

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

تکلیف ۳ درس اینترنت اشياء

دکتر خرسندی

سید امیرمهدی میرشریفی

۹۸۳۱۱۰۵

سوالات LoRa

سوال 1

به سوالات زیر در مورد LoRaWAN پاسخ دهید:

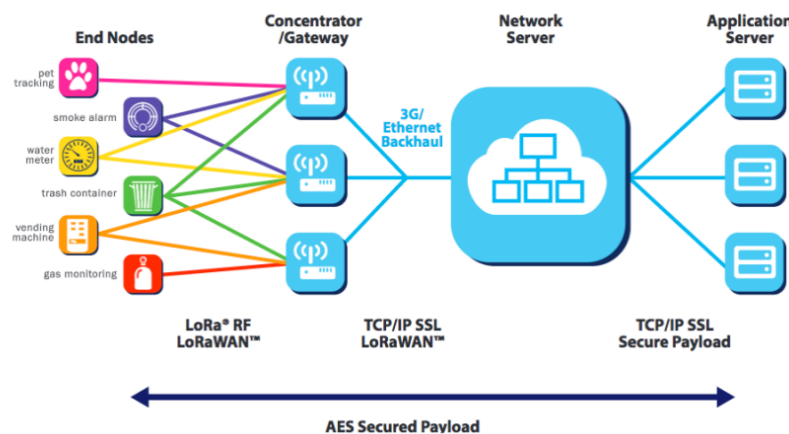
الف) توپولوژی LoRaWAN را عنوان کرده و شرح دهید. همچنین هر کدام از اجزای مربوط به این توپولوژی را توضیح دهید.

ب) یک چرخه کامل ارسال داده در LoRaWAN را به طور کامل شرح دهید.

پاسخ:

الف) سیاست در تکنولوژی LoRaWAN ، start to star است بدین صورت که هر دیوایس پایانی بسته خود را برای همه درگاه ها میفرستد و درگاهی که شرایط بهتری را نسبت به دیوایس داشته باشد مسئولیت دریافت و انتقال ها را بر عهده میگیرد.

همانطور که در تصویر پیداست ۴ جزء در این



سیاستی که لورا پیش میگرد موثر است .

اولین مورد دیوایس های پایانی هستند که اکثر وظایف از روی دوش آنها برداشته شده است و هر موقع داده ای داشته باشند ارسال میکنند.

دومین لایه درگاه ها هستند که مسئول ارتباط با دیوایس ها هستند و در نهایت داده ها را به

لایه سوم ، شبکه ارسال میکنند و شبکه آن را به لایه چهارم که اپلیکیشن ها هستند ارسال میکند.

ب) همانطور که در بالا بیان شد در ابتدا دیوایس پایانی داده خود را برادکست میکند و از میان درگاه هایی که پیام را دریافت میکنند آن درگاه که بهترین شرایط را دارا است در زمینه ارتباط ، پیام را دریافت میکند و آن را روی شبکه که میتواند هر زیرساختی مثل tcp را پشتیبانی میکند ارسال کند و شبکه پیام را به اپلیکیشن ها . سپس در ارسال از اپلیکیشن به دیوایس های پایانی با توجه به اطلاعات درگاه ها و موقعیت دیوایس بهترین درگاه انتخاب میشود و اطلاعات به آن ارسال میشود و درگاه هم متناسب با شیوه های دسترسی اطلاعات را به دیوایس ارسال میکند.

سوال ۲

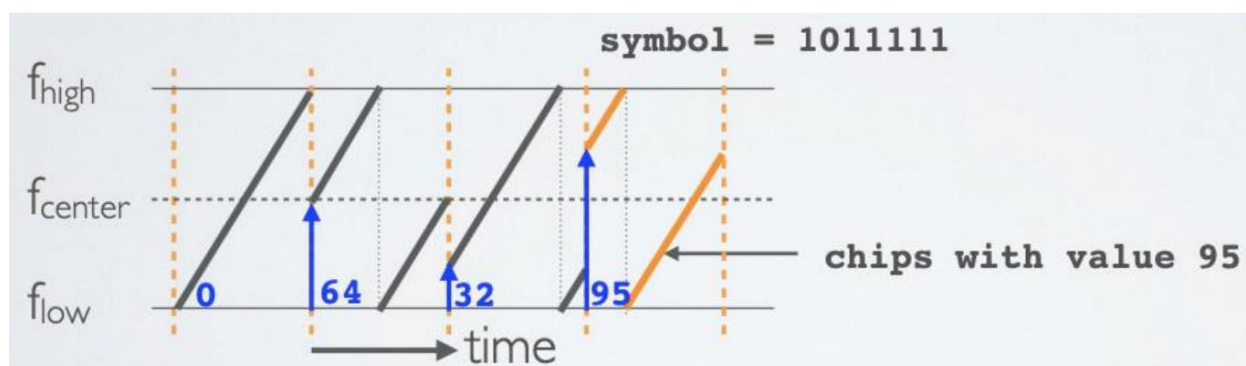
به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) LoRa در لایه فیزیکی از چه modulation ای استفاده می‌کند؟

