

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

-----



**Nguyễn Bảo Trung**

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU NĂNG  
MÁY THU ĐƯỜNG TẢI LÊN NB-IOT**

**Chuyên ngành: KỸ THUẬT VIỄN THÔNG**

**Mã số: 8.52.02.08**

**TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ**

**HÀ NỘI - NĂM 2021**

Luận văn được hoàn thành tại:  
**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**

**Người hướng dẫn khoa học:** TS. Nguyễn Ngọc Minh  
(Ghi rõ học hàm, học vị)

**Phản biện 1:** TS. Dư Đình Viên

**Phản biện 2:** PGS.TS. Bạch Nhật Hồng

Luận văn được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận văn thạc sĩ tại Học viện  
Công nghệ Bưu chính Viễn thông

Vào lúc: 08 giờ 00 ngày 09 tháng 01 năm 2021

**Có thể tìm hiểu luận văn tại:**

- Thư viện của Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông.

## MỞ ĐẦU

Ở các nước phát triển như Hàn Quốc, Nhật Bản, các mô hình nhà thông minh, thành phố thông minh là gần như rộng khắp. Internet có ở khắp nơi trong thành phố. Các thiết bị thông minh có thể theo dõi, quản lý, giám sát nhiều thiết bị thông minh từ xa. Hay đơn giản là việc quản lý trẻ em, người cao tuổi đi lạc hoặc bị bắt cóc mà không cần ở bên cạnh 24/24...

Ở Việt Nam, về một mạng lưới vạn vật kết nối Internet hay vạn vật kết nối Internet IoT (Internet of Thing) là tương đối mới và việc áp dụng, triển khai nó phục vụ cho xã hội là còn hạn chế. Các nhà mạng lớn như Viettel đã bắt đầu đẩy mạnh xây dựng cơ sở hạ tầng để triển khai các mô hình ứng dụng. Theo ước tính từ IHS Market, dự đoán hơn 75 tỷ thiết bị thông minh sẽ được sử dụng vào năm 2025, tăng 400% so với khoảng 15 tỷ thiết bị đang hoạt động hiện nay. Việc nghiên cứu các mô hình, giải pháp kỹ thuật liên quan là cơ hội cũng như động lực để phát triển kinh tế, tạo ra các sản phẩm thông minh, hướng tới người dùng và xã hội nhiều hơn.

Với mong muốn về một mô hình kết nối các thiết bị thông minh ở vùng sâu vùng xa, vùng hải đảo để phục vụ cho việc quan sát, dự báo cũng như kiểm soát một đối tượng, nhóm đối tượng nào đó. Ví dụ như kiểm soát biên giới, kiểm soát nạn buôn người, quản lý các động vật quý hiếm, các cây gỗ quý hay xa hơn là quản lý biển đảo, những vùng đất xa xôi của tổ quốc... Đề tài này sẽ là tiền đề cho các giải pháp của các mô hình đó!

# CHƯƠNG I

## TỔNG QUAN VỀ CÔNG NGHỆ TRUYỀN THÔNG NB IOT

**Tóm tắt:** Trong một môi trường rộng lớn như biển đảo, tồn tại các vấn đề như: Vấn đề như định vị, dẫn đường, cảnh báo cứu hộ cứu nạn, vấn đề quản lý các thực thể trên biển (đảo, bãi cạn) hay giám sát nông nghiệp trên đảo... việc áp dụng khoa học công nghệ vào việc nhận biết, kiểm soát, theo dõi các thực thể di động và cố định là một việc làm cần thiết. Tuy nhiên việc truyền thông trong một môi trường rộng lớn là một thách thức. Các công nghệ truyền thông không dây thông thường như Wifi, Bluetooth, Zigbee, Zwave là không thể, các công nghệ truyền thông di động (Cellular) gặp nhiều hạn chế về vấn đề khoảng cách, công suất, thời gian sử dụng cũng như chi phí... Sự ra đời của các công nghệ truyền thông LPWAN mang đến các giải pháp thực sự hiệu quả. Trong đó NB IOT và Lora là hai lựa chọn hàng đầu. Chương I sẽ trình bày tổng quan về truyền thông NB IOT, cũng như lý do lựa chọn. Chương II sẽ trình bày về thiết kế cũng như vấn đề quan trọng nhất trong NB IOT là đường tải lên (cấu trúc, các vấn đề gặp phải). Chương III. Phân tích, đánh giá giải pháp và đưa ra kết luận. Cuối cùng là đề xuất mô hình áp dụng vào bài toán ban đầu.

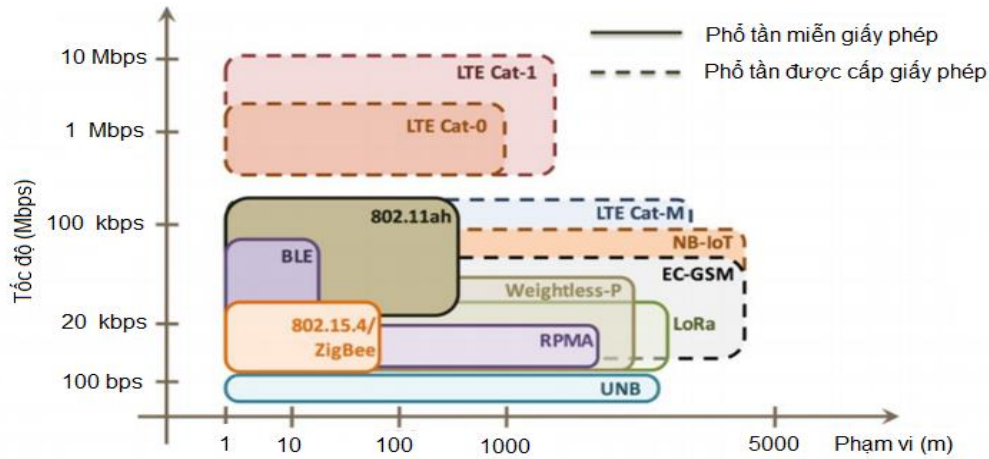
### 1.1 Công nghệ mạng diện rộng công suất thấp LPWAN

Mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) [16] là các công nghệ không dây với đặc điểm là phạm vi kết nối rộng, băng thông thấp, kích thước gói tin nhỏ và hoạt động trong một khoảng thời gian rất dài mà không cần sạc hay thay thế pin...



**Hình 1.1 Ứng dụng của LPWAN**





Mạng LPWAN là mạng chiếm ưu thế nhất trong vấn đề kết nối các thiết bị trong phạm vi địa lý rộng lớn.



**Hình 1.2 So sánh các công nghệ truyền thông không dây [16]**

So sánh các công nghệ không dây trong nhóm LPWAN

**Bảng 1.1 Bảng so sánh các công nghệ LPWAN [3]**

	 sigfox	 LoRa™	 NB-IoT	 LTE-M	EC-GSM-IoT
Công nghệ	SIGFOX	LORA	NB IOT	CAT M	EC-GSM
Công suất	~162dB	~157dB	~164dB	~156dB	~164dB
Tuổi thọ Pin	>10 năm	>10 năm	>10 năm	>10 năm	>10 năm
Phổ tần	Không cần cấp phép	Không cần cấp phép	GSM & LTE (Có bản quyền)	LTE (Có bản quyền)	GSM (Có bản quyền)
Tốc độ	UL: 100bps DL: 500bps	~0.3 - 50kbps	~250kbps.	1Mbps	~10-240kbps
Băng thông	600Hz	125kHz	180kHz	1.4MHz	200kHz
Điều chế	BPSK /GFSK	GFSK, CSS	BPSK, QPSK, 8PSK, 16QAM	QPSK, 16 or 64QAM	GMSK (8PSK)
Giao thức	Sigfox	Semtech	3GPP	3GPP	3GPP
Giấy phép	SIGFOX	Lora Alliance	GCF/PTCRB TBC	GCF/PTCRB TBC	GCF/PTCRB TBC

Dựa trên hai bảng trên thì rõ ràng với tiêu chí: Tốc độ thấp, thời gian sử dụng dài, tiết kiệm chi phí, không cần di động... thì có 2 công nghệ Lora và NB IOT đang chiếm ưu thế.

## 1.2 So sánh Lora và NB IOT

### 1.2.1 Lora

LoRa là công nghệ lớp vật lý ứng dụng trong lĩnh vực công nghiệp, khoa học và băng tần y tế (ISM) và được dựa trên kỹ thuật trải phổ (CSS) được đánh giá cao.

### 1.2.2 NB IOT

IoT băng thông hẹp (NB-IoT) là công nghệ LPWAN được giới thiệu trong bản 3GPP Release 13.

