



ĐẠI HỌC
BÁCH KHOA HÀ NỘI
HANOI UNIVERSITY
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Hệ thống nhúng và thiết kế giao tiếp nhúng Xây dựng và Thử nghiệm LPWA với Lora

GVHD: TS. Đào Việt Hùng **Nhóm 2 (GGWP)**

Thành viên: Đặng Trung Kiên	20224423
Vũ Lâm Huy	20224438
Nguyễn Quang Phú	20224451
Nguyễn Duy Tùng	20224463
Nguyễn Minh Đức	20203895

ONE LOVE. ONE FUTURE.

1. Giới thiệu đề tài
2. Lựa chọn linh kiện
3. Thử nghiệm
4. Kết luận và hướng phát triển

1. Giới thiệu đề tài

- LoRa (Long Range) là một công nghệ truyền thông không dây tầm xa, tiêu thụ năng lượng thấp, sử dụng băng tần không cần cấp phép. Có thể truyền dữ liệu hàng chục km trong điều kiện lý tưởng và hoạt động trong nhiều môi trường.
- Mục đích đề tài này tập trung vào việc xây dựng một hệ thống truyền dữ liệu đơn giản sử dụng LoRa, đồng thời thực hiện các thử nghiệm thực tế để đánh giá khả năng truyền sóng trong nhiều môi trường, điều kiện khác nhau .

2. Lựa chọn linh kiện

Mô đun SX1278 LoRa Ra02

Tổng quan thông số:

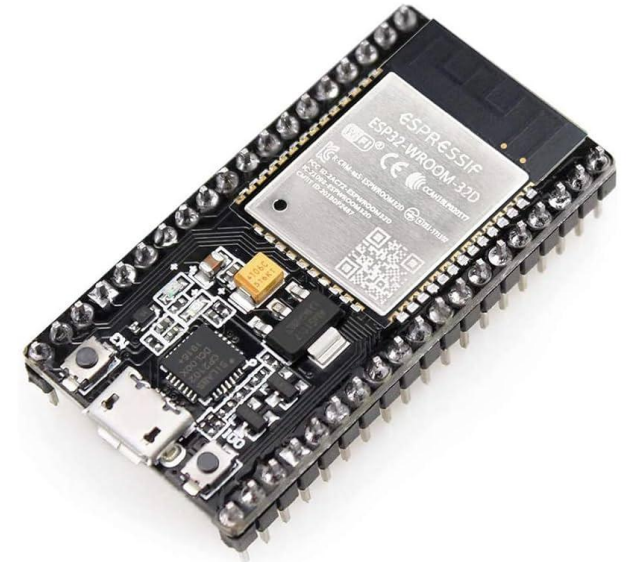
- Điện áp hoạt động: 2.3 - 5.5 VDC
- Điện áp giao tiếp: TTL-3.3V
- Giao tiếp UART Data tốc độ từ 1200 - 115200
- Tần số: 410 - 441Mhz
- Công suất: 20dbm (100mW)



2. Lựa chọn linh kiện

Esp 32

- Có 2 core, tốc độ lên tới 240 MHz.
- RAM: 520 KB SRAM + Flash ngoài (thường 4MB).
- Hỗ trợ SPI, I2C, UART, ADC, DAC...



2. Lựa chọn linh kiện

Anten 12dBi và 5dBi

- Tần số hoạt động: 433 MHz
- Hỗ trợ điều chế: LoRa, FSK, GFSK.
- Khoảng cách truyền lý thuyết: 2–5 km trong điều kiện lý tưởng, thực tế vài trăm mét đến vài km tùy anten.
- Hỗ trợ SPI giao tiếp với ESP32.
- Tích hợp đầu nối IPEX1 để gắn anten ngoài.



