

NGHIÊN CỨU, ỨNG DỤNG MÔ-ĐUN NS-3 MMWAVE ĐÁNH GIÁ HIỆU NĂNG SÓNG MILIMET TRONG MẠNG THẾ HỆ MỚI 5G

Nguyễn Quốc Dũng

Trường Đại học Hà Tĩnh, Hà Tĩnh, Việt Nam

ARTICLE INFORMATION TÓM TẮT

Journal: Vinh University
Journal of Science
ISSN: 1859-2228

Volume: 53

Issue: 1A

***Correspondence:**
dung.nguyenquoc@htu.edu.vn

Received: 02 October 2023

Accepted: 27 December 2023

Published: 20 March 2024

Citation:

Nguyễn Quốc Dũng (2024).
Nghiên cứu, ứng dụng mô-đun
NS-3 mmWave đánh giá hiệu năng
sóng milimet trong mạng thế hệ
mới 5G. *Vinh Uni. J. Sci.*
Vol. 53 (1A), pp. 61-71
doi: 10.56824/vujs.2023a1116

OPEN ACCESS

Copyright © 2024. This is an
Open Access article distributed
under the terms of the [Creative
Commons Attribution License \(CC
BY NC\)](#), which permits non-
commercially to share (copy and
redistribute the material in any
medium) or adapt (remix,
transform, and build upon the
material), provided the original
work is properly cited.

Mạng di động thế hệ mới 5G đã trở thành nền tảng công nghệ chính trong kiến trúc của mạng vạn vật (Internet of Thing - IoT). Trong đó, kỹ thuật truyền thông sóng milimet (millimeter wave) trong 5G là công nghệ cốt lõi của mạng thế hệ mới. Nghiên cứu về mạng 5G gặp nhiều thách thức trong việc triển khai mô hình thực tế để đánh giá tính hiệu quả. Để giải quyết các vấn đề đó, bài báo đã giới thiệu mô-đun mmWave được tích hợp trong bộ công cụ mô phỏng mạng NS-3 để mô phỏng và đánh giá hiệu năng mạng 5G. Bài báo đã ứng dụng mô-đun mmWave mô phỏng kịch bản mạng 5G với thông số tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu SINR (Signal Interference + Noise Ration), qua đó đánh giá chất lượng sóng từ trạm gốc đến các thiết bị sử dụng đầu cuối để xác định được vị trí xây dựng trạm gốc tối ưu nhất.

Từ khóa: Mạng vạn vật; công nghệ mmWave; mạng 5G; công cụ mô phỏng mạng; NS-3.

1. Giới thiệu

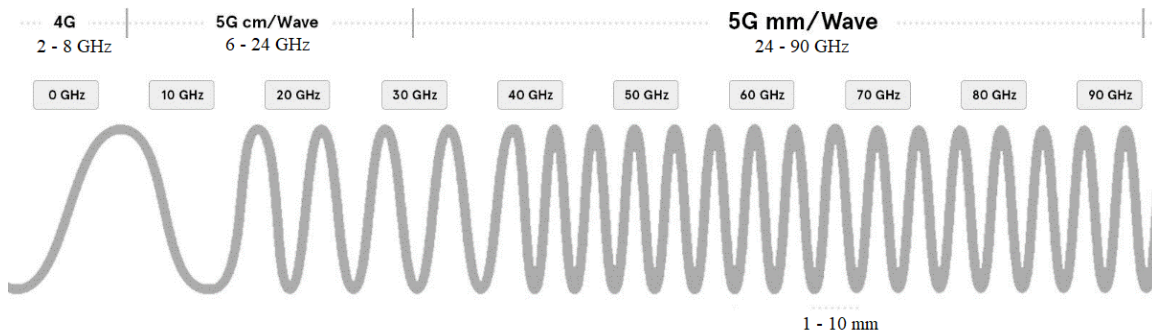
Mạng Internet of Things (IoTs) đang là một phần của cách mạng công nghiệp 4.0. Số lượng các thiết bị được kết nối chia sẻ và khai thác dữ liệu tăng từ 9,7 tỷ (2020) lên 16,7 tỷ (2023) và dự báo 29,7 tỷ (2027) [1]. Thế hệ truyền thông mạng 5G là một yếu tố quan trọng đóng góp vào sự gia tăng mạnh mẽ này. Thế hệ mạng di động mới 5G còn gọi là thế hệ mạng băng thông rộng di động lần thứ 5, được giới thiệu lần đầu vào năm 2019 [2], dẫn trở thành công nghệ nổi bật, và đã, đang là nội dung nghiên cứu quan trọng những năm gần đây [3]. Hiện nay, công nghệ mạng 5G được xem là tương lai của truyền thông không dây, cung cấp khả năng kết nối không giới hạn, tốc độ cao, đáng tin cậy, và độ trễ đường truyền thấp, quyết định đến chất lượng của ứng dụng IoT. Nghiên cứu về mạng 5G, công nghệ truyền thông sóng chùm milimet (mmWave) đã và đang nhận được sự quan tâm rất lớn, đặc biệt là những thay đổi và cải tiến so với các thế hệ mạng 3G, 4G [4-5]. Công nghệ mmWave sử dụng dải tần số có bước sóng ngắn trong khoảng milimet từ 24 Ghz đến 300 GHz, hỗ trợ truyền tải dữ liệu tốc độ cao trong mạng thế hệ mới 5G. Một trong những thách thức rất lớn

đòi với nghiên cứu về 5G, công nghệ sóng milimet đó là triển khai mô hình, cài đặt thiết bị và đánh giá hiệu quả do những hạn chế về kỹ thuật và nguồn lực.