**Bảng 1.2 Bảng so sánh NB IOT và Lora [12]**

Tham số	LoRaWAN	NB-IoT
Băng thông	125 kHz	180 kHz
Phủ sóng	165 dB	164 dB
Tuổi thọ pin	Trên 15 năm	Trên 10 năm
Dòng tiêu thụ đỉnh	32 mA	120 mA
<b>Tốc độ</b>	~0.3 -50kbps	<b>~250kbps.</b>
Dòng tiêu thụ khi thiết bị Off	1 $\mu$ A	5 $\mu$ A
Thông lượng	50 Kbps	60 Kbps
<b>Độ trễ</b>	Phụ thuộc vào thiết bị	<b>&lt;10 s</b>
<b>Bảo mật</b>	AES 128 bit	<b>3GPP (128 to 256 bit)</b>
Định vị	Có (TDOA)	Có (In 3GPP Rel 14)
Hiệu suất chi phí	Cao	Trung bình

- **Đánh giá về khả năng lưu động:**

LoraWan có tính lưu động cao hơn NB-IOT

- **Đánh giá về khía cạnh chi phí:**

LoraWan có chi phí thấp hơn NB-IOT

Nếu dựa vào tiêu chí: Tốc độ cao, độ trễ thấp và bảo mật cao thì NB IOT là lựa chọn.

### 1.3 Tiềm năng của công nghệ NB-IOT

NB IOT có tiềm năng phát triển rất lớn khi mà nhiều hãng trên thế giới hỗ trợ phát triển và triển khai vào thực tế.

### 1.4 Mục tiêu thiết kế của NB-IOT trong các bản phát hành

#### 1.4.1 Bản phát hành 13

- Chế độ hoạt động. Hỗ trợ truyền dẫn đa tone. Công nghệ giảm chi phí, độ phức tạp. Phương pháp giảm năng lượng.

#### 1.4.2 Bản phát hành 14

- Kỹ thuật định vị được cải tiến. Dịch vụ đa hướng. Giảm mức năng lượng cho thiết bị người dùng. Hỗ trợ kích thước khối truyền tải lớn hơn. Hoạt động đa sóng mang.

#### **1.4.3 Bản phát hành 15**

- Giảm độ trễ. Lập lịch bán cố định. Hỗ trợ ô nhỏ. Các phép đo thiết bị người dùng nâng cao. Hỗ trợ song công phân chia theo thời gian (TDD).

#### **1.4.4 Bản phát hành 16**

- Quyền truy cập miễn phí. Truyền đồng thời nhiều người dùng. Khả năng di động ở chế độ không hoạt động giữa RAT.

### **1.5 Các vấn đề ảnh hưởng tới hiệu năng NB-IOT**

- **SINR:** SINR đại diện cho tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu mở rộng.
- **Thông lượng:** Tốc độ thông lượng biểu thị lượng dữ liệu được truyền qua mạng trên một đơn vị thời gian.
- **Tỷ lệ mất gói:** Tỷ lệ mất gói là tỷ số giữa số gói bị mất trên tổng số gói được gửi trong đơn vị thời gian.
- **Tính tin cậy của khối truyền tải:** Tính tin cậy của khối truyền tải (TB) là tỷ lệ chính xác của khối dữ liệu nhận được.
- **Suy hao:** Suy hao là giá trị của năng lượng tín hiệu bị mất.

### **Kết luận chương 1**

Chương 1 đã trình bày các khái niệm cơ bản về công nghệ truyền thông không dây công suất thấp diện rộng LPWAN và so sánh ưu nhược điểm giữa các công nghệ. Với yêu cầu của bài toán đặt ra ban đầu thì có hai công nghệ LPWAN đáp ứng tốt tiêu chí về công suất và thời gian sử dụng đó là Lora và NB-IOT. Tuy chi phí đắt hơn, dòng tiêu thụ cao hơn nhưng NB-IOT có tốc độ truyền tải cao hơn, độ trễ thấp hơn và quan trọng là bảo mật cao hơn. Do đó giải pháp NB-IOT là lựa chọn trong luận văn này. Các tiêu chí thiết kế trong các bản phát hành 13, 14, 15 và 16 cũng được trình bày chi tiết trong chương I. Nội dung chương 2 sẽ trình bày về thiết kế đường tải lên máy thu và đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu năng mạng.

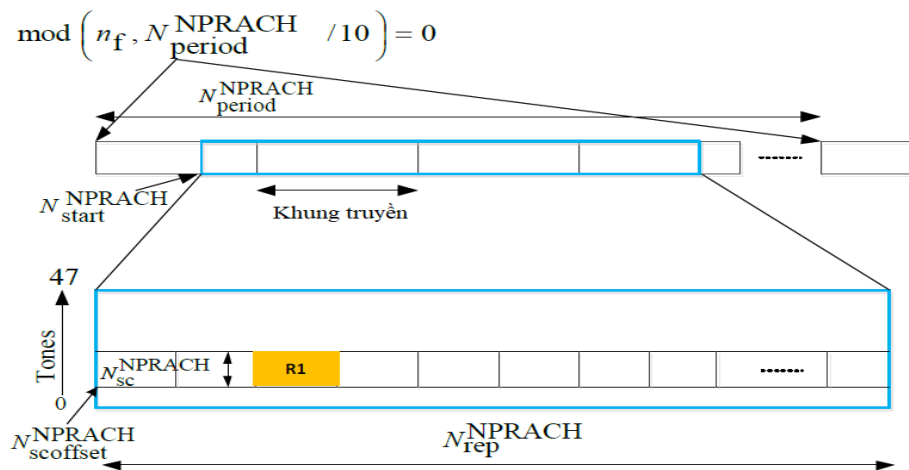
## CHƯƠNG II

### THIẾT KẾ ĐƯỜNG TẢI LÊN MÁY THU NB IOT

#### 2.1 Nghiên cứu về thiết kế máy thu trong kênh NPRACH

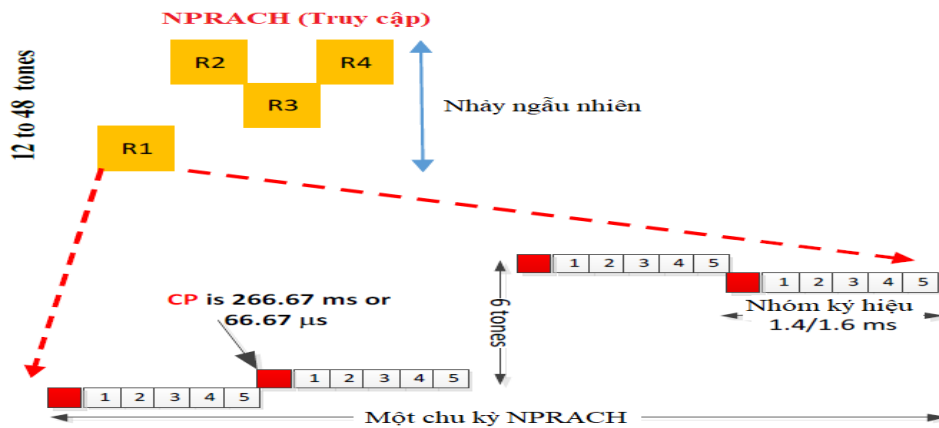
##### 2.1.1 Thiết kế máy thu NPRACH

Truyền phần mở đầu truy cập ngẫu nhiên [6] là bước đầu tiên của quy trình truy cập ngẫu nhiên cho phép thiết bị người dùng (UE) thiết lập kết nối với mạng. Ngoài việc phát hiện phần mở đầu chính xác, ước tính thời gian đường lên là một mục tiêu chính khác của máy thu NPRACH.



**Hình 2.1 Cấu trúc kênh NPRACH**

Các Tones đơn nhảy qua các sóng mang con khác nhau (Hình 2.3)



