

PHÂN TÍCH ẢNH HƯỞNG CÁC THÔNG SỐ MẠNG LoRaWAN ĐẾN HIỆU SUẤT HOẠT ĐỘNG CỦA MẠNG TRONG MÔI TRƯỜNG THỰC TẾ

AN ANALYSIS OF THE EFFECT OF LORAWAN NETWORK PARAMETERS ON THE NETWORK PERFORMANCE IN THE REAL ENVIRONMENT

Trần Văn Líc^{1*}, Tô Đông Vỹ¹

¹Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng

*Tác giả liên hệ: tvlic@dut.udn.vn

(Nhận bài: 23/3/2021; Chấp nhận đăng: 18/5/2021)

Tóm tắt - Giao thức mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN), tiêu biểu như mạng diện rộng tầm xa (LoRaWAN) trong giao tiếp không dây cho các thiết bị Internet of Things (IoT), đang được nghiên cứu và thử nghiệm trong thời gian gần đây. Trong bài báo này, giao thức LoRaWAN được phân tích qua việc đánh giá ảnh hưởng của các thông số cấu hình trong mạng LoRaWAN đến hiệu suất hoạt động của mạng trong môi trường thực tế trên băng tần 920-923 Mhz. Nghiên cứu tập trung vào thông số LoRaWAN như Spreading Factor (SF), Payload Length (PL), Adaptive Data Rate (ADR), Frequency channel (FC) và khoảng cách truyền tin đến thông số đánh giá hiệu suất hoạt động của mạng LoRaWAN như RSSI, SNR, Packet Delivery Ratio (PDR) và Time on Air (ToA). Kết quả cho thấy, PL ảnh hưởng đáng kể đến PDR, SF tăng sẽ giúp tăng PDR nhưng cũng sẽ làm cho ToA tăng lên, việc kích hoạt ADR đã giúp cải thiện PDR ở khoảng cách gần và xa ở những vị trí cố định. Ngoài ra, giữa các FC khác nhau đều thu được mức SNR và PDR khác nhau.

Từ khóa - Mạng diện rộng tầm xa (LoRaWAN); IoT; Gateway; Giao thức mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN); LoRa

1. Giới thiệu

Giao thức mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) là tập hợp các công nghệ không dây với các đặc điểm như vùng phủ sóng lớn, băng thông thấp, công suất hoạt động thấp và thời gian sử dụng pin dài [1]. LPWAN cung cấp khả năng kết nối cho các thiết bị và ứng dụng có tính di động thấp và mức độ truyền dữ liệu thấp. Ví dụ, các cảm biến nhiệt độ - độ ẩm, cảm biến đo lường trong các đồng hồ số, là một phần chính trong hệ thống IoT. Chính vì thế, LPWAN tương lai sẽ mang tới một lựa chọn mới cho truyền tải dữ liệu IoT, được phát triển nhằm đáp ứng mục đích tiêu thụ năng lượng thấp, kéo dài thời gian hoạt động của thiết bị IoT đầu cuối, với khả năng truyền tải và khoảng cách xa hàng km [2].

Trong số các mạng diện rộng công suất thấp LPWAN, mạng diện rộng tầm xa (LoRaWAN) là một trong những công nghệ phổ biến nhất hiện nay, sẽ được tập trung phân tích và đánh giá trong bài báo này. LoRaWAN là một tiêu chuẩn mở được đưa ra bởi tổ chức LoRa Alliance nhằm đảm bảo khả năng tương tác giữa các thiết bị IoT [3]. Chip LoRa, là phần cơ bản cần thiết để triển khai mạng LoRaWAN là độc quyền của hãng sản xuất chip bán dẫn SemTech có trụ sở tại Mỹ.

LoRa sử dụng phổ tần số Sub-GHz (868 Mhz ở Châu

Abstract - Low Power Wide Area Network (LPWAN) protocol, typically LoRaWAN in IoT devices, is an emerging wireless network protocol that has been studied and tested in recent times. In this paper, we analyze the LoRaWAN protocol through evaluating the effect of configuration parameters in the LoRaWAN network on the network performance in the real environment on the 920-923Mhz band. The evaluation focuses on the impact of the LoRaWAN parameters such as Spreading Factor (SF), Payload Length (PL) data length (PL), Adaptive Data Rate (ADR), Frequency channel (FC) and distance. The performance of the LoRaWAN network was evaluated via RSSI, SNR, Packet Delivery Ratio (PDR) and Time on Air (ToA). Results shows that, Payload length (PL) significantly affects PDR, increased SF will increase PDR but will also cause ToA increase, ADR activation has improved PDR at close distance and far from fixed positions, but the impact is negligible. In addition, the survey between different FC frequency channels has obtained different SNR and PDR..

