

UNIVERSITY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY
FACULTY OF ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS



MẠNG TRUYỀN THÔNG MÁY TÍNH 2
MÔ PHỎNG VÀ ĐÁNH GIÁ SỰ SUY HAO LAN TRUYỀN 4G
TRONG CÁC MÔI TRƯỜNG KHÁC NHAU

Học phần : 2122I_ELT2031E_20

Giảng viên : Lâm Sinh Công

Nhóm : 9

Thành viên : 1. Lê Hiếu Minh MSV: 19021487

2. Kiều Quang Hùng MSV: 19021462

3. Nguyễn Danh Duy MSV: 19021466

4. Vũ Văn Thái MSV: 19021513

5. Nguyễn Mạnh Hùng MSV: 19021461

Hà Nội – Tháng 1, năm 2022

Lời mở đầu

Xã hội chúng ta càng ngày càng phát triển dẫn đến mọi mặt trong cuộc sống cũng thay đổi theo chiều hướng đi lên, ngành công nghệ nói chung và ngành mạng truyền thông nói riêng cũng không ngoại lệ. Và nhóm em, sau khi được sự hướng dẫn của thầy Lâm Sinh Công trong môn học Mạng truyền thông máy tính II, đã tìm hiểu và khám phá được nhiều lĩnh vực, kiến thức mới, bổ ích cho quá trình phát triển bản thân sau này.

Và với môn học này, nhóm em đã quyết định khám phá về chủ đề : “ Mô phỏng và đánh giá sự suy hao lan truyền 4G trong các môi trường khác nhau ” để kết thúc học phần.

Nhóm em cảm thấy rất thú vị, cuốn hút và cũng muốn thử sức nghiên cứu chủ đề này, sau một thời gian làm việc nhóm, nghiên cứu, tham khảo, chúng em đã hoàn thành đề tài.

MỤC LỤC

| | |
|---|----|
| Lý thuyết..... | 4 |
| I. Thành phần..... | 4 |
| II. Phương thức truyền..... | 5 |
| III. Môi trường ảnh hưởng đến 4G | 6 |
| 1. Pathloss model | 6 |
| 2. Free space path loss | 6 |
| 3. Flat parch path loss | 6 |
| 4. Empirical path loss model(Okumura – Hata Model)..... | 7 |
| Thực nghiệm..... | 9 |
| I. Chuẩn bị..... | 9 |
| 1. Công cụ mô phỏng | 9 |
| 2. Yếu tố đầu vào..... | 9 |
| II. Code | 10 |
| 1. Link Code | 10 |
| 2. Mô hình suy hao | 10 |
| a. Friis Propagation Loss Model..... | 10 |
| b. Itu R1411 LOS Propagation Loss Model..... | 10 |
| c. Itu R1411 NLOS Over Rooftop Propagation Loss Model | 11 |
| III. Thực hiện..... | 12 |
| 1. Đo khoảng cách | 12 |
| 2. Friis..... | 12 |
| 3. Itu los | 13 |
| 4. Itu nlos | 13 |
| IV. Nhận xét..... | 14 |
| V. Kết luận..... | 15 |
| VI. Phân công công việc..... | 16 |
| VII. Tài liệu tham khảo..... | 16 |

Lý thuyết

I. Thành phần

- Mạng LTE có 3 thành phần chính:

+) Thiết bị Người dùng (UE).

+) Mạng truy cập vô tuyến mặt đất UMTS đã phát triển (E-UTRAN).

+) Lõi gói phát triển (EPC)

- Về Thiết bị Người dùng (UE):

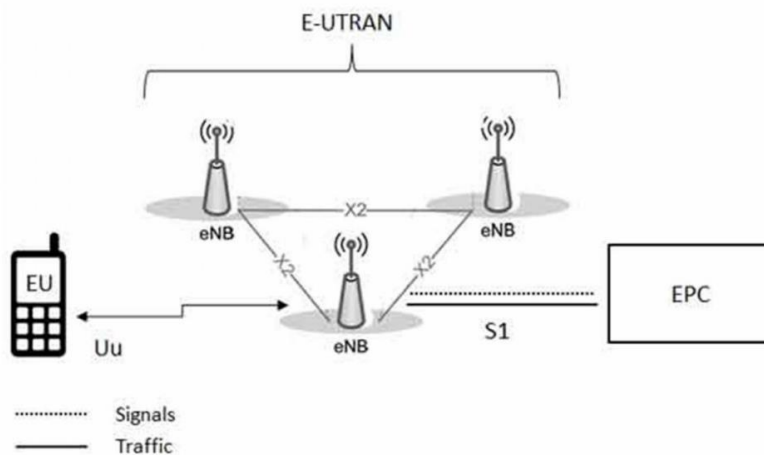
- Đầu cuối Di động (MT): Kiểm soát các chức năng liên lạc.

- Thiết bị đầu cuối (TE): Kết thúc luồng dữ liệu.