**Hình 2.2 Bước nhảy trong NPRACH**

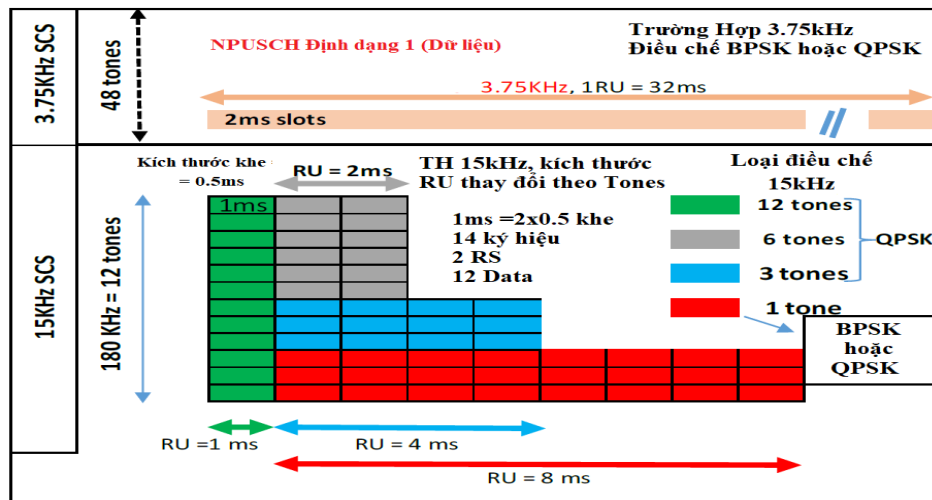
- Ước tính và hiệu chỉnh độ lệch tần số



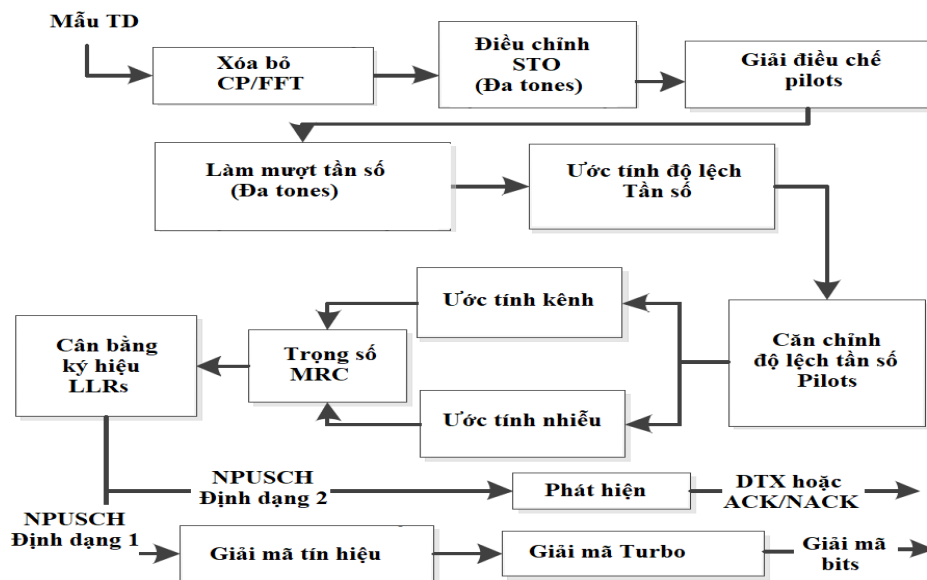
- Ước tính trễ
- Phát hiện tín hiệu

### 2.1.2 Bộ nhận NPUSCH định dạng 1 (Dữ liệu)

Dữ liệu kênh chia sẻ đường tải lên NB-IoT được ánh xạ tới kênh NPUSCH định dạng 1 và hỗ trợ tones 1, 3, 6 hoặc 12 ở khoảng cách sóng mang phụ 15 kHz hoặc đơn tone ở khoảng cách sóng mang phụ 3,75 kHz.



Hình 2.3 Cấu trúc RU theo kênh NPUSCH định dạng 1



Hình 2.4 Sơ đồ khối máy thu cho NPUSCH định dạng 1 và 2

- Ước tính độ lệch thời gian cho các trường hợp đa tones

Khoảng cách thời gian lấy mẫu cho một vị trí nhất định được ước tính là:

$$\tilde{\delta t} = \frac{1}{2\pi N_t} \arctan(Q_k^s) \quad (2.31)$$

Việc hiệu chỉnh thời gian có thể được áp dụng như sau:

$$Y_{s,l,k} = Y_{s,l,k}^{\delta t} * \frac{Q_k^s}{|Q_k^s|} \quad (2.32)$$

➤ Giải điều chế Pilot

➤ Ước tính độ lệch tần số

Ước lượng độ lệch tần số  $\xi$  được tính bởi công thức:

$$\xi = \frac{m_{\max} + p}{NN_{\text{slot}}} \quad (2.41)$$

➤ Ước tính kênh

Quá trình ước tính kênh được lặp lại mỗi khối cho mỗi UE đang hoạt động. Thời gian trung bình hoạt động được thực hiện cùng với hiệu chỉnh bù tần số hoạt động cho ăng-ten như sau:

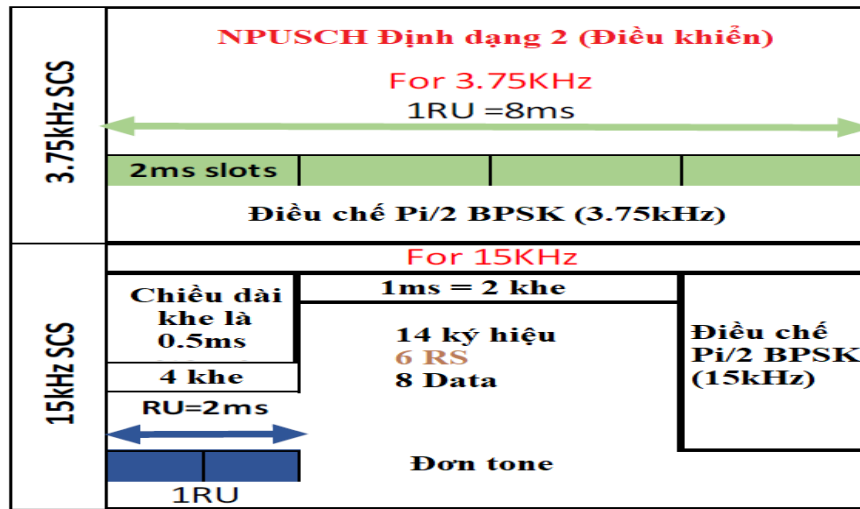
$$h_{b,r} = \frac{1}{2B} \sum_{s=0}^{2B-1} h_{s,3} e^{-2j\pi \xi N_{s,3}} \quad (2.42)$$

SNR trên một khối  $b$ , được cung cấp bởi phương trình:

$$\text{SNR}_b = w_b h_b \quad (2.52)$$

### 2.1.3 Bộ nhận NPUSCH định dạng 2 (Điều khiển)

Kênh NPUSCH định dạng 2 mang chức năng xác nhận dữ liệu đường xuống và chỉ hỗ trợ đơn tone với khoảng cách sóng mang phụ là 3,75 kHz hoặc 15 kHz. Kênh NPUSCH định dạng 2 có độ dài đơn vị tài nguyên RU là 2 ms và có ba ký hiệu tham chiếu trên mỗi vị trí để tạo điều kiện cho các ước tính khi sử dụng đơn tone 3,75 kHz hoặc 15 kHz. Đơn tone trong kênh NPUSCH định dạng 2 tương tự như đơn tone NPUSCH định dạng 1 (Hình 2.7), ngoại trừ cấu trúc pilot, kênh mã hóa và điều chế.



Hình 2.5 Cấu trúc đơn vị tài nguyên kênh NPUSCH định dạng 2

➤ Ước tính nhiễu cho NPUSCH định dạng 2

Nhiều có thể được ước tính là:

$$\sigma^2 = \frac{1}{2BN_{rx}} \sum_{N_{rx}} \sum_{s=0}^{2B-1} \left| d_{s,l,k_0} - d_{s,l+1,k_0} \right|^2 \quad (2.59)$$

$l=0,1,5,6$

Trong đó  $d_{s,l,k_0}$  là ký hiệu dữ liệu không phân mảnh  $l$  tương ứng với khe  $s^{th}$  được truyền trên sóng mang phụ  $k_0$ . Lưu ý rằng có hai vị trí trên mỗi khung truyền phụ và do đó tổng số hơn  $2B$  đối với một khối có kích thước  $B$  ms.

➤ Hiệu chỉnh pha chung

Trong thiết lập thực tế, cần hiệu chỉnh pha cho mỗi ký hiệu để tính đến sự khác biệt giữa vị trí tần số của trung tâm khối tài nguyên vật lý IoT băng hẹp (PRB) và vị trí tần số của trung tâm của tín hiệu LTE. Kết quả biến đổi FFT ta có:

$$S_m = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} S_n e^{\frac{j2\pi mn}{N}} = e^{\frac{j2\pi \left( N_0 \pm \frac{1}{2} \right) M_0}{N}} a_{k+\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2}} \quad (2.65)$$

Sau đó, hiệu chỉnh pha được áp dụng tại bộ thu NB-IoT.

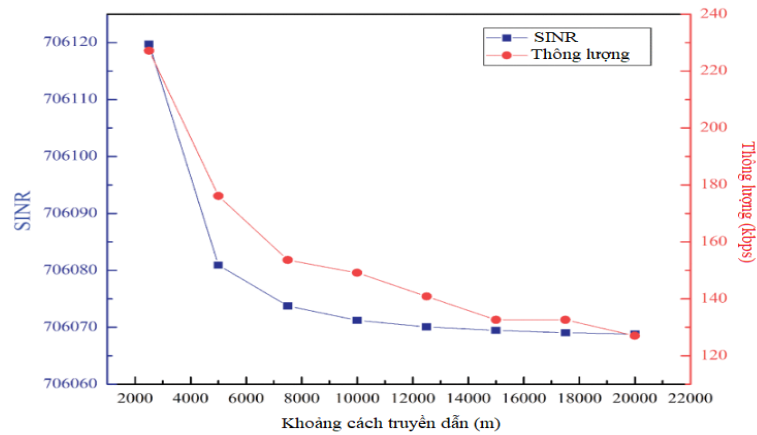
➤ Xử lý khoảng cách truyền tải đường lên

Các mô-đun ước tính độ lệch tần số và ước lượng kênh và LLR giống hệt nhau sẽ bị ảnh hưởng khi có khoảng trống truyền tải đường tải lên (UL).