Để hỗ trợ các nghiên cứu về mạng di động thế hệ mới, và ứng dụng 5G trong IoT, các công cụ mô phỏng (Network simulator) đã được đề xuất và dần trở nên phổ biến. Các công cụ mô phỏng mạng giúp nhà nghiên cứu, phát triển ứng dụng mạng 5G phân tích, đánh giá hiệu suất các mô hình, các ứng dụng, các công nghệ mới một cách hiệu quả, tin cậy, tiết kiệm chi phí. Hiện nay có nhiều công cụ mô phỏng cho mạng 5G như: NS-2, NS-3, Matlab, Lte-epc, NetSim... Dựa trên những đặc điểm và chức năng, mỗi công cụ mô phỏng đều sẽ có những ưu và nhược điểm. Vì vậy, dựa vào yêu cầu của từng hệ thống mạng, người dùng có thể chọn lựa những công cụ mô phỏng thích hợp. Trong bài báo này, tác giả giới thiệu về công cụ mô phỏng cho mạng 5G, sóng mmWave và trình bày các bước triển khai kịch bản mô phỏng, trên bộ công cụ mô phỏng NS-3 tích hợp mô-đun mmWave (gọi tắt là NS-3 mmWave). Thông qua đó thực hiện đánh giá mô phỏng mạng 5G trong trường hợp xác định, và đánh giá vị trí tốt nhất để triển khai trạm gốc phát sóng 5G. NS-3 mmWave đã được sử dụng trong nhiều trường hợp mô phỏng [6]. Ngoài ra NS-3 mmWave được sử dụng rộng rãi để mô phỏng và đánh giá về mạng 5G và các ứng dụng IoT. Bộ công cụ mô phỏng NS-3 tích hợp mô-đun mmWave bao gồm các thành phần để mô phỏng, đánh giá về Wifi, Wimax, 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project), LTE. Chi tiết giới thiệu về bộ công cụ mô phỏng NS-3 tích hợp mô-đun mmWave sẽ được giới thiệu trong phần tiếp theo.

2. Các nghiên cứu liên quan

2.1. Công nghệ truyền thông sóng milimet



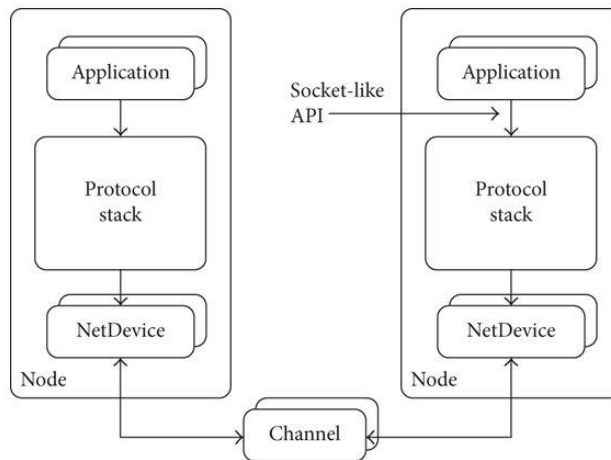
Hình 1: Phổ sóng milimet và các dãy tần số sử dụng trong mạng 5G

Theo tài liệu [7], công nghệ truyền dữ liệu không dây có một hạn chế nghiêm trọng đó là băng thông của đường truyền bị phụ thuộc vào tần số của sóng. Sóng ở tần số thấp có bước sóng dài sẽ có băng thông thấp. Sóng ở tần số cao có bước sóng ngắn sẽ có băng thông lớn. Tuy nhiên ở bước sóng ngắn, dữ liệu truyền có thể bị gián đoạn do chúng dễ bị cản trở bởi môi trường truyền dẫn như không khí, môi trường tự nhiên, các tòa nhà, điều kiện thời tiết... Các sóng có tần số cao bước sóng cực ngắn được gọi là phổ sóng milimet. Mạng 5G, sử dụng phổ sóng millimet phát ở tần số từ 20 đến 300 GHz, có bước sóng 1mm-15mm để truyền dữ liệu nhanh và mạnh, Hình 1.

