

ĐÁNH GIÁ CHUỖI XỬ LÝ LƯU LƯỢNG IP TRONG MẠNG 5G CORE

Đỗ Phương Nhung¹, Ngô Phương Linh²

***Tác giả liên hệ, Email: dphung@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: 10.59266/houjs.2025.717

Tóm tắt: Mạng lõi 5G (5GC – 5G Core) là thành phần trung tâm trong hệ thống thông tin di động 5G, thực hiện nhiệm vụ quản lý, vận hành, điều khiển toàn bộ quá trình kết nối và truyền dữ liệu giữa thiết bị người dùng UE (User Equipment) và mạng dữ liệu ngoài DN (Data Network). Để có thể đánh giá việc quản lý lưu lượng IP trong mạng 5G Core, bài báo sẽ sử dụng công cụ JMT nhằm tái hiện quá trình xử lý gói dữ liệu trong môi trường thực tế một cách định lượng và trực quan, từ đó cung cấp kết quả tin cậy dùng để đánh giá, so sánh, tối ưu kiến trúc mạng lõi hiệu quả.

Từ khóa: 5G Core, lưu lượng IP, công cụ JMT, xử lý gói dữ liệu, tối ưu kiến trúc mạng lõi

I. Đặt vấn đề

Công nghệ di động 5G đã và đang đem đến cho xã hội nói chung và thế giới công nghệ nói riêng các trải nghiệm với với tốc độ cao, độ trễ thấp, được ảo hoá bằng phần mềm, kết hợp giải pháp đám mây để nâng cao chất lượng dịch vụ, cho phép đơn giản hoá tính di động với khả năng chuyển vùng mở liền mạch giữa truy cập di động và WiFi... Trong đó, mạng lõi 5G (5GC – 5G Core) là thành phần trung tâm trong hệ thống thông tin di động 5G, thực hiện nhiệm vụ quản lý, vận hành,

điều khiển toàn bộ quá trình kết nối và truyền dữ liệu giữa thiết bị người dùng UE (User Equipment) và mạng dữ liệu ngoài DN (Data Network) như là Internet, cloud, OTT,... Mạng này không nâng cấp từ mạng lõi của Mạng di động thế hệ trước đó mà được xây dựng mới, sử dụng nguyên tắc dịch vụ hoá (service-based) nên hỗ trợ đa dạng các dịch vụ như là eMBB, URLLC, mMTC, Network Slicing... [1]. Mọi dữ liệu người dùng trong mạng 5G như video, âm thanh, web, ứng dụng OTT, IoT... đều được truyền dưới dạng lưu

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

² Trường THPT Yên Hoà, Hà Nội

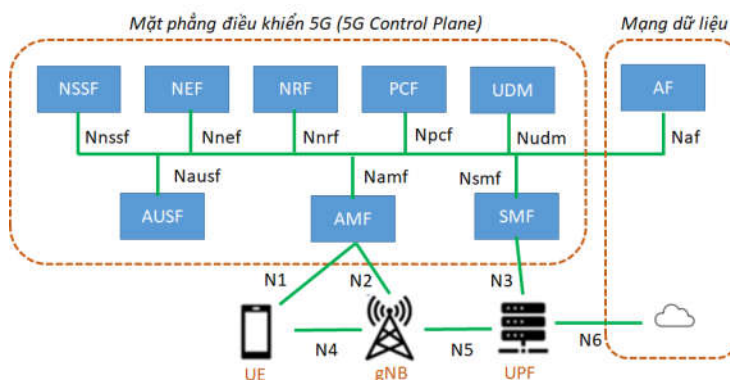
lượng IP. Trong đó, lưu lượng IP (Internet Protocol Traffic) là các gói dữ liệu được đóng gói và truyền tải qua mạng lõi (Core Network) theo chuẩn giao thức IP. Trong mạng 5G Core, lưu lượng IP được sử dụng để chuyển thông tin hai chiều giữa UE phải đi qua các thành phần chức năng trong 5G Core như là nút mạng gNB qua khối quản lý truy cập và di chuyển người dùng AMF (Access and Mobility Function), tới khối thiết lập và quản lý phiên PDU (lưu lượng IP) SMF (Session Management Function), qua bộ chuyển tiếp dữ liệu người dùng UPF (User Plane Function) và tới mạng ngoài DN. Trong đó, mỗi loại lưu lượng IP như video, VoIP, IoT... sẽ có các yêu cầu QoS khác nhau đảm bảo đáp ứng các chính sách dịch vụ, ưu tiên, băng thông, mức độ bảo mật phù hợp. Để có thể đánh giá việc quản lý lưu lượng IP trong mạng

5G Core, bài báo sẽ sử dụng công cụ JMT nhằm tái hiện quá trình xử lý gói dữ liệu trong môi trường thực tế một cách định lượng và trực quan, từ đó cung cấp kết quả tin cậy dùng để đánh giá, so sánh, tối ưu kiến trúc mạng lõi hiệu quả.