Đầu chuyển đổi SMA sang IPEX

Kết nối anten chuẩn SMA sang IPEX1

Trở kháng dây: 50 ohm

Loại cáp : RG1.13



3. Thử nghiệm

Các kịch bản đã thử nghiệm

1.Thử nghiệm trong phòng

2.Thử Nghiệm ngoài trời

2.1 Thử nghiệm ngoài trời trong đô thị (Hồ Tây)

2.2 Thử nghiệm ngoài trời trong môi trường đồng ruộng thoáng, tương đối lý tưởng (Đê sông Nhuệ)

3.Thử nghiệm gần các trạm phát sóng

3.1 Thử nghiệm dưới chân trạm phát sóng(Trạm phát sóng VTC cạnh CV thống nhất)

3.2 Thử nghiệm cách trạm phát sóng 100m (Công viên thống nhất)

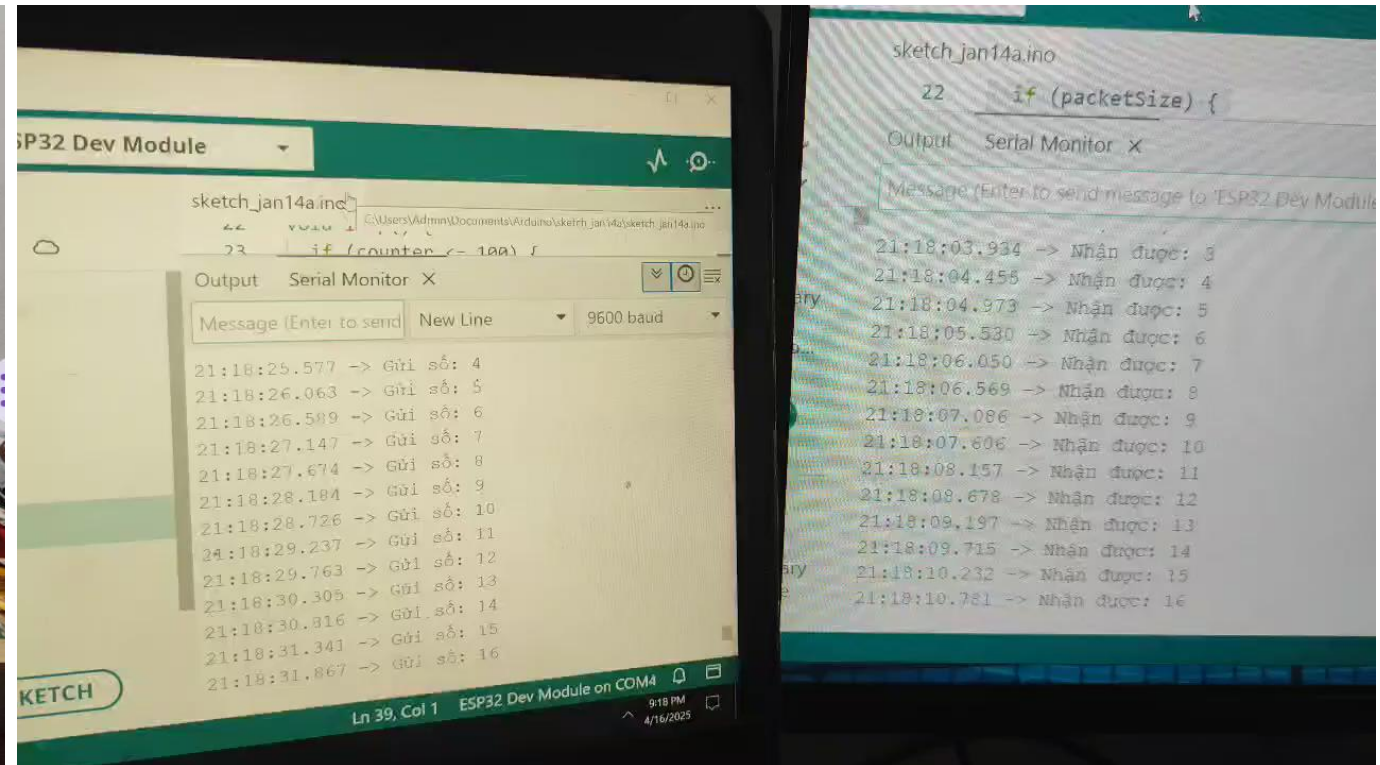
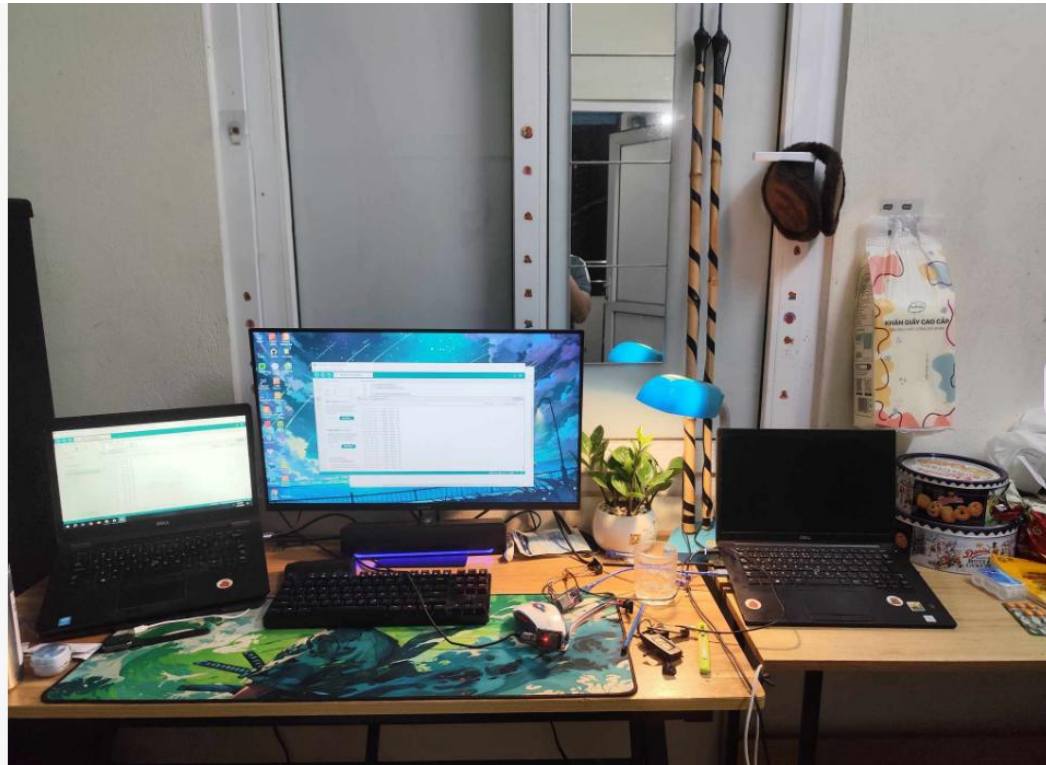
3.2.1 Thử nghiệm xuyên các tán cây, thân cây

3.2.2 Thử nghiệm xuyên qua hộp inox, chai nhựa có nước phía ngoài

4.Thử nghiệm xuyên tầng (toà Times Tower)

3. Thử nghiệm

1. Trong phòng



3. Thử nghiệm

1. Trong phòng

Quy trình thử nghiệm (Ăng ten 12dbi)

Kịch bản 1 : Test truyền nhận trong phòng (2 kí tự) với các khoảng cách 0cm, 0.5m, 1m, 6m

Địa Điểm: Trong phòng 4.2m x 6.5m

Bên gửi: Gửi **99** gói tin có nội dung từ **1** đến **99** tin

Bên nhận: Nhận các gói tin rồi in ra màn hình

3. Thử nghiệm

Kết quả đo trong phòng

Số ký tự	Khoảng cách	Tỷ lệ mất mát bản tin	Tỷ lệ lỗi nội dung
2	0m	0%	0%
2	0,5m	0%	0%
2	1m	0%	0%
2	6m	0%	0%
50	0m	0%	0%
50	0,5m	0%	0%
50	1m	0%	0%
50	6m	0%	0%

21:02:45.134 -> Nhận được: 96
21:02:45.652 -> Nhận được: 97
21:02:46.168 -> Nhận được: 98
21:02:46.687 -> Nhận được: 99
21:02:47.242 -> Nhận được: 100

