

به نام خدا

تمرین سوم

درس اینترنت اشیا

استاد مهدی راستی

حمیدرضا همتی 9631079

1. تأثیر فاکتور گسترش SF و پهنای باند BW را بر زمان ارسال یک بسته، نرخ ارسال، مصرف انرژی و برد ارتباطی در شبکه LoRaWAN، به طور کامل شرح دهید.

ابتدا به تعریف اولیه یک سری قواعد میپردازیم.

- فاکتور گسترش یا spreading factor، تعداد بیت هایی که توسط یک سیگنال یا symbol منتقل میشود را مشخص میکنند. مثلاً اگر $SF = 2$ باشد یعنی هر سیگنال حاوی 2 بیت data درون خود هست.

- پهنای باند یا Band width، پهنای باند فرکانسی که فرستنده سیگنال به اندازه آن حول یک مرجع فرکانسی، مانند 868MHz سیگنال خود را ارسال میکند.

$$\text{Symbol time} = \frac{2^{sf}}{BW}$$

$$\text{Symbol rate} = \frac{BW}{2^{sf}}$$

Symbol time زمان ارسال یک سیمبول است که درون خود SF بیت دارد.

حال به بررسی تأثیر SF و BW میپردازیم

زمان ارسال یک بسته:

هر بسته یک symbol است که حاوی SF بیت data است. زمان ارسال یک بسته هم همانطور که در بالا گفته شد برابر $\frac{2^{sf}}{BW}$ است.

از این رابطه میتوان نتیجه گرفت که:

هرچقدر SF بیشتر شود زمان ارسال بسته بیشتر میشود

هرچقدر BW بیشتر شود زمان ارسال بسته کمتر طول میکشد.

نرخ ارسال یا Bit Rate:

میدانیم که بیت ها در قالب symbol ها جا به جا میشوند. در واقع ما برای انتقال data تعدادی symbol داریم که در هر کدام SF بیت data وجود دارد. پس کافیه برای محاسبه bit rate، زمان ارسال هر symbol و مقدار فاکتور گسترش را بدانیم.

$$\text{Bit rate} = \text{symbol time} \times SF = \frac{BW}{2sf} \times SF$$

هرچقدر SF بیشتر شود bit rate کمتر میشود

هرچقدر BW بیشتر شود bit rate بیشتر میشود

مصرف انرژی:

انرژی مصرفی یک سیگنال از طریق فرمول زیر قابل اندازه گیری است.

$$\int_{t1}^{t2} |X(t)|^2 dt$$

واضح است که برای تحلیل مصرف انرژی باید مدت زمان ارسال را به عنوان یک فاکتور مهم در نظر بگیریم.

پس هرچقدر یک سیستم مدت زمان بیشتری برای ارسال یک بسته روشن بماند مصرف انرژی بیشتری دارد.

بالتر هم گفته شد هرچقدر SF بیشتر باشد مدت زمان ارسال بیشتر طول میکشد و اگر BW بیشتر شود مدت زمان ارسال کمتر میشود.

پس هرچقدر SF را بیشتر کنیم مصرف انرژی بیشتر میشود و هرچقدر BW را بیشتر کنیم مصرف انرژی کمتر میشود

فرض کنید که ما 2 سیستم کاملاً یکسان داریم که با پهنای باند و SF متفاوتی بسته ارسال میکنند و قرار است تعداد مشخص و یکسانی data ارسال کنند.

فرضاً سیستم شماره یک با $SF = 12$ و $BW = 125\text{KHz}$ و سیستم دوم با $SF = 7$ و $BW = 125\text{KHz}$ بسته هایش را ارسال میکند.

درست است که سیستم اول در هر بار ارسال داده بیت های بیشتری ارسال میکند اما برای هر بار ارسال زمان بیشتری روشن است. مثلاً برای ارسال هر بسته 2 ثانیه زمان نیاز دارد. این در حالی است که سیستم دوم در هر بار ارسال تقریباً نصف سیستم شماره یک دیتا میفرستد ولی زمان ارسالش 0.5 ثانیه است.

در نتیجه سیستم یک زود تر ارسال خود را تمام کرده و مدت زمان کمتری روشن بوده است.

پس سیستم دوم مصرف انرژی کمتری دارد.

برد ارسال:

برای بررسی range یک ارتباط بیسیم میایم و احتمال موفقیت در دریافت بسته را در نظر میگیریم. رابطه زیر را در نظر بگیرید.

$$PSS = \text{symbol-time} \times E_s$$

طبق این رابطه احتمال ارسال موفقیت آمیز یک بسته نسبت مستقیم با مدت زمان ارسال یک بسته و انرژی آن سیگنال ارسال دارد.

