

بسمه‌تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس مبانی اینترنت اشیاء

نیمسال دوم سال تحصیلی1400-1399

تمرین شبیه‌سازی سری سوم

دانشکده مهندسی کامپیوتر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران)

انجام این تمرین به‌صورت انفرادی است.

شرح تمرین

هدف از این تمرین، آشنایی بیشتر و بررسی شبکه ارتباطی LoRaWAN به‌عنوان یکی از شبکه­های دوربرد با مصرف توان پایین (Low Power Wide Area Network) در اینترنت اشیاء است. در این تمرین برای پیاده­سازی شبکه ارتباطی LoRaWAN و بررسی برخی پارامترهای آن از شبیه­ساز OMNET++ استفاده خواهیم کرد. شبیه­ساز OMNET++ یک شبیه­ساز برای شبکه­های بی­سیم و سیمی می­باشد که با زبان برنامه­­نویسی C++ پیاده­سازی شده است. برای آشنایی بیشتر با این شبیه­ساز آموزش­های زیادی در اینترنت موجود است که می­توانید از آنها بهره ببرید. برای مثال، برای آشنایی مقدماتی با این شبیه­ساز می­توانید به توضیحات خود سایت OMNET++ مراجعه کنید. برای انجام این تمرین از چارچوب[[link2](https://github.com/JaberBabaki/flora)] [[link1](https://flora.aalto.fi/)] FLoRa که شبکه ارتباطی LoRaWAN را به‌صورت انتها به انتها شبیه­سازی کرده است استفاده خواهیم کرد.

**مراحل انجام تمرین**

**بخش اجباری**

1. تأثیر فاکتور گسترش (SF) و پهنای پاند (BW) را بر زمان ارسال یک بسته، نرخ ارسال، مصرف انرژی و برد ارتباطی در شبکه LoRaWAN، به طور کامل شرح دهید.
2. جدول صفحه ۴۵ ) این جدول در فصل سوم بخش ششم، قسمت مباحث تکمیلی شبکه LoRaWAN‌در سایت کورسز قابل دانلود است) 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 لازم داده شود و جدول کامل شده در خروجی نمایش داده شود (پیشنهاد می‌شود از زبان پایتون برای انجام این بخش استفاده شود).
3. نموداری برحسب payload های ۱۶، ۳۲ و ۵۱ بایتی و زمان ارسال بسته (ToA) با توجه به فاکتور گسترش‌های مختلف رسم کنید (پیشنهاد می‌شود از زبان پایتون برای انجام این بخش استفاده شود).
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؟
5. برای شبیه‌سازی شبکه LoRaWAN نیاز است نرم­افزار شبیه­ساز ++ OMNET و چارچوب FLoRa و INET را نصب کنید. برای نصب ++ OMNET به سایت آن مراجعه کرده و بر اساس سیستم­عامل خود نسخه مناسب را نصب نمایید. (نحوه نصب شبیه­ساز ++ OMNETو راه­اندازی چارچوب FLoRa در آن برای سیستم­عامل­ها در کانال اطلاع‌رسانی درس توضیح داده خواهد شد).
6. در دایرکتوری چارچوب FLoRa سناریو پیش‌فرض با نام loRaNetworkTest.ini قرار دارد که شبکه ارتباطی LoRaWAN را با 10 گره (Node)، یک دروازه (Gateway) و یک سرور شبکه شبیه‌سازی کرده است. سناریو پیش‌فرض را اجرا کنید. با اجرای شبیه‌سازی، نتایج آن در دایرکتوری simulations/results با نام پیش‌فرض General-avg-#0 قرار می‌گیرد. با انتخاب این فایل، آمار هر یک از موارد زیر را در جدولی توضیح دهید:

* آخرین توان ارسال شده توسط هر گره (finalTP)
* آخرین فاکتور گسترش ارسال شده توسط هر گره (finalSP)
* تعداد بسته‌های ارسالی هر گره (sentPackets)
* انرژی مصرفی هر گره (totalEnergyConsumed)
* مجموع تعداد بسته‌های دریافت شده در دروازه (LoRa\_GWPacketReceived:count)
* مجموع تعداد بسته‌های دریافت شده در سرور شبکه (totalReceivedPackets)

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

**الف)** پارامترهای که باید تغییر دهید، شامل فاکتور گسترش گره، توان ارسالی گره، پهنای باند مورداستفاده گره و تعداد گره­های انتهایی است. پارامترهای ذکر شده در سناریو پیش­فرض به ترتیب با نام­های initialLoRaSF، initialLoRaTP، initialLoRaBW و numberOfNodes قابل‌مشاهده هستند. برای مثال، یک حالت این است که مقادیر ذکر شده را در سناریو پیش­فرض به ترتیب 7 برای فاکتور گسترش، 14 دسی‌بل میلی‌وات (dBm) برای توان ارسالی، 5 برای تعداد گره­ها و 12۵ کیلوهرتز (kHz) برای پهنای باند تغییر داده و سناریو را اجرا کرده و نتیجه آن را ذخیره کنید. توجه داشته باشید که به‌ازای هر تغییر، شبیه‌سازی باید اجرا و نتایج آن ذخیره شود. در هر شبیه‌سازی مقدار دیگر پارامترها (به جز فاکتور گسترش، توان ارسالی، تعداد گره و پهنای باند) همان مقدار پیش­فرض فایل تست باشد. در مجموع باید 16 شبیه­سازی انجام شود (2 حالت برای تعداد گره­ها، 2 حالت برای فاکتور گسترش، 2 حالت برای توان ارسالی و 2 حالت برای پهنای باند). پارامترهای ذکر شده را طبق مقادیر زیر تغییر دهید:

* numberOfNodes {15, 30}
* InitialLoRaSF {7, 12}
* initialLoRaTP {3 dBm, 14 dBm}
* initialLoRaBW {125 KHz, 250 KHz}

**ب)** بر اساس معیارهای زیر و نتایج شبیه­سازی، نمودارهای خواسته شده را ترسیم کنید.

* نرخ بسته­های دریافتی (Received packets ratio): عبارت است از تعداد کل بسته­های دریافتی در سرور شبکه (totalReceivedPackets) تقسیم‌بر تعداد کل بسته­های ارسال­شده توسط همة گره­ها (sentPackets).
* میزان مصرف انرژی (mJ): مجموع انرژی مصرفی تمام گره­ها تقسیم‌بر تعداد بسته­های دریافت شده در سرور

نمودارهای موردنظر:

* نمودار تعداد گره­ها (محور x) و نرخ بسته­های دریافتی (محور y)
* نمودار تعداد گره­ها (محور x) و میزان مصرف انرژی (محور y)

در کل 16 نمودار با احتساب 8 نمودار برای معیار اول و 8 نمودار برای معیار دوم باید رسم شود (می­توانید نمودارهای خواسته شده را با کد پایتون رسم کنید).

**بخش اختیاری**

1. همان‌طور که در کلاس گفته شده است، الگوریتم ADR مکانیزمی جهت تنظیم پارامترهای انتقال در شبکه LoRaWAN است. با توجه به توضیحات ارائه شده در کلاس مکانیزم ADR جدیدی پیشنهاد دهید (انجام این بخش از تمرین اختیاری است و نمره اضافه دارد).
2. در کلاس درس تحلیلی از عملکرد پروتکل ALOHA، در شبکه LoRaWAN مشاهده کردید. مشابه تحلیل‌های انجام شده را برای پروتکل Slotted-ALOHA نیز انجام دهید (انجام این بخش از تمرین اختیاری است و نمره اضافه دارد).
3. در کلاس درس در مورد ماژول‌های سخت‌افزاری شبکه LoRaWAN توضیح داده شده است. در این بخش باید یک مدارچاپی به‌عنوان نود LoRa با قابلیت ارسال موقعیت مکانی طراحی کنید (انجام این بخش از تمرین اختیاری است و نمره اضافه دارد).
4. الگوریتم ADR پیشنهاد شده در بخش 5 را در فریم‌ورک FLoRa پیاده‌سازی کنید و نشان دهید الگوریتم ارائه شده نسبت به الگوریتم پیش‌فرض و الگوریتم ارائه شده در این [مقاله](https://ieeexplore.ieee.org/document/9217283/authors#authors) عملکرد بهتری دارد (انجام این بخش از تمرین اختیاری است و نمره اضافه دارد).
5. الگوریتم ADR پیشنهاد شده در بخش 5 را در پلتفرم [chripstack](https://www.chirpstack.io/) پیاده سازی کنید (انجام این بخش از تمرین اختیاری است و نمره اضافه دارد).
6. بر اساس تحلیلی که در بخش۶ ازSlotted-ALOHA انجام دادید، این پروتکل را در فریم ورک FloRa پیاده سازی کنید و نشان دهید کارایی این الگوریتم نسبت به پروتکل ALOHA بهتر است (انجام این بخش از تمرین اختیاری است و نمره اضافه دارد).

**نحوه تحويل تمرين**

1. این تمرین از دو بخش‌های اجباری و اختیاری تشکیل شده است.
2. بخش ۱، ۲، ۳، ۴، ۶ و ۷ باید در یک گزارش متنی با رعایت کامل قواعد نگارشی و املایی تحویل داده شود. برای بخش ۵ باید فیلم ویدئویی حداکثر ۲ دقیقه‌ای تهیه شود و محیط شبیه‌سازی و فریم‌ورک‌ها نشان داده شود. در ویدئوها باید مشخص شده باشد که این فایل متعلق به شما است. برای مثال قبل از توضیح نام و شماره دانشجویی خودتان و بخشی که در حال انجام آن هستید را نمایش دهید.
3. برای بخش ۲ و ۳ باید کدهای اجرا شده و برای بخش ۶ و ۷ نیز باید فایل شبیه‌سازی (فایل sca) شده وجود داشته باشد.
4. تمرین در قالب یک فایل zip با رعایت ساختار دایرکتوری و نحوه نام‌گذاری زیر تحویل داده می‌شود. این فایل باید شامل گزارش متنی، ویدئوها، کدها و فایل‌های شبیه‌سازی باشد. نحوه نام‌گذاری فایل zip باید به‌صورت HW3\_StudentNumber.zip باشد که در آن StudentNumber شماره دانشجویی است.

HW3\_StudentNumber.zip

Report.pdf

Source\_code

Report.doc

lora\_toa.py

lora\_specification.py

Simulation\_file

Scenario-….sca

Scenario-01.sca

1. بخش‌های اختیاری این تمرین به‌صورت آنلاین تحویل گرفته می‌شود، زمان تحویل و قواعد آن متعاقباً اعلام می‌شود.
2. ویدئو ضبط شده باید قابل پخش با آخرین نسخه نرم‌افزار KMPlayer باشد.
3. **این تمرین باید به‌صورت انفرادی انجام شود.**
4. مهلت تحویل تمرین، تا ۹ خردادماه 1399 خواهد بود.
5. به ازای هر روز تأخیر ۵ درصد جریمه در نظر گرفته خواهد شد.
6. **در صورت عدم رعایت موارد ذکر شده، نمره مربوط به بخش خوانایی کسر خواهد شد.**

**موفق باشید**