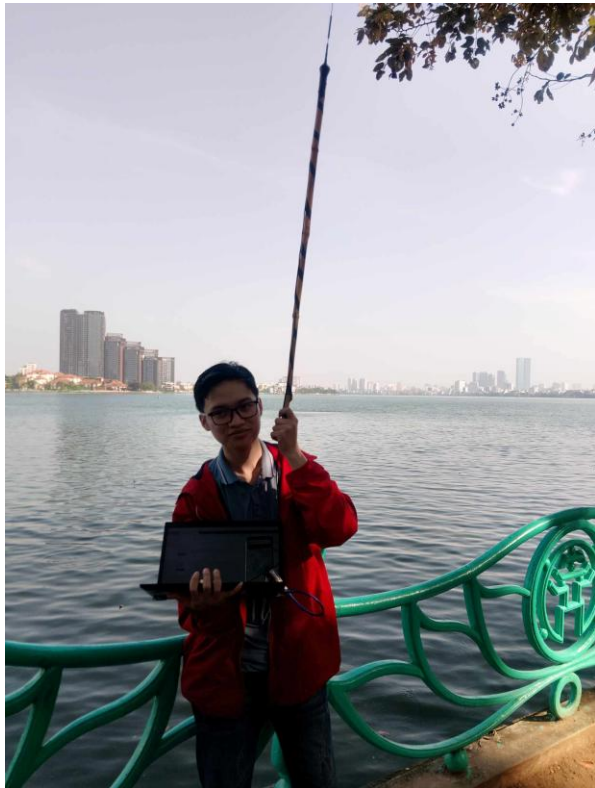
09:32:42.375 -> Nhận được: ThienHaVoDich_LoRaTruyenNhanKhongDay2025_SX127827
09:32:42.959 -> Nhận được: ThienHaVoDich_LoRaTruyenNhanKhongDay2025_SX127828
09:32:43.574 -> Nhận được: ThienHaVoDich_LoRaTruyenNhanKhongDay2025_SX127829
09:32:44.156 -> Nhận được: ThienHaVoDich_LoRaTruyenNhanKhongDay2025_SX127830
09:32:44.737 -> Nhận được: ThienHaVoDich_LoRaTruyenNhanKhongDay2025_SX127831
09:32:45.352 -> Nhận được: ThienHaVoDich_LoRaTruyenNhanKhongDay2025_SX127832



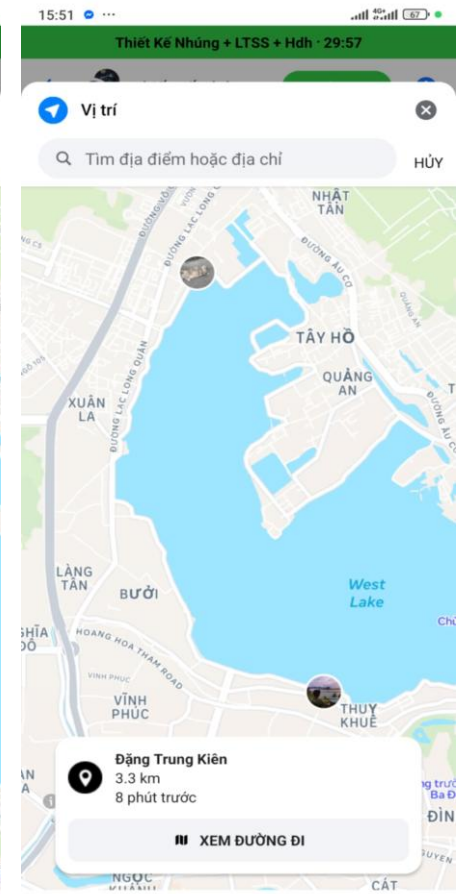
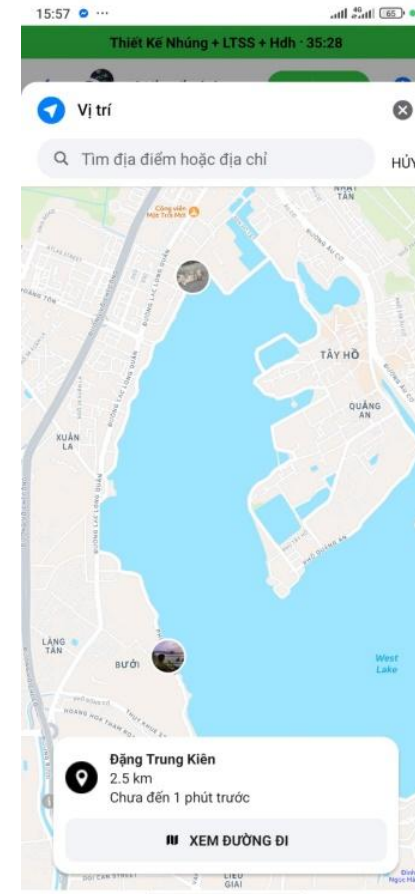
3. Thử nghiệm

2.1 Ngoài trời trong môi trường đô thị (Hồ tây)

Khi đứng yên



Khi di chuyển 10-25 (km/h)



3. Thử nghiệm

2.1 Ngoài trời trong môi trường đô thị (Hồ tây)

Địa điểm: Hồ Tây

1.Kịch bản 1: Test truyền nhận **ngoài trời** với Ăng ten **5dbi, 12dbi**.

(SF=12, BW=125kHz, CR=4/5, Tx Power 17 dBm...)

Bên gửi: Gửi 99 gói tin nội dung từ 1 đến 99

Bên nhận: **Nhận các gói tin rồi in ra màn hình.**

2.Thực hiện:

Thiết bị gửi cao 2,5m so với đất, 4m so với mặt nước đứng yên và di chuyển với tốc độ 10-25 km/h.

Thiết bị thu cao 2,5m so với đất, 4m so với mặt nước và đứng yên.

3. Thử nghiệm

2.1 Hồ Tây

Kết quả đo khi đứng yên

Số ký tự	Khoảng cách	Tỷ lệ mất mát tập tin	Tỷ lệ bị lỗi nội dung	Tỷ lệ nội dung bị lỗi của tập tin lỗi
2	500m	0 %	0 %	0 %
2	1km	5 %	0 %	0 %
2	1,9km	15%	5 %	50 %
2	2,5km	22%	20 %	60 %
2	3,3km	40%	40 %	75 %
50	500m	0 %	0 %	0 %
50	1km	5 %	5 %	10 %
50	1,5km	20%	20 %	10 %
50	2,5km	25%	50 %	20 %
50	3,3km	50%	75 %	35 %

3. Thử nghiệm

Kết quả đo khi di chuyển

Số ký tự	Khoảng cách	Tỷ lệ mất mát tập tin	Tỷ lệ bị lỗi nội dung	Tỷ lệ nội dung bị lỗi của tập tin lỗi
50	0 – 500m	10%	5%	6%
50	500m – 1km	15-20%	15%	15%
50	1km-1.5km	20-40%	37%	30%
50	1.5km-3km	40-70%	45%	40%

3. Thử nghiệm

2.2 Đê sông Nhuệ

- **Kịch bản 2:** Tương tự kịch bản 1 tuy nhiên thay đổi một số thông số cũng như tối ưu đánh đổi, đo khi đứng yên để đạt được hiệu quả truyền xa tốt nhất.
- (SF=12 Độ nhạy cao nhất, xa nhất)
- BW= 7.8 kHz Băng hẹp nhất
- CR= 4/8 Tăng chống nhiễu, giảm lỗi
- Tx Power 20 dBm Công suất lớn nhất)
- **Thiết bị phát** đặt cao 5,5m so với đê và cao 10,5m so với mặt sông
- **Thiết bị thu** đặt cao 5,5m so với đê và cao 10,5m so với mặt sông