II. Cơ sở lý thuyết

2.1. Kiến trúc mạng 5G Core

Tương tự như các hệ thống thông tin di động thông thường, mạng 5G Core cũng có kiến trúc gồm 2 phần chính: Mạng truy nhập vô tuyến RAN và mạng lõi CN. Theo kiến trúc dựa trên dịch vụ SBA (Service Based Architecture), gNB kết nối với chức năng quản lý truy cập và di động (AMF) lõi 5G thông qua giao diện N2 để báo hiệu mặt phẳng điều khiển và kết nối với UPF thông qua giao diện N3 để truyền dữ liệu lập kế hoạch người dùng. Sơ đồ chi tiết giới thiệu như hình 1



Hình 1: Kiến trúc mạng 5G Core [3]

Các thành phần cơ bản của mạng 5G Core:

AMF (Access and Mobility Function): Quản lý truy cập và di chuyển người dùng

SMF (Session Management Function): Thiết lập và quản lý phiên PDU (lưu lượng IP)

UPF (User Plane Function): Chuyển tiếp dữ liệu người dùng đến DN

PCF (Policy Control Function): Điều khiển chính sách truy cập và QoS

UDM (Unified Data Management): Quản lý thuê bao và dữ liệu người dùng

AUSF (Authentication Server Function): Thực hiện xác thực thuê bao

NSSF (Network Slice Selection Function): Lựa chọn slice phù hợp với dịch vụ

NEF, NRF, BSF...: Các chức năng hỗ trợ nâng cao khác

2.2. Công cụ

Trong mạng 5G Core, các chức năng như AMF, SMF, UPF đều có thể mô phỏng như các hàng đợi phục vụ yêu cầu IP. Công cụ JMT (Java Modelling Tools) hỗ trợ việc thu thập và đánh giá các chỉ tiêu như thời gian đáp ứng, độ trễ, mức sử dụng tài nguyên, giúp xác định nút nghẽn trong hệ thống. Cụ thể, sử dụng mô hình hàng đợi M/M/1 để tiến hành mô hình hoá AMF, SMF, UPF như các nút song song có giới hạn tài nguyên.

III. Phương pháp nghiên cứu

Mục tiêu của bài báo là tiến hành mô hình hóa quá trình truyền lưu lượng IP qua các nút chức năng: AMF, SMF, UPF bằng các mô hình hàng đợi (queueing network) tương ứng, thông qua việc lựa chọn phân tích, đánh giá các chỉ tiêu cụ thể như sau:

Thời gian đáp ứng (Response Time): là chỉ số then chốt để đánh giá QoE (Quality of Experience) của người dùng, nó phản ánh khả năng hệ thống xử lý yêu cầu dịch vụ của người dùng.

Độ trễ (Latency): là một trong các chỉ tiêu hiệu năng then chốt, trọng yếu của mạng di động 5G (theo ITU-T/3GPP), đặc biệt với các ứng dụng URLLC (Ultra-Reliable Low Latency Communication) như xe tự hành, y tế từ xa, thực tế ảo.

Thông lượng (Throughput): là tham số cơ bản giúp đo lường năng lực xử lý

của toàn hệ thống mạng lõi, quyết định khả năng QoS (Quality of Service) và tính hiệu quả khi phục vụ số lượng lớn người dùng đồng thời.

Việc lựa chọn đồng thời ba chỉ tiêu trên cho phép đánh giá toàn diện hệ thống: Độ trễ và thời gian đáp ứng giúp phản ánh chất lượng cảm nhận của người dùng. Tiêu chí thông lượng hỗ trợ việc phản ánh năng lực phục vụ của hệ thống khi tải tăng. Khi phân tích cùng lúc các tham số này, có thể xác định điểm cân bằng (trade-off) giữa việc giảm độ trễ và tối đa hóa thông lượng – từ đó đưa ra cấu hình mạng tối ưu.