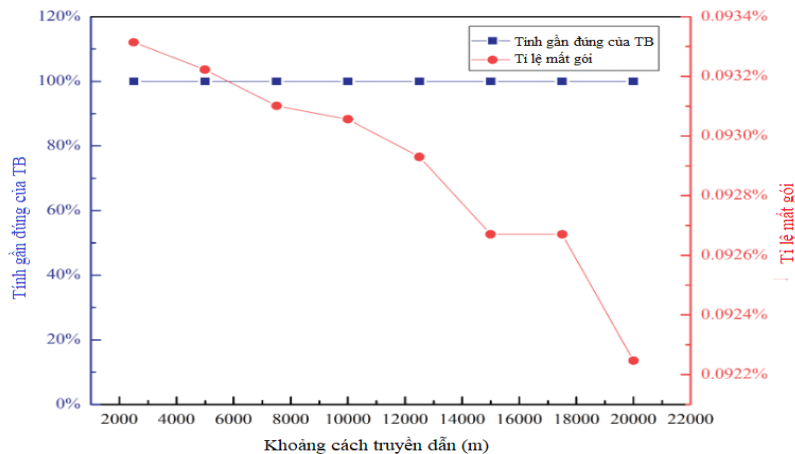
## 2.2 Nghiên cứu về các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu năng

### 2.2.1 Ảnh hưởng của khoảng cách truyền của tín hiệu

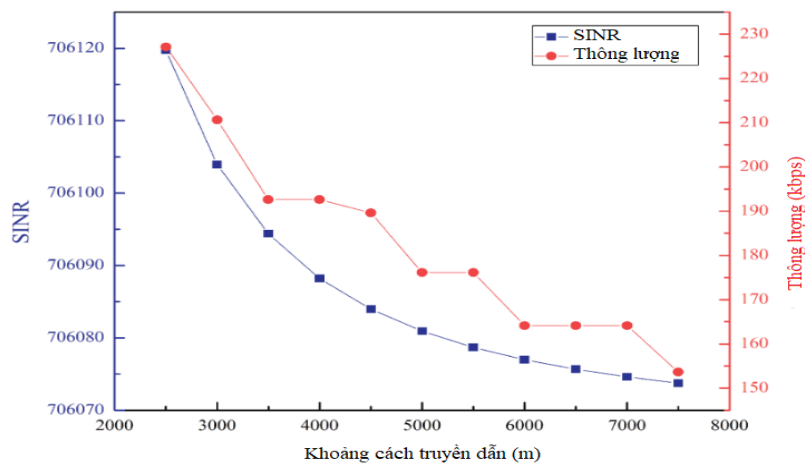
Độ tin cậy của hệ thống được biểu thị bằng bốn tham số: SINR, tốc độ thông lượng, tỷ lệ mất gói và độ đúng của khối truyền tải (TB).



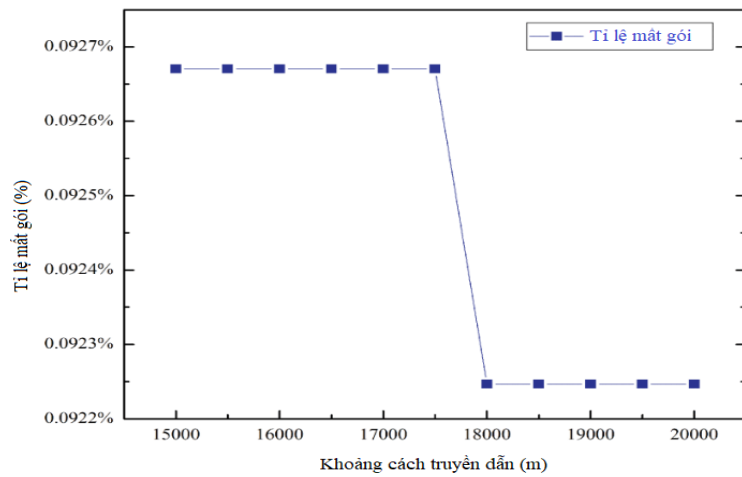
Hình 2.6 SINR và Thông lượng ở các khoảng cách truyền khác nhau



Hình 2.7 Tỷ lệ gói nhận được của TB và tỷ lệ mất gói theo khoảng cách



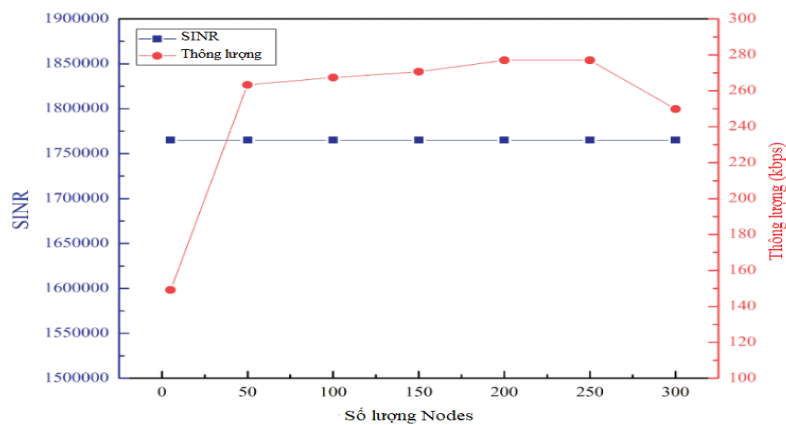
Hình 2.8 SINR và tốc độ thông lượng ở khoảng cách truyền ngắn



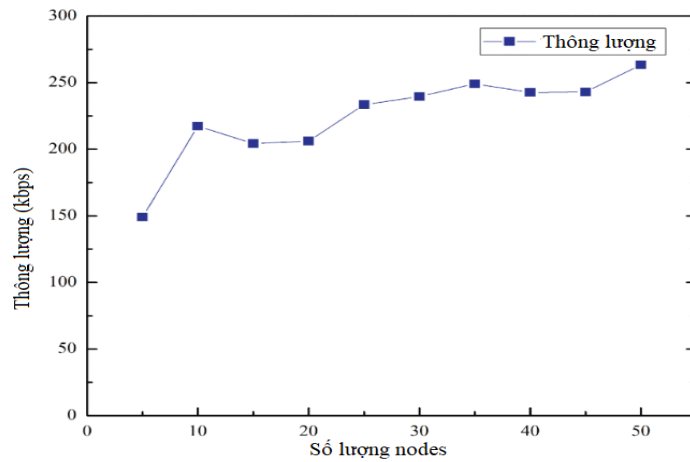
Hình 2.9 Tỷ lệ mất gói ở khoảng cách truyền dài [9]

### 2.2.2 Ảnh hưởng của số lượng nút NB-IoT đến độ tin cậy

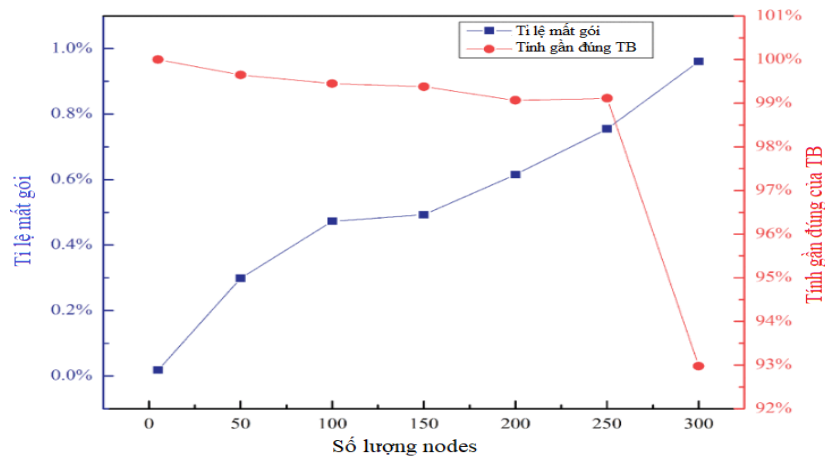
Hình 2.12, theo [9] cho thấy ảnh hưởng của số lượng nút NB-IoT đối với độ tin cậy của hệ thống.



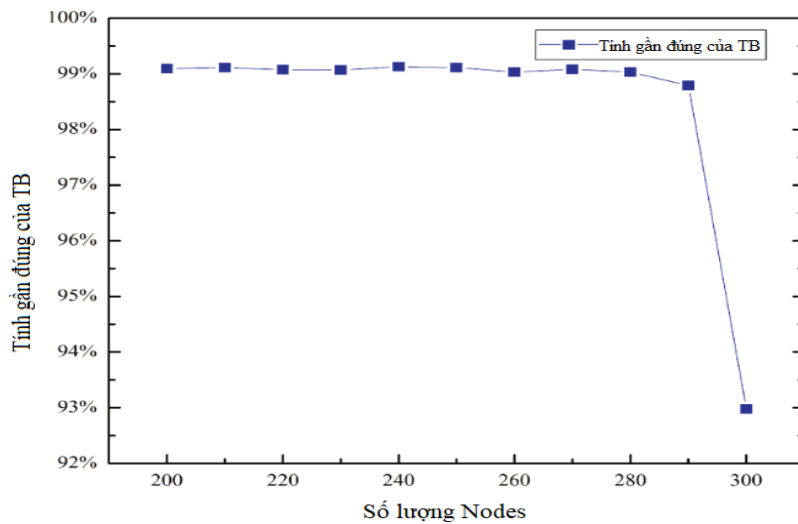
Hình 2.10 SINR và tốc độ thông lượng ở số lượng nút khác nhau