3. Thử nghiệm

2.2 Đê sông Nhuệ

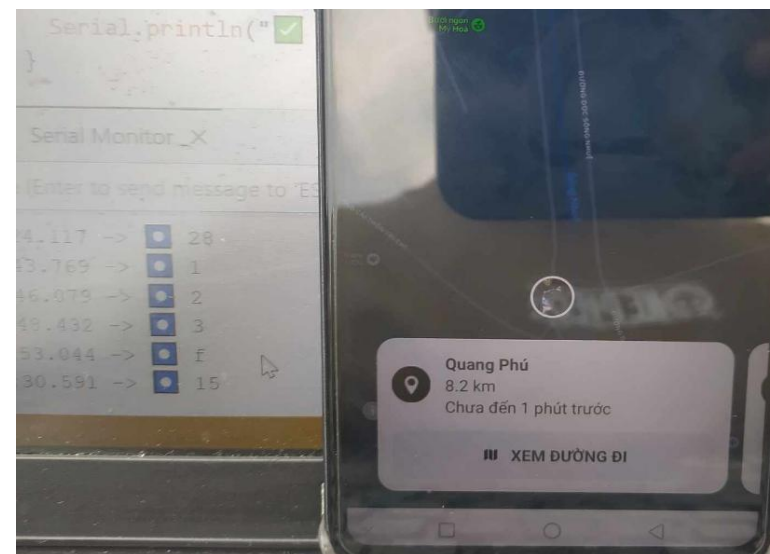
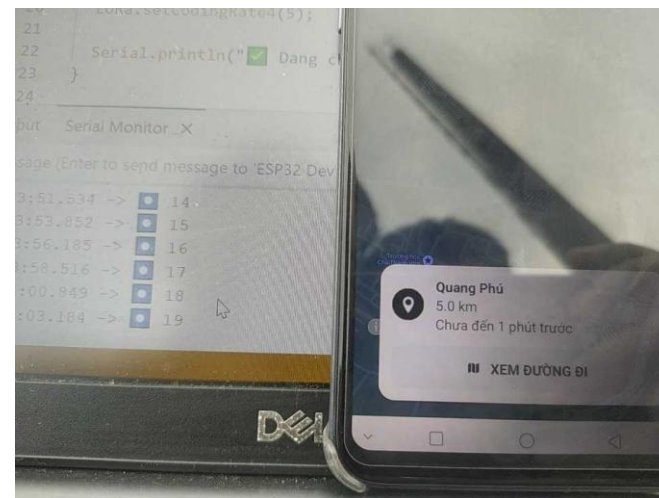
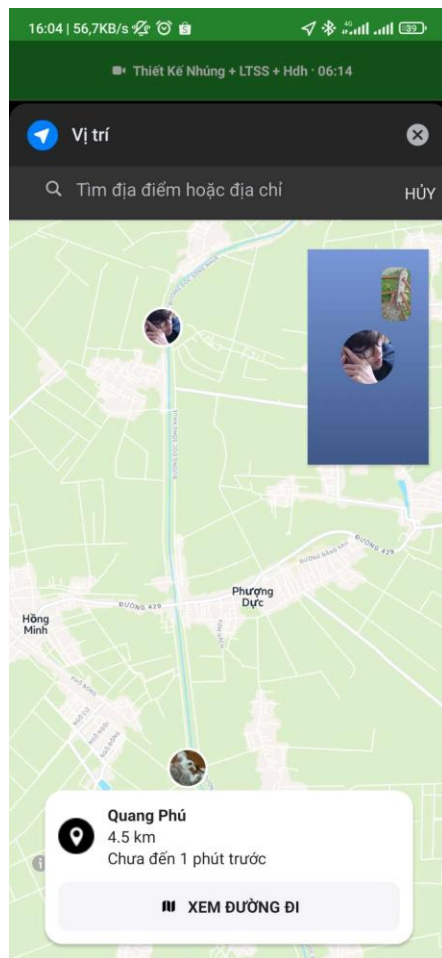


3. Thử nghiệm

2.2 Đê sông Nhuệ

- Kết quả :

- Khoảng cách truyền xa tối đa lên tới **8,2km** tuy nhiên tại khoảng cách này các tin nhận được có nhiều lỗi và tỉ lệ mất gói cao.