Key words - Long Range Wide Area Network (LoRaWAN); Internet of Things (IoT); Gateway; Low Power Wide Area Network (LPWAN); LoRa

Âu, 915 Mhz ở Châu Mỹ và 923 Mhz ở Châu Á). Công nghệ này sử dụng kỹ thuật trải phổ để truyền dữ liệu trên các kênh tần số khác nhau và ở các tốc độ khác nhau để các Gateway có thể thích ứng với các điều kiện thay đổi và tối ưu hóa cách thức trao đổi dữ liệu với từng thiết bị.

Tốc độ dữ liệu trong mạng LoRaWAN khoảng từ 300 bps đến 50 kbps tùy vào hệ số trải phổ Spreading Factor (SF) và băng thông (BW), độ dài dữ liệu Payload Length (PL) tối đa là 243 bytes và cung cấp chức năng truyền thông hai chiều uplink và downlink hiệu quả. Mỗi gói tin đều được nhận bởi tất cả các Gateway trong phạm vi phủ sóng để đảm bảo tỷ lệ truyền thành công nhưng với yêu cầu nhiều trạm Gateway có thể làm tăng chi phí triển khai mạng.

Để đảm bảo hiệu quả và độ tin cậy cho mạng LoRaWAN, các thiết bị đầu cuối End-node LoRa cần được cấu hình nhiều thông số truyền tin khác nhau. Ví dụ, một thiết bị LoRa có thể được cấu hình để sử dụng với thông số khác nhau như hệ số trải phổ Spreading Factor (SF), Băng thông (BW), tốc độ mã hóa Coding Rate (CR), Công suất phát transmission powers (TP), Adaptive Data Rate (ADR). Kết quả tổ hợp có thể có trên 6720 thiết lập có thể xảy ra [4]. Vì vậy, đây cũng là một thách thức trong việc lựa chọn các thông số cấu hình phù hợp sao cho đảm bảo được vấn

¹ The University of Danang - University of science and Technology (Tran Van Lic, To Dong Vy)

để tiết kiệm năng lượng và đảm bảo hiệu suất hoạt động hệ thống mạng LoRaWAN.

Đã có nhiều bài báo nước ngoài thực hiện việc đánh giá ảnh hưởng của các thông số này tới hiệu suất hoạt động của mạng LoRaWAN. Tiêu biểu như nghiên cứu [5] của các tác giả Davide Magrin, Martina Capuzzo, và Andrea Zanella đã sử dụng phần mềm mô phỏng để phân tích ảnh hưởng qua lại của các thông số cấu hình trong mạng LoRaWAN đến hiệu suất hoạt động của mạng. Tuy nhiên, các nghiên cứu đa số chủ yếu sử dụng các phần mềm mô phỏng để giả lập các thông số này và cho đưa ra kết quả mô phỏng trên máy tính để so sánh. Vì vậy tính thực tế chưa cao bởi vì môi trường nhiều nền với dải tần số được phép hoạt động ở các quốc gia là khác nhau.

Trong bài báo này, nhóm tác giả không thực hiện mô phỏng mà thử nghiệm ở điều kiện thực tế với mức nhiều nền thực tế tại Việt Nam và băng tần được phép hoạt động từ 920-923 Mhz. Bằng việc thu thập dữ liệu và phân tích đánh giá dữ liệu đó để chỉ ra được, ảnh hưởng trong môi trường thực tế như thế nào trong việc thiết lập các thông số mạng LoRaWAN như hệ số trải phổ Spreading Factor (SF), độ dài dữ liệu Payload Length (PL), Adaptive Data Rate (ADR), kênh tần số Frequency channel (FC) và khoảng cách đến hiệu suất hoạt động của mạng LoRaWAN. Cụ thể, các thông số SNR, RSSI, tỷ lệ gói truyền đi Packet Delivery Ratio (PDR) và thời gian lan truyền tin Time on Air (ToA).

2. Cơ sở lý thuyết

Trong mạng LoRaWAN, LoRa đóng vai trò như lớp vật lý và được phát triển độc quyền bởi hãng Semtech. Tiêu chuẩn giao tiếp LoRaWAN là mã nguồn mở và đang được phát triển tích cực bởi các đối tác thương mại và công nghiệp [6].