Hình 2.11 Tốc độ thông lượng ở số lượng nút nhỏ



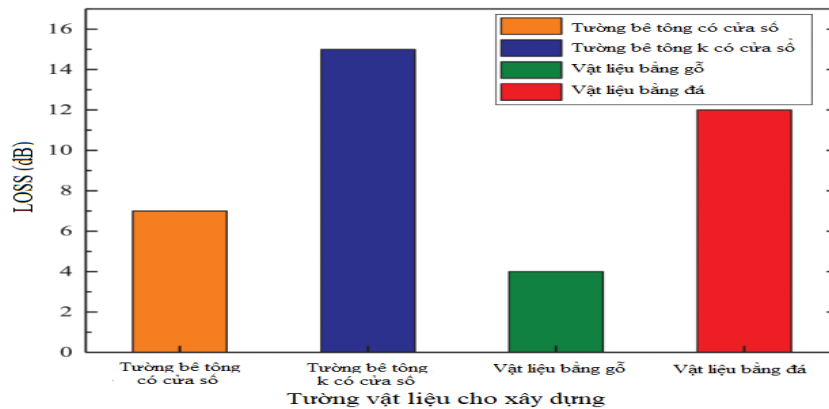
**Hình 2.12 Độ đúng của TB và tỷ lệ mất gói ở số lượng nút khác nhau**



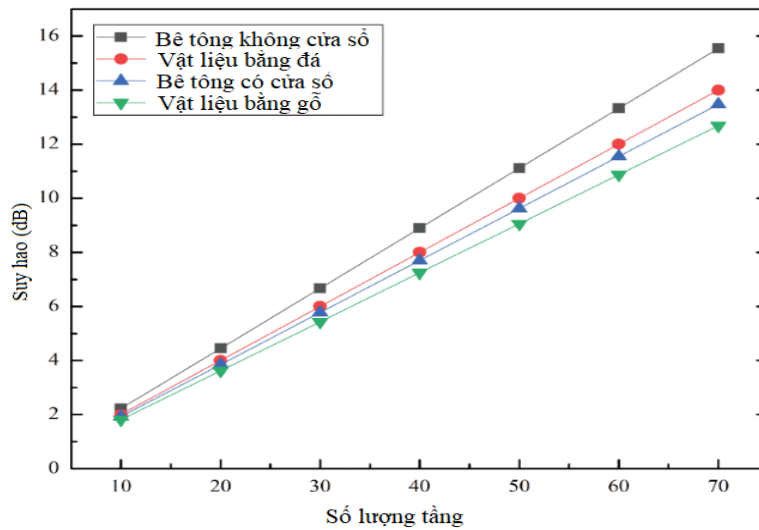
**Hình 2.13 Tính đúng của TB ở số lượng lớn các nút**

### 2.2.3 Ảnh hưởng của rào cản xây dựng đối với độ tin cậy

Phần này sẽ nghiên cứu ảnh hưởng của chương ngại vật đến tiêu thụ năng lượng qua đường truyền và phân tích những thay đổi về độ tin cậy của hệ thống.



**Hình 2.14 Mất mát theo các tòa nhà vật chất khác nhau**



**Hình 2.15 Tồn thất theo các số tầng khác nhau [9]**

Hình 2.17 phản ánh sự thay đổi về tồn thất hệ thống do sự khác biệt về tầng trong các tòa nhà được xây dựng bằng các vật liệu xây dựng khác nhau.

## Kết luận chương 2

Phần này chủ yếu nghiên cứu về thiết kế máy thu đường tải lên, các công thức tính định lượng về ước tính nhiễu, ước tính và điều chỉnh độ lệch tần số, ước tính pha... Cũng như cấu trúc các kênh vật lý trong đường tải lên.

Ngoài ra còn nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng tới độ tin cậy của hệ thống. Ảnh hưởng được phản ánh cụ thể bằng các chỉ số định lượng. Kết quả chỉ ra rằng khoảng cách truyền của tín hiệu NB-IoT ảnh hưởng đến độ tin cậy của hệ thống. Các số liệu cho thấy SINR và tốc độ thông lượng sẽ giảm khi khoảng cách truyền tăng lên. Nhưng tính đúng đắn của TB về cơ bản vẫn giữ nguyên, và tỷ lệ mất gói tin giảm những thay đổi nhỏ dưới 1%. Khi lượng truy cập tăng lên, tỷ lệ mất gói của hệ thống tăng lên, và độ đúng của TB giảm. Tuy nhiên, tỷ lệ mất gói tổng thể vẫn thấp hơn 1% và tỷ lệ chính xác trung bình của tất cả các khối dữ liệu nhận được vượt quá 98,5%. Ngoài ra rào cản xây dựng trên đường truyền ảnh hưởng đến độ tin cậy của hệ thống. Chương 3 sẽ tập trung vào nghiên cứu các giải pháp nhằm nâng cao hiệu năng máy thu.

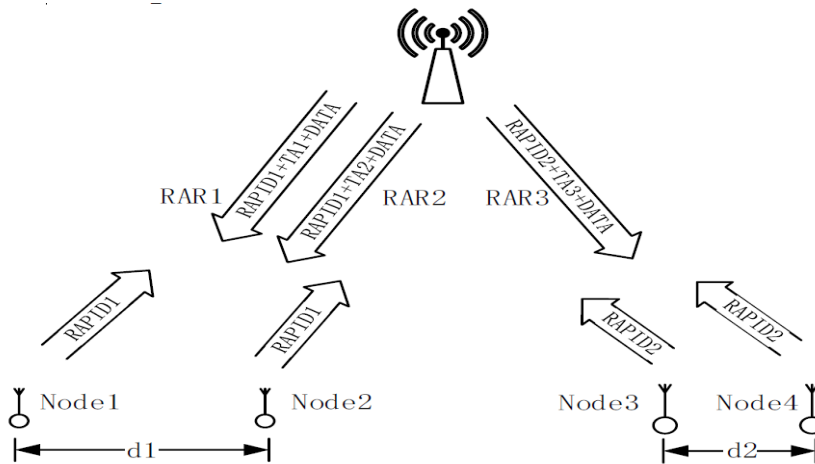
## CHƯƠNG III

### GIẢI PHÁP NÂNG CAO HIỆU NĂNG MÁY THU ĐƯỜNG TẢI LÊN NB-IOT

#### 3.1 Giải pháp phân cụm theo khoảng cách và cường độ truy cập

##### 3.1.1 Phân mở đầu có thể tái sử dụng

Tài nguyên mở đầu của hệ thống NB-IoT rất hạn chế và xung đột phân mở đầu có thể xảy ra trong các ứng dụng có mật độ sử dụng dịch vụ cao. Nếu có thể điều phối việc phân bổ phân mở đầu, năng lực hệ thống sẽ được tăng lên một cách hiệu quả.



**Hình 3.1 Cơ chế phát hiện RAR**

##### 3.1.2 Cường độ truy cập

Mạng NB-IoT thường bao gồm nhiều loại dịch vụ. Số lượng thiết bị đầu cuối và thời gian tải dữ liệu lên là biến thiên tùy thuộc vào loại dịch vụ khác nhau và cường độ truy cập các dịch vụ cũng khác nhau.

##### 3.1.3 Mô tả thuật toán

Thuật toán ERA-CRPA phân cụm các UE trong mạng theo khoảng cách giữa UE và eNodeB và cường độ truy cập. Số lượng phân mở đầu trong một tập hợp được xác định bởi tần suất tải dữ liệu dịch vụ lên, được đo bằng cường độ truy cập. Có thể nhận được K cụm với một khoảng cách đến eNodeB và một gói tin có lịch trình truyền dẫn rõ ràng sau khi phân cụm. Khoảng cách từ điểm trung tâm cụm thứ K tới eNodeB được đại diện bởi

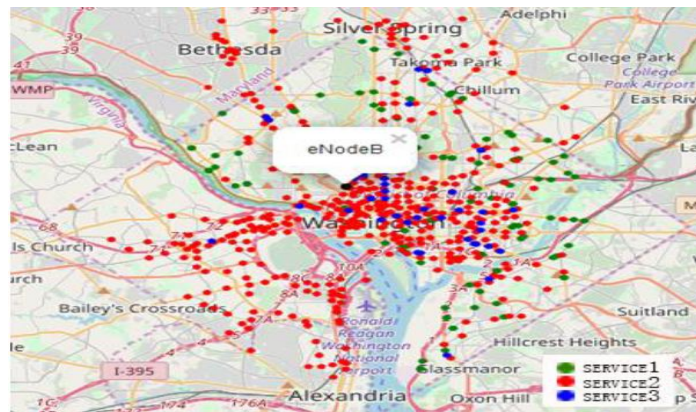


tham số  $d_k$  (km) và khoảng cách tương tự giữa cụm thứ  $i$  và cụm thứ  $j$  được biểu diễn bởi  $D(i, j) = |d_i - d_j|$ . Sau đó, chỉ định phần mở đầu được đặt thành từng cụm theo các bước sau:

- Bước 1: Tổng số phần mở đầu cho mỗi cụm là xác định. Tổng số phần mở đầu cho cụm thứ  $i$  là  $l_i$  và tổng số phần mở đầu cho mỗi cụm tỷ lệ với cường độ truy cập trung bình của nó.
- Bước 2: Gán cụm thứ  $I$  là cụm khởi tạo và được bố trí phần mở đầu là  $P(1 - l_i)$
- Bước 3: Sau đó, chỉ định một bộ mở đầu cho cụm thứ  $j$ . Nếu  $D(i, j) > \beta$ , cụm thứ  $j$  được gán cùng một phần mở đầu đặt là  $P(1 - l_i)$ . Nếu  $D(i, j) < \beta$ , cụm thứ  $j$  được gán bộ mở đầu truy cập ngẫu nhiên bổ sung  $P(L - l_i + 1, L)$ .