انرژی سیگنال که به فرکانس ارسال مرتبط است اما مدت زمان ارسال یا symbol time به پارامتر های spreading factor و band width مربوط است.

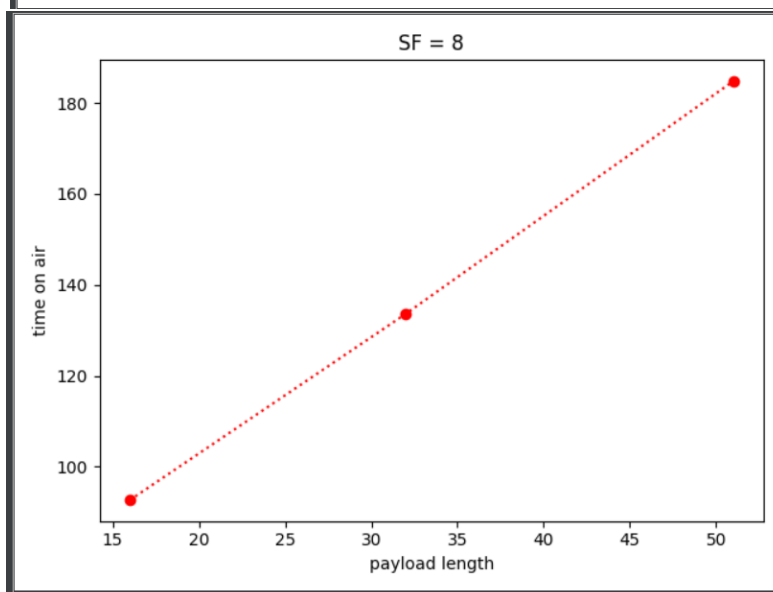
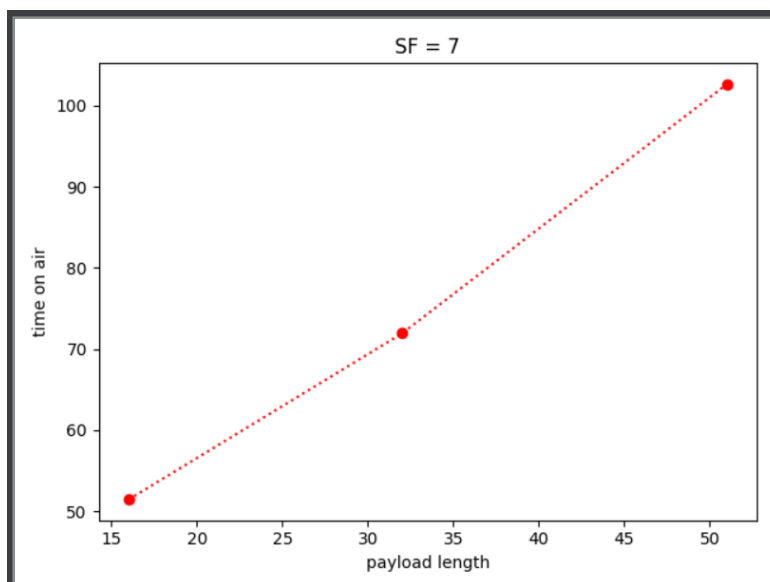
پس هر قدر SF بیشتر باشد احتمال دریافت بسته و در نتیجه range بیشتر میشود.