- Thẻ mạch tích hợp đa năng (UICC): được gọi là thẻ SIM cho thiết bị LTE, chạy ứng dụng Mô-đun nhận dạng thuê bao phổ quát (USIM)

- E-UTRAN eNB là một trạm gốc điều khiển các UE trong một / nhiều ô. BS giao tiếp với MS được gọi là phục vụ eNodeB.

The E-UTRAN (The access network)

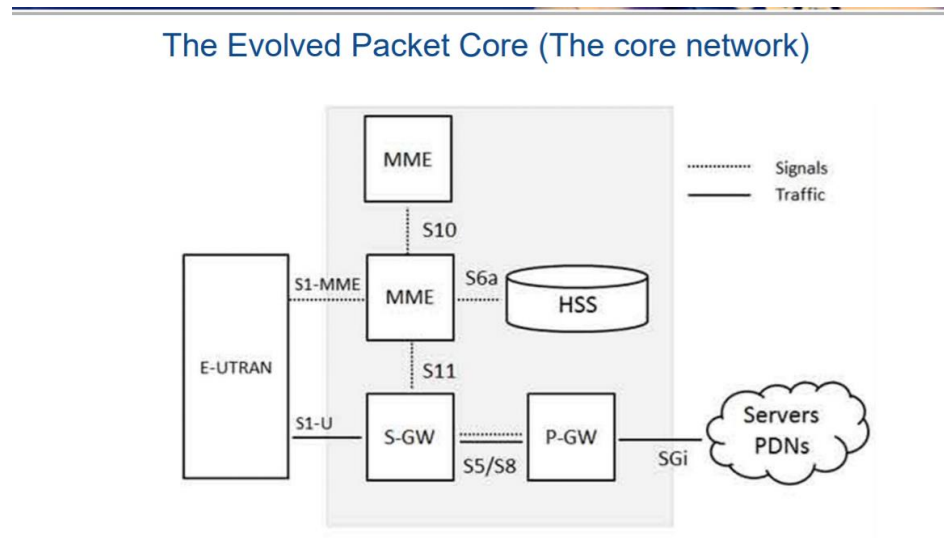


- eNodeB chịu trách nhiệm về tất cả các chức năng liên quan đến radio:

- +) Quản lý tài nguyên vô tuyến: điều khiển sóng vô tuyến, điều khiển thu nhận vô tuyến, điều khiển di động vô tuyến, lập lịch và phân bổ động tài nguyên cho các UE ở cả đường lên và đường xuống.

- +) Nén tiêu đề: nén tiêu đề gói IP mà mặt khác có thể đại diện cho chi phí đáng kể, đặc biệt là đối với các gói nhỏ như VoIP.

- +) Bảo mật: Tất cả dữ liệu được gửi qua giao diện vô tuyến đều được mã hóa.
- +) Định vị: cung cấp các phép đo cần thiết và các dữ liệu khác cho E-SMLC và hỗ trợ E-SMLC tìm vị trí của UE.
- +) Nén tiêu đề IP và mã hóa luồng dữ liệu người dùng.
- +) Khả năng kết nối với EPC.



II. Phương thức truyền

- Không giống như 3G, dựa trên hai cơ sở hạ tầng song song gồm các nút mạng chuyển mạch kênh và chuyển mạch gói, 4G chỉ dựa trên chuyển mạch gói. Điều này yêu cầu truyền dữ liệu có độ trễ thấp.

- Định nghĩa: Chuyển mạch gói là việc chuyển các phần dữ liệu nhỏ qua nhiều mạng khác nhau. Các khối dữ liệu hoặc “gói” này cho phép truyền dữ liệu nhanh hơn, hiệu quả hơn.

Thông thường, khi người dùng gửi một tệp qua mạng, nó sẽ được chuyển trong các gói dữ liệu nhỏ hơn, không phải trong một phần. Ví dụ, một tệp 3MB sẽ được chia thành các gói, mỗi gói có tiêu đề gói bao gồm địa chỉ IP gốc, địa chỉ IP đích, số lượng gói trong toàn bộ tệp dữ liệu và số thứ tự.

- Hai loại chuyển mạch gói chính:

+) Chuyển mạch gói không kết nối. Kiểu chuyển mạch gói cổ điển này bao gồm nhiều gói, mỗi gói được định tuyến riêng lẻ.

+) Chuyển mạch gói hướng kết nối. Trong chuyển mạch gói hướng kết nối, còn được gọi là chuyển mạch kênh ảo hoặc chuyển mạch kênh, các gói dữ liệu được tập hợp đầu tiên và sau đó được đánh số.

- Mất gói: Khi truy cập internet hoặc bất kỳ mạng nào, các đơn vị dữ liệu nhỏ gọi là gói được gửi và nhận. Khi một hoặc nhiều gói tin này không đến được đích dự kiến của nó.