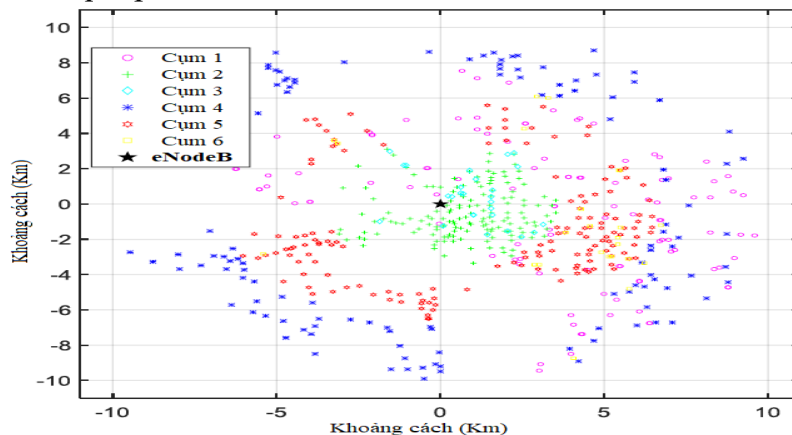
### 3.1.4 Đánh giá hiệu quả thuật toán

Kịch bản mạng NB-IoT bao gồm một trạm gốc và ba loại thiết bị đầu cuối với các đặc điểm dịch vụ khác nhau về vị trí, cường độ truy nhập và triển khai ở trung tâm của thành phố. Bán kính phủ sóng mạng là 10km.



Hình 3.2 Phân bố dịch vụ IOT thực tế tại một trạm eNodeB

Hình 3.3 là kết quả phân cụm.

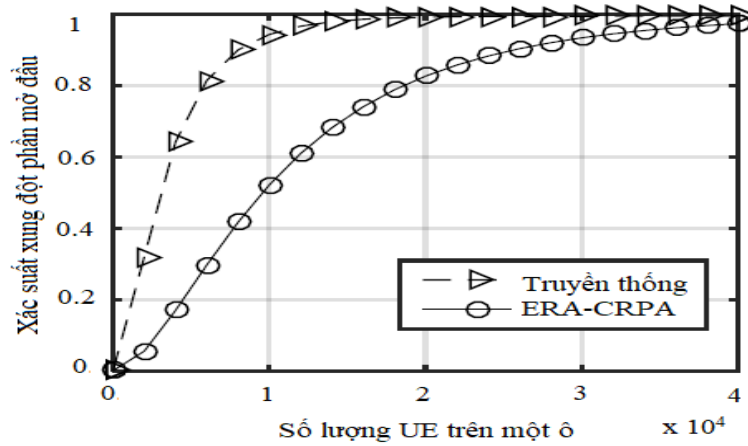


Hình 3.3 Bản đồ phân cụm người dùng theo khoảng cách

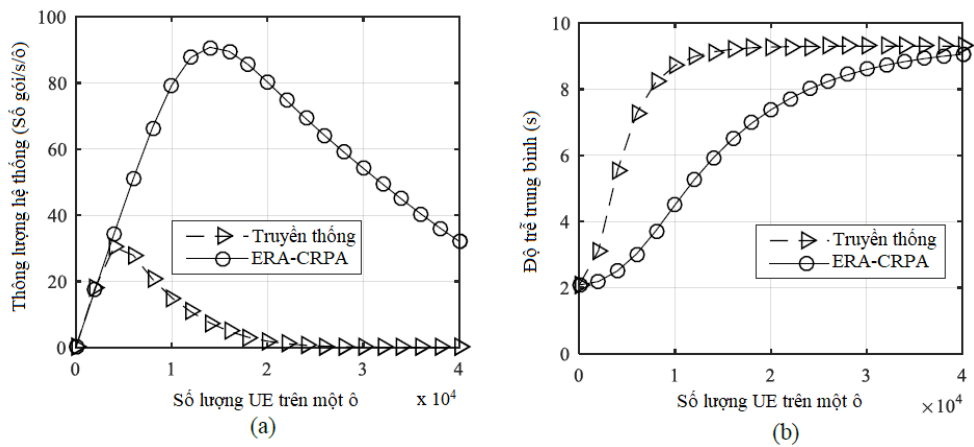
**Bảng 3.1 Bảng kết quả phân bố phần mở đầu**

ID Cụm	Khoảng cách TB (km)	Số lượng UE	Cường độ truy cập (Số báo cáo/s/ô)	Phân bố phần mở đầu
3	2.0325	27	0.900	P(1-12)
2	2.1225	157	2.6167	P(13-48)
5	5.2345	152	2.5333	P(1-33)
6	5.8461	24	0.8000	P(34-44)
1	6.0937	104	0.0289	P(45-48)
4	8.2366	117	1.9500	P(1-48)

Hình 3.4 là xác suất xung đột của thuật toán ERA-CRPA theo kết quả mô phỏng.

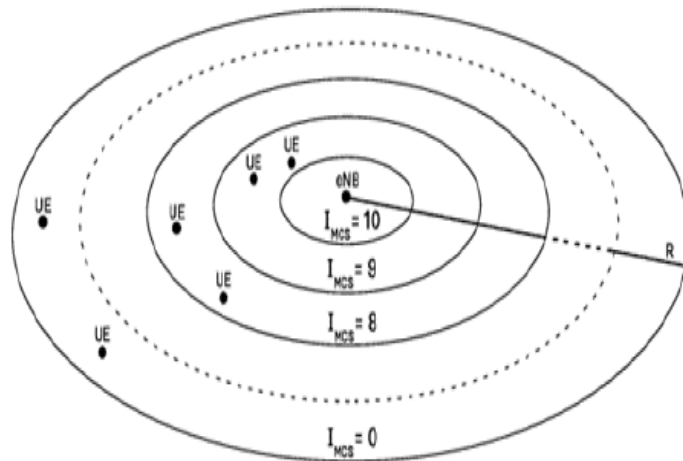
**Hình 3.4 Xác suất xung đột phần mở đầu**

Kết quả cho thấy rằng cơ chế truy cập ngẫu nhiên dựa trên thuật toán ERA-CRPA có xác suất xung đột mở đầu nhỏ hơn.

**Hình 3.5 So sánh thông lượng và độ trễ**

## 3.2 Giải pháp lựa chọn các giá trị định kỳ phù hợp

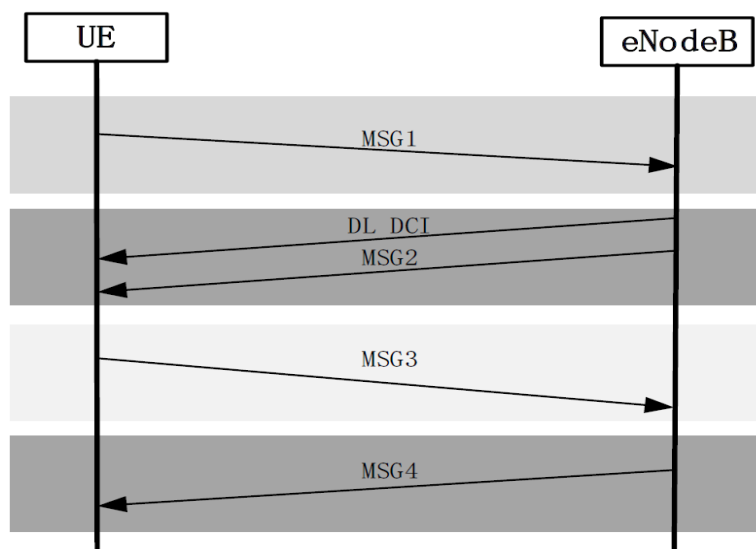
### 3.2.1 Mô tả thuật toán



**Hình 3.6 Phân bổ các MCS trong một ô**

Khi đó thứ tự truy cập ngẫu nhiên như sau:

- 1) UE truy cập ngẫu nhiên.