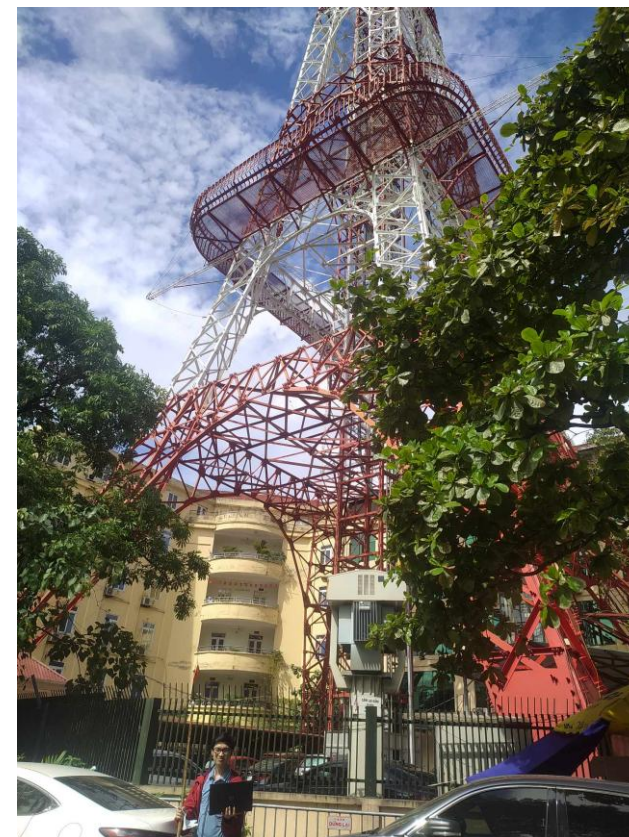


3. Thử nghiệm

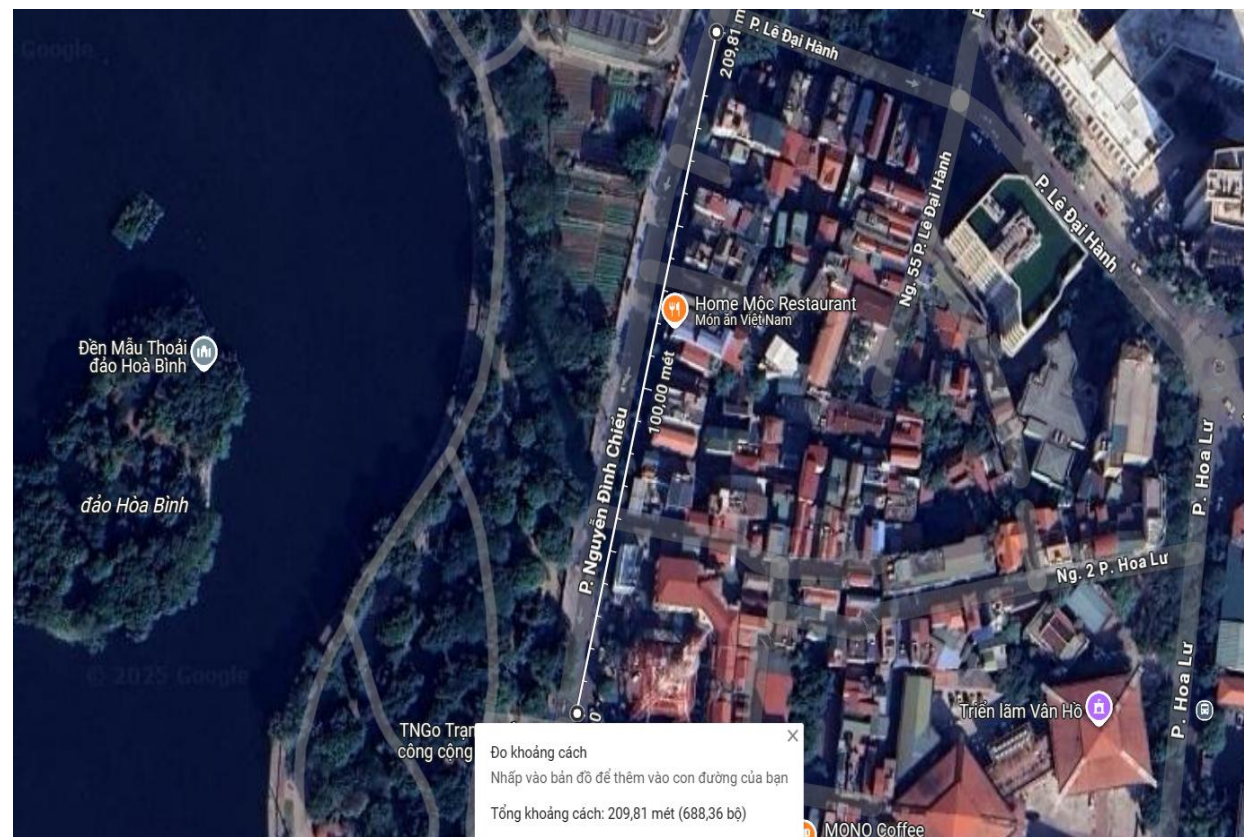
3.1. Thử nghiệm gần trạm phát sóng

Kịch bản:

- Test truyền nhận ngoài trời với anten 12 dBi (SF=12, BW= 7.8 kHz, CR= 4/8, Tx Power 20 dBm)
- Thiết bị gửi: Anten được gắn trên gậy dài 250cm, đặt cố định tại vị trí gần chân trạm phát sóng VTC nhất có thể. Đây là điểm có mức nhiễu nền cao nhất.
- Thiết bị thu: Anten được gắn trên gậy dài 250cm, bắt đầu từ vị trí gần thiết bị phát, sau đó di chuyển thẳng ra xa dần.



3. Thử nghiệm



=> **Kết quả:**

Khoảng cách truyền xa tối đa chỉ **200m** do truyền trong môi trường nhiễu cực mạnh

3. Thử nghiệm

3.2.1. Trong khuôn viên Công Viên Thống Nhất (Kiểm tra khả năng hoạt động trong khu vực có nhiều cây cối)

Kịch bản: Test truyền nhận trong công viên (2 kí tự)

Bên gửi: Gửi **99** gói tin có nội dung từ **1** đến **99** tin

Bên nhận: Nhận các gói tin rồi in ra màn hình

- Thiết bị gửi: Anten được gắn trên gậy dài 250cm
- Thiết bị thu: Anten được gắn trên gậy dài 250cm

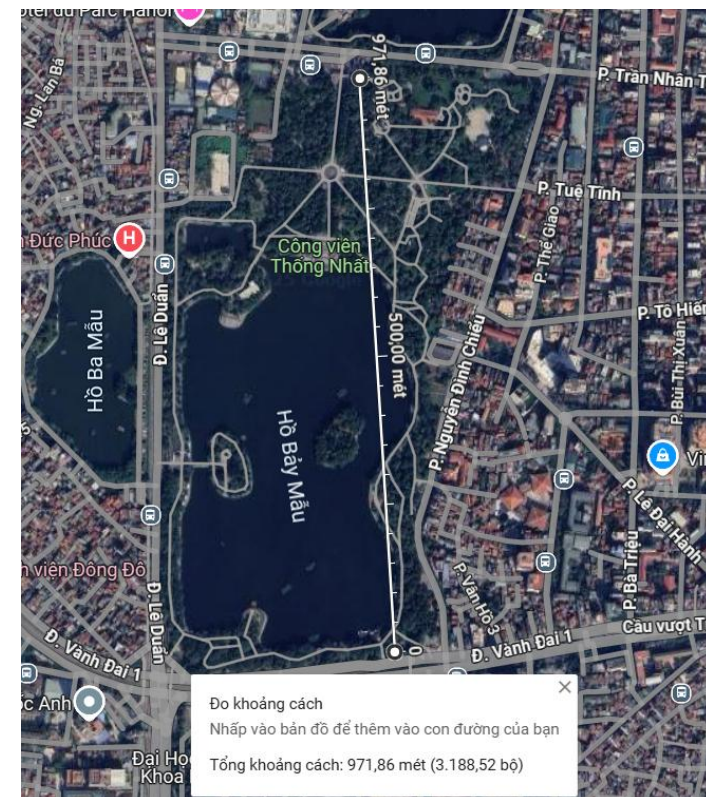
3. Thử nghiệm

3.2.2. Trong khuôn viên Công Viên Thống Nhất (Kiểm tra khả năng hoạt động trong khu vực có nhiều cây cối)

Kịch bản:

- Tương tự kịch bản số 2 nhưng ở đầu anten có gắn 1 chai nhựa có nước bên ngoài (mô phỏng thiết bị được đóng gói đặt ngoài trời mưa), 1 lọ inox (mô phỏng xuyên cửa inox hoặc hộp inox)
- Thiết bị gửi: Anten được gắn trên gậy dài 250cm, đầu anten có gắn 1 chai inox.
- Thiết bị thu: Anten được gắn trên gậy dài 250cm, đầu anten có gắn 1 chai nhựa bên ngoài có dính nước.