- Đối với người dùng, mất gói biểu hiện dưới dạng gián đoạn mạng, dịch vụ chậm và thậm chí là mất toàn bộ kết nối mạng.

III. Môi trường ảnh hưởng đến 4G

1. Pathloss model

Đây là yếu tố lớn nhất dẫn đến sự suy hao trên đường truyền

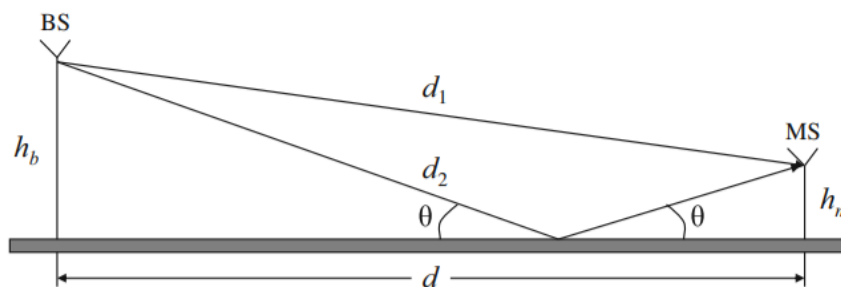
Nó dựa vào tần số, chiều cao antenna, khoảng cách và địa hình

2. Free space path loss

$$\begin{aligned} L_{FS} \text{ (dB)} &= 10\log_{10} \left\{ \frac{\Omega_t}{\Omega_p(d)} \right\} = 10\log_{10} \left\{ \left(\frac{4\pi d}{\lambda_c} \right)^2 \right\} \\ &= 10\log_{10} \left\{ \left(\frac{4\pi df_c}{c} \right)^2 \right\} \\ &= 20\log_{10}\{f_c\} + 20\log_{10}\{d\} - 147.55 \text{ dB.} \end{aligned}$$

3. Flat parch path loss

Mô hình mất mát là một mô hình giả định lan truyền trên một bề mặt phản xạ phẳng, trái đất,



$$L_{FE} \text{ (dB)} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{\Omega_t}{\mu \Omega_p} \right\}$$

$$= -10 \log_{10} \left\{ 4 \left(\frac{\lambda_c}{4\pi d} \right)^2 \sin^2 \left(\frac{2\pi h_b h_m}{\lambda_c d} \right) \right\} \text{ dB}$$

4. Empirical path loss model(Okumura – Hata Model)

Mô hình thực nghiệm của Hata rất đơn giản để sử dụng, và phân biệt giữa các mức độ đô thị hóa khác nhau

Tần số sóng mang $1500 \leq f_c \leq 2000 \text{ MHz}$

Chiều cao BS: $30 \leq h_b \leq 200 \text{ m}$

Chiều cao MS $1 \leq h_m \leq 10 \text{ (m)}$

Khoảng cách giữa MS và BS $1 \leq d \leq 20 \text{ (km)}$

$$L_p \text{ (dB)} = \begin{cases} A + B \log_{10}\{d\} & \text{for urban area} \\ A + B \log_{10}\{d\} - C & \text{for suburban area} \\ A + B \log_{10}\{d\} - D & \text{for open area} \end{cases}$$

Where

$$A = 69.55 + 26.16 \log_{10}\{f_c\} - 13.82 \log_{10}\{h_b\} - a(h_m)$$

$$B = 44.9 - 6.55 \log_{10}\{h_b\}$$


$$C = 5.4 + 2 (\log_{10}\{f_c/28\})^2$$

$$D = 40.94 + 4.78 (\log_{10}\{f_c\})^2 - 18.33 \log_{10}\{f_c\}$$

$$a(h_m) = \begin{cases} (1.1 \log_{10}\{f_c\} - 0.7) h_m - (1.56 \log_{10}\{f_c\} - 0.8) & \text{for medium or small city} \\ \begin{cases} 8.28 (\log_{10}\{1.54 h_m\})^2 - 1.1 & \text{for } f_c \leq 200 \text{ MHz} \\ 3.2 (\log_{10}\{11.75 h_m\})^2 - 4.97 & \text{for } f_c \geq 400 \text{ MHz} \end{cases} & \text{for large city} \end{cases}$$

* Mobility and Doppler shift

Doppler frequency:


$$f_k = \frac{v \cos(\beta)}{\lambda} = f_m \cos(\beta)$$

Doppler lay lan: BD được định nghĩa là "băng thông" của phổ Doppler. Đó là một thước đo mở rộng quang phổ do tính chất khác nhau của kênh

Thời gian liên lạc: $TC \propto 1/B_D$ được sử dụng để mô tả tính chất thay đổi thời gian của sự phân tán tần số của kênh trong miền thời gian

Fading effects due to Doppler spread: determined by mobile speed and signal bandwidth. Let baseband signal bandwidth be B_S and symbol period T_S , then

Hiệu ứng mờ dần do lay lan Doppler: được xác định bởi tốc độ di động và băng thông tín hiệu. Hãy để băng thông tín hiệu băng thông là B_S và chu kỳ T_S , sau đó