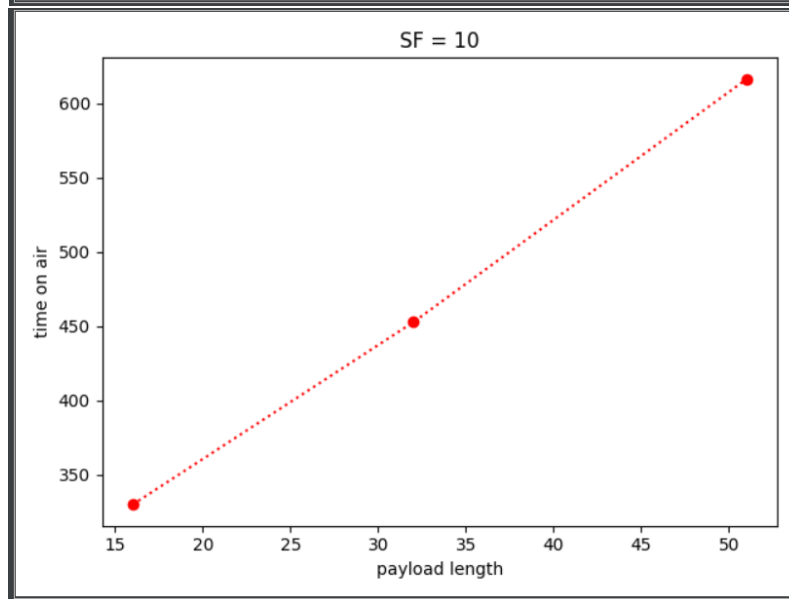
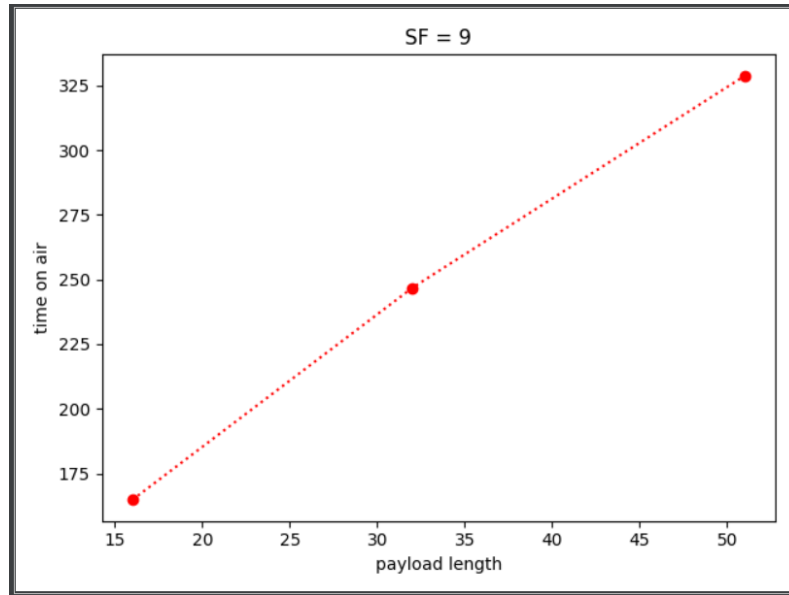
و هر قدر BW بیشتر باشد احتمال دریافت بسته و در نتیجه range کمتر میشود.

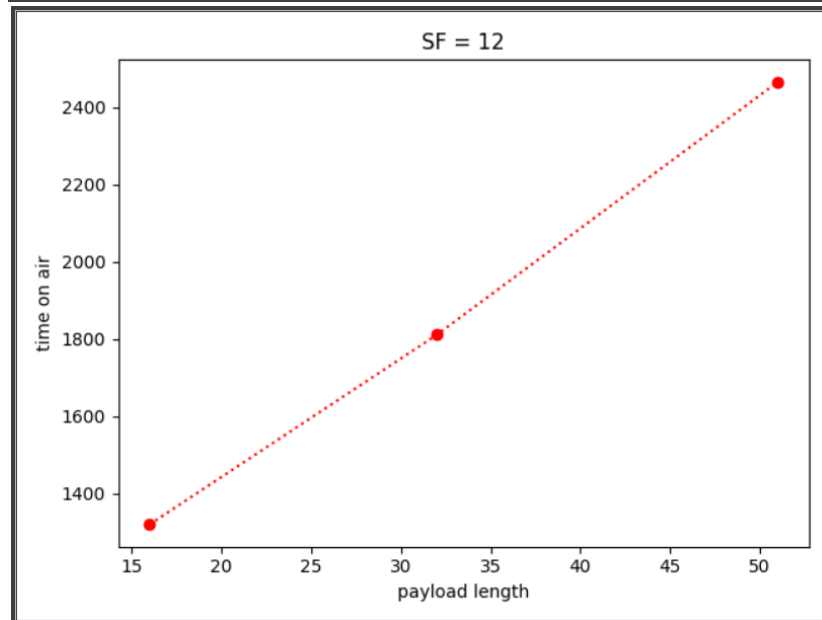
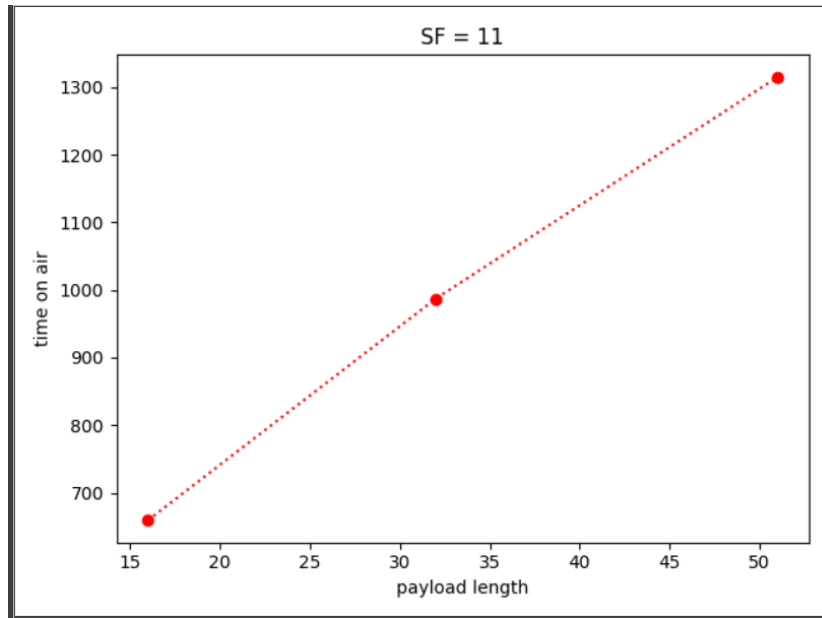
2. جدول صفحه را بر اساس موارد خواسته شده تکمیل کنید. دقت داشته باشید که تکمیل این جدول باید با اجرای یک کد همراه باشد. در این کد باید ورودیهای الزم داده شود و جدول کامل شده در خروجی نمایش داده شود.