3. Thử nghiệm



3. Thử nghiệm

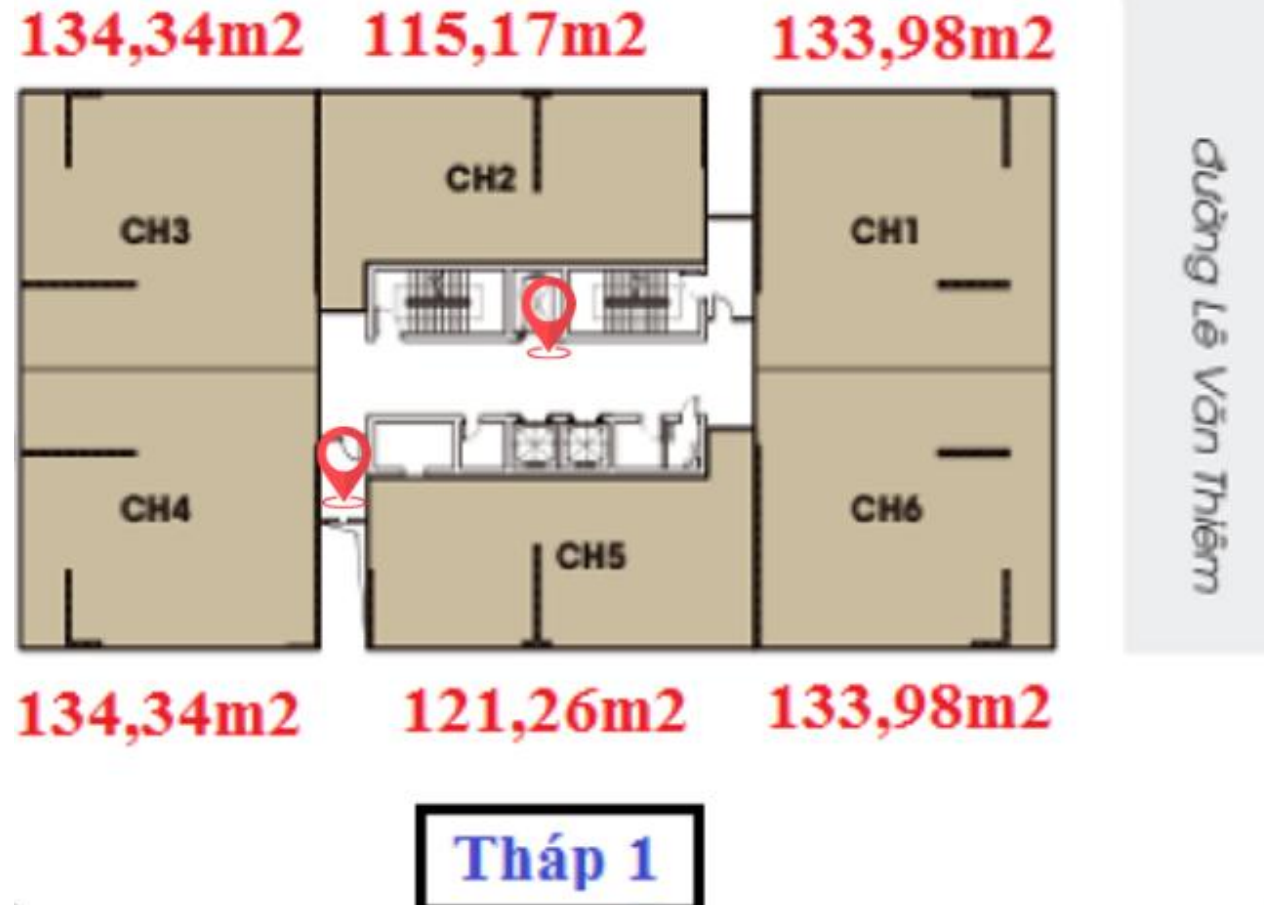
3.2.2. Trong khuôn viên Công Viên Thống Nhất (Kiểm tra khả năng hoạt động trong khu vực có nhiều cây cối)

⇒ Kết quả:

Anten truyền tốt trong khu vực gần trạm phát song (cách 100m), thoáng đãng (công viên) có nhiều tán cây với khoảng cách xấp xỉ **1km** (chưa phải là tối đa do chưa tìm được vị trí đo dài hơn) tuy nhiên đã cho thấy với môi trường mưa, môi trường ẩm cao (qua mặt hồ), qua các tán cây hay qua vài lớp inox trong khoảng cách này gần như không có ảnh hưởng.

3. Thử nghiệm

4. Chung cư Times Tower



3. Thử nghiệm

4. Chung cư Times Tower

Kết quả đo giữa các tầng khi đứng gần thang máy

Vị trí	Số tầng xuyên	Kết quả
Tầng 22-20	2	Nhận tốt
Tầng 22-18	4	Nhận tốt
Tầng 22-16	6	Nhận tốt
Tầng 22-14	8	Nhận tốt
Tầng 22-12	10	Nhận tốt
Tầng 22-10	12	Nhận tốt