- “Slow fading” channel: $T_S \ll TC$ or $B_S \gg B_D$, băng thông tín hiệu lớn hơn nhiều so với trải Doppler và ảnh hưởng của lan truyền Doppler là không đáng kể
- Slow fading: $T_S \ll T_c$ hoặc $B_S \gg B_d$, băng thông tín hiệu lớn hơn nhiều so với chênh lệch Doppler và hiệu ứng của sự lay lan Doppler không đáng kể
- “Fast fading” channel: $T_S > TC$ hoặc $B_S < b_d$, kênh thay đổi nhanh chóng trong một chu kỳ T_s

Thực nghiệm

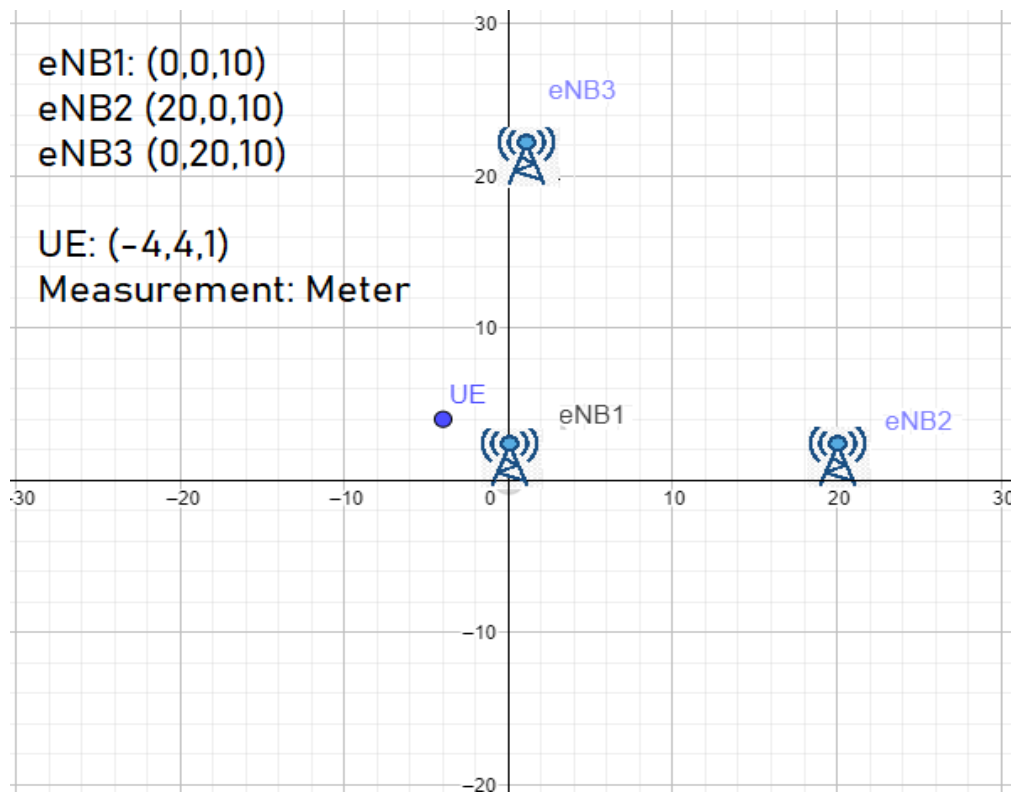
I. Chuẩn bị

1. Công cụ mô phỏng

- Phần mềm : ns3.35
- Code ví dụ: lena-pathloss-traces.cc

2. Yếu tố đầu vào

- Mô phỏng 3 trạm phát ở độ cao 10m đặt theo hình dưới
- Mô phỏng 1 UE tại độ cao 1m, trạng thái đứng yên ở vị trí theo hình dưới
- Thực hiện trong 3 mô hình pathloss:
 - + Friss Propagation Loss Model
 - + Itu R1411 LOS Propagation Loss Model
 - + Itu R1411 NLOS Over Rooftop Propagation Loss Model
- Thông số khác:
 - + Frequency: 5GHz
 - + Environment: SubUrban
 - + CitySize: Large
 - + RooftopLevel: 5
 - + StreetsWidth: 4



II. Code

1. Link Code

<https://drive.google.com/file/d/1dgDEm49LqPjqVm6kMGntI7ux5bWeyhWW/view?usp=sharing>