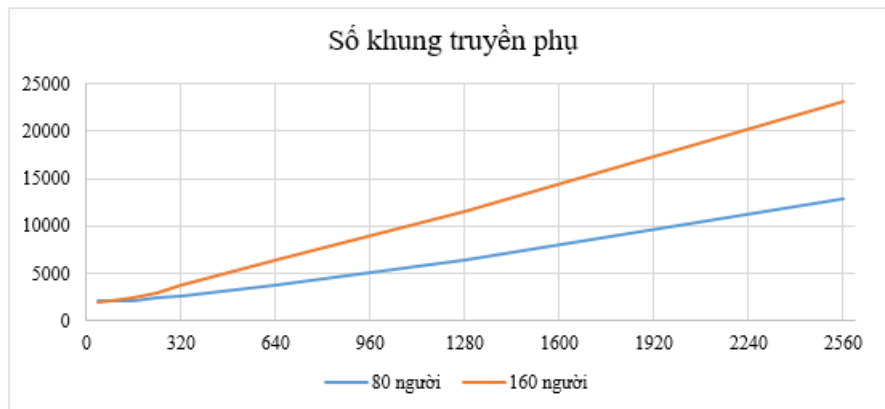


**Hình 3.7 Quy trình truy cập ngẫu nhiên trong NB-IoT**

- 2) ENB truy cập ngẫu nhiên.
- 3) Thiết bị đầu cuối di động sẽ nhận được phản hồi và gửi bản tin xác nhận.
- 4) Khi nhận được bản tin xác nhận, trạm gốc sẽ tự động gửi đến người dùng đầu cuối bản tin xác nhận cuối cùng.
- 5) Ở giai đoạn này, quá trình truy cập ngẫu nhiên được hoàn tất, người dùng đầu cuối bây giờ đã được kích hoạt và bắt đầu truyền (Hình 3.7).

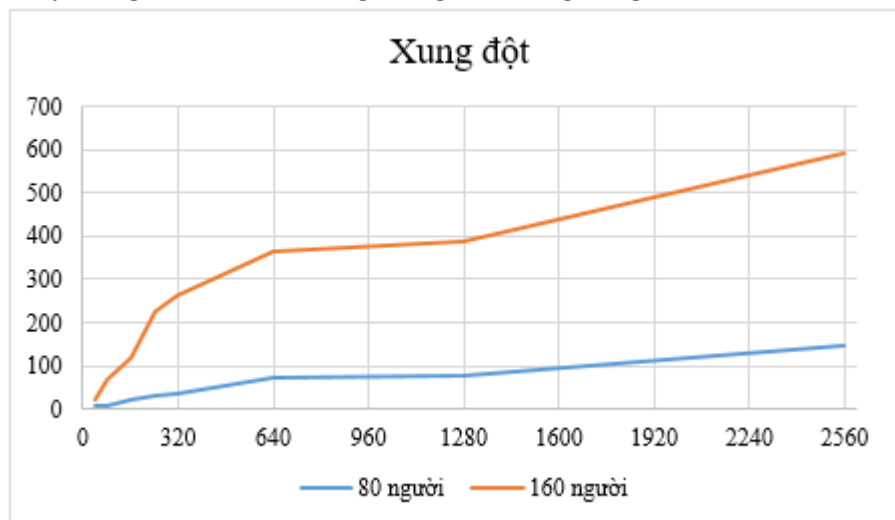
### 3.2.2 Đánh giá kết quả

Dựa trên các kết quả trên ta có biểu đồ thể hiện so sánh giữa số lượng khung truyền tương ứng với từng thời lượng.



**Hình 3.8 Số lượng khung truyền phụ cần cho truy cập thành công NPRACH**

Ta dễ thấy chu kỳ càng lớn thì số lượng xung đột càng tăng mạnh (Hình 3.9)



**Hình 3.9 Xung đột theo lượng người dùng**

**Bảng 3.2 Bảng Số lượng gói được gửi theo số lần lặp với số lượng UE = 40**

UE = 40 Số lần lặp lại	Chu kỳ NPRACH (ms)							
	40	80	160	240	320	640	1280	2560
1	100	100	105	103	103	99	79	48
2	87	99	105	103	103	99	81	48
4	53	87	104	101	101	99	81	48
8	0	54	98	102	100	98	83	48
16	0	0	47	89	98	94	75	48
32	0	0	0	10	59	89	76	48
64	0	0	0	0	0	40	65	45
128	0	0	0	0	0	0	31	37

Bảng 3.15 thể hiện số lượng gói được gửi theo số lần lặp lại khác nhau và chu kỳ NPRACH khác nhau với số lượng UE = 80.

**Bảng 3.3 Bảng Số lượng gói được gửi theo số lần lặp với số lượng UE = 80**

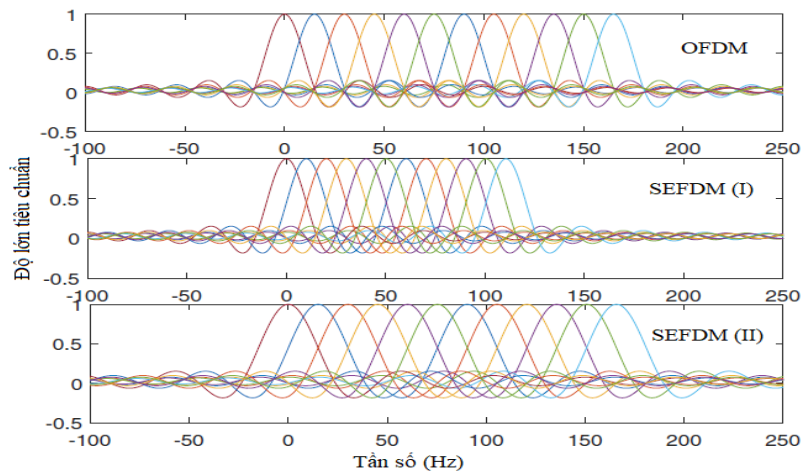
UE = 80	Chu kỳ NPRACH (ms)							
Số lần lặp lại	40	80	160	240	320	640	1280	2560
1	186	188	204	202	167	167	107	28
2	162	188	204	202	197	167	106	28
4	95	159	201	200	200	172	105	28
8		92	183	193	188	168	104	28
16			80	164	173	154	104	29
32				17	110	156	104	29
64						73	84	27
128							45	22

### 3.3 Giải pháp sử dụng dạng sóng tín hiệu không trực giao

Theo tiêu chuẩn 3GPP NB-IoT, định dạng điều chế tối đa mà NB-IoT có thể hỗ trợ là QPSK, điều này làm cho các ứng dụng IoT nhạy cảm với tốc độ dữ liệu. Để khắc phục hạn chế này, điều chế bậc cao hơn như 8PSK hoặc dạng sóng tín hiệu phi trực giao nâng cao có thể được sử dụng.

#### 3.3.1 Dạng sóng NB-IOT nâng cao

Ý tưởng ban đầu của dạng sóng không trực giao là để đóng gói các sóng mang phụ gần hơn về tần số, bằng thông được nén như trong hình dưới là “SEFDM loại I”

**Hình 3.10 Các lược đồ phân bố sóng mang phụ cho tín hiệu đa sóng mang**

#### 3.3.2 Thuật toán SD loại I

Do mất tính trực giao giữa các sóng mang phụ, các tín hiệu nhận được chứa nhiều nhiễu giữa các sóng mang (ICI) nghiêm trọng dẫn đến tăng tỷ lệ lỗi. Một kỹ thuật với độ phức tạp

giảm được gọi là giải mã hình cầu (SD) đã được đề xuất và sửa đổi cho tín hiệu SEFDM. Việc tìm kiếm ước tính tốt nhất cho  $S_{SD}$  trong SEFDM được định nghĩa là:

$$S_{SD} = \arg \min_{S \in O^N} \|R - CS\|^2 \leq g \quad (3.3)$$

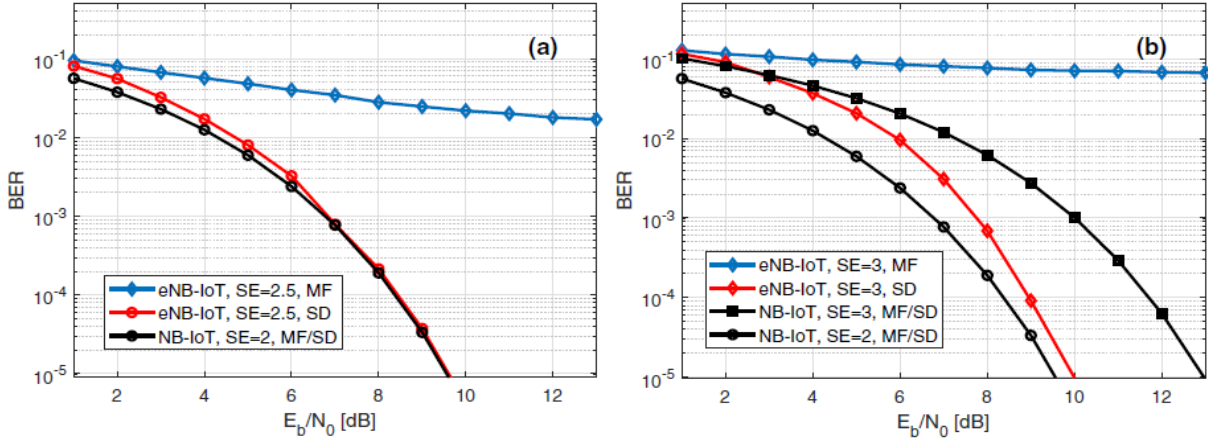
### 3.3.3. Thuật toán SD loại II

Độ phức tạp tính toán của thuật toán SD phụ thuộc vào kích thước của ma trận tương quan  $C$ , cái mà được liên kết với số lượng các sóng mang con. Để giảm bớt sự phức tạp, người ta phương pháp chuyển đổi ma trận linh hoạt để giảm độ phức tạp.

$$C = \begin{bmatrix} C_{1,1} & C_{1,2} & \cdots & C_{1,N} \\ C_{2,1} & C_{2,2} & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & C_{N-1,N} \\ C_{N,1} & \cdots & C_{N,N-1} & C_{N,N} \end{bmatrix} \quad (3.5)$$

### 3.3.4 Đánh giá hiệu năng

Bảng bên dưới thể hiện sự so sánh về cải thiện tốc độ dữ liệu.

