

انجام این تمرین به صورت انفرادی است.

شرح تمرین

هدف از این تمرین، آشنایی و بررسی عملکرد شبکه‌های LPWAN و کاربرد آن‌ها در زمینه اینترنت اشیا است. در این تمرین، به سوالات تئوری در زمینه شبکه‌های ذکر شده با تاکید بر سه شبکه پر کاربرد LoRaWAN، SigFox و NB-LoT پرداخته شده است که هر یک دارای ویژگی‌ها و کاربردهای مناسب خود هستند. شبکه LoRaWAN به دلیل عملکرد در محدوده فرکانس‌های Unlicensed، مورد استقبال بیشتری واقع شده است.

سوالات تئوری:

۱. با توجه به فناوری‌های ارتباطی مختلف LPWAN، جدول زیر را تکمیل کنید.

	LoRaWAN	SigFox	NB-LoT	Ingenu	Telesna
Band					
Data Rate					
Range					
Number of Channels					
MAC					
Topology					
Adaptive Data Rate					
Payload length					
Handover					
Authentication/Encryption					
Over the air update					
Battery life					
Bi-Directional					

۲. تأثیر فاکتور گسترش^۱ و پهنای باند^۲ و نرخ کدگذاری^۳ را بر زمان ارسال یک بسته، نرخ ارسال، مصرف انرژی و برد ارتباطی در شبکه LoRaWAN، به طور کامل شرح دهید.

۳. با توجه به کلاس‌های مختلف تعریف شده در فناوری LoRaWAN به دو سوال زیر پاسخ دهید:

a. کلاس‌های A، B و C را از نظر downlink مقایسه کنید، و تحلیل کنید برای کاربردهایی که نیاز به ترافیک بالایی در downlink دارند (مثل نیاز به دریافت acknowledgment) کدام کلاس/کلاس‌ها مناسب‌تر هستند.

b. کلاس‌های A، B و C را از نظر مصرف انرژی مقایسه کنید.

۴. فرایند Channel Hopping را توضیح داده و شرح دهید که این فرایند در شبکه LoRaWAN چگونه انجام می‌شود.

۵. کارکرد پروتکل ALOHA در لایه MAC شبکه LoRaWAN را شرح دهید. سپس توضیح دهید که در این شبکه برخورد^۴ در چه صورتی رخ می‌دهد و حداکثر توان عملیاتی^۵ در پروتکل ALOHA چه مقدار است.

۶. با توجه به قوانین باند فرکانسی Sub-GHz به سوالات زیر پاسخ دهید:

a. Duty-Cycle را توضیح داده و علت وجود آن در باندهای ذکر شده را مشخص کنید.

b. با توجه به Channel Hopping مشخص کنید که آیا Duty-Cycle به روی همه کانال‌ها اعمال می‌شود و یا هر کانال Duty-Cycle مربوط به خود را دارد.

c. تحلیل کنید که با تغییر مقدار فاکتور گسترش، تعداد بسته‌های ارسالی یک گره در طول روز چه مقدار تغییر می‌کند.

1 Spread Factor

2 Bandwidth

3 Code Rate

4 Collision

5 Throughput

6 Channel

۷. تحلیل کنید که برای هر کدام از کاربردهای زیر، کدام یک از شبکه‌های NB-IoT، SigFox و یا LoRaWAN مناسب‌تر هستند. (عوامل توان مصرفی، حداکثر رنج، نرخ داده، حرکت و... در نظر بگیرید).

a. ناوگان حمل‌ونقل هوشمند

- متشکل از چندین هزار وسیله حمل‌ونقل که در محدوده استان فعالیت می‌کنند و به صورت مداوم اطلاعاتی از جمله موقعیت مکانی خود را مخابره می‌کنند.

b. سامانه روشنایی هوشمند شهری

- شامل چندین هزار گره نهایی که در طول روز تعداد محدودی فرمان دریافت می‌کنند.

c. سامانه کشاورزی هوشمند

- شامل چندصد گره نهایی در فواصل چند هکتاری است.

۸. دستگاه‌های NB-IoT برای پشتیبانی از استقرار گسترده با کمترین دخالت انسان، عمر باتری در حدود ۱۰ سال دارند. در این راستا، NB-IoT از دو مد اصلی PSM و eDRX برای کاهش توان مصرفی حمایت می‌کند.

a. دو مد اصلی PSM و eDRX را توضیح دهید و با هم مقایسه کنید.

b. به نظر شما مد مناسب برای هر کدام از کاربردهای زیر کدام است؟ دلیل انتخاب خود را بیان کنید.