SF	BW	BitRate	RS	Time_on_air	SNR
7	125KHz	5.5Kb/s	-124dbm	56ms	-6.158482758135956dbm
7	250KHz	10.9Kb/s	-121dbm	28ms	-6.158482758135956dbm
7	500KHz	21.9Kb/s	-118dbm	14ms	-6.158482758135956dbm
8	125KHz	3.1Kb/s	-127dbm	102ms	-9.168782714775768dbm
8	250KHz	6.2Kb/s	-124dbm	51ms	-9.168782714775768dbm
8	500KHz	12.5Kb/s	-121dbm	25ms	-9.168782714775768dbm
9	125KHz	1.8Kb/s	-130dbm	185ms	-12.17908267141558dbm
9	250KHz	3.5Kb/s	-127dbm	92ms	-12.17908267141558dbm
9	500KHz	7.0Kb/s	-124dbm	46ms	-12.17908267141558dbm
10	125KHz	1.0Kb/s	-133dbm	329ms	-15.189382628055391dbm
10	250KHz	2.0Kb/s	-130dbm	164ms	-15.189382628055391dbm
10	500KHz	3.9Kb/s	-127dbm	82ms	-15.189382628055391dbm
11	125KHz	0.5Kb/s	-136dbm	659ms	-18.199682584695204dbm
11	250KHz	1.1Kb/s	-133dbm	329ms	-18.199682584695204dbm
11	500KHz	2.1Kb/s	-130dbm	164ms	-18.199682584695204dbm
12	125KHz	0.3Kb/s	-139dbm	1155ms	-21.209982541335016dbm
12	250KHz	0.6Kb/s	-136dbm	577ms	-21.209982541335016dbm
12	500KHz	1.2Kb/s	-133dbm	288ms	-21.209982541335016dbm

3. نموداری برحسب payload های 16، 32 و 51 بایتی و زمان ارسال بسته (TOS) با توجه به فاکتور گسترشهای مختلف رسم کنید.







4. تحقیق کنید که در چه حالتی در شبکه LoRaWAN بین دو بسته برخورد (collision) رخ میدهد. آیا در این شبکه امکان این وجود دارد که با وجود برخورد بتوان دماژولاسیون انجام داد؟

اگر پارامتر های LoRa نظیر فاکتور گسترش، پهنای باند و فرکانس در نود های مختلف یکسان باشد، امکان برخورد خواهیم داشت. همچنین اگر زمان ارسال بسته این نود ها یکسان باشد شانس برخورد بیشتر میشود. زیاد بودن حجم payload، مقدار spreading factor و افزایش پریود های ارسالی باعث بیشتر شدن time on air بسته ها می شود و در نتیجه ترافیک داده ایی افزایش میابد و امکان برخورد بیشتر میشود. البته شبکه LoRaWan توانایی دیکد و دماژولاسیون بسته هایی که بیشتر از 6db توان بعد از برخورد دارند را داراست.