2.1. Hệ số trải phổ Spreading Factor (SF)

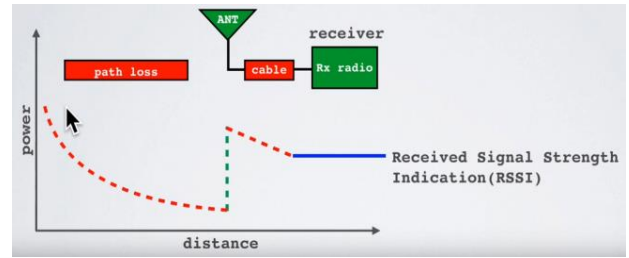
LoRa sử dụng kiểu điều chế Chirp Spread Spectrum (CSS) và sửa lỗi chuyển tiếp Forward Error Correction (FEC) để giảm nhiễu [7]. Trong đó, hệ số trải phổ Spreading Factor (SF) là thông số cấu hình chính, là tỷ lệ giữa symbol rate và chip rate [8], [9]. SF xác định số lượng chirp signal khi mã hóa tín hiệu đã được điều chế tần số của dữ liệu được xác định từ SF7 đến SF12. Ví dụ nếu SF bằng 12 có nghĩa là 1 mức logic của chipped signal sẽ được mã hóa bởi 12 xung chirp signal.

2.2. RSSI và SNR

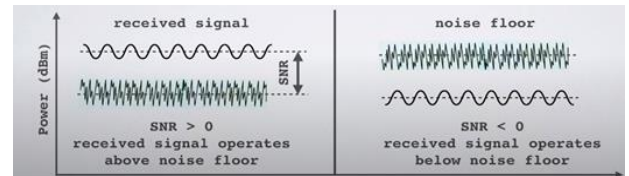
Received Signal Strength Indication (RSSI), được mô tả như Hình 1, là công suất tín hiệu nhận được tính bằng mW và được đo bằng dBm. Giá trị này có thể được sử dụng như một phép đo mức độ người nhận có thể "nghe" tín hiệu từ người gửi. RSSI là một trong những chỉ số cơ bản của mạng LoRa. RSSI cụ thể là chỉ số đo lường mức suy giảm công suất so với nguồn phát. RSSI được tính dựa vào công suất phát (của End-node LoRa) trừ cho tổng suy hao trên đường truyền (suy hao về vật liệu và suy hao do khoảng cách).

Signal-to-Noise Ratio (SNR), được mô tả ở Hình 2, là tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu là tỷ số giữa tín hiệu công suất nhận được và mức công suất nhiễu nền (noise floor). Nhiễu nền

là một vùng của tất cả các nguồn tín hiệu gây nhiễu không mong muốn có thể nhiễu tín hiệu đã truyền đi, gây ra khó khăn cho việc giải mã ở máy thu.



Hình 1. Hình ảnh minh họa về RSSI [10]



Hình 2. Hình ảnh minh họa mức tín hiệu và nền nhiễu [10]

Nếu SNR lớn hơn 0, tín hiệu nhận được sẽ hoạt động trên mức nhiễu. Nếu SNR nhỏ hơn 0, tín hiệu nhận được sẽ hoạt động dưới tầng nhiễu.

2.3. Time on Air (ToA)

Khi một tín hiệu được gửi từ sender, phải mất một khoảng thời gian nhất định trước khi receiver nhận được tín hiệu này. Khoảng thời gian này gọi là Time on Air (ToA) được minh họa ở Hình 3.



Hình 3. Hình ảnh minh họa về ToA [10]

Tổng thời gian truyền không khí của một gói LoRa gọi là Time on air (ToA), hay còn gọi là thời lượng gói LoRa - Lora packet duration (Tpacket) được tính như sau:

$$\text{ToA} = \text{Tpacket} = \text{Tpreamble} + \text{Tpayload}$$

Trong đó: Tpreamble là thời gian truyền chuỗi binary để bộ nhận thu được tín hiệu của gói tin LoRa trong không khí; Tpayload là thời gian cần để truyền dữ liệu gửi đi.

2.4. Adaptive Data Rate (ADR)

ADR là một cơ chế tối ưu hóa tốc độ dữ liệu, thời gian sử dụng và dung lượng trong mạng. Giao thức LoRaWAN xác định Adaptive Data Rate (ADR) để kiểm soát các thông số truyền uplink của thiết bị LoRa gồm:

- Spreading Factor (SF);
- Bandwidth (BW);
- Công suất truyền (Txpower).

Chức năng ADR có được sử dụng hay không là do các End-node yêu cầu bằng cách thiết lập (flag) ADR trong thông báo gói tin gửi lên Gateway (uplink). Nếu ADR được kích hoạt, network server có thể kiểm soát các tham số truyền của End-node.