3. Thử nghiệm

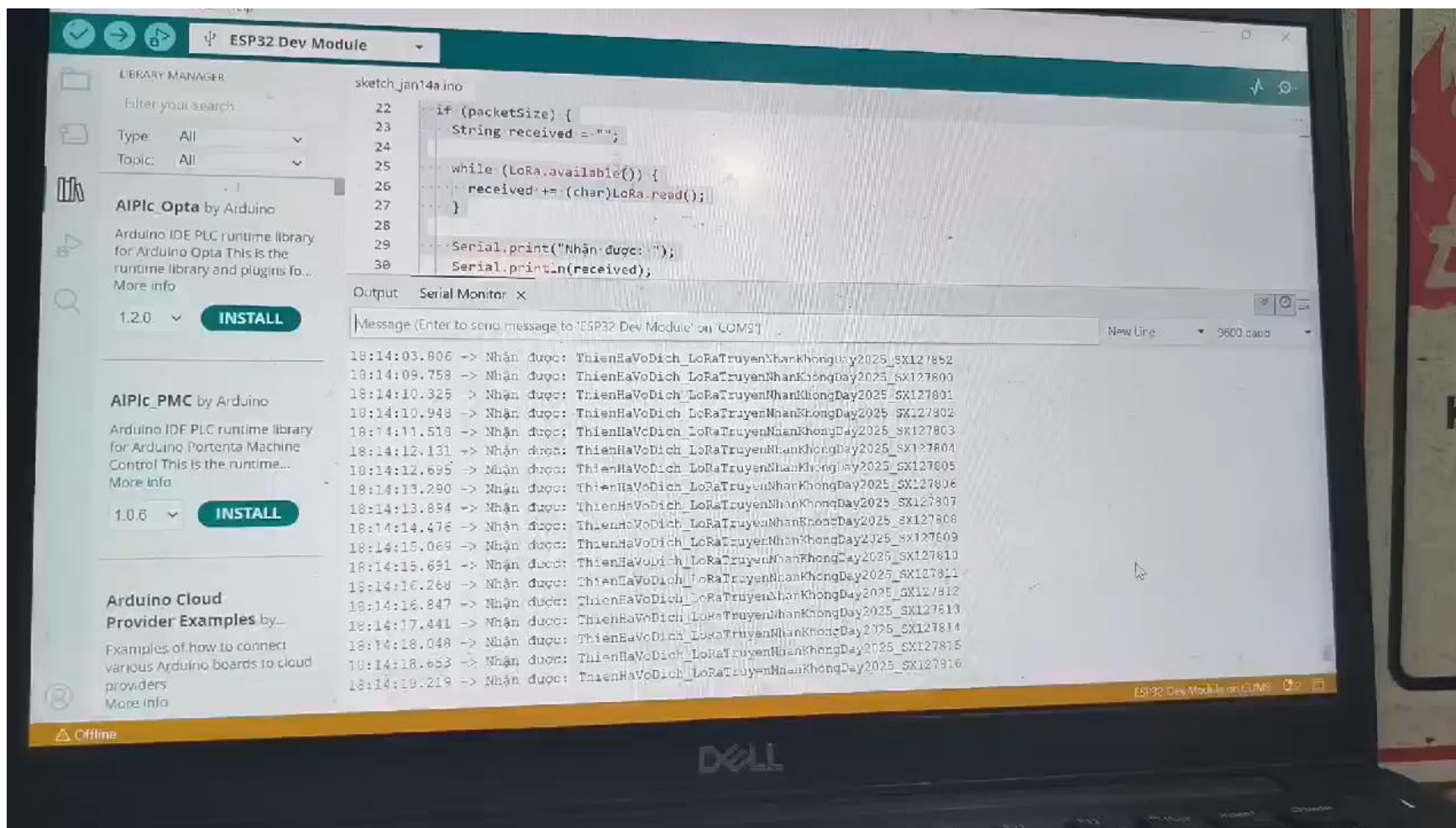
4. Chung cư Times Tower

Kết quả đo giữa các tầng khi đứng xa thang máy

Vị trí	Số tầng xuyên	Kết quả
Tầng 22-20	2	Nhận tốt
Tầng 22-18	4	Nhận tốt
Tầng 22-16	6	Nhận tốt
Tầng 22-14	8	Nhận được
Tầng 22-12	10	Không nhận được
Tầng 22-10	12	Không nhận được