Từ đó, phân tích các chỉ tiêu hiệu năng: thời gian đáp ứng (Response Time), độ trễ (Latency), thông lượng (Throughput). Sau đó, sẽ tiến hành so sánh hiệu năng giữa các cấu hình mạng khác nhau (về số lượng nút, tốc độ xử lý, mức tải vào). Cuối cùng là đề xuất phương án tối ưu dựa trên kết quả mô phỏng.

3.1. Các tham số của mô hình

Các hàng đợi nối tiếp: lần lượt là AMF, SMF, UPF

Thiết lập các thông số

Lưu lượng đầu vào: 100, 500, 1000 request/s

Thời gian xử lý trung bình tại các nút: $\mu = 0.01 - 0.1s$

Số lượng server (c): 1 hoặc nhiều tại từng nút

3.2. Các kịch bản thực hiện so sánh

Trường hợp 1: so sánh 1 server/ nút với nhiều server/ nút

Trường hợp 2: So sánh các lưu lượng mức độ thấp, trung bình, cao

Trường hợp 3: Thay đổi tốc độ xử lý UPF

3.3. Các yêu cầu về kết quả

Thời gian đáp ứng toàn hệ thống (End-to-End Response Time)

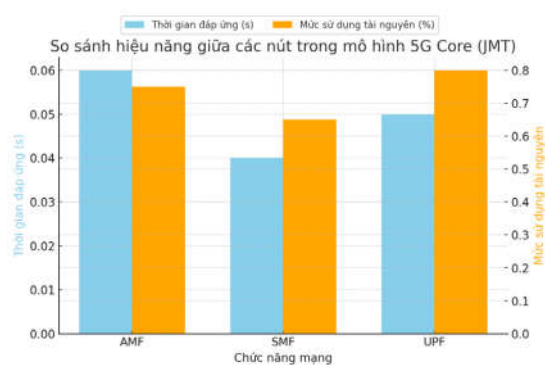
Độ trễ tại từng nút (Delay per node)

Mức sử dụng tài nguyên (Utilization)

Tỉ lệ rớt gói nếu có giới hạn hàng đợi

Bảng 1: Kết quả mô phỏng đầu ra giả lập từ JMT cho kịch bản 2 (tải trung bình)

Chức năng mạng	Thời gian phục vụ TB (s)	Thời gian trong hệ thống (s)	Số yêu cầu xử lý	Mức sử dụng tài nguyên (%)	Độ dài hàng đợi TB	Tỉ lệ mất gói (%)
AMF	0.04	0.06	100,000	75.0	3.2	0.0
SMF	0.03	0.04	100,000	65.0	2.5	0.0
UPF	0.04	0.05	100,000	80.0	4.1	0.0



Hình 2: So sánh hiệu năng giữa các nút mạng dựa vào mức độ sử dụng tài nguyên

Nhận xét:

Khi tải tăng cao, nút UPF là nút nghẽn chính. Khi tài nguyên ít hơn thì nút SMF có thể xử lý tốt. Trong trường hợp tăng số server tại SMF sẽ giảm độ trễ trung bình 30–50%.

Để nâng cao hiệu quả sử dụng, giải pháp mà bài báo đề xuất là:

Đối với nút UDF: cần phân bổ tài nguyên động (dynamic scaling) cho UPF theo thời gian thực. Để giảm độ trễ, nên

IV. Kết quả và thảo luận

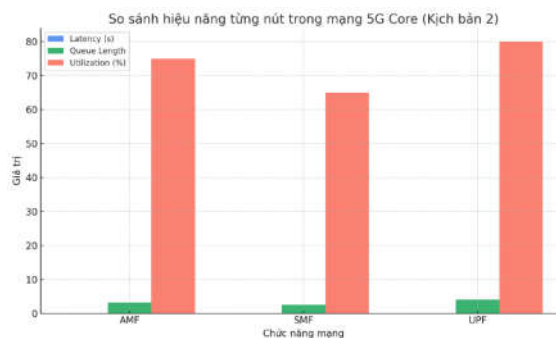
Thực hiện mô phỏng trên ứng dụng JMT (Java Modelling Tools), sử dụng chức năng JSIMgraph để tạo sơ đồ mạng hàng đợi, sau đó thiết lập phân phối thời gian đến (arrival) và tốc độ phục vụ (service) theo các kịch bản đã đề xuất, ta được các kết quả như sau:

Trường hợp 1: so sánh 1 server/ nút với nhiều server/ nút

triển khai UPF gần biên mạng (Edge UPF).

