

## گزارش تمرین سوم

اعضای گروه : غزل صادقیان(9533054) ، طاهره فهیمی(9539045) ، فاطمه غلام زاده (9531060)

### پاسخ سوال ۳ :

آخرین توان برای هر نود را مقدار power consumption مشخص می کند. این مقادیر برای نود ها به صورت زیر هستند:

Node0 : 86442.3

Node 1: 86413.99

Node 2: 86469.33

Node 3:86440.48

Node 4:0

Node 5:0

Node 6: 86447.60

Node 7:0

Node 8:86469.33

Node 9: 86445.98

این مقادیر با مقادیر ایده ال برابر هستند در قسمت pecketsPerSF می توان بسته های هر SF را مشاهده کرد پس به احتمال زیاد نود هایی که مقادیر power آن ها صفر شده است در SF ای قرار دارند که بسته های دریافتی از آن ها صفر بوده است.

تعداد بسته های ارسالی هر نود را می توان با استفاده از sentpackets بدست آورد که مقادیر آن ها به صورت زیر است. این مقادیر نشان دهنده بسته هایی است که لایه application آن ها را ارسال کرده است.

Node0 : 3548

Node 1: 3472

Node 2: 4874

Node 3: 4638

Node 4: 4501

Node 5: 1871

Node 6: 4099

Node 7: 1910

Node 8: 4650

Node 9: 4226

انرژی مصرفی هر نود را هم از ستون energy consumer می توان بدست آورد که این مقدار با استفاده از totalEnergyConsumed مشخص می شود.

Node0 : 430.13

Node 1: 426.05

Node 2: 402.81

Node 3: 408.62

Node 4: 399.87

Node 5: 538.6

Node 6: 404.43

Node 7: 547.39

Node 8: 407.36

Node 9: 416.96

مجموع تعداد بسته هایی که به صورت صحیح دریافت شده اند برابر ۷۳۰۷ هستند که همین تعداد بسته را به network server می فرستد. loraGWRadioReceptionFinishedCorrect نشان دهنده همین مقدار است. این مقدار باز هم برابر lora\_GWPacketRecieved است که نشان دهنده این است که همه بسته ها به درستی دریافت شده اند. مجموعه تعداد بسته های دریافت شده در دروازه را با استفاده از totalRecievedPackets مشخص می شوند. این مقدار برابر ۷۳۰۷ است.

پاسخ سوال ۴ :

برای به دست آوردن نرخ بسته‌های دریافتی و میزان مصرف انرژی از پایتون استفاده شده است که کد آن به شکل زیر می باشد :

```
import csv
import sys

csv.field_size_limit(sys.maxsize)
#read csv, and split on "," the line
csv_file = csv.reader(open('numOfNodes, numOfGateways, bandwidth.csv', "r"),
delimiter=",")

sentP=0
energy=0
recv=0

#loop through csv list
for row in csv_file:

    if "totalReceivedPackets" == row[3]:
        recv = int(row[6])
        print (row[3],":",row[6])

    if "totalEnergyConsumed" == row[3]:
        energy = energy + float(row[6])

    if "sentPackets" == row[3]:
        sentP = sentP + int(row[6])

print("energy:", energy)
print("sent packets:", sentP)
print("received rate:", float(recv/sentP))
print("energy consumed:", float(energy/recv))
```

داده‌های به دست آمده به شرح زیر است:

**5, 1, 125**

totalReceivedPackets : 3447      energy: 2023.8957093957902      sentPackets: 20755

received rate with sentPackets: 0.16608046253914718      energy consumed: 0.5871470001148217

**10, 1, 125**

totalReceivedPackets : 7307      energy: 4382.2617369973295      sentPackets: 37789

received rate with sentPackets: 0.1933631480060335      energy consumed: 0.59973473888016

**15, 1, 125**

totalReceivedPackets : 14168      energy: 6437.914007066829      sentPackets: 57863  
numSent: 67492

received rate with sentPackets: 0.2448542246340494      energy consumed: 0.45439822184266154

**5, 2, 125**

totalReceivedPackets : 3560      energy: 2057.4376994018403      sentPackets: 21084  
received rate with sentPackets: 0.16884841586036806      energy consumed: 0.5779319380342248

**10, 2, 125**

totalReceivedPackets : 11023      energy: 4345.49115091822      sentPackets: 37375

received rate with sentPackets: 0.2949297658862876      energy consumed: 0.3942203711256664

**15, 2, 125**

totalReceivedPackets : 16060      energy: 6443.50195362646      sentPackets: 57761

received rate with sentPackets: 0.27804227766139783      energy consumed: 0.40121431840762517

**5, 3, 125**

totalReceivedPackets : 11381      energy: 2018.8726616263798      sentPackets: 20704

received rate with sentPackets: 0.5497005409582689      energy consumed: 0.1773897426962815

**10, 3, 125**

totalReceivedPackets : 22806      energy: 4349.875367710691      sentPackets: 37406

received rate with sentPackets: 0.6096882853018233      energy consumed: 0.19073381424671976

**15, 3, 125**

totalReceivedPackets : 30942      energy: 6457.840746123111      sentPackets: 58205

received rate with sentPackets: 0.5316038141053174      energy consumed: 0.2087079292263949

**5, 1, 500**

totalReceivedPackets : 0      energy: 1679.32613449271      sentPackets: 20868  
received rate with sentPackets: 0.0

**10, 1, 500**

totalReceivedPackets : 1909      energy: 3189.02171608968      sentPackets: 37642  
received rate with sentPackets: 0.050714627278040485      energy consumed: 1.67051949507055

**15, 1, 500**

totalReceivedPackets : 5985      energy: 4842.938510038039      sentPackets: 57753  
received rate with sentPackets: 0.10363098020882032      energy consumed: 0.8091793667565645

**5, 2 , 500**

totalReceivedPackets : 0      energy: 1687.97500406823      sentPackets: 21054

received rate with sentPackets: 0.0

**5-1-250:**

Total received in server: 3466  
Sum packets all nodes(sent packet) :20687      Sum of Total energy consumed: 1785.14

**5-2-250:**

Total received in server: 6904  
Sum packets all nodes(sent packet) :20859      Sum of Total energy consumed: 1791.5348

**5-3-250:**

Total received in server: 3484  
Sum packets all nodes(sent packet) : 20812      Sum of Total energy consumed: 1673.1811

**10-1-250:**

Total received in server: 7243  
Sum packets all nodes(sent packet) : 37325      Sum of Total energy consumed: 3570.3791

**10-2-250:**

Total received in server: 14586  
Sum packets all nodes(sent packet) : 37573      Sum of Total energy consumed: 3582.84

**10-3-250:**

Total received in server: 18246  
Sum packets all nodes(sent packet) : 37353      Sum of Total energy consumed: 3557.73

**15-1-250:**

Total received in server: 11448  
Sum packets all nodes(sent packet) : 538491      Sum of Total energy consumed: 57913

**15-2-250:**

Total received in server: 18677  
Sum packets all nodes(sent packet) : 57956      Sum of Total energy consumed: 5384.4

**15-3-250:**

Total received in server: 31724

Sum packets all nodes(sent packet) : 58040      Sum of Total energy consumed:53388.37

**10-2-500:**

Total received in server: 5425

Sum packets all nodes(sent packet) : 37718      Sum of Total energy consumed: 3199.62

**15-2-500:**

Total received in server: 9455

Sum packets all nodes(sent packet) : 57699      Sum of Total energy consumed:4734.95

**5-3-500:**

totalReceivedPackets : 0

energy: 1667.42488583377

sentPackets: 20744

received rate with sentPackets: 0.0

**10-3-500:**

Total received in server: 7314

Sum packets all nodes(sent packet) : 37350      Sum of Total energy consumed: 3175.71