ب) دو مزیتی که این modulation دارد را ذکر کنید.

پاسخ:

الف) chirps spreading factors شیوه ماژولیشن است به این شیوه که برای ارسال داده، از کاهش و افزایش فرکانس به صورت پیوسته استفاده میکنیم که هر کدام از مدل های استفاده از افزایش و کاهش فرکانسی در بازه زمانی مشخص نمادی از یک سمبل است.



ب) یکی از مزیت ها این است که با استفاده از این روش میتوان اطلاعات چندین کاربر را روی یک کانال ارسال کرد. دومین مزیت این است که تلاش برای تخریب ارتباط به وسیله نویز روی این شبکه بخاطر انرژی بسیار زیادی که باید گذاشته شود سخت است.

سوال ۳

به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) دو مکانیزم Activation by personalization(ABP) و Over-the-air-activation(OTAA) را توضیح دهید.

ب) دو مورد از مزایا و معایب Over-the-air-activation(OTAA) را بنویسید.

ج) در صورتی که تعداد دفعات احراز هویت زیاد باشد، کدام یک از دو روش مناسب است؟ چرا؟

پاسخ:

الف) در مکانیزم ABP نود ها مکانیزم اضافه شدن به شبکه را اجرا نمیکنند و از قبل DevAddr & NwkSkey & AppsKey در داخل آن نوشته شده است و در زمان ارسال اطلاعات شبکه آن نود را میشناسد. در مکانیزم OTAA نود ها و اطلاعات آن ها از قبل در شبکه رجیستر نشده اند و می بایست به صورت پویا یک روند اضافه شدن به شبکه را اجرا کنند در هر بار ارسال اطلاعات (ب) مزایا:

- پویایی این مکانیزم باعث میشود که نیاز نباشد از قبل نیاز به هارت کد شدن اطلاعات باشد

- session key ها فقط زمان اضافه شدن به شبکه تولید میشوند از این رو احتمال هک شدن کاهش میابد.

معایب:

- این روش نیاز به الگوریتمی کنترلی جهت نظارت بر روند اضافه شدن نود در هر دور ارسال داده است
- همین الگوریتم بخشی از پهنای باند را مصرف میکند
- دستگاه باید قابلیت پشتیبانی از ذخیره کلید هایی که پویا تولید میشوند و جهت ارتباط با شبکه هستند را داشته باشد.
- ج) اگر بخواهیم جلوی سر بار هر بار احراز هویت را بگیریم روش اول مفید است زیرا با یکبار عضو شدن در شبکه دیگر نیاز به تولید session key نیست و از این رو سر بار کاهش میابد اما اگر تعدد احراز هویت خبر از اهمیت امنیتی سیستم میدهد روش دوم بهتر است زیرا امنیت بیشتری را که در بالا بیان شد تامین میکند.

سوال ۴

به سوالات زیر پاسخ دهید:

- الف) مکانیزم handover چیست؟ و آیا LoRaWAN از این مکانیزم استفاده می‌کند؟ و چرا؟
- ب) از آنجایی که این امکان وجود دارد که داده در وسط راه انتقال به سرور از بین برود، LoRaWAN چه مکانیزم یا روشی برای افزایش تحمل خطا دارد؟
- ج) دو مورد استفاده با استفاده از فناوری LoRa در زندگی واقعی را نام ببرید.