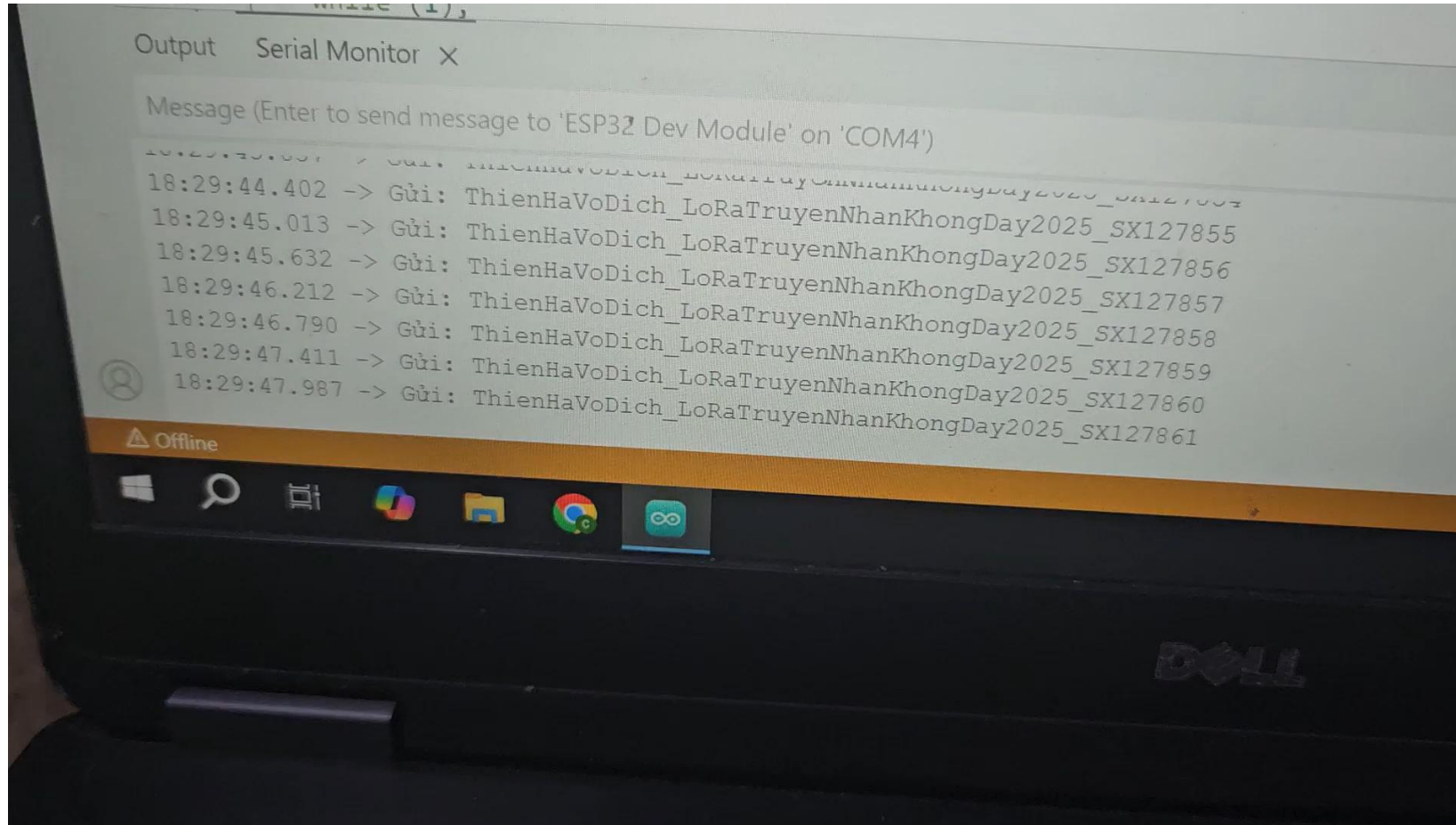
3. Thử nghiệm

Bên gửi



3. Thử nghiệm

Bên nhận



4. Kết luận và hướng phát triển

- **Đánh Giá Toàn Diện Hiệu Suất Truyền Thông LoRa trong Môi Trường Thực Tế**
- **Kết luận cốt lõi:** Hiệu suất LoRa không phải là một hằng số, mà phụ thuộc sâu sắc vào môi trường và cấu hình triển khai.
- **Minh chứng thực tế:**
 - **Kết quả tốt nhất:** Đạt khoảng cách truyền thông ấn tượng **8.2 km** trong điều kiện lý tưởng tại Đê Sông Nhuệ.
 - **Kết quả kém nhất:** Phạm vi hoạt động suy giảm nghiêm trọng xuống chỉ còn **200 m** gần trạm phát sóng VTC do nhiễu điện từ cường độ cao.
- Hiệu suất của hệ thống LoRa là kết quả tổng hòa của ba yếu tố chính:
 - Cấu hình tham số logic (SF, BW, CR, v.v.).
 - Chiến lược triển khai vật lý (loại và độ cao anten).
 - Đặc tính của môi trường truyền dẫn.

4. Kết luận và hướng phát triển

Kịch Bản Thử Nghiệm	Loại Môi Trường	Tham Số Chính (SF/BW/CR/Pwr)	Cấu Hình Anten	Tầm Xa / Xuyên Tối Đa	Độ Tin Cậy Quan Sát
2.2	Đê Sông Nhuệ	Nông thôn, LoS Lý Tưởng	12 / 7.8kHz / 4/8 / 20dBm	12dBi, cao 5.5m	8.2 km
2.1	Hồ Tây	Mặt Nước Mở, LoS	12 / 125kHz / 4/5 / 17dBm	12dBi, cao 2.5m	3.3 km
4	Times Tower (Gần Thang Máy)	Đô Thị Dày Đặc, Dọc	12 / 125kHz / 4/5 / 17dBm	12dBi	12 Tầng
4	Times Tower (Xa Thang Máy)	Đô Thị Dày Đặc, Dọc	12 / 125kHz / 4/5 / 17dBm	12dBi	6-8 Tầng
3.2	Công viên Thống Nhất	Nhiều Cây Cối, Vật Cản	12 / 7.8kHz / 4/8 / 20dBm	12dBi, 2,5m	~1 km (chưa tối đa)
3.1	Trạm phát sóng VTC	Nhiều Điện Từ Cao	12 / 7.8kHz / 4/8 / 20dBm	12dBi, 2,5m	200 m

4. Kết luận và hướng phát triển

Ưu Điểm

- **Tiềm năng tầm xa vượt trội:** Có khả năng đạt khoảng cách truyền thông rất lớn khi được triển khai với kỹ thuật phù hợp (tối ưu tham số, đảm bảo Vùng Fresnel).
- **Khả năng chống chịu cao:** Bền bỉ trước các thách thức của môi trường như fading đa đường và suy hao do vật cản vừa phải như cây cối hay vỏ bọc thiết bị.
- **Hiệu quả về chi phí:** Sử dụng các linh kiện phổ thông (ESP32, Ra-02) cho phép xây dựng hệ thống với chi phí rất hợp lý.
- **Khả năng xuyên vật cản tốt:** Có thể xuyên qua nhiều tầng của công trình xây dựng kiên cố, đặc biệt khi tận dụng được các cấu trúc đặc biệt của tòa nhà (giếng thang máy).

4. Kết luận và hướng phát triển

Nhược Điểm

- **Cực kỳ nhạy cảm với nhiễu điện từ cường độ cao:** Hệ thống gần như vô dụng khi đặt gần các nguồn phát sóng công suất lớn, ví dụ như trạm phát sóng VTC.
- **Đánh đổi giữa Tầm xa và Độ tin cậy:** Tầm xa tối đa (8.2 km) ghi nhận được tương ứng với một liên kết không ổn định và tỷ lệ mất gói tin cao, không phù hợp cho các ứng dụng trọng yếu.
- **Hiệu suất phụ thuộc lớn vào chuyên môn hoạch định:** Để đạt hiệu suất tối ưu, cần có kiến thức chuyên môn về việc lựa chọn vị trí, độ cao anten để tối ưu hóa Vùng Fresnel và tận dụng các kênh truyền dẫn đặc biệt.

4. Kết luận và hướng phát triển

Kịch Bản Cấu Hình Tối Ưu cho các Ứng Dụng Cụ Thể

1. Nông nghiệp chính xác / Giám sát môi trường (Mô phỏng Đê Sông Nhuệ):

- **Ưu tiên:** Tầm xa và độ tin cậy.
- **Cấu hình:** SF12, băng thông hẹp (7.8 kHz), CR 4/8, công suất tối đa (20dBm).
- **Triển khai:** Lắp đặt gateway và node trên các cột cao (3-5m trở lên) để đảm bảo độ thông thoáng của Vùng Fresnel.

2. Quản lý Tòa nhà thông minh (Mô phỏng Times Tower):

- **Ưu tiên:** Khả năng xuyên vật cản.
- **Triển khai:** Đặt gateway ở các vị trí chiến lược gần trục thẳng đứng (thang máy, cầu thang bộ) để tận dụng hiệu ứng "ống dẫn sóng".
- **Cấu hình:** Có thể dùng SF thấp hơn (SF7-SF9) để tiết kiệm năng lượng vì khoảng cách ngắn.

4. Kết luận và hướng phát triển

Kịch Bản Cấu Hình Tối Ưu cho các Ứng Dụng Cụ Thể

3. Theo dõi tài sản trong đô thị dày đặc (Mô phỏng VTC/Công viên):

- **Ưu tiên:** Khả năng chống nhiễu và mật độ mạng.
- **Triển khai:** Chấp nhận liên kết tầm ngắn, triển khai một mạng lưới gateway dày đặc hơn thay vì một gateway duy nhất.
- **Giải pháp:** Cân nhắc anten định hướng cho liên kết cố định; xây dựng giao thức truyền lại (re-transmission) ở tầng ứng dụng để xử lý mất gói tin.



HUST

THANK YOU !