**15-3-500:**

Total received in server: 9529

Sum packets all nodes(sent packet) : 58107      67660 Sum of Total energy consumed: 4952.53

همچنین برای رسم نمودار ها نیز از پایتون استفاده شده است که کد آن به شکل زیر می باشد:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
list = [[["Gateway:1
initialLoRaBW:125"],[3447,2023,20755],[7307,4382,37789],[14168,6437,57863]] ,
        [["Gateway:1  initialLoRaBW:250"]
        ,[3466,1785,20687],[7243,3570,37325],[11448,538491,57913]] ,
        [["Gateway:1  initialLoRaBW:500"]
        ,[1,1679,20868],[1909,3189,37642],[5985,4842,57753]] ,
        [["Gateway:2  initialLoRaBW:125"
        ],[3560,2057,21084],[11023,4345,37375],[16060,6443,57761]] ,
        [["Gateway:2  initialLoRaBW:250"
        ],[6904,1791,20859],[14586,3582,37573],[18677,5384,57956]] ,
        [["Gateway:2  initialLoRaBW:500"
        ],[1,1687,21054],[5425,3199,37718],[9455,4734,57699]] ,
        [["Gateway:3  initialLoRaBW:125"
        ],[11381,2018,20704],[22806,4349,37406],[30942,6457,58205]] ,
        [["Gateway:3  initialLoRaBW:250"
        ],[3484,1673,20812],[18246,3557,37353],[31724,53388,58040]] ,
```

```

        ["Gateway:3  initialLoRaBW:500"
], [1,1667,20744],[7314,3175,37350],[9529,4952,58107]]
    ]

labels = ['5', '10', '15']
y_pos = np.arange(len(labels))

for i in range(9):

    rate = []
    for j in range(1,4):
        rate.append(float(list[i][j][0] / list[i][j][2]))

    print(list[i][0])
    plt.bar(y_pos,rate,align='center')
    plt.xticks(y_pos,labels)
    plt.xlabel('number of nodes')
    plt.ylabel('Packets Recieved Rate')
    plt.title(list[i][0])
    plt.show()

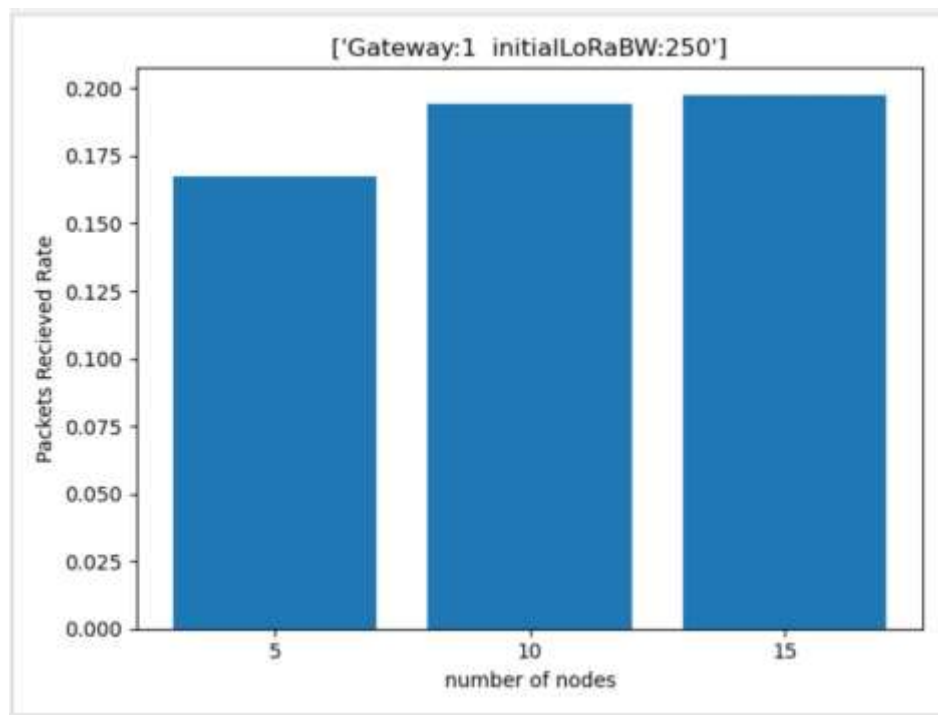
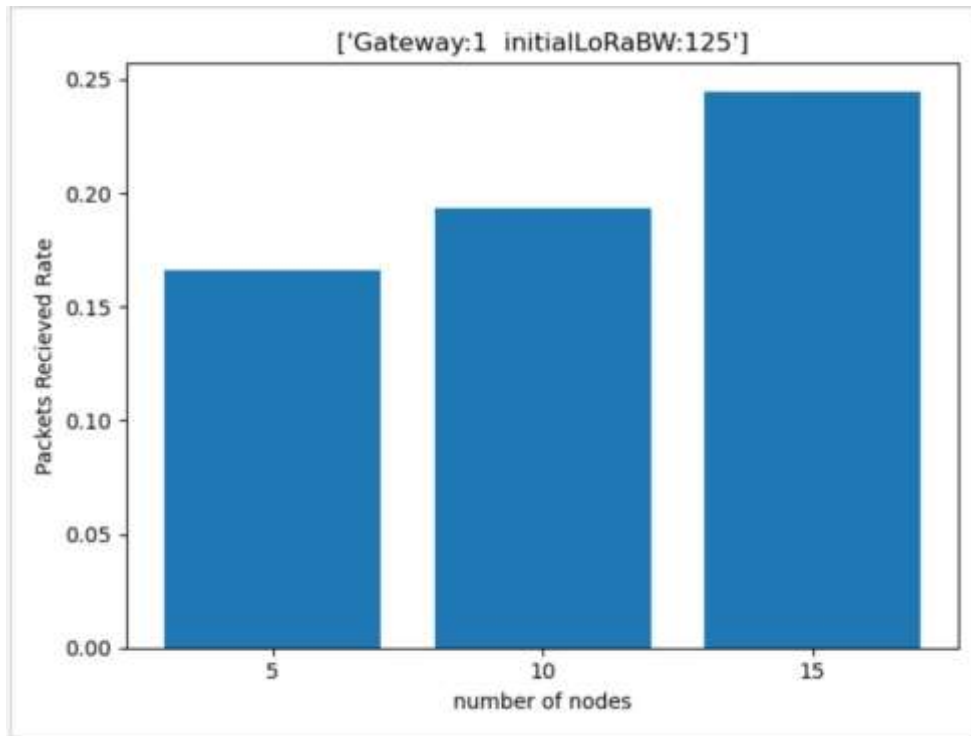

for i in range(9):

    energy = []
    for j in range(1,4):
        energy.append(float(list[i][j][1] / list[i][j][0]))