ADR chỉ nên được sử dụng trong các tình huống tần số vô tuyến Radio Frequency (RF) ổn định nơi các End-node

không di chuyển. Các End-node di động cố định trong thời gian dài hơn có thể bật ADR trong thời gian đó.

Nguyên lý hoạt động của ADR:

- Network server thu thập gần 20 dữ liệu truyền uplink gần đây nhất, chẳng hạn như data rate và tỷ lệ tín hiệu trên nhiễu Signal-to-Noise Ratio (SNR) từ một End-node.

- Trong số 20 gói tin uplink nhận được, network server sẽ lấy giá trị SNR tối đa mà bây giờ được gọi là SNR-measured và data rate tương ứng.

- Sau 20 khung tín hiệu nhận được, nó sẽ tính SNRmargin bằng cách sử dụng tốc độ dữ liệu (DR: Data rate) của bản tin nhận được cuối cùng.

$SNRmargin = SNRmax + requireSNR - margin (dB)$

Với, SNRmargin là giá trị lớn nhất của 20 tín hiệu nhận được; Margin được mặc định bằng 10; Giá trị requireSNR được cho ở Bảng 1.

Bảng 1. Bảng giá trị SNR theo SF và tốc độ dữ liệu

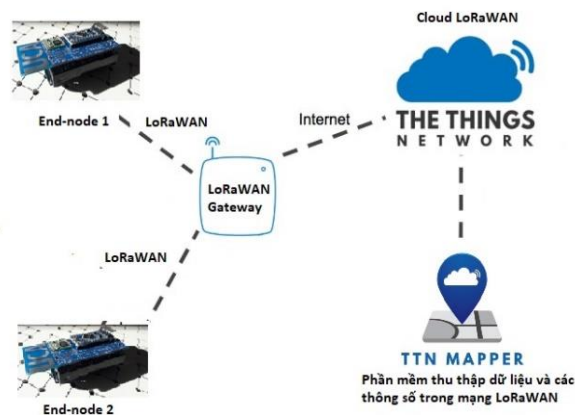
SF	SNR (dB)
DR5/SF12	-20
DR4/SF11	-17,5
DR3/SF10	-15
DR2/SF9	-12,5
DR1/SF8	-10
DR0/SF7	-7,5

2.5. Packet Delivery Ratio (PDR)

PDR là tỷ lệ số gói nhận được thành công tại máy chủ mạng trên tổng số gói được truyền bởi một thiết bị đầu cuối [11]. PDR là thông số quan trọng để đánh giá độ ổn định của mạng. Để tính được PDR, các thiết bị End-node sẽ được cố định truyền 200 gói tin liên tục, dựa vào số gói tin nhận được tại máy chủ mạng sẽ tính được tỷ lệ gói tin truyền đi thành công.

3. Mô hình hệ thống thử nghiệm hệ thống LoRaWAN

Hệ thống thử nghiệm gồm 4 phần chính: End-node, LoRaWAN gateway, Network Server sử dụng The Things Network (TTN) và Application Server (TTN Mapper)



Hình 4. Sơ đồ kết nối hệ thống thử nghiệm LoRaWAN

End-node (hay LoRa node) là thiết bị đầu cuối sử dụng chip LoRa để có thể truyền nhận dữ liệu tới Gateway qua

giao thức LoRaWAN. End-node thường được gắn các cảm biến được sử dụng để phát hiện các thông số thay đổi như: Nhiệt độ, độ ẩm, cường độ ánh sáng, chất lượng không khí.

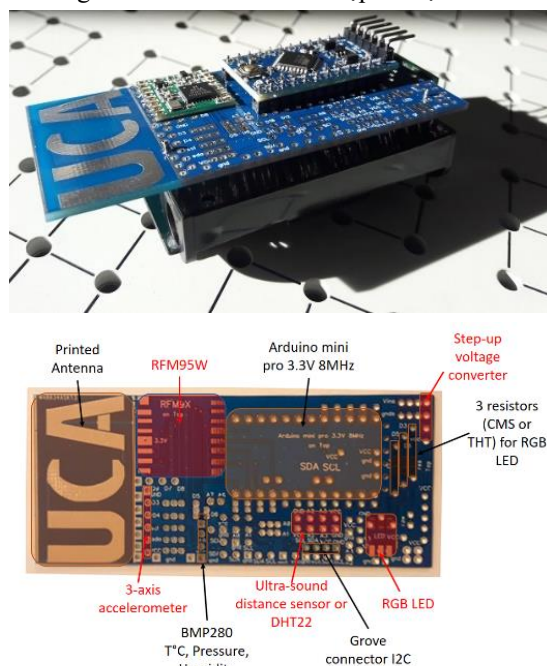
LoRaWAN Gateway thu nhận dữ liệu truyền về từ End-node. Dữ liệu sau đó được Gateway đưa lên Network Server TTN qua Internet. Cuối cùng sử dụng phần mềm TTN mapper để thu thập dữ liệu, thông số truyền nhận mạng LoRaWAN để phân tích và đánh giá.