فیلم مربوط به بخش نصب در فایل موجود است

❖ آخرین توان ارسال شده توسط هر گره (finalTP)

Here you can see all data that come from the files specified in the Inputs page.

All (700 / 700)	Vectors (125 / 125)	Scalars (10 / 526)	Histograms (49 / 49)
-----------------	---------------------	--------------------	----------------------

runID filter	module filter	finalTP
Experiment	Measurement	Module
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[0].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[1].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[2].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[3].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[4].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[5].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[6].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[7].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[8].SimpleLoRaApp
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[9].SimpleLoRaApp

❖ آخرین فاکتور گسترش ارسال شده توسط هر گره (finalSP)

Browse Data

Here you can see all data that come from the files specified in the Inputs page.

All (700 / 700) Vectors (125 / 125) Scalars (10 / 526) Histograms (49 / 49)

runID filter		module filter		finalSF
Experiment	Measurement	Module	Name	Value
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[0].SimpleLoRaApp	finalSF	10.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[1].SimpleLoRaApp	finalSF	10.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[2].SimpleLoRaApp	finalSF	7.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[3].SimpleLoRaApp	finalSF	8.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[4].SimpleLoRaApp	finalSF	8.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[5].SimpleLoRaApp	finalSF	12.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[6].SimpleLoRaApp	finalSF	9.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[7].SimpleLoRaApp	finalSF	12.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[8].SimpleLoRaApp	finalSF	8.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[9].SimpleLoRaApp	finalSF	9.0

❖ تعداد بسته‌های ارسالی هر گره (sentPackets)

Browse Data

Here you can see all data that come from the files specified in the Inputs page.

All (700 / 700) Vectors (125 / 125) Scalars (10 / 526) Histograms (49 / 49)

runID filter		module filter		sentPackets
Experiment	Measurement	Module	Name	Value
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[0].SimpleLoRaApp	sentPackets	3476.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[1].SimpleLoRaApp	sentPackets	3501.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[2].SimpleLoRaApp	sentPackets	4824.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[3].SimpleLoRaApp	sentPackets	4561.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[4].SimpleLoRaApp	sentPackets	4543.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[5].SimpleLoRaApp	sentPackets	1883.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[6].SimpleLoRaApp	sentPackets	4098.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[7].SimpleLoRaApp	sentPackets	1898.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[8].SimpleLoRaApp	sentPackets	4500.0
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.IoRaNodes[9].SimpleLoRaApp	sentPackets	4084.0

❖ انرژی مصرفی هر گره (totalEnergyConsumed)

Browse Data

Here you can see all data that come from the files specified in the Inputs page.

All (700 / 700) Vectors (125 / 125) Scalars (10 / 526) Histograms (49 / 49)				
runID filter		module filter		totalEnergyConsumed
Experiment	Measurement	Module	Name	Value
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[0].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	419.98085682313
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[1].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	429.27426499711
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[2].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	398.73077929918
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[3].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	403.49883377474
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[4].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	402.31100776853
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[5].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	539.81195223368
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[6].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	401.12141194681
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[7].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	542.59559350139
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[8].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	399.07335687851
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaNodes[9].LoRaNic.radio...	totalEnergyConsumed	404.56860028383

❖ مجموع تعداد بسته های دریافت شده در دروازه (count:GWPacketReceived_LoRa)

Browse Data

Here you can see all data that come from the files specified in the Inputs page.

All (700 / 700) Vectors (125 / 125) Scalars (1 / 526) Histograms (49 / 49)				
runID filter		module filter		LoRa_GWPacketReceived:count
Experiment	Measurement	Module	Name	Value
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.LoRaGW[0].packetForwarder	LoRa_GWPacketReceived:count	7208.0

❖ مجموع تعداد بسته های دریافت شده در سرور شبکه (totalReceivedPackets)