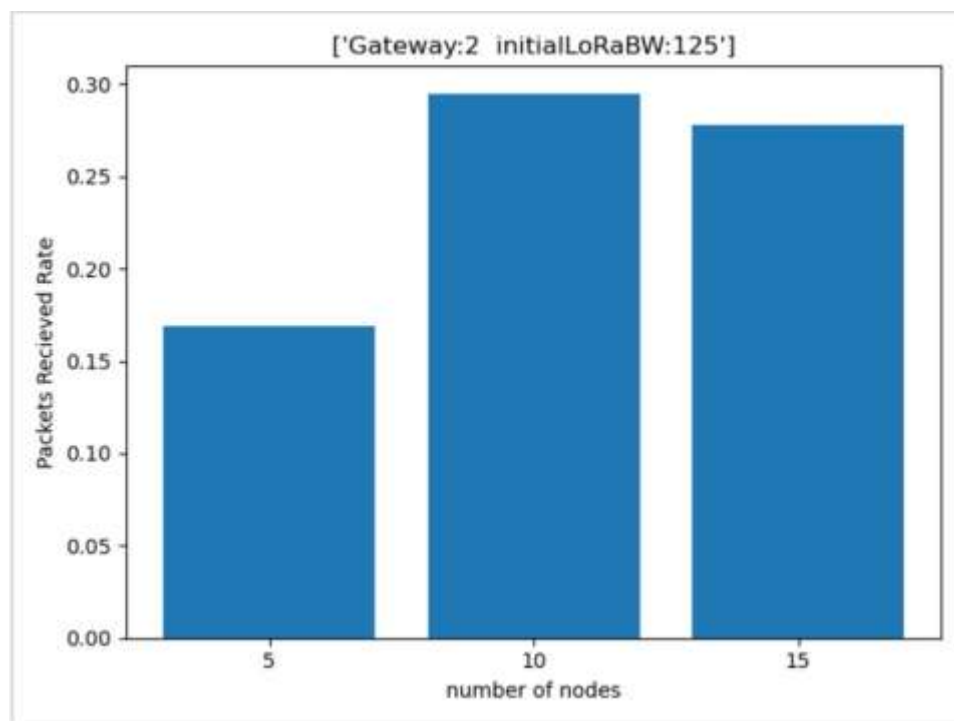
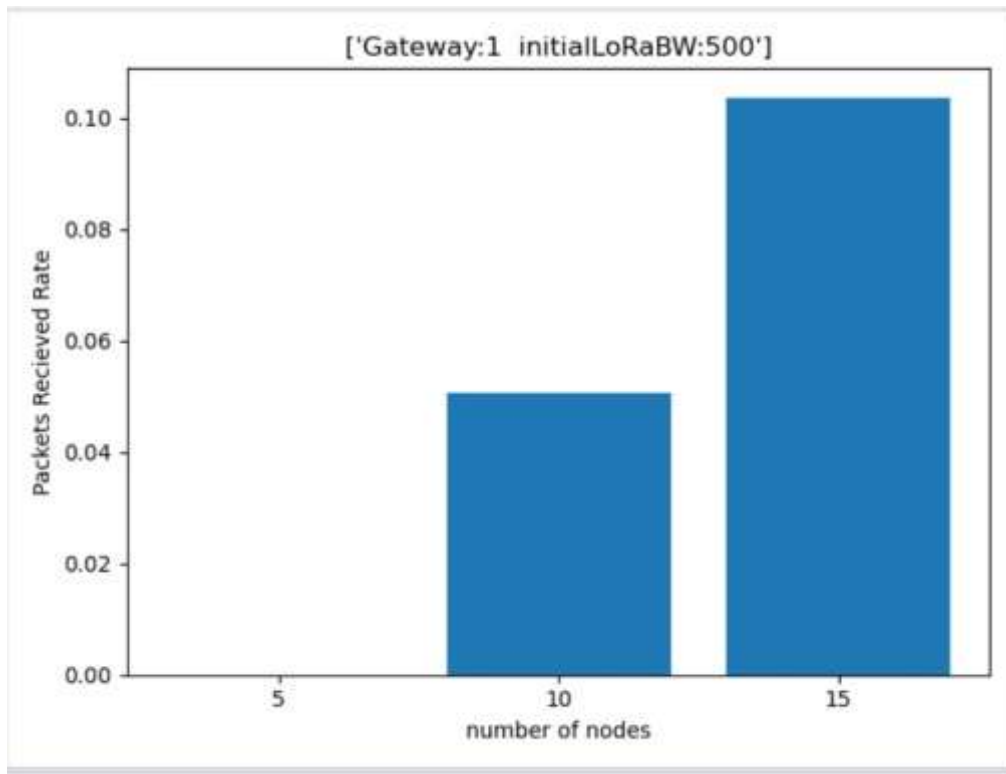
    print(list[i][0])
    plt.bar(y_pos,energy,align='center')
    plt.xticks(y_pos,labels)
    plt.xlabel('number of nodes')
    plt.ylabel('Energy Consumed')
    plt.title(list[i][0])
    plt.show()

