm. Cụ thể là đã có nhiều nghiên cứu đã chỉ ra khả năng gây rối loạn giấc ngủ [1], ảnh hưởng đến hệ thần kinh trung ương, thậm chí tiềm ẩn nguy cơ ung thư nếu phơi nhiễm kéo dài trong điều kiện bất lợi [2].

Bài báo này được viết với mục tiêu mô hình hóa và đánh giá mức độ phơi

nhễm EMF từ thiết bị WiFi bằng công cụ mô phỏng Java Modelling Tools (JMT), từ đó so sánh với các ngưỡng an toàn và đề xuất các biện pháp giảm thiểu hợp lý.

II. Cơ sở lý thuyết

Trường điện từ và sóng WiFi hoạt động trong hai băng tần chính là 2.4GHz và 5GHz, ứng với sóng điện từ tần số cao, thuộc dải tần vi ba (microwave), trong đó, thiết bị phát WiFi (là các bộ định tuyến - Router hoặc điểm truy cập AP - Access Point) có công suất phát dao động từ 10mW đến 500mW, với vùng phủ sóng từ vài mét đến hàng chục mét.

Tác động của sóng điện từ có thể tác động đến mô sinh học của con người thông qua hai cơ chế là tác động nhiệt hoặc phi nhiệt. Đầu tiên là tác động nhiệt, tức là nhiệt lượng tạo ra làm nóng mô sinh học, thể hiện qua chỉ số Tỷ lệ hấp thụ đặc biệt - SAR (Specific Absorption Rate). Thứ hai là tác động phi nhiệt, nó làm thay đổi cấu trúc tế bào, ảnh hưởng hoạt động điện sinh học thần kinh.

Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) và ICNIRP đã đưa ra giới hạn an toàn cho mức phơi nhiễm trường điện từ. Với tần số 2.4GHz, giới hạn SAR toàn thân cho người lớn là 0.08 W/kg, và cục bộ là 2 W/kg [3].

III. Phương pháp nghiên cứu

Để mô phỏng quá trình phơi nhiễm trường điện từ - EMF (Electromagnetic Field) của người sử dụng thiết bị WiFi, trong các môi trường có mật độ thiết bị khác nhau, khoảng cách khác nhau và thời gian sử dụng liên tục, chúng tôi sử dụng công cụ Java Modelling Tools (JMT) với các thông số chi tiết như sau:

Mỗi một nguồn phát EMF là các Điểm truy nhập AP (Access Point) có công suất cố định. Trạm thu năng lượng: là con người, đối tượng phơi nhiễm, xử lý phơi nhiễm theo dạng hàng đợi.

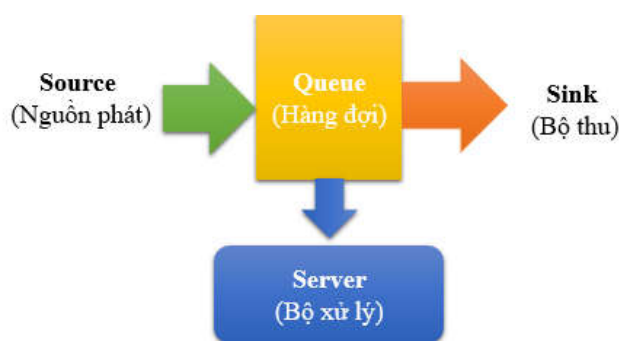
Mỗi người ngồi tại các khoảng cách khác nhau (1m – 5m). Tiến hành mô phỏng một gói năng lượng EMF mà người

dùng nhận được trong khoảng thời gian tiếp xúc.

Tổng lượng gói EMF tích lũy mô tả tổng năng lượng tiếp xúc.

3.1. Cấu trúc mô hình

Mô hình gồm các thành phần như sau: Nguồn (Source), hàng đợi (Queue), bộ xử lý (Server), bộ thu (Sink).



Hình 1: Sơ đồ khối hệ thống

Source: Phát sinh các gói “tiếp xúc EMF” từ các điểm truy nhập (Aps) WiFi. Phát sinh các gói tin đại diện cho đơn vị năng lượng phơi nhiễm. Có thể cấu hình nhiều nguồn phát (WiFi_AP1, WiFi_AP2...) tương ứng với nhiều thiết bị đặt trong không gian thực tế.