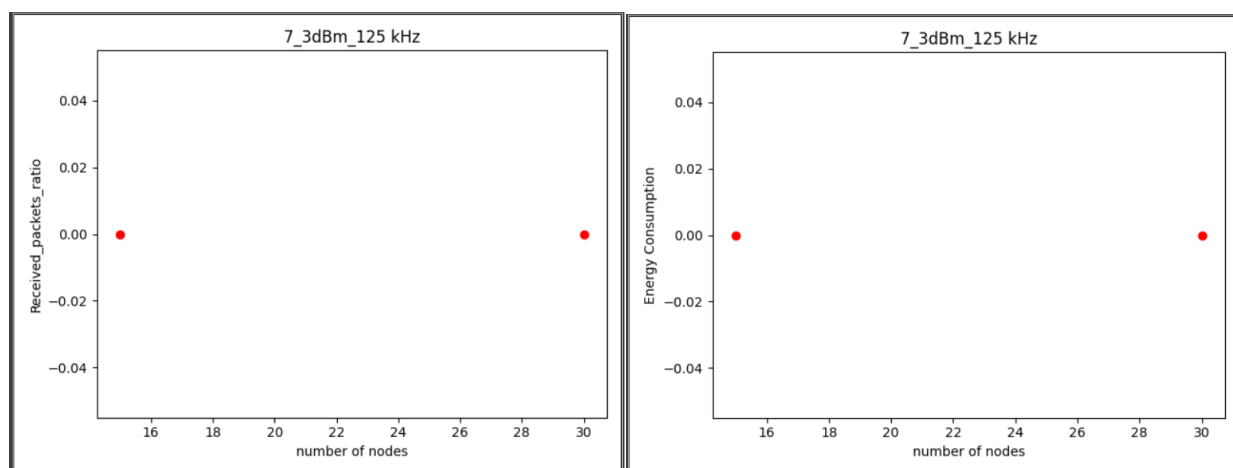
Browse Data

Here you can see all data that come from the files specified in the Inputs page.

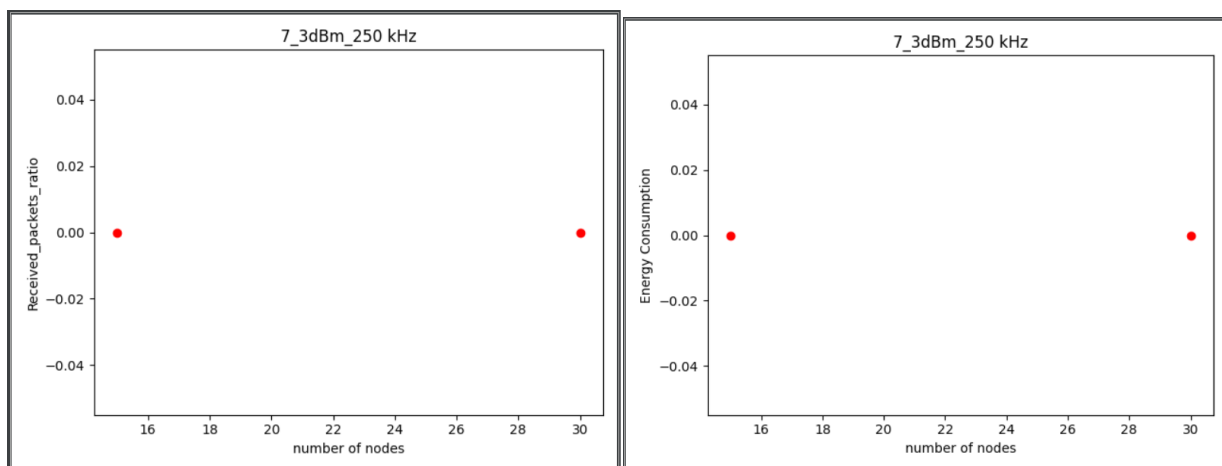
All (700 / 700) Vectors (125 / 125) Scalars (1 / 526) Histograms (49 / 49)				
runID filter		module filter		totalReceivedPackets
Experiment	Measurement	Module	Name	Value
General	\$0="avg"	LoRaNetworkTest.networkServer.udpApp[0]	totalReceivedPackets	7208.0

7. در این بخش باید با تغییر پارامترهای شبیه سازی سناریوهای مختلفی را اجرا کرده و نتایج آنها را ذخیره و بر اساس این نتایج نمودارهای خواسته شده در قسمت (ب) را رسم کنید.