Đối với nút SMF: cần tối ưu thứ tự xử lý gói tại SMF dựa trên loại dịch vụ (QoS-based queuing)

Trường hợp 2: So sánh các lưu lượng mức độ thấp, trung bình, cao



Hình 3: So sánh hiệu năng từng nút mạng dựa vào thời gian trong hệ thống, độ dài hàng đợi và mức độ sử dụng tài nguyên.

Biểu đồ thể hiện trực quan 3 chỉ tiêu quan trọng: Thời gian trong hệ thống (latency); Độ dài hàng đợi trung bình; Mức sử dụng tài nguyên. Qua đó, cho thấy:

Đối với tiêu chí thời gian trong hệ thống: UPF và AMF có độ trễ cao hơn SMF

Đối với tiêu chí độ dài hàng đợi trung bình: UPF có độ dài hàng đợi lớn nhất nên dễ xảy ra tắc nghẽn

Thời gian phục vụ UPF (s)	Thời gian trong hệ thống (s)	Độ dài hàng đợi trung bình	Mức độ sử dụng tài nguyên (%)
0.04	0.070	4.2	85
0.03	0.060	3.5	78
0.02	0.045	2.2	65
0.01	0.035	1.1	50

Nhận xét: Khi tốc độ xử lý tại UPF được cải thiện (thời gian phục vụ giảm), độ trễ trung bình và độ dài hàng đợi giảm đáng kể, trong khi mức sử dụng tài nguyên giảm từ 85% xuống 50%. Điều này cho thấy UPF là nút giới hạn hiệu năng chính và việc tăng tốc xử lý (hoặc tăng số server tại UPF) là chiến lược tối ưu.

IV. Kết luận

Các kết quả cung cấp cơ sở để ra quyết định thiết kế mạng và tối ưu tài nguyên nhằm nâng cao hiệu quả quản lý và khai thác các nút trong mạng 5G Core. Đặc biệt là việc sử dụng công cụ JMT để mô phỏng mạng lõi 5G đem lại các số liệu chuẩn xác, trực quan, đánh giá hiệu năng hiệu quả vì mô hình hàng đợi mô phỏng sát thực tế, cho phép kiểm thử nhiều cấu hình và tải hệ thống.

Đối với tiêu chí mức sử dụng tài nguyên: UPF hoạt động ở mức 80% cao nhất trong 3 nút nên cần cảnh báo nguy cơ quá tải

Trường hợp 2: Thay đổi tốc độ xử lý UPF

Tài liệu tham khảo:

- [1]. https://www.tec.gov.in/public/pdf/Studypaper/5G%20Core%20Network_Study%20Paper_v8.pdf
- [2]. <https://www.verizon.com/about/news/5g-understanding-embb-urllc-mmtc>
- [3]. Luis M. Bartolín-Arnau, 2017, *Are European initiatives related to local spectrum allocation for private 5G networks ready for use in industrial cases?*, Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2017.Doi Number DOI 10.1109/ACCESS.2024.3356790
- [4]. Nguyễn Phạm Anh Dũng (2023), *Thông Tin Di Động 5G Và Lộ Trình Phát Triển Lên 6G*, NXB Thông tin và truyền thông
- [5]. Oliver Zeidler, Julian Sturm, Wolfgang Kellerer, (2024), *Performance Evaluation of Transport Layer Security in the 5G Core Control Plane*, the 17th ACM Conference on Security and Privacy in Wireless and Mobile Networks (WiSec '24), <http://dx.doi.org/10.1145/3643833.3656140>.

ASSESSMENT OF IP TRAFFIC PROCESSING CHAINS WITHIN THE 5G CORE NETWORK

Phuong Nhung Do³, Ngo Phuong Linh⁴

Abstract: *The 5G Core Network (5GC – 5G Core) is the central component in the 5G mobile information system, performing the task of managing, operating, and controlling the entire connection and data transmission process between the user equipment (UE) and the external data network (Data Network). In order to evaluate the IP traffic management in the 5G Core network, the paper will use the JMT tool to reproduce the data packet processing process in a real environment in a quantitative and intuitive way, thereby providing reliable results for evaluating, comparing, and optimizing the core network architecture effectively.*

Keywords: *5G Core, IP traffic, JMT tool, data packet processing, optimizing the core network architecture*

³ Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Hanoi Open University

⁴ Yen Hoa High School, Hanoi