Queue: Mỗi người (đối tượng phơi nhiễm) tương ứng một hàng đợi. Mỗi người dùng tương ứng với một hàng đợi riêng, mô phỏng mức độ tiếp nhận phơi nhiễm EMF. Mỗi hàng đợi thể hiện sự tích lũy năng lượng điện từ tại cơ thể người, phụ thuộc vào khoảng cách, vật cản, thời gian tiếp xúc.

Server: Xử lý năng lượng phơi nhiễm (tương đương hấp thụ sinh học). Mỗi hàng đợi gắn với một server đơn lẻ, xử lý các gói năng lượng như quá trình hấp thụ sinh học (biological absorption).

Tốc độ phục vụ (service rate) phản ánh hiệu quả tản nhiệt hoặc khoảng cách, chú ý rằng người gần WiFi có tốc độ hấp thụ nhanh hơn dẫn đến tải nhiều hơn.

Sink: Tổng kết lượng phơi nhiễm sau thời gian mô phỏng. Dùng để tổng hợp lượng năng lượng EMF đã hấp thụ của toàn hệ thống trong suốt thời gian mô phỏng (ví dụ: 1000 đơn vị thời gian).

3.2. Lưu đồ thuật toán

Về mặt lý thuyết, khi các tham số khác cố định, nếu tăng số gói sẽ làm tăng thời gian thiết bị phát, dẫn tới tăng công suất trung bình phát ra: $P_{tb} = P_t \cdot T_p \cdot N$ [W], trong đó, P_t là công suất phát (W), T_p là thời gian truyền 1 gói, N là số lượng gói. Trong vùng trường xa với anten xấp xỉ đẳng hướng, mật độ công suất tại khoảng cách (r) được tính bằng công thức:

$$S(r) = \frac{P_t \cdot G}{4\pi r^2} [W/m^2]$$

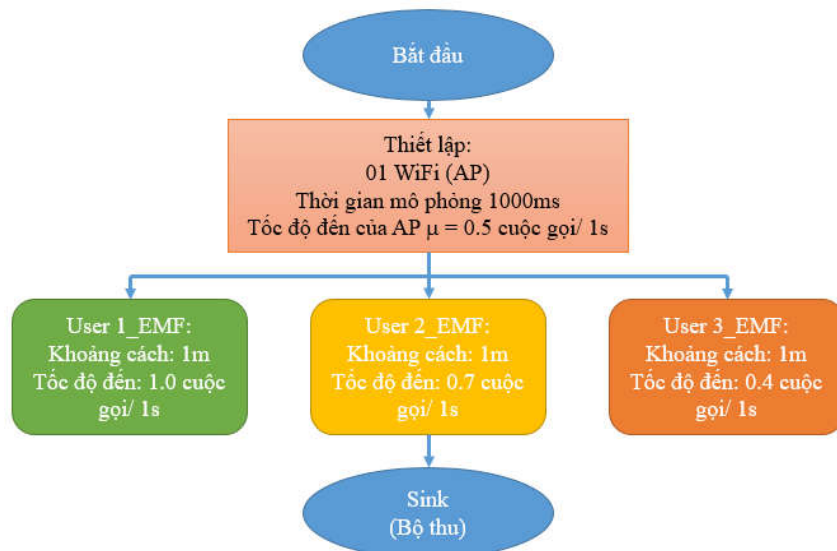
Từ đó có thể suy ra giá trị cường độ điện trường $E = \sqrt{377 \cdot S}$ [V/m] và ước lượng SAR cục bộ theo công thức:

$$SAR = \frac{\sigma |E|^2}{\rho}$$

Với σ là độ dẫn điện mô (S/m), ρ là mật độ khối lượng (kg/m³).