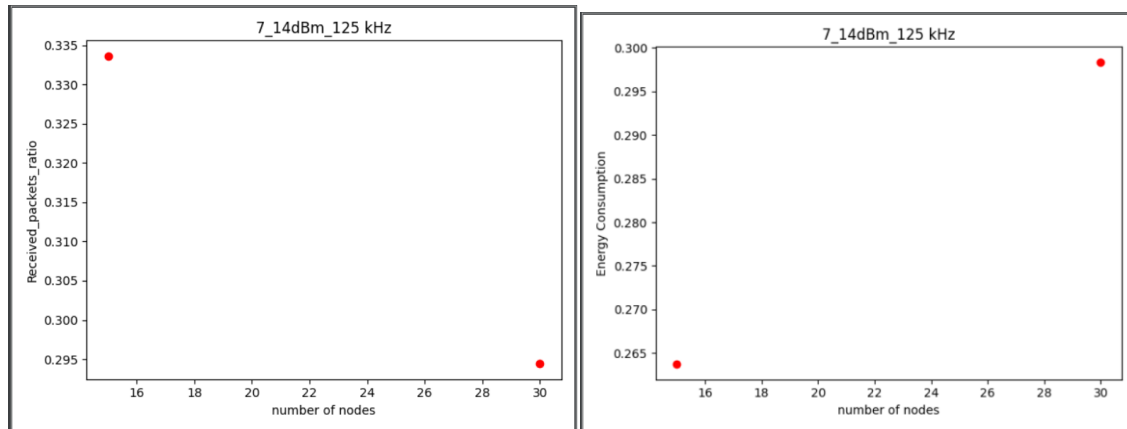
1. شبیه سازی حالت (SF=7 , BW=125kHz , TP=3dBm)



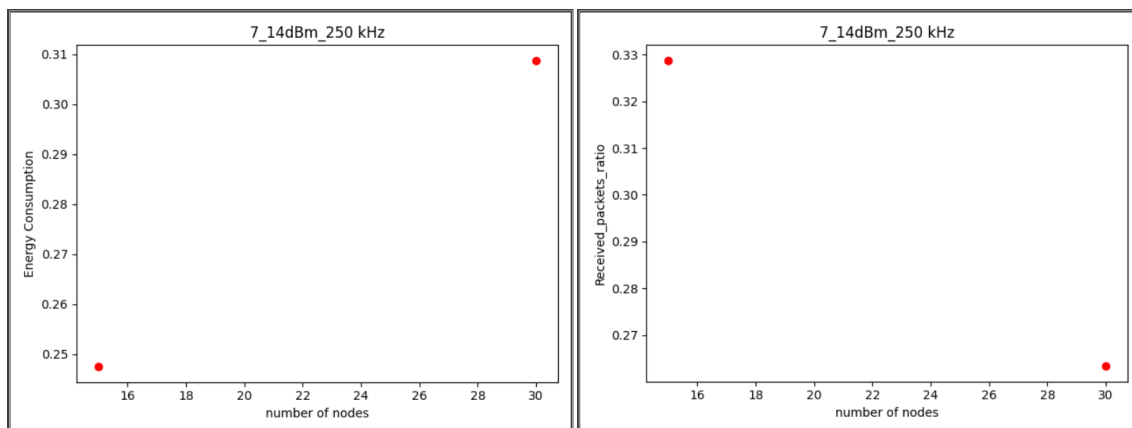
2. شبیه سازی حالت (SF=7 , BW=250kHz , TP=3dBm)



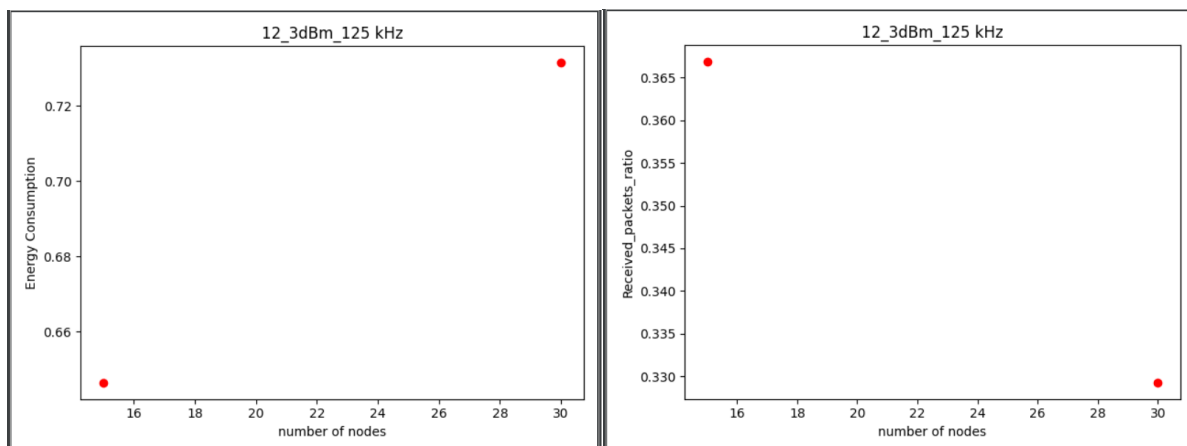
3. شبیه سازی حالت (SF=7 , BW=125kHz , TP=14dBm)