2. Mô hình suy hao

a. Friis Propagation Loss Model

Đây là mô hình suy hao Line-of-sight đơn giản được tính toán theo công thức
Phương trình gốc được mô tả: $\frac{Pr}{Pt} = \frac{Ar.At}{(d\lambda)^2}$ với phương trình sau cho trường hợp
anten truyền đẳng hướng và không bị mất nhiệt $A_{iost} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$
Từ đó ta có công thức tuyến tính cuối cùng đánh ra sự mất mát:

$$Pr = \frac{GtGrPt.\lambda^2}{(4\pi d)^2 L}$$

Với: Gt,Gr: độ gọn lần lượt ở nơi phát và thu

Pt,Pr: công suất nhận được ở trạm thu và phát

Lambda: bước sóng $\lambda = C/f$

d khoảng cách giữa 2 trạm phát

L mất mát trên hệ thống

Thuộc tính cơ bản

- Tần số:: tần số sóng mang lan truyền mặc định là 5.15 Ghz
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại double: -1.79769e+308:1.79769e+308
Giá trị khởi tạo: 5.15e+09
- Mất mát hệ thống
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại double : -1.79769e+308:1.79769e+308
Giá trị khởi tạo: 1
- Khoảng cách nhỏ nhất: Khoảng cách tối thiểu mà mô hình có xảy ra kết quả(m)
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại double: -1.79769e+308:1.79769e+308
Giá trị khởi tạo: 0.5

b. Itu R1411 LOS Propagation Loss Model

- Mô hình suy hao Line-of-sight thực nghiệm (empirical) truyền tin khoảng cách ngắn trong khoảng tần số từ 300MHz – 100GHz

Thuộc tính cơ bản

- Tần số sóng mang
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại double: -1.79769e+308:1.79769e+308
Giá trị khởi tạo: 2.16e+09

c. Itu R1411 NLOS Over Rooftop Propagation Loss Model

- Mô hình suy hao Non Line-of-sight thực nghiệm truyền tin khoảng cách ngắn trong khoảng tần số từ 300MHz – 100GHz

- Thuộc tính cơ bản :

- Tần số sóng mang mặc định là 2.106 Ghz
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại cơ bản: double: -1.79769e+308:1.79769e+308
Giá trị khởi tạo: 2.16e+09
- Môi trường
Trong lớp: ns3::enumvalue
Loại môi trường: đô thị, ngoại ô, nông thôn
Giá trị ban đầu: đô thị
- Kích thước của môi trường λ
Trong lớp: ns3::enumvalue
Loại: nhỏ, trung bình, lớn
Giá trị khởi tạo: lớn
- Chiều cao của nhà
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại cơ bản: double: 0:90
Giá trị khởi tạo: 20
- Độ rộng của đường
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại cơ bản: double: 0:1000
Giá trị khởi tạo: 20
- Khoảng cách giữa các tòa nhà
Trong lớp: ns3::doublevalue
Loại cơ bản: double: -1.79769e+308:1.79769e+308
Giá trị khởi tạo: 80
- Sự tách biệt giữa các tòa nhà
Trong lớp: ns3::doublevalue

Loại cơ bản: double: -1.79769e+308:1.79769e+308

Giá trị khởi tạo: 50

- Với mô hình này, nhóm quyết định chọn thông số:
 - + Environment: SubUrban (ngoại ô)
 - + CitySize: Large
 - + RooftopLevel: 5 (Độ cao trung bình các toà nhà)
 - + StreetsWidth: 40 (Độ rộng đường phố)
 - + Những thông số khác sử dụng mặc định của ns3

III. Thực hiện

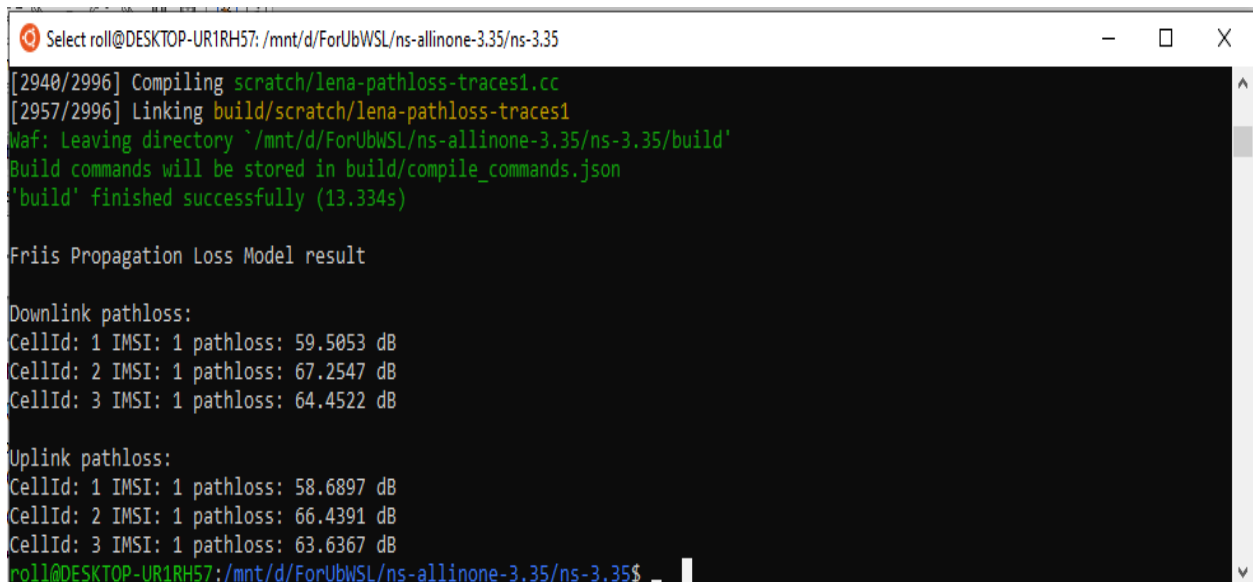
1. Đo khoảng cách

- Từ tọa độ ta thu được khoảng cách từ UE đến các eNB:

| | E1 | E2 | E3 |
|----|--------|--------|--------|
| ue | 10.63m | 25.94m | 18.79m |

2. Friis..

```
lteHelper->SetAttribute ("PathlossModel", StringValue ("ns3::FriisPropagationLossModel"));
lteHelper->SetPathlossModelAttribute ("Frequency", DoubleValue (2000000000));
```



```
Select roll@DESKTOP-UR1RH57: /mnt/d/ForUbsWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35
[2940/2996] Compiling scratch/lena-pathloss-traces1.cc
[2957/2996] Linking build/scratch/lena-pathloss-traces1
Waf: Leaving directory `/mnt/d/ForUbsWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (13.334s)

Friis Propagation Loss Model result

Downlink pathloss:
CellId: 1 IMSI: 1 pathloss: 59.5053 dB
CellId: 2 IMSI: 1 pathloss: 67.2547 dB
CellId: 3 IMSI: 1 pathloss: 64.4522 dB

Uplink pathloss:
CellId: 1 IMSI: 1 pathloss: 58.6897 dB
CellId: 2 IMSI: 1 pathloss: 66.4391 dB
CellId: 3 IMSI: 1 pathloss: 63.6367 dB
roll@DESKTOP-UR1RH57: /mnt/d/ForUbsWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35$
```

| CellId/1pathloss(dB) | 1 | 2 | 3 |
|----------------------|---------|---------|---------|
| Downlink pathloss | 59.5053 | 67.2547 | 64.4522 |
| Uplink pathloss | 58.6897 | 66.4391 | 63.6367 |

Friis Propagation Loss Model result

3. Itu los

```
lteHelper->SetAttribute ("PathlossModel", StringValue ("ns3::ItuR1411LosPropagationLossModel"));
lteHelper->SetPathlossModelAttribute ("Frequency", DoubleValue (2000000000));
```

```
roll@DESKTOP-UR1RH57: /mnt/d/ForUbWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35$ ./waf --run scratch/lena-pathloss-traces1.cc
Waf: Entering directory `/mnt/d/ForUbWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35/build'
Waf: Leaving directory `/mnt/d/ForUbWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (5.536s)

Itu R1411 Los Propagation Loss Model result

Downlink pathloss:
CellId: 1 IMSI: 1 pathloss: 59.9221 dB
CellId: 2 IMSI: 1 pathloss: 68.6401 dB
CellId: 3 IMSI: 1 pathloss: 65.4874 dB

Uplink pathloss:
CellId: 1 IMSI: 1 pathloss: 59.2085 dB
CellId: 2 IMSI: 1 pathloss: 67.9265 dB
CellId: 3 IMSI: 1 pathloss: 64.7738 dB
roll@DESKTOP-UR1RH57: /mnt/d/ForUbWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35$
```

| CellId/1pathloss(dB) | 1 | 2 | 3 |
|----------------------|---------|---------|---------|
| Downlink pathloss | 59.9221 | 68.6401 | 65.4874 |
| Uplink pathloss | 59.2085 | 67.9265 | 64.7738 |