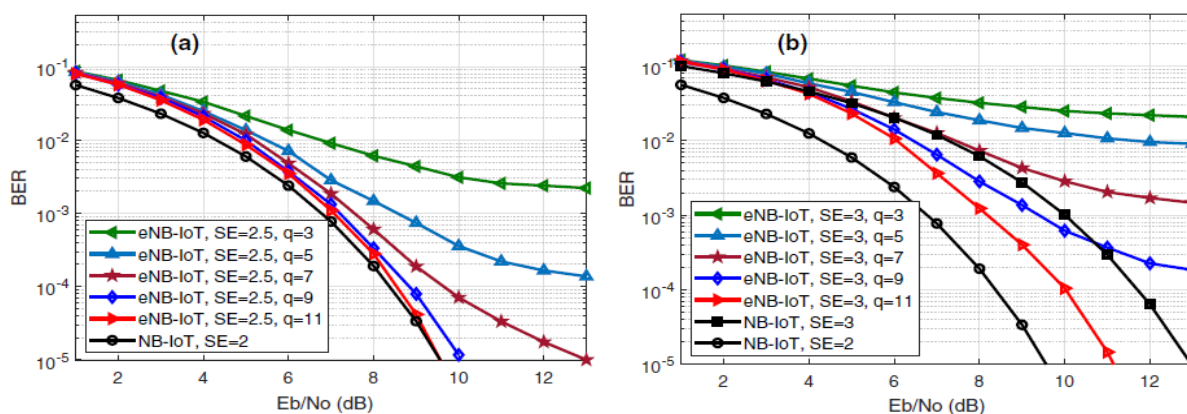


**Hình 3.11 So sánh hiệu năng trong trường hợp dùng kỹ thuật SD loại II**

(a)  $\alpha=0.8$  và  $\alpha=0.67$

Trong hình 3.11 tín hiệu eNB-IoT với hiệu suất phổ 2.5bit/s/Hz có thể đạt được hiệu suất tương tự tín hiệu NB-IoT thông thường với hiệu suất phổ 2 bit/s/Hz.

Trong hình 3.12 cho thấy rằng hiệu suất tối ưu có thể đạt được bằng việc giảm độ phức tạp bằng cách sử dụng kỹ thuật SD loại II.



Hình 3.12 So sánh hiệu năng trong trường hợp dùng kỹ thuật SD loại II

### 3.4 Đề xuất mô hình áp dụng tại quần đảo Cô tô

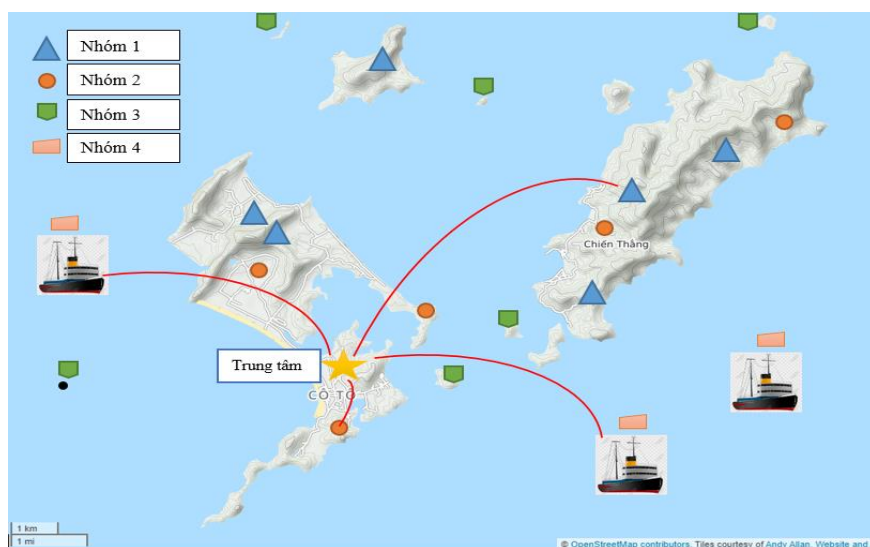
#### 3.4.1 Tiềm năng áp dụng

Công nghệ truyền thông NB-IOT có thể áp dụng ở Cô tô để:

- ✓ Quản lý nông nghiệp, xây dựng mô hình nông nghiệp thông minh.
- ✓ Quản lý gỗ rừng, động vật quý hiếm trên đảo.
- ✓ Quản lý đánh bắt thủy, hải sản.
- ✓ Quản lý hiện trạng các đảo nhỏ, đá ngầm.
- ✓ Xây dựng hệ thống dẫn đường, cảnh báo tàu thuyền khi đến gần đảo.

#### 3.4.2 Mô hình giải pháp quản lý thực thể trên quần đảo

Các thực thể này sẽ được gắn thiết bị, cảm biến hỗ trợ NB-IOT để phản hồi thông tin về định vị, thông tin về cảm biến... Từ đó giúp chúng ta quản lý, giám sát.



Hình 3.13 Mô hình quản lý thực thể

### **Kết luận chương 3**

Nội dung chương này tập trung vào 3 giải pháp chính nhằm nâng cao hiệu năng máy thu đường tải lên như phân cụm theo khoảng cách và cường độ truy cập, giúp phân bổ dữ liệu phù hợp và cân đối hơn. Giải pháp tối ưu hiệu suất kênh NPRACH bằng cách lựa chọn các giá trị định kỳ phù hợp, giúp tránh được các xung đột giữa các người dùng mà vẫn đảm bảo hiệu quả vệ mặt hiệu năng. Giải pháp tăng tốc độ dữ liệu bằng cách thay đổi định dạng điều chế hoặc dạng sóng tín hiệu không trực giao. Các kết quả kiểm nghiệm của các tác giả khác chứng minh được hiệu quả của giải pháp. Từ đó vận dụng, đề xuất mô hình vào quản đảo Cô tô trong việc giám sát, quản lý các thực thể trên đảo. Việc chính phủ ưu tiên áp dụng IOT trong nông nghiệp thông minh cũng thể hiện sự cần thiết của việc áp dụng công nghệ truyền thông NB-IOT trong tình hình thực tế.



## KẾT LUẬN

Quay lại bài toán giả thiết ban đầu, mục tiêu của bài viết là tiền đề để xây dựng các mô hình quản lý, giám sát thực thể ở vùng sâu vùng xa, biển đảo... Với chi phí thấp, hiệu quả cao và thời gian sử dụng lâu dài. Sự ra đời của công nghệ truyền thông diện rộng, công suất thấp LPWAN mang đến nhiều giải pháp tốt. Trong đó công nghệ NB-IOT cho thấy tiềm năng áp dụng, với chi phí thấp, tốc độ truyền dữ liệu cao, bảo mật tốt. Sự ưu tiên của chính phủ trong việc áp dụng IOT vào Nông nghiệp thông minh, sẽ tạo cơ hội thuận lợi để đầu tư phát triển NB-IOT cho các khu vực vùng sâu, vùng xa, vùng hải đảo, nơi mà các công nghệ truyền thông không dây thông thường khó triển khai hoặc triển khai với chi phí lớn. Các công nghệ Cellular hay vệ tinh là giải pháp không khả hữu khi mà chi phí đầu tư lớn, nhiều trạm thu phát và đặc biệt là hiệu quả không cao.

Luận văn đã trình bày những khái niệm cơ bản về truyền thông LPWAN và các vấn đề liên quan trong chương 1. Từ việc phân tích, lựa chọn giải pháp phù hợp tới các tham số đánh giá hiệu năng hệ thống. Các mục tiêu thiết kế trong các bản ban hành mà tổ chức 3GPP đã đặt ra. Chương 2 đã trình bày chi tiết về mục tiêu thiết kế máy thu, đường tải lên NB-IOT và phân tích đánh giá các yếu tố ảnh hưởng tới hiệu năng như khoảng cách truyền dẫn, mật độ người dùng hay vật cản xây dựng. Từ đó chương 3 đưa ra các giải pháp nâng cao hiệu năng, đánh giá các giải pháp qua kết quả mô phỏng (tham khảo từ các tác giả khác). Cuối cùng là đề xuất mô hình ứng dụng ở quần đảo Cô tô.

Hướng nghiên cứu của đề tài trong tương lai là xây dựng mô hình áp dụng chi tiết tại quần đảo Cô tô, nghiên cứu chính xác các yếu tố ảnh hưởng khác như thời tiết, khí hậu, mật độ thực thể hay các yếu tố về kinh tế. Từ đó xây dựng mô hình hiệu quả với chi phí rõ ràng hoặc có thể ước lượng dựa trên kết quả mô phỏng và kiểm nghiệm thực tế. Các giải pháp phần cứng cho các thiết bị NB-IOT người dùng cũng sẽ được nghiên cứu và lựa chọn. Mục tiêu cuối cùng là khả dụng ở môi trường thực tế và có hiệu quả kinh tế nổi bật.