3.1. Thiết kế phần cứng

3.1.1. End-node

End-node sử dụng trong thử nghiệm là UCA board được phát triển bởi GS. Fabien Ferrero, Trường Đại học Côte d'Azur.

Phần cứng End-node bao gồm 1 Arduino Mini Pro sử dụng để điều khiển các hoạt động của End-node, mô-đun RFM95 chịu trách nhiệm điều chế tín hiệu truyền đi qua sóng LoRa, End-node sử dụng nguồn pin AA và phần ăng-ten được tích hợp vào PCB board qua chữ UCA. Ngoài ra, End-node còn có thể gắn các cảm biến để thu thập dữ liệu như Hình 5.



Hình 5. Layout PCB của End-node UCA board

3.1.2. LoRaWAN Gateway

LoRaWAN Gateway Rak7240 được sử dụng trong thử nghiệm, đây là một Gateway được thiết kế để có thể lắp đặt ngoài trời (Outdoor Gateway) và có thể hoạt động với 8 kênh tần số ở băng tần 920-923Mhz.

Gateway được kết nối với Internet thông qua cổng Ethernet. Thiết bị gateway luôn được kết nối với nguồn điện qua cổng Power over Ethernet (PoE). Dữ liệu truyền tới Gateway được cấu hình để chuyển tiếp đến Network Server The Things Network (TTN), đây là một cloud LoRaWAN sử dụng miễn phí cho việc thử nghiệm.

Hình 6 mô tả Gateway đã được lắp đặt trên tòa nhà cao tầng để có thể truyền Line of Sight (LoS) tới các End-node, đảm bảo tính chính xác cho dữ liệu trong toàn bộ quá trình thử nghiệm.



Hình 6. Gateway được lắp đặt để thử nghiệm

3.2. Phần mềm thu thập dữ liệu

Phần mềm TTN Mapper được sử dụng để thu thập dữ liệu gửi lên từ End-node và thông số mạng LoRaWAN đi kèm để phân tích như RSSI, SNR, SF, PL, ADR, kênh tần số. Ngoài ra, TTN Mapper còn có thể sử dụng GPS để tính được khoảng cách thực tế từ End-node đến Gateway dựa vào bản đồ.

Dữ liệu được trích xuất ở dạng file CSV thuận tiện cho quá trình phân tích dữ liệu và đánh giá.

3.3. Phương pháp thực nghiệm

Trong thử nghiệm này, các thông số SF, PL, ADR, FC và khoảng cách truyền sẽ được thay đổi để đánh giá được tác động của nó đến hiệu suất của mạng, cụ thể ở đây là các thông số RSSI, SNR, PDR và ToA của hệ thống mạng LoRaWAN.

Thử nghiệm được thiết lập như sau:

- End-node sẽ gửi 200 gói dữ liệu liên tục đến gateway, mỗi gói cách nhau 10 s.

- End-node lần lượt được đặt ở 2 vị trí khác nhau. Ở vị trí đầu tiên sẽ đặt ở khoảng cách 150 m tính từ gateway và gọi đây và khoảng cách gần (Near). Khoảng cách xa (Far) sẽ đặt node ở vị trí cách gateway 450 m.

Dữ liệu thu được từ Gateway sẽ được truyền về và lưu ở cơ sở dữ liệu của ứng dụng TTN mapper. Sau đã thu thập đủ dữ liệu, tiến hành tổng hợp và phân tích dữ liệu, sử dụng phần mềm Matlab để thể hiện dữ liệu qua dạng đồ thị.

Để đảm bảo tính chính xác, các thử nghiệm sẽ tiến hành dựa trên điều kiện Line of Sight (LoS), tức là End-node sẽ đặt ở các vị trí để có thể thấy rõ gateways mà không bị cản tầm nhìn.

Thay đổi giá trị SF lần lượt từ SF7 đến SF12. Với mỗi một SF khác nhau, ta lại thay đổi thông số PL lần lượt từ 10 bytes đến 50 bytes. Sử dụng băng thông BW 125kHz

Giá trị PDR được tính toán dựa vào số packet truyền thành công đến gateway trên tổng số packet đã truyền đi. Để tránh tình trạng node bị ngắt kết nối đến mạng khi đang hoạt động, các node có thể thực hiện kiểm tra liên kết mạng định kỳ bằng cách kích hoạt link check (LC) để xác nhận rằng chúng vẫn được kết nối với LoRaWAN.