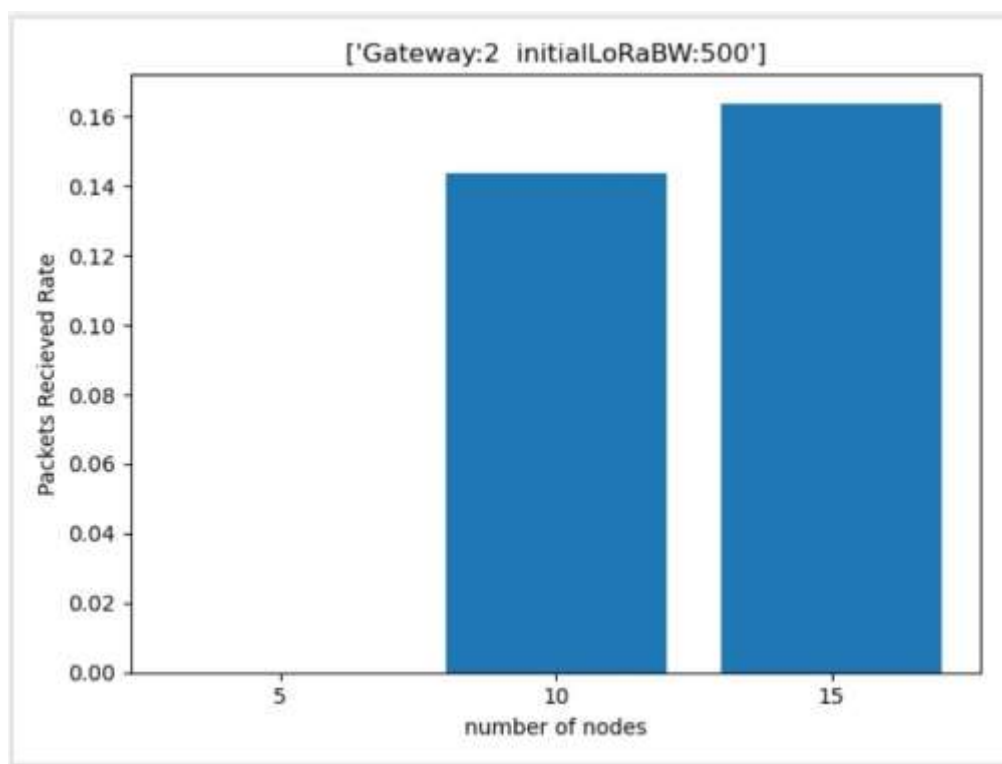
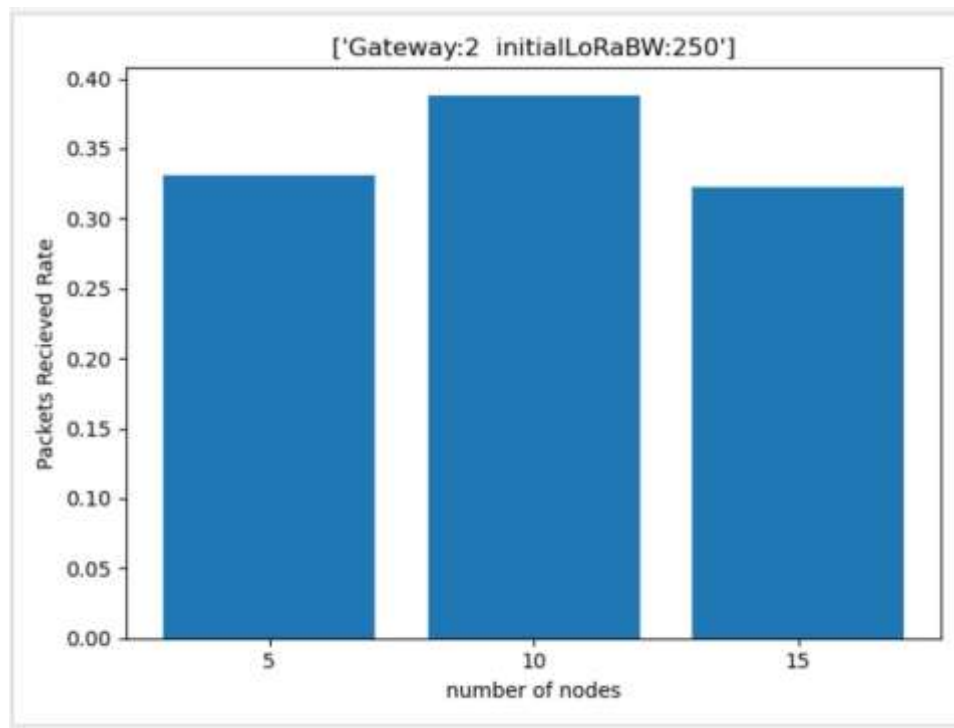
```

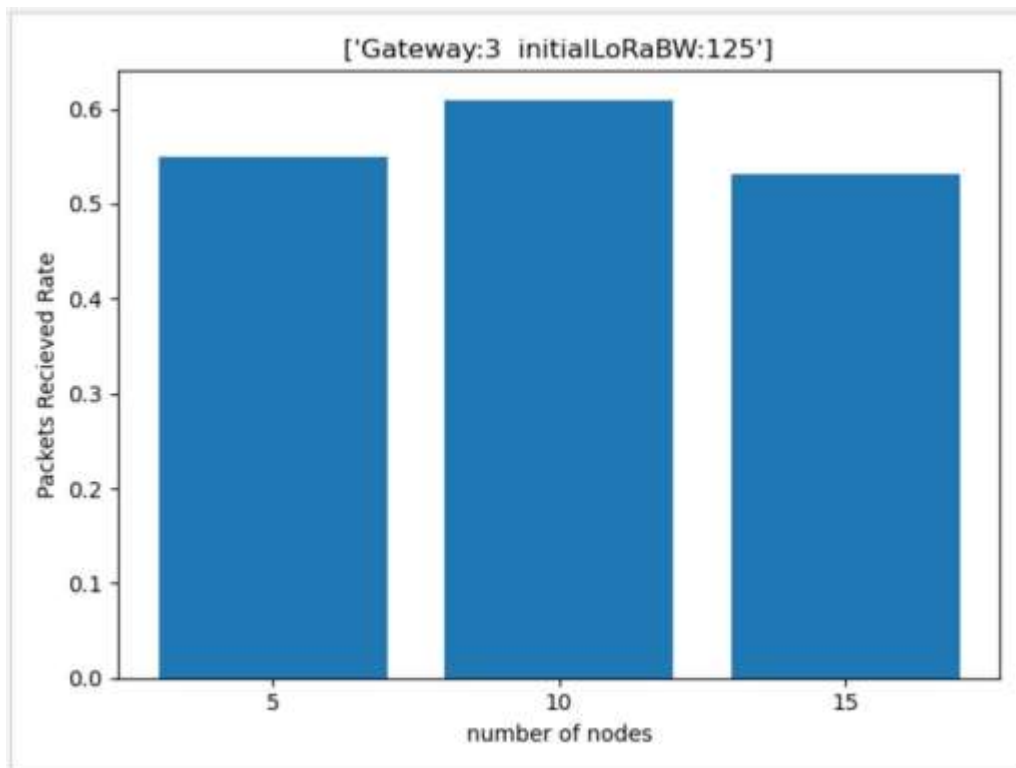
الف) نمودار تعداد نودها (محور X) و نرخ بسته های دریافتی (محور Y)

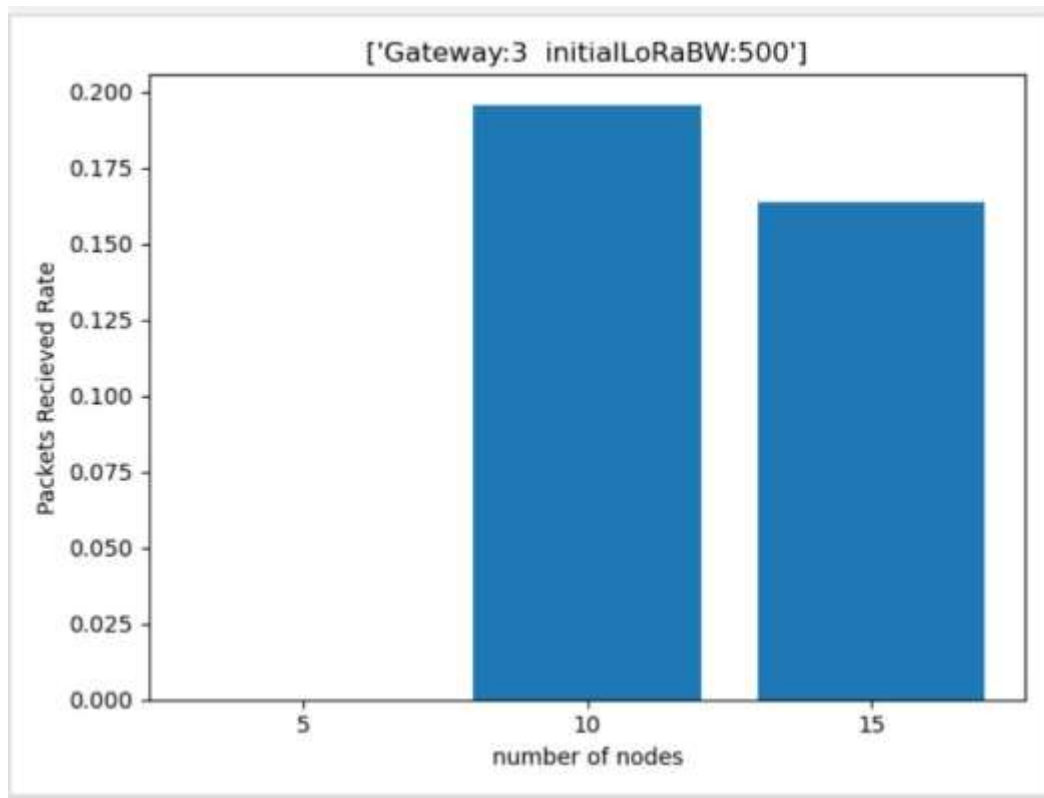
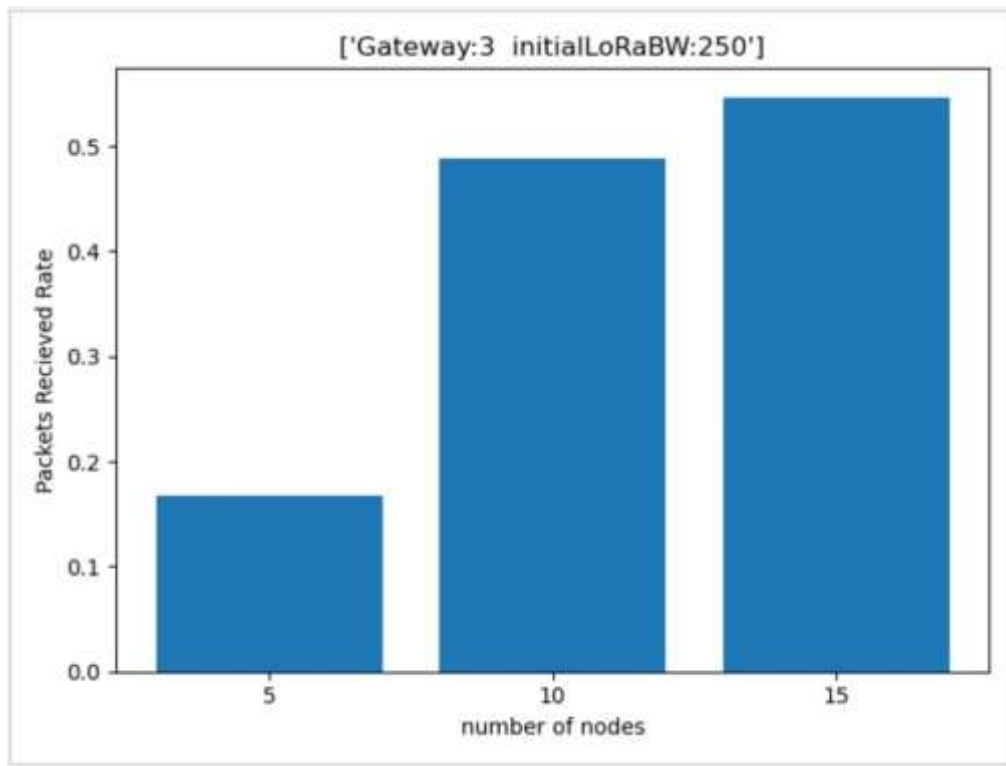




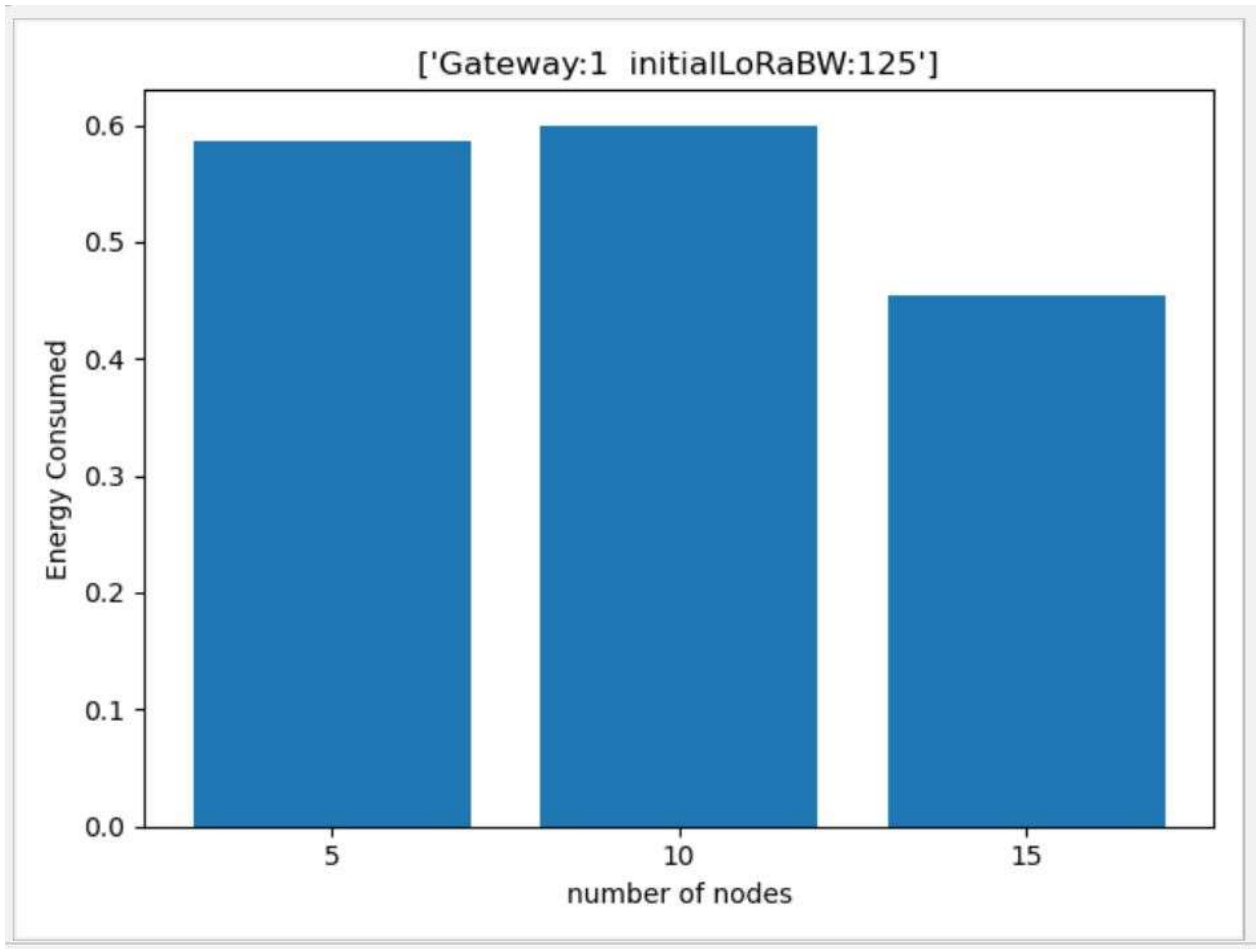


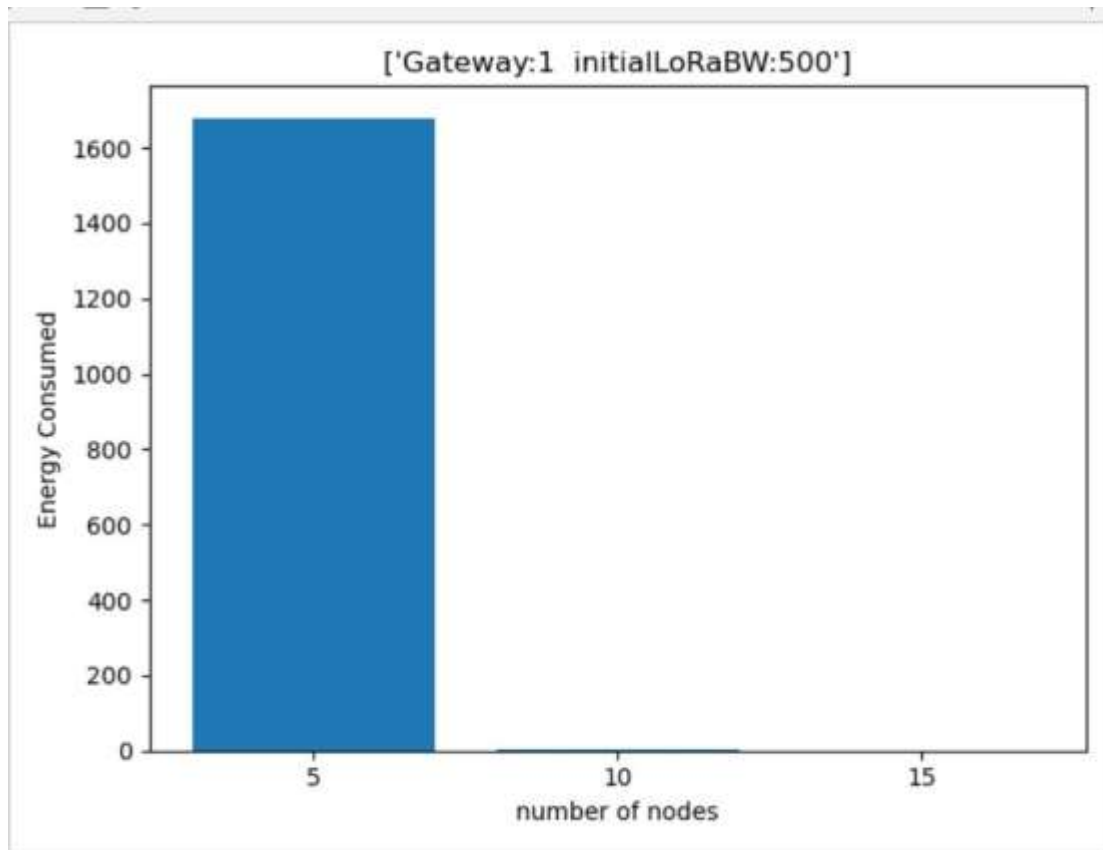
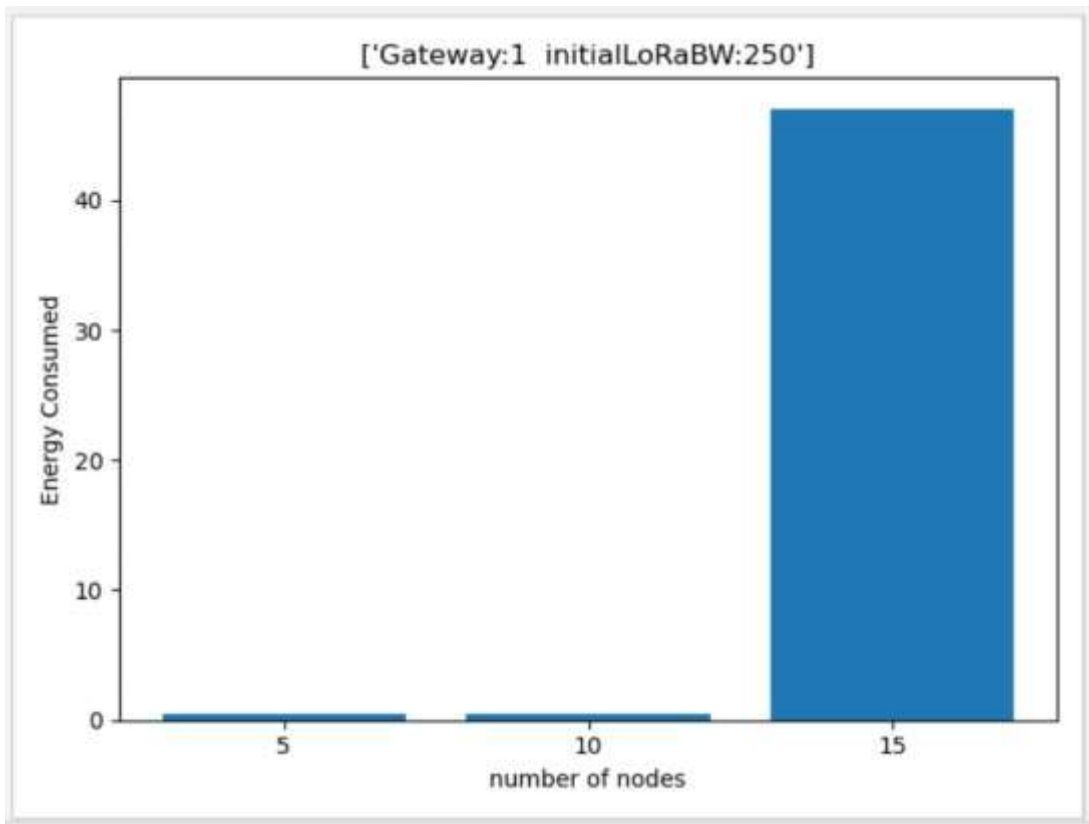


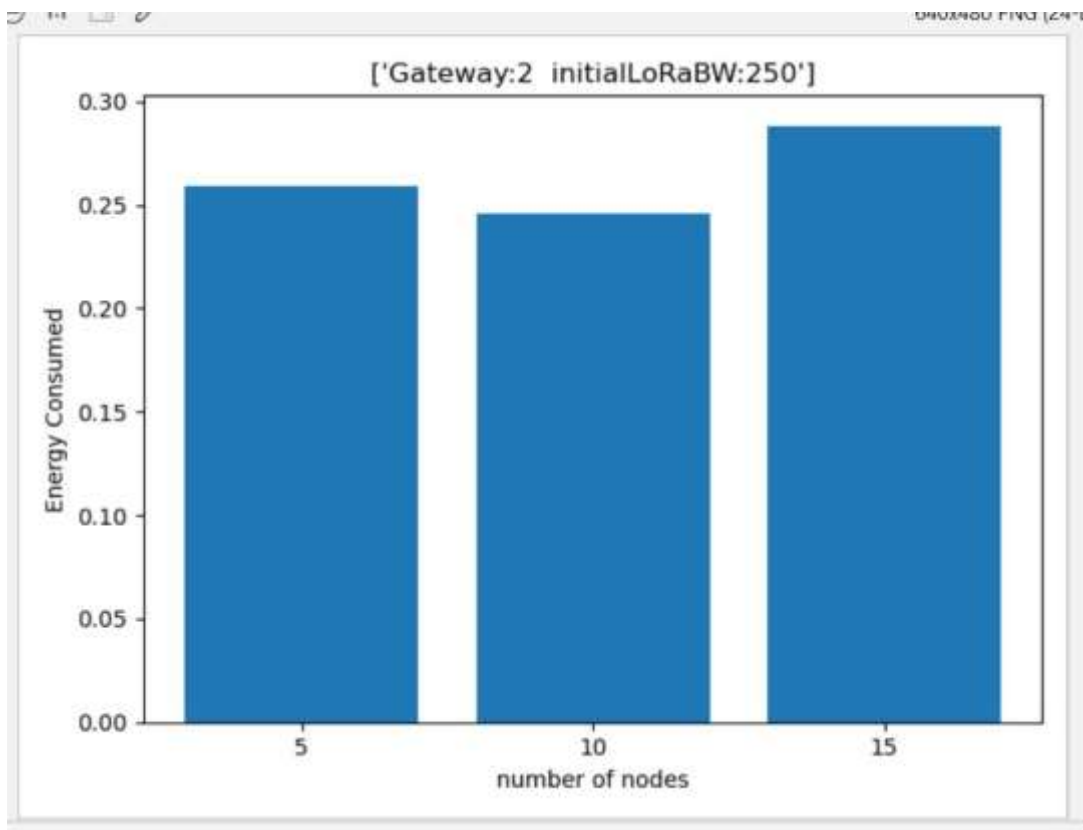
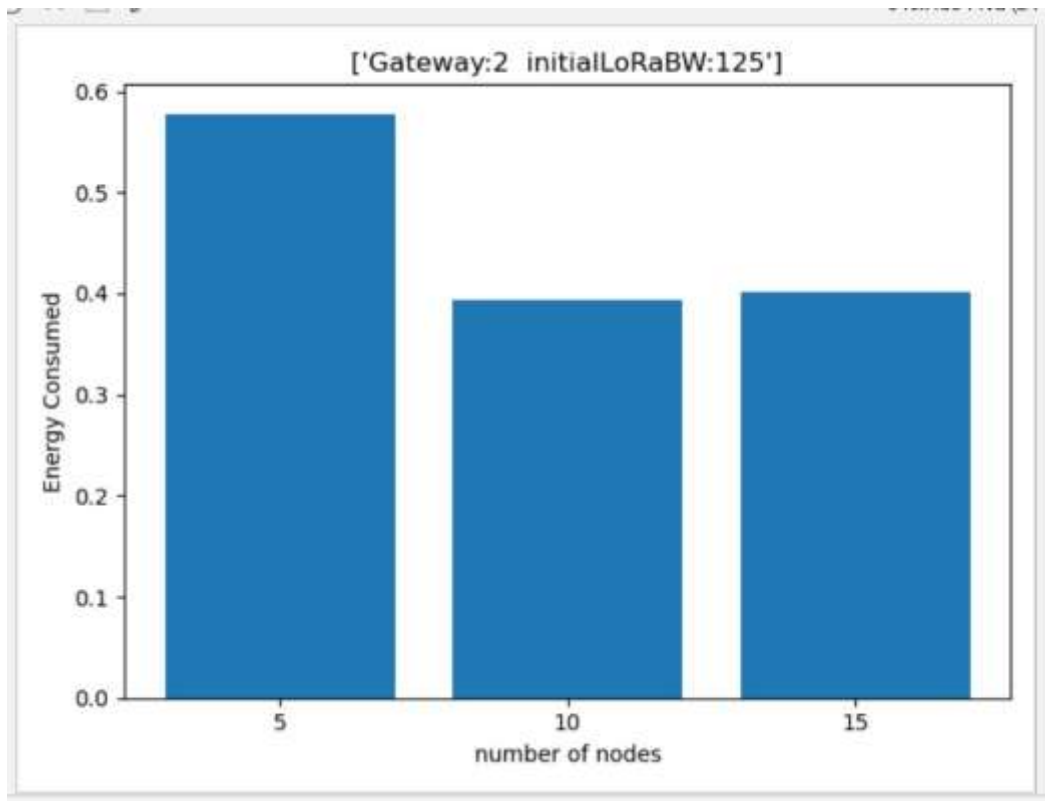


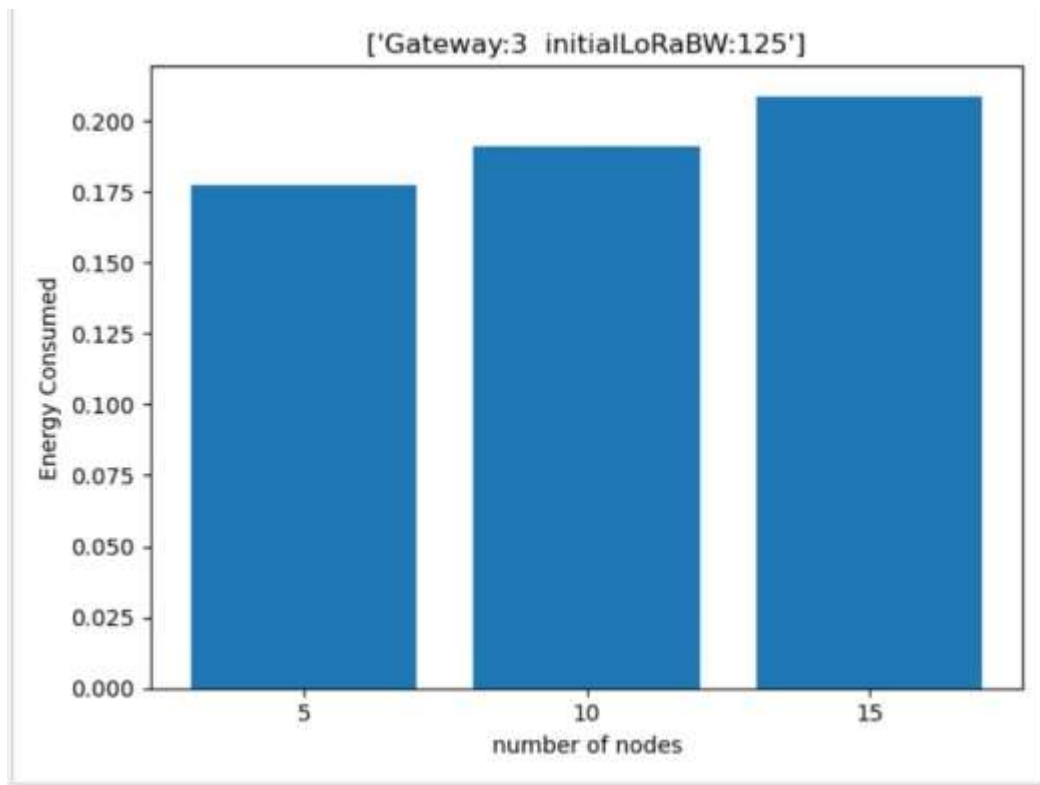
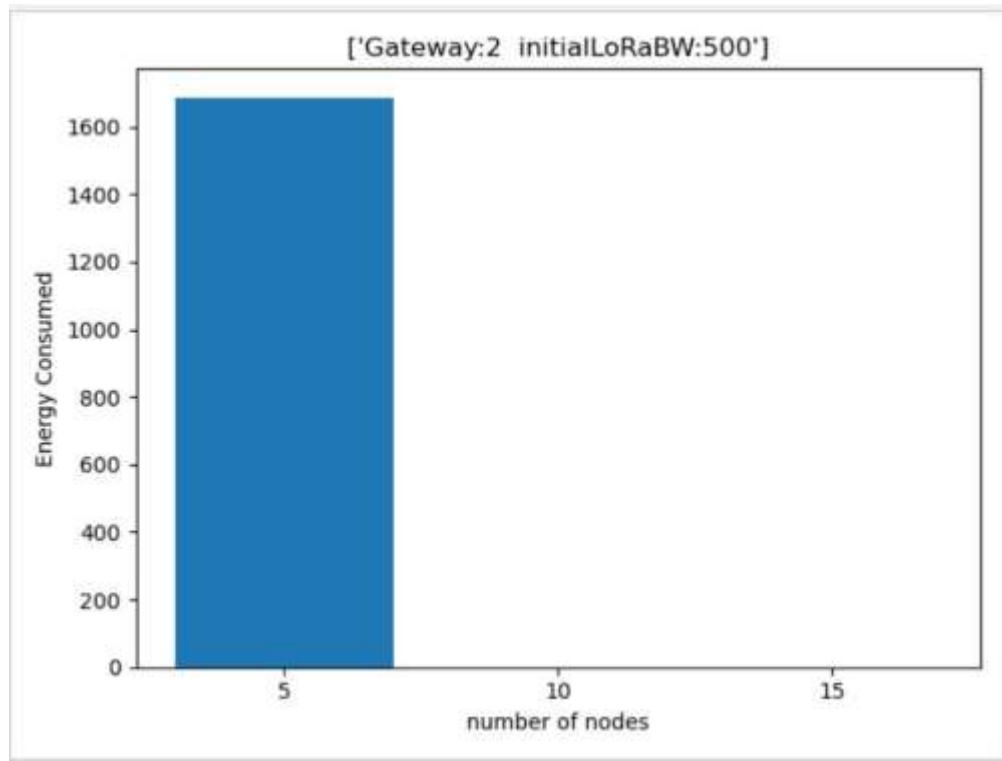


ب) نمودار تعداد نودها (محور x) و میزان مصرف انرژی (محور y)

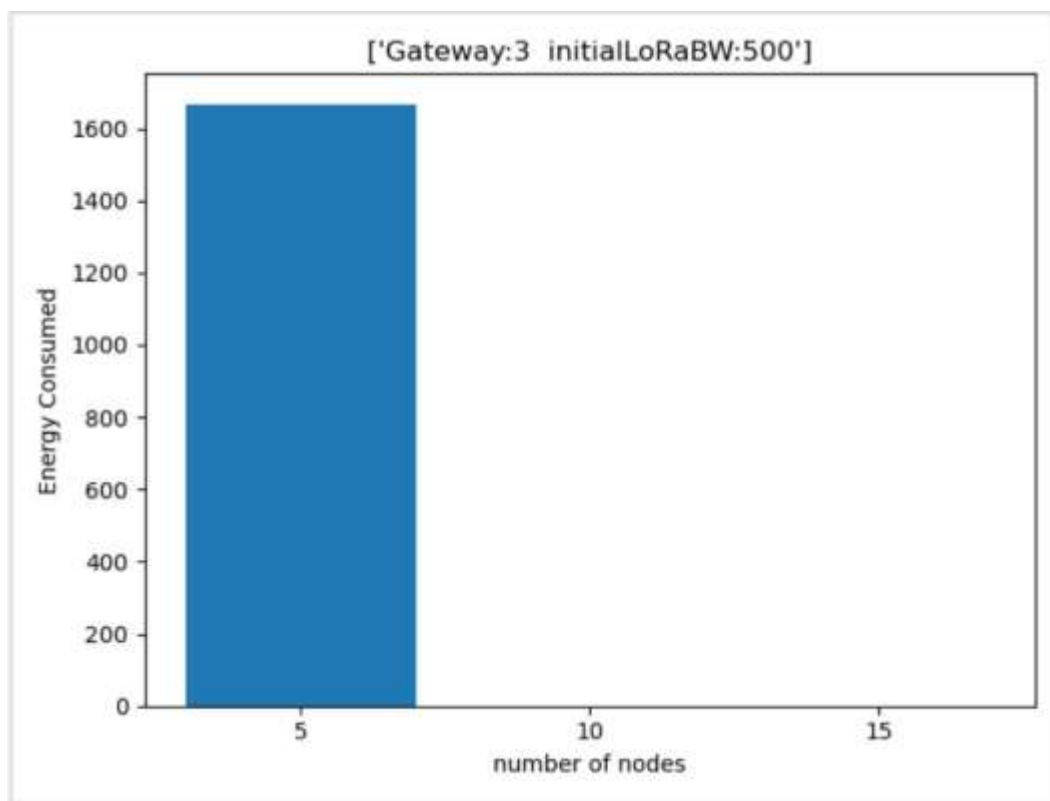