Phổ sóng milimet truyền dữ liệu trong mạng 5G có thể đạt tốc độ 10Gbps, nhưng dễ bị biến dạng. Phổ sóng milimet giống như một chùm tia laze, chỉ có khả năng bao phủ

một khu vực nhỏ theo một hướng nhất định. Vì vậy để đảm bảo khả năng truyền dữ liệu nhanh và tin cậy trong mạng 5G, kỹ thuật chuyển đổi chùm tia thích ứng được áp dụng giúp các thiết bị 5G theo dõi chất lượng tín hiệu của sóng milimet, cho phép các thiết bị 5G chuyển đổi qua lại giữa các dải tần số khác nhau để duy trì chất lượng của mạng 5G.

2.2. Công cụ mô phỏng NS-3



Hình 2: Sơ đồ luồng dữ liệu cơ bản trong bộ công cụ mô phỏng NS-3

Công cụ mô phỏng mạng NS-3 có phiên bản mới hiện nay NS-3.38 (tháng 02 năm 2023) là một dự án miễn phí với mục đích mô phỏng các sự kiện mạng rời rạc [9]. Bắt đầu triển khai từ năm 2006, dự án NS-3 cam kết xây dựng một tập lõi chương trình mô phỏng chung nhất cũng như một hệ thống tài liệu chuẩn (Doxygen), dễ dàng sử dụng cho phát triển và kiểm soát lỗi. NS-3 đáp ứng cho toàn bộ nhu cầu mô phỏng mạng, từ những cấu hình để bắt và phân tích gói tin, cấu trúc mạng, đến các nền tảng ứng dụng. Các mô-đun được cài đặt trong NS-3 giúp người sử dụng có thể mở rộng hoặc cải tiến để thực hiện các mô phỏng, phân tích các hệ thống phức tạp cũng như đánh giá các giao thức định tuyến mới. Ngoài ra, NS-3 còn có thể mô phỏng với các mạng thực tế (emulator), kết nối thời gian thực với hệ thống mạng thực tế để đánh giá, phân tích một hệ thống mạng có sẵn. Công cụ mô phỏng NS-3 đã được giới thiệu có nhiều lợi ích so với các bộ công cụ mô phỏng khác như NS-2, OMNeT++, GloMoSiM thông qua các thông số như sử dụng CPU, khả năng dùng lại các mô-đun, tính linh hoạt [9]. Sơ đồ luồng dữ liệu trong NS-3 được thể hiện như trong Hình 2, trong đó, mỗi nút trong mô phỏng được thể hiện ở các phần ứng dụng, giao thức và thiết bị mạng.

NS-3 hỗ trợ cài đặt trên đa nền tảng hệ điều hành như: Linux, Windows, MacOS... Có nhiều cách để cài đặt và sử dụng NS-3 bao gồm cài đặt trực tiếp bằng dòng lệnh hoặc tải tập tin mã nguồn NS-3 về máy tính và cài đặt như trong các tài liệu [9, 11]. NS-3 được cài đặt từ công cụ waf, bắt đầu cài đặt bằng tập lệnh nằm trong tập tin build.py.

Để thực hiện cài đặt bằng công cụ build.py, từ thư mục mã nguồn NS-3 đã tải xuống \NS-3.33 (ví dụ đã tải tập tin ns-allinone-3.33), thực hiện dòng lệnh:

```
./build.py --enable-examples --enable-tests
```

Chi tiết cách cài đặt có thể tham khảo thêm tài liệu riêng về NS-3 [11]. Sau khi thực hiện cài đặt thành công bộ công cụ mô phỏng NS-3, để kiểm tra cài đặt NS-3, chúng ta chạy lệnh:

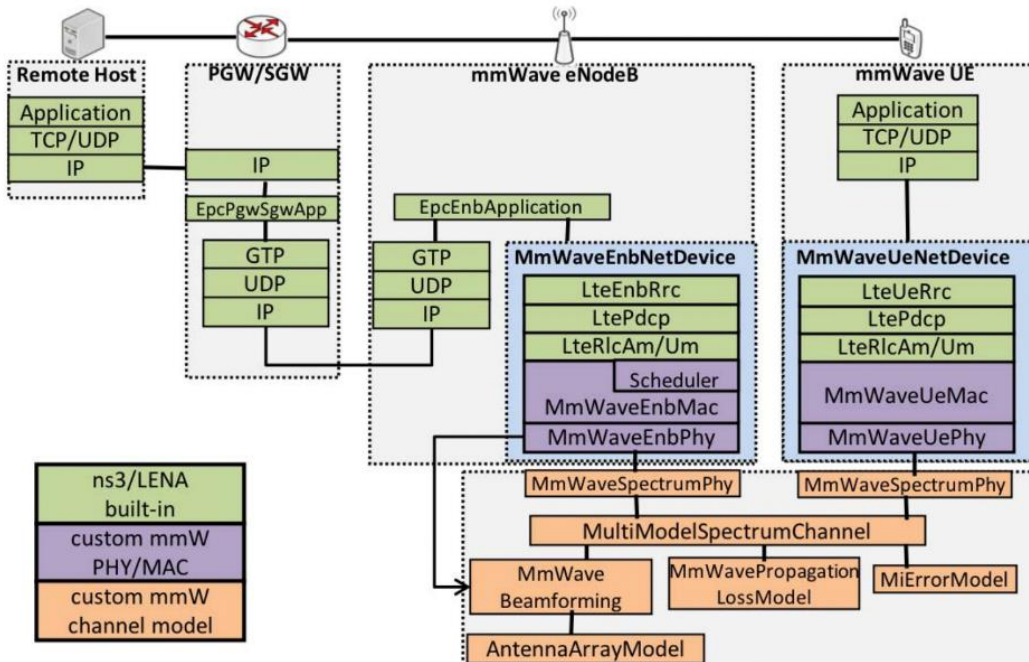
```
./test.py script.
```

Kết quả kiểm tra được hiển thị như phía dưới nếu đã cài đặt NS-3 thành công.

```
92 of 92 tests passed (92 passed, 0 failed, 0 crashed, 0 valgrind errors)
```

2.3. Mô-đun mmWave trong NS-3

2.3.1. Giới thiệu về mô-đun mmWave



Hình 3: Mô hình cấu trúc các lớp trong mmWave [9]

NS-3 là công cụ mô phỏng miễn phí rất phổ biến và dễ sử dụng. Mô-đun mmWave tích hợp trong NS-3, phát triển bởi tổ chức NYU Wireless và Đại học Padova, được thiết kế để thực hiện các mô phỏng đầu cuối (End-to-End) cho các hệ thống mạng di động 3GPP, đặc biệt là mạng di động thế hệ mới 5G. Chi tiết về mô-đun mmWave được giới thiệu trong tài liệu [12]. NS-3 mmWave được sử dụng để mô phỏng mạng 5G ở tần số sóng milimet. Mô-đun mmWave được xây dựng dựa trên mô-đun NS-3 LTE (LENA) đã được tích hợp. Mô-đun LENA được phát triển để đánh giá các giao thức LTE/EPC trong các lớp PHY và MAC. NS-3 mmWave hiện tại bao gồm các tính năng sau [12]:

- Hỗ trợ đầy đủ các mô hình kênh (channel models), bao gồm cả mô hình 3GPP mới nhất cho phổ tần số trên 6 GHz, cũng như mô hình hóa tia truy tìm (Ray Tracing).
- Trên nền tảng công nghệ 3GPP, các lớp PHY và MAC sẽ được tùy chỉnh. Hỗ trợ TDD (Time Division Duplex) động để thực hiện thử nghiệm các mô phỏng khác nhau.
- Lập lịch tùy biến cho TDD động.
- Tập hợp sóng mạng ở lớp MAC.
- Mô phỏng các thành phần của mạng lõi bao gồm các nút được miêu tả như nút thực.

- Kết nối với các trạm gốc LTE nhanh chóng.

Cấu trúc và các lớp trong mô-đun mmWave được thể hiện như trong Hình 3. Trong đó, hai lớp là “MmWaveEnbNetDevice” lớp trạm gốc, tương ứng là nút eNodeB (E-UTRAN Node B); và lớp “MmWaveUeDevice” lớp thiết bị người dùng đầu cuối, tương ứng là nút. Mô-đun mmWave cũng bao gồm một lớp “McUeNetDevice”, là một thiết bị mạng có hai ngăn xếp (LTE và mmWave) có khả năng kết nối với cả hai công nghệ đó. Ngoài ra mô-đun mmWave còn chứa các lớp MmWaveEnbMac, NetDevice, MmWavePhy... là nền tảng để mô phỏng các mô hình mạng. Trong đó, người dùng có thể chọn trong số các mô hình kênh kết nối khác nhau, dựa trên độ phức tạp tính toán, tính linh hoạt, công nghệ sử dụng. Mô hình kênh kết nối linh hoạt nhất là dựa trên kênh 3GPP chính thức cho dải tần 6-100 GHz. 3GPP cung cấp một số tính năng tùy chọn có thể được thêm vào mô hình cơ bản, để mô phỏng như tính nhất quán về không gian, tắc nghẽn ngẫu nhiên.

2.3.2. Cài đặt và sử dụng mô-đun mmWave trong NS-3

Trong bài báo này, mô-đun mmWave được cài đặt trên NS-3.33 (ns-allinone-3.33) trên nền tảng hệ điều hành Ubuntu 18.04 (64 bit), chi tiết cài như trong hướng dẫn trong tài liệu [11]. Mô-đun mmWave phiên bản đầu tiên phát hành trên NS-3.26. NS-3 mmWave có thể cài đặt bằng dòng lệnh (Command line) trong Terminal hoặc tải sẵn các tập tin mã nguồn của NS-3 và mmWave. Tập tin mã nguồn mmWave có thể tải tại [11]. Trong bài báo này, tác giả đã thực hiện cài đặt mô-đun mmWave trong cả hai trường hợp.