Căn cứ vào các lập luận đó, dưới các giả thiết đơn giản, tham số SAR tỉ lệ

xấp xỉ tuyến tính theo thời gian phát và theo số lượng gói, nếu kích thước gói và tốc độ truyền vật lý không đổi. Tuy nhiên, trong thực tế mô hình hóa và đo lường, nhiều yếu tố phá vỡ tính tuyến tính đơn giản này như: trường vùng gần (khi (r) nhỏ), hiệu ứng đa đường hoặc phản xạ, năng lượng hấp thu bởi tường/đồ vật và tương tác phức tạp với cơ thể người. Vì vậy, chúng tôi đề xuất lưu đồ thuật toán như sau:



Hình 2: Lưu đồ thuật toán

IV. Kết quả và thảo luận:

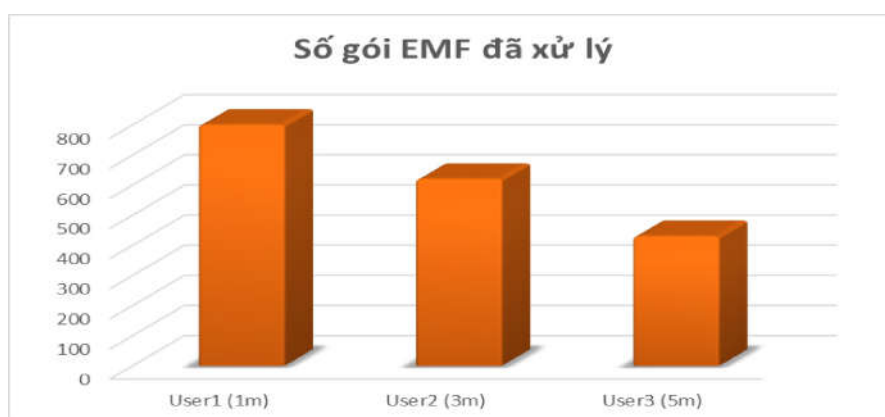
4.1. Kết quả

Sau khi chạy mô phỏng trên JMT, công cụ JMVA, thu được các số liệu như: Số gói EMF đến mỗi hàng đợi (user); Thời gian xử lý trung bình; Tổng số gói đã xử lý (tương ứng tổng mức phơi nhiễm). Cụ thể:

Người dùng	Số gói EMF đã xử lý	Thời gian tiếp xúc trung bình (giây)
User1 (1m)	800	1,2
User2 (3m)	620	1,6
User3 (5m)	430	2,3



Hình 3: Biểu đồ đánh giá thời gian tiếp xúc trung bình



Hình 4: Biểu đồ đánh giá số lượng gói EMF đã xử lý

4.2. Thảo luận

Kết quả mô phỏng cho thấy sự khác biệt rõ rệt về mức độ phơi nhiễm điện từ giữa các người dùng tại các khoảng cách khác nhau:

Người dùng 1 (User1) ở khoảng cách 1m có số lượng hấp thụ gói EMF cao nhất (~800 gói), đồng thời có thời gian lưu thấp nhất (~1.2s), cho thấy sự phơi nhiễm liên tục nhưng được xử lý nhanh do mô phỏng hiệu suất hấp thụ cao.

Người dùng 2 (User2) ở khoảng cách 3m phơi nhiễm ít hơn nhưng vẫn đáng kể (~620 gói) và có thời gian xử lý tăng lên (~1.6s).

Người dùng 3 (User3) ở khoảng cách 5m chỉ xử lý được khoảng 410 gói và

thời gian xử lý tăng lên đáng kể (~2.3s), cho thấy ảnh hưởng của khoảng cách làm giảm mức tiếp xúc EMF.

Các kết quả trên phù hợp với quy luật vật lý về suy hao năng lượng điện từ theo khoảng cách, cụ thể là tỷ lệ nghịch với bình phương khoảng cách [4][5]. Mặc dù đây là mô hình mô phỏng đơn giản, nhưng nó vẫn chỉ ra rằng việc tăng khoảng cách giữa con người và thiết bị phát WiFi là một biện pháp giảm thiểu hợp lý và hiệu quả. Đồng thời, kết quả cho thấy mối tương quan có ý nghĩa thống kê giữa tốc độ truyền gói tin và tham số SAR ước lượng khi các tham số khác được kiểm soát, nhưng sai số tuyệt đối giữa mô phỏng xấp xỉ và đo thực có thể không nhỏ ở các điểm trường ở vùng gần hoặc sau

chương ngại (do hiệu ứng đa đường hoặc phản xạ). Do đó, kết luận chính của chúng tôi là: số lượng gói là một yếu tố quyết định xu hướng tăng/giảm SAR trung bình.