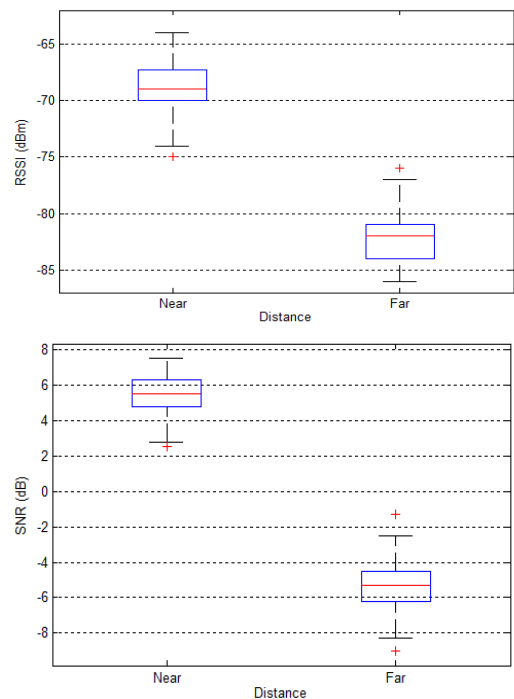
Việc kích hoạt link check (LC) được thực hiện trên

node thông qua thư viện Imic. Node truyền dữ liệu uplink cho đến packet thứ 12 thì sẽ tự động kích hoạt LC và yêu cầu gateway gửi downlink để xác nhận xem có còn đang kết nối tới mạng hay không. Các thử nghiệm cũng được thực hiện ở 2 khoảng cách gần và xa và làm tương tự như với việc đánh giá Payload length.

4. Kết quả và đánh giá

4.1. Ảnh hưởng của khoảng cách tới RSSI và SNR

RSSI và SNR được hiển thị trong Hình 7 có sự giảm đáng kể từ khoảng cách gần (Near) đến khoảng cách xa (Far). Ở khoảng cách gần, SNR dương và trong khoảng 2 đến 8 dB chúng tỏ tín hiệu truyền đi tốt và ít bị nhiễu, giá trị SNR phổ biến trong trường hợp này là 5,5 dB. SNR ở trường hợp khoảng cách xa (Far) này giảm khá nhiều, từ -8 dB đến -2 dB và nhiều nhất là khoảng -5 dB. Tương tự, thông số cường độ tín hiệu thu được RSSI cũng giảm đáng kể ở khoảng cách gần và xa.



Hình 7. Kết quả đánh giá thử nghiệm với RSSI và SNR

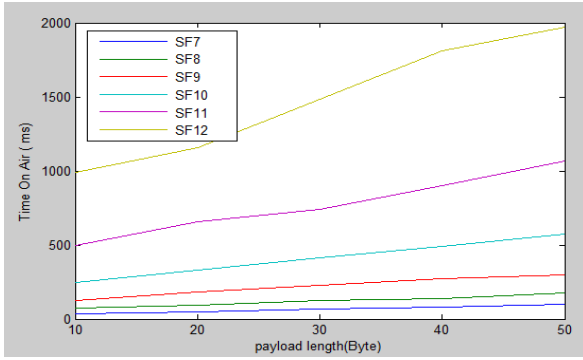
Qua đó, có thể thấy, khoảng cách ảnh hưởng rõ ràng đến RSSI và SNR, là hai thông số chính để đánh giá chất lượng của tín hiệu. Khoảng cách gần thì tín hiệu tốt, ít bị nhiễu và ngược lại ở khoảng cách xa thì tín hiệu kém, nhiễu nhiều hơn

4.2. Ảnh hưởng của SF đến ToA

Hình 8 trình bày tham số ToA cho các SF và PL khác nhau với băng thông BW là 125 kHz. Với SF càng lớn cho phép phạm vi truyền tin xa hơn. Tuy nhiên, theo như kết quả trong hình, các SF lớn cũng làm tăng thời gian thời gian truyền tin trong không gian ToA.

Ví dụ, nếu tải trọng gói là 40 bytes cho SF = 8, ta nhận được ToA là 60 ms và nếu SF = 12 thì ToA thu được là khoảng 1800 ms. Một cách để tăng thời gian truyền của một End-node LoRa là chuyển đổi giữa các SF của kênh được cấp phát.