Trường hợp thứ nhất: tải mới mã nguồn NS-3 tích hợp mô-đun mmWave tại [13]. Thực hiện cài đặt như cài đặt NS-3 bình thường bằng dòng lệnh sau:

```
Git clone https://github.com/nyuwireless-unipd/ns3-mmWave.git cd ns3-mmWave
```

truy cập thư mục vừa cài đặt: cd ns3-mmWave, thực hiện cài đặt:

```
./waf configure --disable-python --enable-examples && ./waf build
```

Trường hợp thứ hai (máy tính đã cài đặt sẵn NS-3): đầu tiên tải mã nguồn module mmWave tại [13], giải nén vào thư mục chứa tập tin nguồn ns-allinone-3.33/NS-3.33/src, đổi tên mô-đun (ví dụ mmWave), và thực thi câu lệnh cấu hình lại NS-3.

```
./waf configure --enable-examples.
```

Sau khi thực hiện cài đặt thành công module mmWave trong NS-3, để kiểm tra, tác giả đã thực thi một ví dụ cụ thể (ví dụ mmWave-example-epc) bằng dòng lệnh.

```
./waf --run mmWave-example-epc
```

Nếu kết quả hiện thị ‘build’ finished successfully và không hiện thị các lỗi, khi đó đã cài đặt thành công mô-đun mmWave trong NS-3. Để tham khảo thêm các ví dụ liên quan đến mô-đun mmWave trong NS-3.33, có thể truy cập thư mục NS-3.33/src/mmWave/examples, chứa các ví dụ về 5G và sóng mmWave, và thực thi các ví dụ tương ứng.

3. Mô phỏng mạng 5G trên NS-3 mmWave và đánh giá kết quả

Trong phần này, một kịch bản mô phỏng sóng mmWave trong mạng thế hệ mới 5G được thực hiện thông qua mô-đun mmWave trong NS-3. Mục đích của mô phỏng này là để hướng dẫn các bước sử dụng mô-đun mmWave trong NS-3 để đánh giá hiệu năng

mạng 5G. Kịch bản mô phỏng là để đánh giá chất lượng phủ sóng mmWave của các vị trí trạm gốc 5G dự kiến trước khi triển khai thực tế.

3.1. Kịch bản mô phỏng

Không làm mất đi tính tổng quát của mô phỏng, trong kịch bản này sẽ có các nút đại diện cho trạm gốc 5G, và các nút đại diện cho người dùng đầu cuối. Kịch bản bao gồm 10 nút người dùng (ueNodes) có vị trí được sắp xếp ngẫu nhiên, và thay đổi vị trí theo thời gian; và 2 trạm gốc thu phát sóng 5G (eNodeB) có vị trí được xác định trước (dự kiến triển khai trạm gốc thực tế) để so sánh vị trí tối ưu hoặc đánh giá một vị trí trạm gốc có phù hợp để triển khai mạng 5G. Mô phỏng đánh giá tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu SINR. Giá trị SINR là một giá trị được sử dụng để đánh giá cường độ tín hiệu mong muốn so với nhiễu trong công nghệ truyền thông không dây. Giá trị SINR càng cao thì tín hiệu càng tốt. Mục đích mô phỏng là để đánh giá, so sánh các vị trí trạm gốc 5G dự kiến trước khi xây dựng trạm gốc 5G thực tế đáp ứng yêu cầu tốt nhất. Mô phỏng kết hợp với công cụ NetAnim-3.108 để thể hiện kết quả trực quan. Ngoài ra trong mô phỏng kết hợp ngôn ngữ Perl và Gnuplot để phân tích kết quả và hiện thị biểu đồ kết quả sau khi phân tích, thông số khác của kịch bản như Bảng 1.

Bảng 1: Một số thông số mô phỏng

TT	Tên thông số	Giá trị
1	Diện tích mạng mô phỏng	1000 (m) x 2000 (m)
2	Thời gian mô phỏng	10.00 (s)
3	Nút người dùng ueNodes (ngẫu nhiên)	10 nút
4	Nút trạm gốc eNodeB (cố định)	2 nút

3.2. Cài đặt kịch bản mô phỏng

Trong nghiên cứu này, kịch bản mô phỏng sẽ được viết bằng ngôn ngữ C++, và đặt tên tập tin kịch bản là “5GmmWave-exam.cc”. Trong phần này, tác giả chỉ trình bày một số đoạn code liên quan đến mô-đun mmWave để thực thi kịch bản. Các ví dụ chi tiết về cách sử dụng mô-đun mmWave có thể tham khảo thêm trong thư mục \src\mmWave\examples. Tuần tự cài đặt kịch bản mô phỏng trong tập tin “5GmmWave-exam.cc” được thể hiện như sau:

Thêm các thư viện cần thiết ở đầu tập tin kịch bản mô phỏng.

```
#include "ns3/mmWave-helper.h"
#include "ns3/netanim-module.h"
```

Tạo đối tượng sóng chùm mmWave thông qua mô-đun mmWave.

```
Ptr<MmWaveHelper> ptr_mmWave = CreateObject<MmWaveHelper> ();
```

Tạo 2 đối tượng trạm gốc eNodeB, đặt tên là enbNodes (trạm phát sóng 5G dự kiến).

```
NodeContainer enbNodes;
enbNodes.Create (2);
```