Mặt khác, tổng năng lượng phơi nhiễm tích lũy cần được so sánh với giới hạn an toàn do ICNIRP đề xuất. Trong trường hợp các mô phỏng cho thấy số lượng gói EMF quá lớn, cần xem xét thời gian sử dụng, giảm công suất phát, hoặc cấu trúc lại không gian mạng WiFi.

V. Kết luận

Bài báo đã mô phỏng thành công quá trình phơi nhiễm trường điện từ ảnh hưởng đến người sử dụng từ thiết bị WiFi thông qua công cụ Java Modelling Tools (JMT). Kết quả cho thấy: Khoảng cách từ thiết bị phát đến người dùng ảnh hưởng rõ rệt đến mức phơi nhiễm; Người sử dụng gần điểm truy nhập AP có nguy cơ tiếp xúc nhiều hơn; Các thông số mô phỏng hỗ trợ đánh giá định lượng và trực quan các tình huống phơi nhiễm. Rõ ràng, trường điện từ từ các thiết bị WiFi có thể tạo ra mức phơi nhiễm đáng kể, đặc biệt trong môi trường mật độ thiết bị cao hoặc thời gian tiếp xúc kéo dài. Mặc dù các mức này trong hầu hết trường hợp vẫn nằm dưới ngưỡng khuyến nghị an toàn, việc chủ động giảm thiểu phơi nhiễm là cần thiết. Việc sử dụng công cụ Java Modelling Tools (JMT) cho phép mô hình hóa và trực quan hóa quá trình phơi nhiễm một cách định lượng, nếu nghiên cứu mở rộng

hơn với nhiều người dùng và nhiều AP hơn sẽ giúp các nhà thiết kế hạ tầng mạng và người sử dụng đánh giá và đưa ra quyết định an toàn hơn trong bố trí thiết bị và hành vi sử dụng.

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Ana Bueno-Lopez (2020), *Effects of 2.45 GHz Wi-Fi exposure on sleep-dependent memory consolidation*, onlinelibrary.wiley.com, DOI: 10.1111/jsr.13224.
- [2]. Anna C. Prins BSc, *The effect of mobile phone electromagnetic fields on the human resting state wake EEG and event-related potential: A systematic review and meta-analysis*, Bioelectromagnetics. 2025;46:e22531. wileyonlinelibrary.com/journal/bem | 1of27 <https://doi.org/10.1002/bem.22531>
- [3]. World Health Organization. (2023). *Electromagnetic fields and public health: Mobile phones* (Fact Sheet No. 193). <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/electromagnetic-fields-and-public-health-mobile-phones>
- [4]. Zhang, X., Li, Y., & Liu, Z. (2024). *Ambient electromagnetic radiation level of 5G base stations in typical scenarios*. Radiation Detection Technology and Methods. <https://doi.org/10.1007/s41605-024-00452-1>
- [5]. Wikipedia contributors. (2023, November). *Free-space propagation*. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, từ https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_propagation

A STUDY ON THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC FIELDS FROM INDOOR WIFI ROUTER ON HUMAN HEALTH

Do Phuong Nhung²

Abstract: *In the era of strong digitalization and the need for constant connectivity, the use of wifi broadcasting devices is increasingly important and widely present in public environments as well as in families. This has led to concerns about the potential impact of electromagnetic fields (EMF) on human health. This paper focuses on quantitatively assessing the level of electromagnetic field exposure from wifi devices operating at 2.4 GHz in a simulated environment, using the Java Modeling Tools (JMT) simulation tool, with a queue network model reflecting the process of transmitting, propagating, absorbing, and accumulating EMF energy at distances from 1m to 5m from the source. The simulation results show that the exposure level decreases in accordance with the inverse square law of distance [4], [5]. In addition, the average exposure time (sojourn time) of users also tends to increase with distance, due to the influence of slow processing and accumulation effects. This study provides quantitative results to assess EMF safety in residential environments and proposes risk control scenarios based on exposure distance and duration.*

Keywords: *electromagnetic field, specific absorption rate, wifi access point, sojourn time, simulation using java modelling tools*

² Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Hanoi Open University