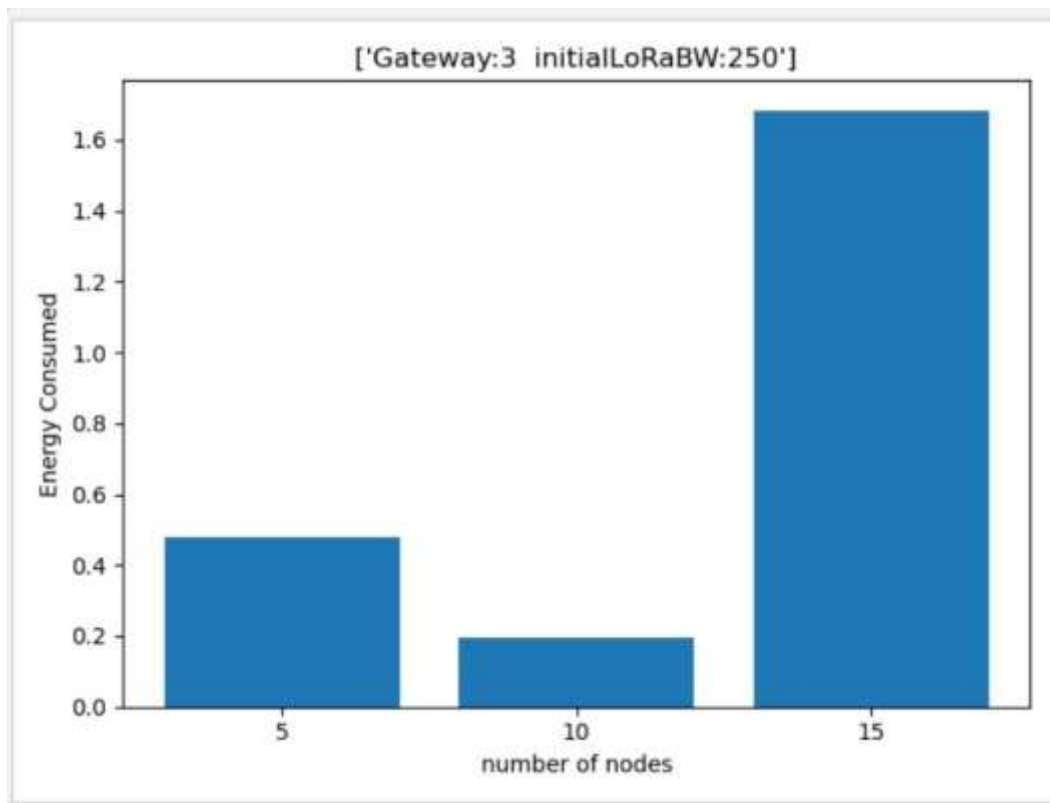












## پاسخ سوال ۵ :

الف ( نرخ بسته های دریافتی :

- وقتی تعداد نودها را افزایش می دهیم در مورد کسر نرخ بسته های دریافتی که از تقسیم تعداد کل بسته های دریافتی در سرور بر تعداد کل بسته های ارسال شده توسط همه نودها به دست می آید ، هم صورت و هم مخرج افزایش پیدا میکنند به همین دلیل ممکن است کسر کاهش یا افزایش داشته باشد اما با توجه به نمودار ها به طور کلی با افزایش تعداد نودها نرخ بسته های دریافتی افزایش پیدا می کند . با ثابت نگه داشتن دو پارامتر BW و Gateway مشاهده می کنیم که با افزایش نودها در اکثر موارد با افزایش نرخ بسته های دریافتی روبه رو هستیم .