Itu R1411 Los Propagation Loss Model result

4. Itu nlos

```
lteHelper->SetAttribute ("PathlossModel", StringValue ("ns3::ItuR1411NlosOverRooftopPropagationLossModel"));
lteHelper->SetPathlossModelAttribute ("Frequency", DoubleValue (2000000000));
lteHelper->SetPathlossModelAttribute ("Environment", StringValue ("SubUrban"));
lteHelper->SetPathlossModelAttribute ("CitySize", StringValue ("Large"));
lteHelper->SetPathlossModelAttribute ("RooftopLevel", DoubleValue (5));
lteHelper->SetPathlossModelAttribute ("StreetsWidth", DoubleValue (40));
```

```

roll@DESKTOP-UR1RH57: /mnt/d/ForUWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35
[2940/2996] Compiling scratch/lena-pathloss-traces1.cc
[2957/2996] Linking build/scratch/lena-pathloss-traces1
Waf: Leaving directory '/mnt/d/ForUWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35/build'
Build commands will be stored in build/compile_commands.json
'build' finished successfully (13.016s)

Itu R1411 NLos Over Rooftop Propagation Loss Model result

Downlink pathloss:
CellId: 1 IMSI: 1 pathloss: 63.761 dB
CellId: 2 IMSI: 1 pathloss: 78.4848 dB
CellId: 3 IMSI: 1 pathloss: 73.1603 dB

Uplink pathloss:
CellId: 1 IMSI: 1 pathloss: 63.9607 dB
CellId: 2 IMSI: 1 pathloss: 78.6845 dB
CellId: 3 IMSI: 1 pathloss: 73.3599 dB
roll@DESKTOP-UR1RH57: /mnt/d/ForUWSL/ns-allinone-3.35/ns-3.35$

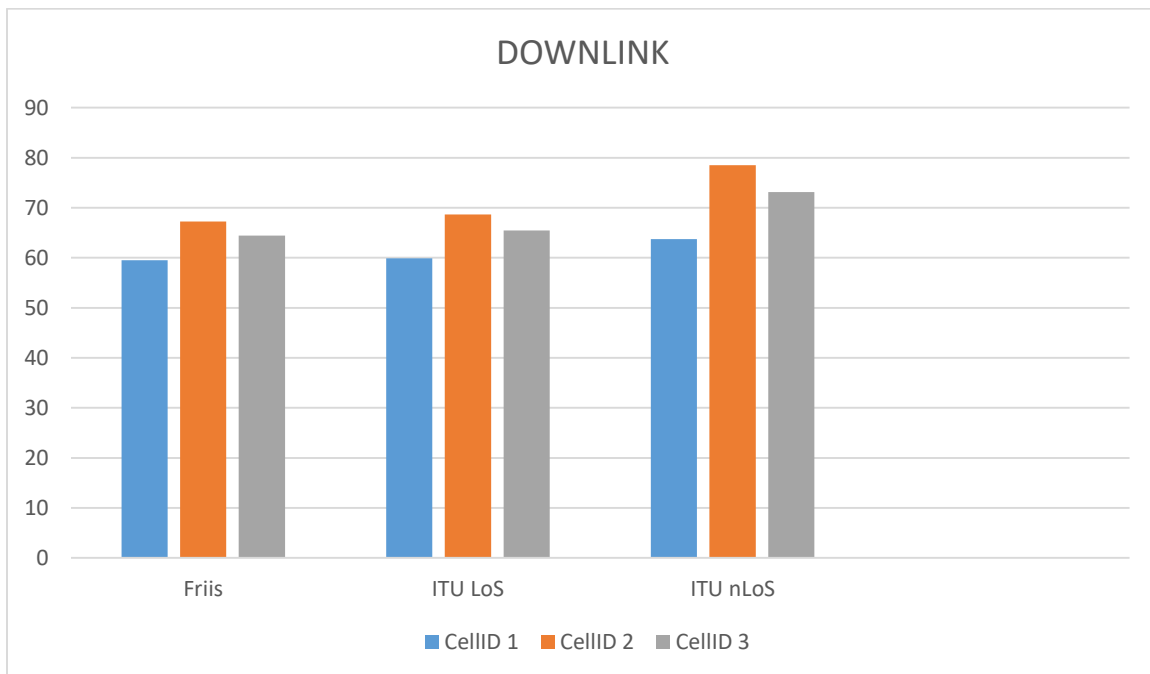
```

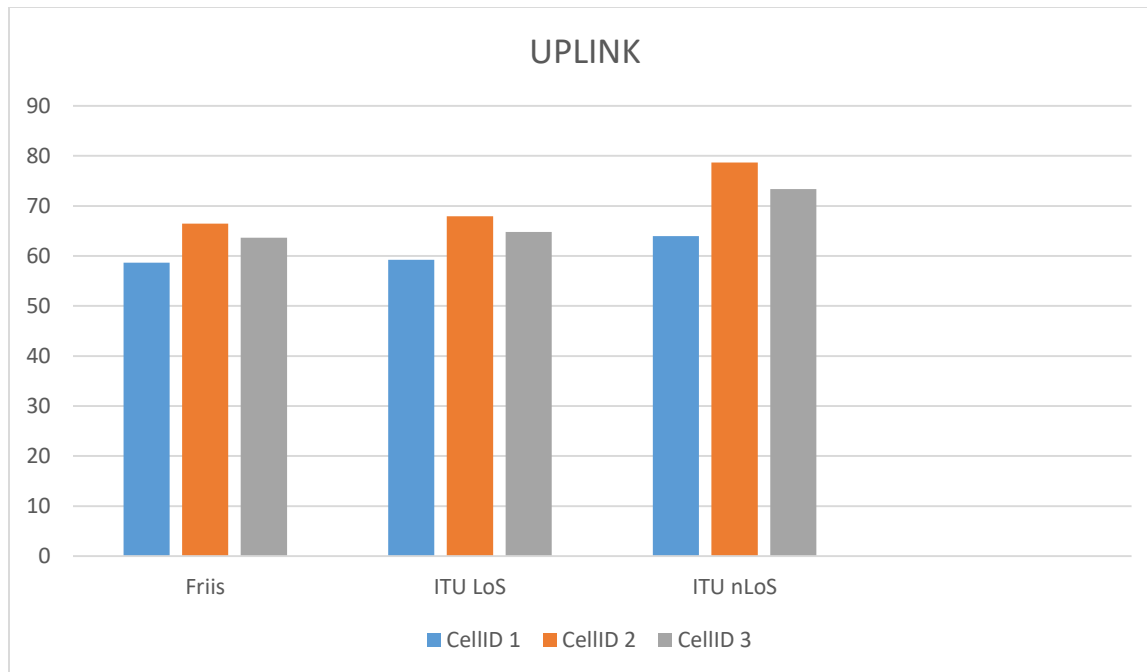
| Celld/1pathloss(dB) | 1 | 2 | 3 |
|---------------------|---------|---------|---------|
| Downlink pathloss | 63.7610 | 78.4848 | 73.1603 |
| Uplink pathloss | 63.9607 | 78.6845 | 73.3599 |