Tạo 10 đối tượng nút ueNode, đặt tên là ueNodes (thiết bị người dùng, di động).

```
NodeContainer ueNodes;
ueNodes.Create (10);
```

Kịch bản mô phỏng khởi tạo các vị trí bắt đầu cho các nút người dùng (ueNode) sau đó thiết lập thuộc tính thay đổi vị trí ngẫu nhiên. Tương tự cho khởi tạo trạm gốc phát sóng 5G thiết lập thuộc tính vị trí cố định.

```
Ptr<ListPositionAllocator> enbPositionAlloc=CreateObject<ListPositionAllocator> ();
enbPositionAlloc->Add (Vector (0.0, 0.0, 0.0));
MobilityHelper enbmobility;
enbmobility.SetMobilityModel (“ns3::ConstantPositionMobilityModel”);
enbmobility.SetPositionAllocator (enbPositionAlloc);
enbmobility.Install (enbNodes);
BuildingsHelper::Install (enbNodes);
```

Câu lệnh gán các trạm gốc và nút người dùng như là một thiết bị mạng với đầy đủ thông tin địa chỉ MAC, hàng đợi.

```
NetDeviceContainer enbNetDev = ptr_mmWave->InstallEnbDevice (enbNodes);
NetDeviceContainer ueNetDev = ptr_mmWave->InstallUeDevice (ueNodes);
```

Câu lệnh kết nối các nút người dùng ueNodes với nút trạm enbNodes dựa trên công nghệ sóng chùm mmWave.

```
ptr_mmWave->AttachToClosestEnb (ueNetDev, enbNetDev);
```

Kịch bản tạo các ứng dụng, cài đặt sóng (tham khảo ví dụ về NS-3). Trong kịch bản này chỉ kích hoạt bộ truyền dữ liệu vô tuyến để đánh giá tín hiệu SINR. Ngoài ra, có thể lựa chọn thiết lập mô hình tia chùm (beamforming model, cấu hình ăng ten (antennas), kênh truyền...

```
enum EpsBearer::Qci q = EpsBearer::GBR_CONV_VOICE;
EpsBearer bearer (q);
ptr_mmWave->ActivateDataRadioBearer (ueNetDev, bearer);
```

Tiếp theo là ghi lại kết quả của mô phỏng. Trong NS-3 mmWave sẽ có nhiều tập tin truy vết được được lưu lại sau khi thiết lập cho phép lưu kết quả mô phỏng bao gồm RxPacketTrace.txt, DlpdcpStats.txt, UIPdcpStats.txt...

```
ptr_mmWave->EnableTraces ();
```

Thiết lập hiện thị trực quan dựa trên Netamin, chú ý câu lệnh hiện thị trực quan được đặt sau câu lệnh stop().

```
Simulator::Stop (Seconds (10.0));
AnimationInterface anim (“5G-ns3-mmWave.xml”);
```

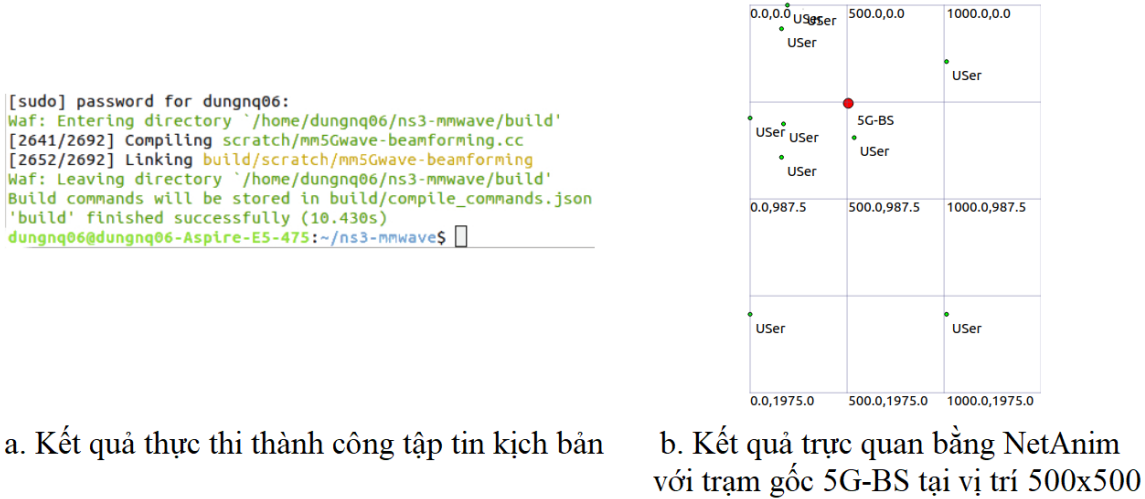
3.3 Thực thi kịch bản mô phỏng và đánh giá kết quả