- شبکه هوشمند انرژی^۱

- سنسورهای خاک در کشاورزی هوشمند

- کنترل و پیگیری دارایی^۲

c. با مطالعه چکیده‌ی مقاله [۱]، ایده‌ی اصلی این مقاله برای کاهش انرژی مصرفی در شبکه‌های NB-IoT را بیان کنید.

۹. درباره پروژه‌ی Connected Sheep که در کشور نروژ اجرا شده است، تحقیق کنید و به سوال‌های زیر پاسخ دهید:

a. اقدامات و اهداف این پروژه را به صورت مختصر توضیح دهید.

1 Smart Grid

2 Asset Tracking

b. در این پروژه از کدام فناوری اینترنت اشیا استفاده می‌شود؟ به نظر شما علت این انتخاب چیست؟

۱۰. a. حالت‌های پیاده‌سازی NB-IoT را نام ببرید و هر کدام را توضیح دهید.
- b. در رابطه به Co-Channel Interference تحقیق کنید و آن را به اختصار توضیح دهید.
- c. با توجه به قسمت‌های a و b به نظر شما چرا NB-IoT می‌تواند در Co-Channel Interference آسیب‌پذیر باشد و نیاز است تا تکنیک‌هایی برای کاهش آن پیاده‌سازی شود؟
- d. در مرجع [۲] چه روشی برای کاهش تداخل^۱ پیشنهاد شده است؟ ایده‌ی اصلی این روش را بیان کنید.

e. به نظر شما چه ایرادی می‌تواند به روش بخش d وارد باشد؟

۱۱. NB-IoT در نسخه ۱۴ خود پشتیبانی از سرویس‌های multicast را ارائه داد. دو مورد از مزایای این ویژگی را توضیح دهید.

۱۲. a. درباره‌ی تخمین کانال^۲ تحقیق کنید و ارتباط آن را با error correction به اختصار توضیح دهید.

b. با توجه به نیازمندی‌های شبکه‌های IoT، به نظر شما چرا این شبکه‌ها نمی‌توانند تخمین کانال را با دقت بالا انجام دهند؟

۱۳. a. درباره‌ی Semi-Persistent scheduling در NB-IoT تحقیق کنید و آن را توضیح دهید.
- b. ویژگی Semi-Persistent scheduling در کدام لایه از شبکه پیاده‌سازی می‌شود؟ چرا؟

مراجع

[۱] Lee, J.; Lee, J. Prediction-Based Energy Saving Mechanism in 3GPP NB-IoT Networks. Sensors 2017, 17, 2008.

[۲] Mangalvedhe, N.; Ratasuk, R.; Ghosh, A. NB-IoT deployment study for low power wide area cellular IoT. In Proceedings of the IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), Valencia, Spain, 4–8 September 2016.

1 Interference

2 Channel Estimation

نحوه تحویل تمرین

۱. سؤال‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۹، ۱۱، ۱۲ و ۱۳ باید در یک گزارش متنی با رعایت کامل قواعد نگارشی و املائی تحویل داده شود. برای سوال های ۵، ۶، ۷، ۸ و ۱۰ باید فیلم حداکثر ۲ دقیقه‌ای با توضیحات کامل تهیه شود.
۲. در هر 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 فرد، شماره دانشجویی و بخش مربوطه** بر روی سیستم نشان دهید که مشخص کند این ویدئو توسط شما ضبط شده است.
۳. تمرین در قالب یک **فایل zip** تحویل داده شود و شامل یک فایل ارائه به همراه ۱۳ فیلم ویدیویی، باشد. نحوه نام‌گذاری فایل باید به صورت زیر باشد:
HW3_StudentNumber.zip که در آن StudentNumber شماره دانشجویی می‌باشد. (مثال: HW3_9923110.zip)
۴. دقت کنید که **حجم فایل Zip شده نهایی، حداکثر ۵۰۰ مگابایت باشد.**
۵. ویدیوها به همراه گزارش متنی را باید به صورت زیر **نام‌گذاری** نمایید. این نحوه نام‌گذاری متناسب با تمرین خواسته شده در هر مرحله است.

Report.pdf

Report.docx

05. MAC

06. DutyCycle

07. Application

08. PowerManagement

10. OperationModes

۶. تمامی ویدئوهای ضبط‌شده باید قابل پخش با آخرین نسخه نرم‌افزار KMPlayer باشد.
۷. مهلت تحویل تمرین ۱۹ آذر ۱۴۰۰ است.
۸. تأخیرها بر اساس قوانین شیوه‌نامه اعمال می‌شود.
۹. در صورت عدم رعایت موارد ذکر شده، نمره مربوط به بخش خوانایی کسر خواهد شد.