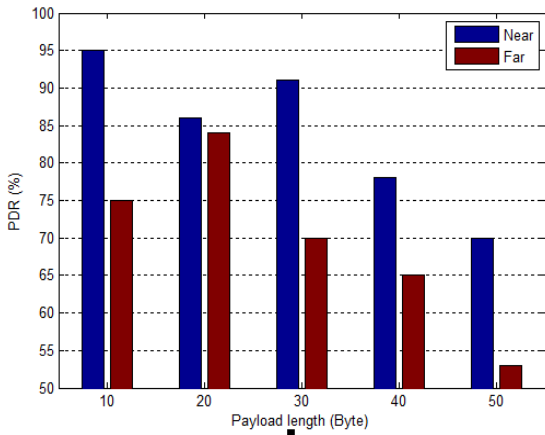
Vì vậy vấn đề này cần được chú ý đến trong các ứng dụng thực tế sau này, bởi thực tế là các SF lớn được sử dụng thường xuyên hơn các SF nhỏ.



Hình 8. Kết quả ảnh hưởng của PL tới ToA

4.3. Ảnh hưởng của PL đến PDR

Nhìn chung, độ dài tải trọng ảnh hưởng rõ ràng đến khả năng truyền packet. PDR trong các trường hợp nói chung có xu hướng giảm theo độ dài gói tin. Tuy nhiên, qua Hình 9, 10 cũng thấy được trường hợp (PL=20, Far), (PL=30, Near) hay các trường hợp có kích hoạt ADR ở Hình 10 như các trường hợp (PL=20, Far), (PL=30, Near), (PL=40, Far) cho kết quả không theo quy luật này. Các kết quả này có thể bị ảnh hưởng bởi các nguồn nhiễu ngẫu nhiên trong không gian và cần lấy thêm nhiều dữ liệu để tăng độ chính xác cho kết quả.



Hình 9. Kết quả ảnh hưởng của PL tới PDR

Với độ dài 10 bytes chất lượng truyền khá tốt, PDR đạt

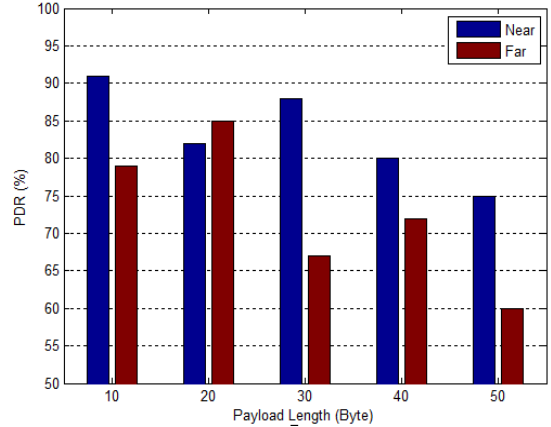
Bảng 2. Kết quả thử nghiệm với các kênh tần số khác nhau

Kênh/Channel	0	1	2	3	4	5	6	7	LoRa std	FSK	
Tần số/Frequency (Mhz)	921,4	921,6	921,8	922	922,2	922,4	922,6	922,8	922,7	923	
Payload length (PL)	10 bytes										
Distance (Line of Sight)	0,45 Km										
Số Packet	200										
SNR	-3,5	-6,7	-4,5	-10,3	-9,5	-0,9	-5,5	-6,7	1,2	-2,2	
RSSI (dBm)	-99	-93	-90	-101	-96	-89	-95	-99	-88	-95	
PDR (%)	78	75	75	67	86	88	70	79	83	81	
ToA (ms)	42,216 ms										

95% ở khoảng cách gần và 75% ở khoảng cách xa. PDR ở độ dài tải trọng 50 bytes cho mức 70% với khoảng cách gần (150 m) và 53% ở khoảng cách xa (450 m).

4.4. Ảnh hưởng của ADR đến PDR

Việc kích hoạt Adaptive Data Rate (ADR) đã làm tăng PDR ở các nhóm gần và xa được thể hiện ở Hình 10. Ở hầu hết các payload length (PL) khác nhau, việc có ADR đã giúp cải thiện PDR khoảng 5%. Qua đó thấy được tác động của ADR đến hiệu suất của mạng là có nhưng cũng không đáng kể.



Hình 10. Kết quả ảnh hưởng của PL tới PDR trong trường hợp kích hoạt ADR

4.5. Ảnh hưởng của kênh tần số Frequency channel (FC) tới PDR và ToA

Việc đánh giá ảnh hưởng của kênh tần số của mạng LoRaWAN trong băng tần được cục tần số cho phép sử dụng tại Việt Nam trong dải tần từ 920 – 923 Mhz nhằm đánh giá ảnh hưởng của từng kênh tần số sử dụng đến PDR và ToA trong điều kiện thực tế với mức nhiễu nền tại Việt Nam.