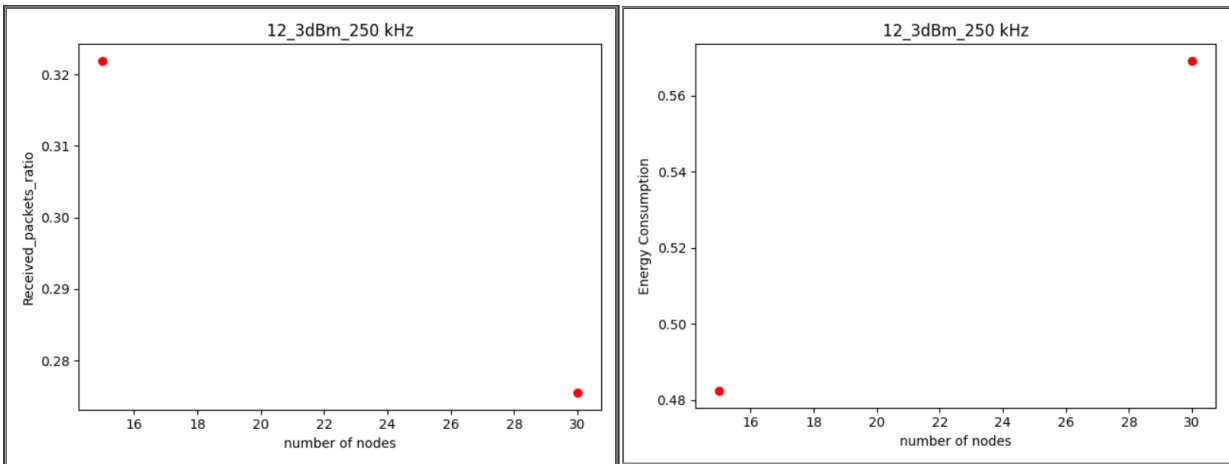
4. شبیه سازی حالت (SF=7 , BW=250kHz , TP=14dBm)



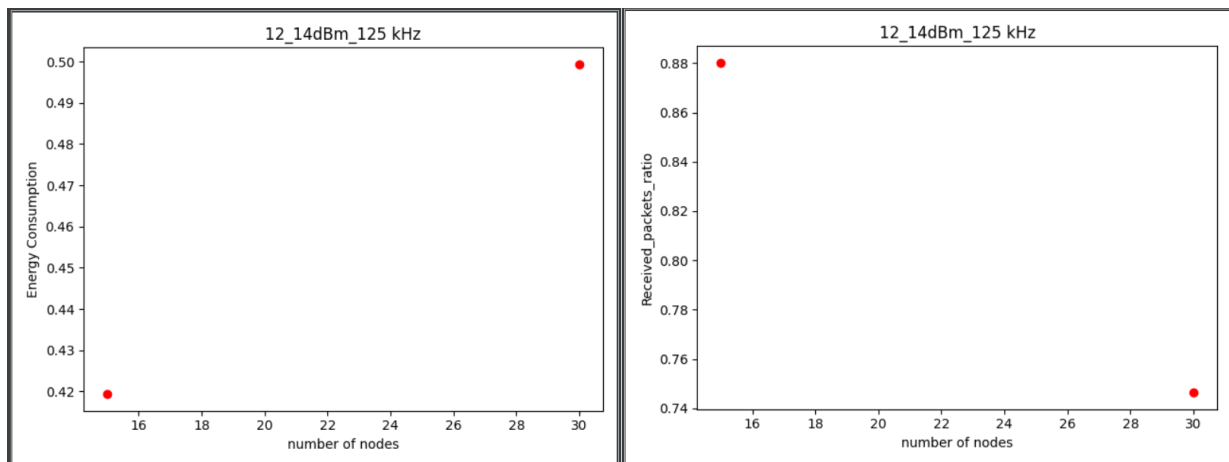
5. شبیه سازی حالت (SF=12 , BW=125kHz , TP=3dBm)



6. شبیه سازی حالت (SF=12 , BW=250kHz , TP=3dBm)



7. شبیه سازی حالت (SF=12 , BW=125kHz , TP=14dBm)



8. شبیه سازی حالت (SF=12 , BW=250kHz , TP=14dBm)