- با افزایش تعداد gateway ها نرخ بسته های دریافتی افزایش پیدا می کند . زیرا در پروتکل LoRaWAN هر end device بسته های خود را به همه gateway ها ارسال می کند و gateway ها نیز وظیفه دارند که این بسته ها را به سرور تحویل دهند ، پس با افزایش تعداد gateway ها تعداد بسته های دریافتی در سرور (صورت کسر نرخ بسته های دریافتی) افزایش پیدا میکند زیرا gateway های بیشتری داریم که بسته های نودها را بگیرند و احتمال از دست رفتن بسته ها کم می شود ، هم چنین احتمال ارسال بسته های تکراری توسط gateway های مختلف افزایش می یابد و مخرج کسر (تعداد کل بسته های ارسال شده توسط همه نودها ) تغییری نمیکند پس در کل ، کسر افزایش خواهد داشت .
- با توجه به نمودار ها به طور کلی با افزایش BW نیز نرخ بسته های دریافتی افزایش پیدا می کند . با توجه به مطالب گفته شده در کلاس با افزایش BW ، data rate نیز زیادتر می شود و باعث می شود تعداد بسته های دریافتی در سرور افزایش پیدا کند .

انرژی مصرفی :

- با افزایش تعداد نودها میزان انرژی مصرفی تمام نودها افزایش پیدا می کند هم چنین تعداد بسته های دریافت شده در سرور نیز زیاد می شود بنابراین هم صورت و هم مخرج کسر انرژی مصرفی افزایش پیدا میکند ، اگر افزایش تعداد بسته های دریافت شده در سرور بیشتر از افزایش میزان انرژی مصرفی تمام نودها باشد انرژی مصرفی کاهش پیدا خواهد کرد و برعکس.
- با افزایش تعداد gateway ها انرژی مصرفی کاهش پیدا می کند زیرا مجموع انرژی مصرفی تمام نودها تغییری نمی کند (یا کاهش می یابد ) و تعداد بسته های دریافت شده در سرور افزایش پیدا می کند بنابراین انرژی مصرفی کاهش پیدا می کند.

- با افزایش BW انرژی مصرفی افزایش پیدا میکند زیرا data rate زیاد می شود و انرژی مصرفی هر نود افزایش پیدا می کند.

( ب )

نودهایی که از دروازه دور هستند به دلیل اینکه بسته هایشان از دست می رود باید بسته ها را چندین بار ارسال کنند به همین دلیل انرژی مصرفی آن ها بیشتر از نودهایی است که در نزدیکی دروازه هستند . هم چنین به دلیل اینکه time on air بسته هایی که توسط نودهای دوردست ارسال می شوند بیشتر است انرژی مصرفی آنها بیشتر خواهد شد .

نرخ بسته های ارسالی نودهایی که در نزدیکی دروازه هستند از نودهای دور از دروازه بیشتر از چون در پروتکل LoRaWAN از adaptive data rate استفاده می شود و نودهایی که در نزدیکی دروازه هستند با rate بیشتری داده های خود را ارسال می کنند .