Để thực thi tập tin kịch bản bằng NS-3, trong Ubuntu mở giao diện terminal (Ctrl + T), truy cập đến thư mục cài đặt NS-3. Sau đó thực thi dòng lệnh:

```
./waf --run 5GmmWave-exam.cc.
```

Kết quả sau khi thực thi kịch bản thành công được thể hiện như Hình 4a, kết quả trực quan hiển thị như trong Hình 4b, và các tập tin ghi lại kết quả kịch bản. Giá trị cường

độ chất lượng truyền tín hiệu SINR trong tập tin RxPacketTrace.txt (ở cột 13) để đánh giá chất lượng tín hiệu của hệ thống mạng 5G như trong kịch bản. Bài báo kết hợp một số công cụ hỗ trợ như Gnuplot, Perl để phân tích giá trị SINR, đánh giá tín hiệu, kết quả được hiển thị như ở Hình 5.



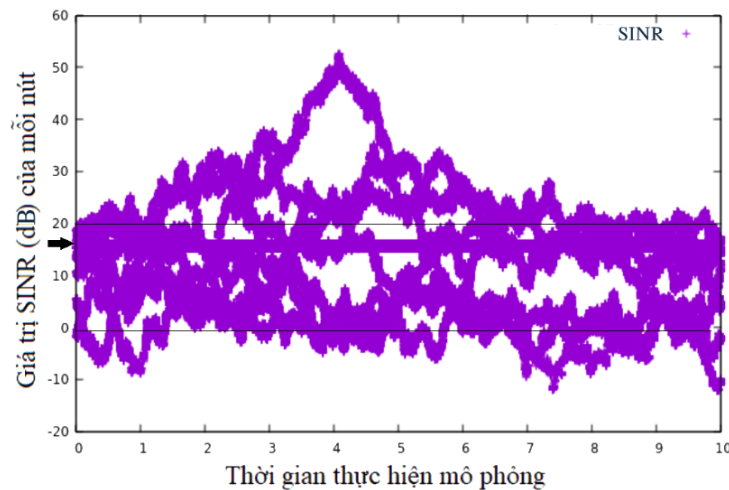
Hình 4: Kết quả hiển thị sau khi thực hiện thành công câu lệnh

Giá trị SINR tham khảo để đánh giá kịch bản mô phỏng được thể hiện như trong Bảng 2 [14], trong đó còn có các giá trị RSRP (Reference Signal Received Power) là công suất nhận được tín hiệu tham chiếu, RSRQ (Reference Signal Received Quality) là chất lượng nhận được tín hiệu tham chiếu. Theo Bảng 2, mức độ tín hiệu SINR toàn hệ thống < 0 dB thể hiện tín hiệu của hệ thống “kém”, từ 0 db ~ 13dB thể hiện tín hiệu hệ thống “trung bình”, từ 13 dB ~ 20 dB thể hiện tín hiệu “tốt”, và > 20 dB thể hiện tín hiệu “tuyệt vời”. Theo đó, và một phần tín hiệu SINR > 20 db chứng tỏ hệ thống có tín hiệu từ trung bình đến tuyệt vời.

Bảng 2: Giá trị SINR tham khảo để đánh giá

	RSRP (dBm)	RSRQ (dB)	SINR (dB)
Tuyệt vời	≥ -80	≥ -10	≥ 20
Tốt	-80 đến -90	-10 đến -15	13 đến 20
Trung bình	-90 đến -100	-15 đến -20	0 đến 13
Kém	≤ -100	< -20	≤ 0

Hình 5 thể hiện giá trị SINR trung bình từ trạm gốc có vị trí dự kiến là 500 x 500 đến các nút trong toàn bộ thời gian mô phỏng là -10 ~ 50 dB. Trong đó, giá trị SINR < 0 dB (tín hiệu kém) là rất ít, trong khi giá trị SINR > 20 dB (tín hiệu tuyệt vời) là rất lớn, và trung bình giá trị SINR của toàn bộ mạng là ~ 17dB. Kết quả này cho thấy hệ thống mạng 5G với trạm gốc dự kiến được triển khai tại vị trí 500 (m) x 500 (m) có tín hiệu trung bình là “tốt”, và phù hợp để triển khai trạm gốc thực tế. Từ kết quả mô phỏng, chúng ta dễ dàng đánh giá được ưu và nhược điểm về độ phủ sóng và chất lượng sóng của các vị trí trạm gốc dự tính để xây dựng mà không tốn nhiều chi phí, thời gian, công sức.