Dữ liệu ở Bảng 2 cho thấy tại các kênh tần số có cường độ tín hiệu thu được RSSI là gần như nhau, dao động từ -88 dBm đến -101 dBm. Tuy nhiên tỷ lệ gói truyền đi PDR ở kênh tần số 922 Mhz thấp hơn rõ rệt so với các kênh tần số còn lại. Qua kết quả PDR, SNR khác nhau giữa các kênh, có thể thấy rằng, mức độ ảnh hưởng của nhiễu nền đến các kênh tần số là khác nhau. Tuy nhiên thời gian lan truyền tin là gần như không đổi đối với các kênh tần số, các kênh tần số đều cùng gửi trong thời gian 42,216 ms.

5. Kết luận

Trong khuôn khổ bài báo, bằng việc thiết lập hệ thống LoRaWAN thực tế và thu thập dữ liệu với việc thay đổi các thông số cơ bản của mạng LoRaWAN như Spreading Factor (SF), độ dài dữ liệu Payload Length (PL), Adaptive Data Rate (ADR), kênh tần số Frequency channel (FC) và khoảng cách truyền tin. Thông qua các kết quả ảnh hưởng tới hiệu suất mạng LoRaWAN như RSSI, SNR, PDR và ToA, có thể thay đổi các thông số cấu hình có thể làm tăng chất lượng tín hiệu RSSI và SNR trong mạng. Ngoài ra, qua việc khảo sát ảnh hưởng các kênh tần số tới PDR và ToA sẽ đánh giá được ở kênh tần số nào tín hiệu sẽ thu được tốt hơn để có thể lựa chọn kênh tần số tiềm năng triển khai cho ứng dụng LoRaWAN trong tương lai.

Trên cơ sở kết quả đạt được của bài báo, những nghiên cứu tiếp theo có thể đề xuất thêm phần học máy Machine Learning vào việc tự động lựa chọn tối ưu các thông số của mạng LoRaWAN ứng với các điều kiện môi trường thực tế khác nhau.

Lời cảm ơn: Đề hoàn thành bài báo. Tác giả gửi lời cảm ơn các đồng nghiệp trong nhóm LoRa của Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng và Viện DNIIT. Bài báo này được tài trợ bởi Trường Đại học Bách khoa – Đại học Đà Nẵng với đề tài có mã số: T2020-02-35.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] U. Raza, P. Kulkarni and M. Sooriyabandara, "Low Power Wide Area Networks: An Overview", in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 19, no. 2, 2017, pp. 855-873.
- [2] Hoàng Lê Trung, "Mạng LPWAN cho các ứng dụng IoT", <http://www.cuctanso.vn/>, 02/2019.
- [3] LoRa Alliance®, <https://lora-alliance.org/>
- [4] M. Bor and U. Roedig, "LoRa Transmission Parameter Selection", *2017 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems (DCOSS)*, Ottawa, ON, Canada, 2017, pp. 27-34..
- [5] D. Magrin, M. Capuzzo and A. Zanella, "A Thorough Study of LoRaWAN Performance Under Different Parameter Settings", in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 7, no. 1, Jan. 2020, pp. 116-127.
- [6] U. Raza, P. Kulkarni, and M. Sooriyabandara, "Low Power Wide Area Networks: An Overview", *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 19, no. 2, year 2017, pp. 855-873.
- [7] M. Bor, J. Vidler, and U. Roedig, "LoRa for the Internet of Things", in *Proceedings of the 2016 International Conference on Embedded Wireless Systems and Networks*, Graz, Austria, February 2016, pp. 361-366.
- [8] M. Bor and U. Roedig, "LoRa transmission parameter selection", in *Proceedings - 2017 13th International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems, DCOSS 2017*, Ottawa, ON, Canada, 2018, pp. 27-34.
- [9] A. Potsch, F. Haslhofer, P. Albert, and F. Haslhofer, "Practical Limitations for Deployment of LoRa Gateways", in *2017 IEEE International Workshop on Measurement and Networking (M&N)*, Naples, Italy, 2017, pp. 1-6.
- [10] LoRaWAN, <https://www.mobilefish.com/>
- [11] A. M. Yousuf, E. M. Rochester, B. Ousat and M. Ghaderi, "Throughput, Coverage and Scalability of LoRa LPWAN for Internet of Things", *2018 IEEE/ACM 26th International Symposium on Quality of Service (IWQoS)*, Banff, AB, Canada, 2018, pp. 1-10.