

بسمه تعالی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

دانشکده مهندسی کامپیوتر

درس شبکه پیشرفته

نیمسال اول سال تحصیلی ۱۴۰۰-۱۳۹۹

تمرین شبیه سازی شبکه LoRaWAN



دانشکده مهندسی کامپیوتر



دانشگاه صنعتی امیرکبیر  
(پلی تکنیک تهران)

## شرح تمرین

هدف از این تمرین، آشنایی بیشتر و بررسی شبکه ارتباطی LoRaWAN به عنوان یکی از شبکه های دوربرد با مصرف توان پایین (Low Power Wide Area Network) در اینترنت اشیاء است. در این تمرین برای پیاده سازی شبکه ارتباطی LoRaWAN و بررسی برخی پارامترهای آن از شبیه ساز OMNET++ استفاده خواهیم کرد. شبیه ساز OMNET++ یک شبیه ساز برای شبکه های بی سیم و سیمی است که با زبان برنامه نویسی C++ پیاده سازی شده است. برای آشنایی بیشتر با این شبیه ساز آموزش های زیادی در اینترنت موجود است که می توانید از آنها بهره ببرید. برای مثال، برای آشنایی مقدماتی با این شبیه ساز می توانید [این ویدئو](#) را مشاهده کنید و یا به توضیحات خود سایت [omnetpp](http://omnetpp.com) مراجعه کنید.

برای انجام این تمرین از چارچوب FLoRa که شبکه ارتباطی LoRaWAN را به صورت انتها به انتها شبیه سازی کرده است استفاده خواهیم کرد. جزییات مربوط به این چارچوب را می توانید در [اینجا](#) مشاهده کنید.

## مراحل انجام تمرین

۱. در ابتدا باید نرم‌افزار شبیه‌ساز OMNET++ و چارچوب FLoRa و دیگر چارچوب‌های موردنیاز را نصب کنید. برای نصب OMNET++ به سایت آن مراجعه کرده و بر اساس سیستم‌عامل خود نسخه مناسب را نصب نمایید. (نحوه نصب شبیه‌ساز OMNET++ و راه‌اندازی چارچوب FLoRa در آن برای سیستم‌عامل‌های Linux, Windows و MacOS در سایت OMNET++ شرح داده شده است).

۲. در دایرکتوری چارچوب FLoRa سناریو پیش‌فرض با نام loRaNetworkTest.ini قرار دارد که شبکه ارتباطی LoRaWAN را با ۱۰ گره (Node)، یک دروازه (Gateway) و یک سرور شبکه شبیه‌سازی کرده است. در این فایل مقدار پیش‌فرض پارامترهای شبیه‌سازی قابل مشاهده است. هر کدام از این پارامترها را به اختصار توضیح دهید.

۳. 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)

۴. 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) این پارامترها شامل فاکتور گسترش گره، توان ارسالی گره، پهنای باند مورد استفاده گره و تعداد گره‌های انتهایی است. پارامترهای ذکر شده در سناریو پیش‌فرض به ترتیب با نام‌های initialLoRaSF، initialLoRaBW، initialLoRaTP و numberOfNodes قابل مشاهده هستند. دو پارامتر فاکتور گسترش و توان ارسالی در سناریو پیش‌فرض برای هر گره به صورت تصادفی انتخاب می‌شود. برای مثال، یک حالت این است که مقادیر ذکر شده را در سناریو پیش‌فرض به ترتیب به ۷ برای فاکتور گسترش،

۱۴ دسی‌بل میلی‌وات (dBm) برای توان ارسالی، ۵ برای تعداد گره‌ها و ۱۲۵ 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 ۱۶ شبیه‌سازی انجام شود (۲ حالت برای تعداد گره‌ها، ۲ حالت برای فاکتور گسترش، ۲ حالت برای توان ارسالی و ۲ حالت برای پهنای باند). پارامترهای ذکر شده را طبق مقادیر زیر تغییر دهید:

- numberOfNodes {5, 15}
- InitialLoRaSF {7, 12}
- initialLoRaTP {7 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 همه-ی گره‌ها (sentPackets).

$$\text{Received Packets Ratio} = \frac{\text{totalReceivedPackets}}{\sum_{n=1}^{\text{number of nodes}} \text{sentPackets}(n)}$$

- میزان مصرف انرژی (mJ): مجموع انرژی مصرفی تمام گره‌ها تقسیم‌بر تعداد بسته‌های دریافت شده در سرور

$$\frac{\sum_{n=1}^{\text{number of nodes}} \text{totalEnergyConsumed}(n)}{\text{totalReceivedPackets}} = \text{Consumption Energy}$$

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 ۱۶ نمودار با احتساب ۸ نمودار برای معیار اول و ۸ نمودار برای معیار دوم باید رسم شود. برای راحتی کار می‌توانید نمودارهای خواسته شده را با یک کد پایتون رسم کنید.

۵. با بررسی نتایج شبیه‌سازی و نمودارهای به دست آمده به سوالات زیر پاسخ دهید:

(الف) در مورد تاثیر افزایش یا کاهش هریک از پارامترها (فاکتور گسترش، توان ارسالی، پهنای باند و تعداد گره‌ها) بر روی نرخ بسته‌های دریافتی و انرژی مصرفی توضیح دهید.

(ب) بررسی کنید که بیشترین و کمترین نرخ بسته‌های دریافتی با ترکیب کدام پارامترها حاصل شده است و علت این امر را شرح دهید.

۶. در مورد ویژگی نرخ داده انطباقی (Adaptive data rate) در شبکه ارتباطی LoRaWAN تحقیق کنید. توضیح دهید که این ویژگی کدام پارامترها را تغییر می‌دهد و این تغییر چگونه اعمال می‌شود.

۷. نویسندگان مقاله [\[لینک\]](#) با ارائه یک الگوریتم تطبیقی نرخ داده (ADR) نرخ دریافت بسته و مصرف انرژی در شبکه LoRaWAN را بهبود دادند. این الگوریتم را با الگوریتم ارائه شده در مقاله [\[لینک\]](#) را به لحاظ مصرف انرژی و نرخ دریافت داده مقایسه کنید.

## نحوه تحویل تمرین

۱. بخش ۲ تمرین در قالب یک ویدئو حداکثر ۲ دقیقه‌ای با نام‌گذاری 02-Test\_Simulation توضیح داده شود. در این ویدئو باید مشخص شده باشد که این فایل متعلق به شما است. برای مثال قبل از توضیح مراحل انجام کار، یک فایل word حاوی نام خودتان و شماره دانشجویی و بخشی که در حال انجام آن هستید را نمایش دهید.

۲. بخش‌های بعدی تمرین باید در قالب گزارش متنی توضیح داده شود (فایل PDF).

۳. تمرین در قالب یک فایل zip تحویل داده شود. این فایل باید شامل یک ویدئو از بخش دوم و فایل PDF گزارش بخش‌های بعدی و یک پوشه با نام simulation\_results حاوی نتایج ذخیره شده شبیه‌سازی‌ها باشد. نحوه نام‌گذاری این فایل باید به صورت HWLoRa\_StudentNumber.zip باشد که در آن StudentNumber شماره دانشجویی است.

۴. ویدئو ضبط شده باید قابل پخش با آخرین نسخه نرم‌افزار KMPlayer باشد.

۵. تمرین باید به صورت انفرادی انجام شود.

۶. مهلت تحویل تمرین، ..... خواهد بود.

۷. به ازای هر روز تأخیر ۵ درصد جریمه در نظر گرفته خواهد شد.

۸. در صورت عدم رعایت موارد ذکر شده، نمره مربوط به بخش خوانایی از دانشجو کسر خواهد شد.

موفق و مؤید باشید