Itu R1411 Nlos Over Rooftop Propagation Loss Model result

IV. Nhận xét

Biểu đồ của 3 môi trường trong mỗi eNodeB:





- Nhìn vào biểu đồ, có thể thấy với thông số đã chọn thì các mô hình đều có sự chênh lệch với nhau qua trong cả 2 trường hợp đường xuống và đường lên.

- Khoảng cách tính được từ UE đến các eNodeB:

| | eNodeB1 | eNodeB2 | eNodeB3 |
|----|---------|---------|---------|
| UE | 10.63m | 25.94m | 18.79m |

- Trong cả đường xuống và đường lên, cả ba mô hình đều cho thấy chung quy luật: quãng đường càng dài thì pathloss càng tăng. Do đó, suy hao từ UE đến enodeB1 luôn ít nhất và suy hao đến enodeB2 luôn lớn nhất.

- Mô hình Friis và ITU LoS tuy cùng là mô hình cho trường hợp Line-of-Sight nhưng cho ra kết quả khác nhau. Suy hao đo được từ ITULoS lớn hơn Friis 0.41~1.36dB.

- Mô hình ITU nLoS có suy hao đo được lớn nhất so với cả ba mô hình, tăng từ 3.59~9.84dB.

V. Kết luận

- Đường xuống suy hao nhiều hơn đường lên một lượng nhỏ :
 - + do tần số tín hiệu ảnh hưởng trực tiếp tới độ suy giảm của tín hiệu
 - + tần số tín hiệu càng cao thì độ suy hao càng lớn và yêu cầu mức công suất cao hơn
- Friis là mô hình lý thuyết, tạo nền tảng bước đầu cho tính toán truyền tin nhưng không phù hợp vs thực tế.
- Yếu tố môi trường và vật cản có ảnh hưởng lớn tới việc truyền tin. Thế nên trạm phát cần phải được lắp đặt tại vị trí cao và thoáng để giảm bớt vật cản.

VI. Phân công công việc

- Tìm và tổng hợp thông tin : Lê Hiếu Minh, Kiều Quang Hùng
- Code : Lê Hiếu Minh
- So sánh số liệu, nhận xét, kết luận : Nguyễn Danh Huy, Nguyễn Mạnh Hùng, Vũ Văn Thái
- Báo cáo lý thuyết : Nguyễn Mạnh Hùng, Kiều Quang Hùng
- Báo cáo mô phỏng : Lê Hiếu Minh
- Chỉnh sửa, rà soát : Vũ Văn Thái, Nguyễn Danh Huy

VII. Tài liệu tham khảo

1. https://coe.northeastern.edu/research/krclab/crens3-doc/group_propagation.html?fbclid=IwAR3eHbjmstmr2LGSy6h75gkbHhdTm_MZ-xLpO7Sta2ccnKZZGG6q-BiDx3Yv
2. <https://www.nsnam.org/docs/models/html/lte-user.html?fbclid=IwAR2AUxXKo8dLyXtFydiaUwYY1Y3rzjsaxvb56rtFRoy3Y29coPbZiJSFnCo>
3. <https://www.ccicom.com/product/4g-lte-wireless-backup/#:~:text=CCI%20provides%20business%20with%20a,with%20a%204G%20LTE%20Backup.&text=CCI's%20wireless%20backup%20router%20comes,Mo dem%20and%20your%20existing%20router.>
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Co-channel_interference

Lời cảm ơn

Cuối cùng nhóm em cũng đã hoàn thành chủ đề để kết thúc môn học, và trong quá trình tìm hiểu, làm việc, hoàn thiện, có thể có những sai sót không tránh khỏi. Cảm ơn thầy Lâm Sinh Công và các bạn trong lớp đã giúp nhóm em tiếp nhận những kiến thức mới, bổ ích để có thể hoàn thành học phần.

Xin chân thành cảm ơn !

-Hết-