Hình 5: Kết quả đánh giá giá trị SINR

4. Kết luận

Bài báo này đã giới thiệu sơ lược về mạng di động thế hệ mới 5G, công nghệ sóng milimet, cũng như công cụ mô phỏng NS-3; đã giới thiệu về mô đun mmWave trong bộ công cụ mô phỏng NS-3 và cách đánh giá mô phỏng mạng 5G bằng mô-đun NS-3 mmWave. Chi tiết các bước thực hiện mô phỏng mạng theo mô-đun mmWave cũng đã được trình bày. Kết quả đánh giá mô phỏng đã được xử lý và trình bày trực quan thông qua các công cụ NetAnim và Gnuplot để đánh giá vị trí của các trạm 5G dự kiến được triển khai. Trong tương lai, tác giả dựa trên mô-đun mmWave sẽ tiếp tục thực hiện mô phỏng đánh giá hệ thống mạng 5G, ứng dụng IoT qua các thông số chất lượng khác một cách đầy đủ và chi tiết hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Satyajit Sinha, “State of IoT 2023: Number of connected IoT devices growing 16% to 16.7 billion globally,” IoT Analytics, 24/5/2023 (Online). Available: <https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/>. Accessed 21/9/2023.
- [2] Esther Shein, “A brief history of 5G,” Techrepublic, 19/01/2023 (Online). Available: <https://www.techrepublic.com/article/brief-history-5g>. Accessed 22/6/2023.
- [3] A. K. Jain, R. Acharya, S. Jakhar, T. Mishra, “Fifth Generation (5G) Wireless Technology “Revolution in Telecommunication,” In *2018 Second International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies (ICICCT)*, India, 2018, pp. 1867-1872. DOI: 10.1109/ICICCT.2018.8473011
- [4] J. A. Adebusola, A. A. Ariyo, O. A. Elisha, A. M. Olubunmi, O. O. Julius, “An Overview of 5G Technology,” In *2020 International Conference in Mathematics, Computer Engineering and Computer Science (ICMCECS)*, 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/ICMCECS47690.2020.240853.

- [5] Jijo B. T., Zeebaree S. R., Zebari R. R., Sadeeq M. A., Sallow A. B., Mohsin S., Ageed Z. S., “A comprehensive survey of 5G mm-wave technology design challenges,” *Asian Journal of Research in Computer Science*, (1), pp. 1-20, 2021. DOI: 10.9734/ajrcos/2021/v8i130190
- [6] A. Sen, S. Bonda, J. Jayatheerthan, S. Chakraborty, “An ns3-based Energy Module for 5G mmWave Base Stations,” In *IEEE INFOCOM 2022 - IEEE Conference on Computer Communications Workshops (INFOCOM WKSHPS)*, USA, 2022, pp. 1-2. DOI: 10.1109/INFOCOMWKSHPS54753.2022.9798173
- [7] Lê Quang Anh, *Kỹ thuật tạo búp cho sóng milimet*, Đại học Quốc Gia Hà Nội, 2018.
- [8] Scribd, “Công Nghệ Sóng Milimet,” (Online). Availabe: <https://www.scribd.com/document/408795568/Co-ng-nghe-So-ng-Milimet#>
- [9] Network simulator, “ns3 Tutorial,” 2022, (Online). Availabe: <https://www.nsnam.org/docs/release/3.36/tutorial/NS-3-tutorial.pdf>. Accessed 18/12/2022.
- [10] Zarrad Anis, Alsmadi Izzat, “Evaluating network test scenarios for network simulators systems,” *International Journal of Distributed Sensor Networks*. 2017. DOI: 10.1177/1550147717738216
- [11] M. M. Karim, “How to Install NS-3 on Ubuntu 20.04 LTS,” 11/5/2021 (Online). Availabe: https://karimmd.github.io/post/tutorial/ns3_installation/. Accessed 25/5/2023.
- [12] M. Mezzavilla et al., “End-to-End Simulation of 5G mmWave Networks,” In *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2018, vol. 20, no. 3, pp. 2237-2263, Third quarter. DOI: 10.1109/COMST.2018.2828880
- [13] GitHub, “NS-3 module for simulating mmWave-based cellular systems,” 12/6/2022 (Online). Availabe: <https://github.com/nyuwireless-unipd/ns3-mmWave>. Accessed 14/8/2023.
- [14] Zyxel network, “5G signal quality parameters,” 03/2022 (Online). Availabe: <https://community.zyxel.com/en/discussion/12902/sharing-5g-signal-quality-parameters>. Accessed 21/5/2023.

ABSTRACT

**RESEARCH AND APPLICATION OF NS-3 MMWAVE MODULE
TO EVALUATE MILLIMETER WAVE PERFORMANCE
IN NEW FIFTH-GENERATION NETWORK**

Nguyen Quoc Dung

Ha Tinh University, Ha Tinh, Vietnam

Received on 02/10/2023, accepted for publication on 27/12/2023

The new generation mobile network 5G has become the main technology foundation in the architecture of the Internet of Things (IoT). In particular, millimeter wave communication technology in 5G is the core technology of the new generation network. Research on 5G networks faces many challenges in deploying real-life models to evaluate effectiveness. To resolve those issues, the article introduced the mmWave module integrated in the NS-3 network simulation toolkit to simulate and evaluate 5G network performance. The mmWave module is applied to simulate 5G network scenarios with the signal-to-noise ratio parameter SINR (Signal Interference + Noise Ration), thereby evaluating the wave quality from the base station to the terminal users to determine the most optimal location to build the base station.

Keywords: Internet of Things; millimeter Wave; 5G network; network simulator; NS-3.