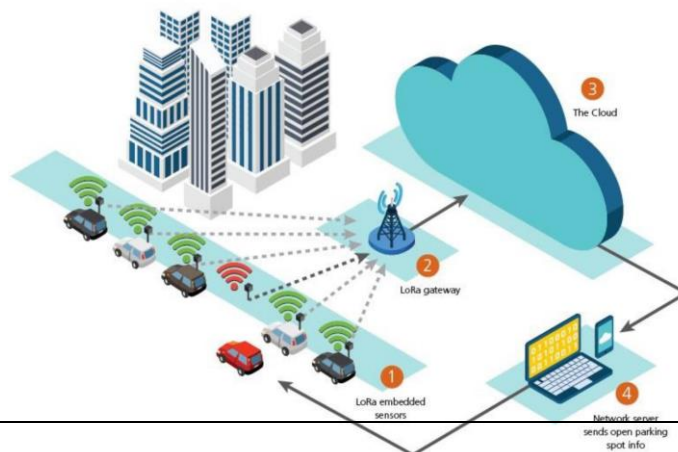
پاسخ:

- الف) بدین معنی است که ارتباط پایداری با یک پایگاه تشکیل شود، مثل شبکه های سلولار که هر نود می بایست با یک بیس استیشن رابطه ای دائم داشته باشد، که در لورا این کار نمیشود و بجای آن زمان ارسال داده برای همه درگاه ها داده ارسال میشود و بهترین درگاه ها برای ادامه کار انتخاب میشود. با استفاده از این کار اول از همه مصرف انرژی نود کاهش پیدا میکند در ثانی احتمال ارسال داده را بالا میبرد و با این کار نیاز دریافت تاییدیه کاهش میابد
- ب) همانطور که در متن پایین مشاهده میکنید:

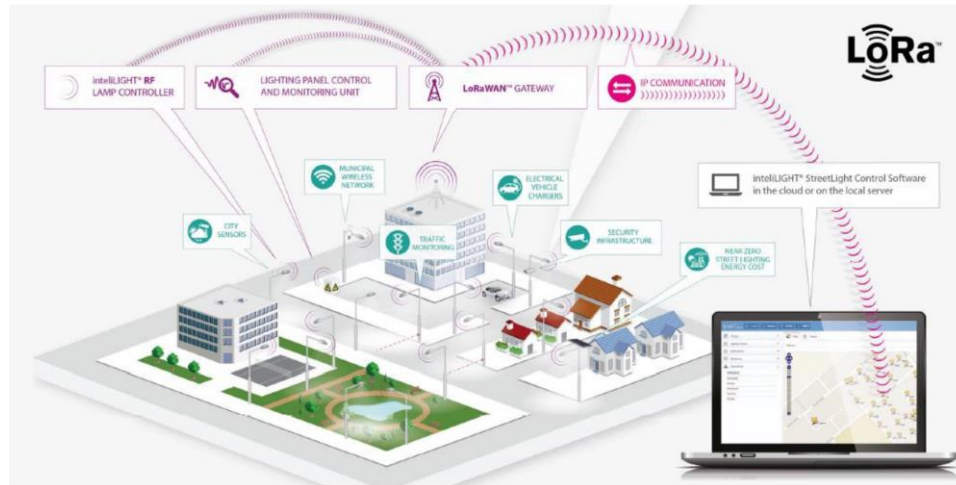
Another key feature is the built-in access redundancy, where the failure of a gateway or path toward the network server is handled by sending redundant copies of data packets

- در عمل زمانی که پیام برای تمام پایگاه ها ارسال میشوند اگر یکی از پایگاه ها مشکلی هم داشته باشد پایگاه دیگری هست که بتواند پیام را ارسال کند که در عمل معنای ساخت چند کپی از پیام را میدهد که هر کدام از پایگاه ها توانستند آن را منتقل کنند.

ج) پارکینگ هوشمند



مدیریت هوشمند چراغ ها و روشنایی



مدیریت هوشمند اجزا عامل یک محیط مثل فرودگاه



سوال 5

مزایا و معایب اصلی فناوری Sigfox در مقایسه با سایر فناوری های LPWAN مانند LoRa، NB-IoT یا LTE-M چیست؟

چيست؟

پاسخ:

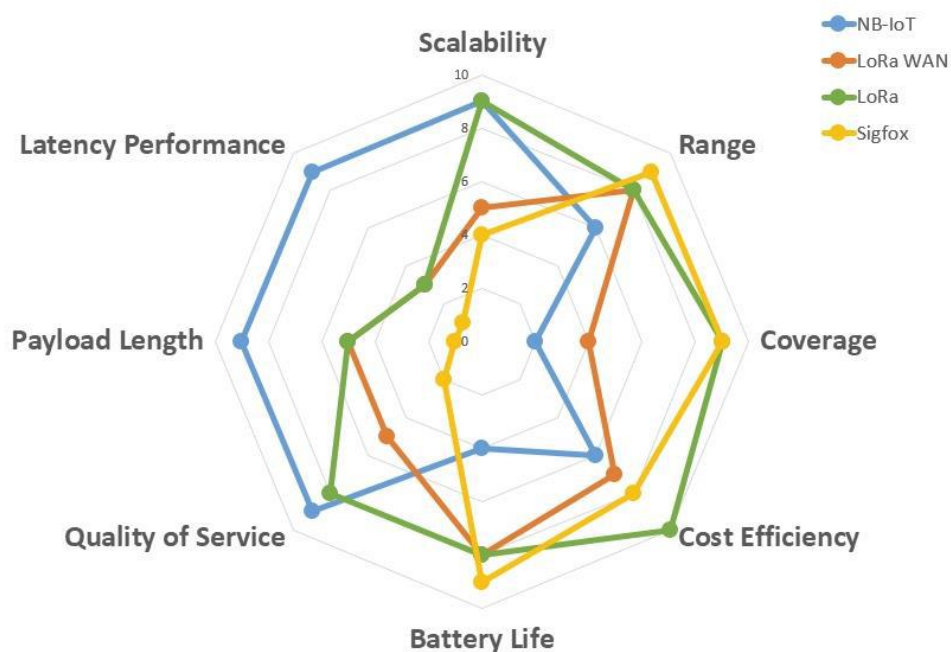
معایب :

- یکی از معایب آن این است که open source نیست و نمی توان از طریق آن شبکه اختصاصی درست کرد
- محدودیت بسیار زیاد در ارسال و دریافت پیام به صورتی که تنها ۱۴۰ پیام در روز برای ارسال و ۴ پیام برای دریافت
- ماکسیمم payload ۱۲ بایت است که بسیار کم است

محاسن:

- نویز پذیری بسیار پایینی دارد
- بسیار کم انرژی مصرف میکند
- هزینه کمی برای زیرساخت هایی مثل آنتن مورد نیاز است

همچنین در تصویر پایین نمایی از مقایسه این تکنولوژی با برخی تکنولوژی های دیگر را مشاهده میکنید :



سوال 6

Sigfox چگونه از امنیت و حریم خصوصی داده های ارسال شده از طریق شبکه خود اطمینان می دهد؟

پاسخ: اگر منظور از اطمینان امنیت ، اطمینان از ارسال اطلاعات است ، سیگ فاکس پیام ها را چندین بار (به صورت پیش فرض) و در فرکانس های مختلف ارسال میکند سیگ فاکس به خاطر محدودیت در دریافت Ack و عدم اطمینان ارسال پیام ، این الگوریتم را اعمال میکند .

اگر منظور از امنیت محتوای پیام است ، سیگفاکس از طریق روش های زیر ، امنیت کاربران را حفظ میکند:

۱) استفاده از پروتکل های امنیتی: سیگ فاکس از پروتکل های امنیتی مانند AES-128 و SSL/TLS برای رمزگذاری و امن کردن داده های کاربران استفاده می کند.

۲) محافظت در برابر حملات DDos: سیگ فاکس با استفاده از تکنولوژی های مختلف، از حملات DDos جلوگیری می کند و به این ترتیب، از قطعی خدمات به کاربران جلوگیری می کند.

۳) مسدود کردن دسترسی به دستگاه های نامعتبر: سیگ فاکس با استفاده از تکنولوژی های مختلف، از دسترسی به دستگاه های نامعتبر جلوگیری می کند و به این ترتیب، از حملات جاسوسی و دزدی اطلاعات جلوگیری می کند.

۴) محافظت در برابر تلاش های نفوذ: سیگ فاکس با استفاده از تکنولوژی های مختلف، از تلاش های نفوذ به سامانه خود جلوگیری می کند و به این ترتیب، از دسترسی به اطلاعات حساس کاربران جلوگیری می کند.

۵) رمزگذاری اطلاعات: سیگ فاکس از رمزگذاری اطلاعات برای جلوگیری از دسترسی به اطلاعات حساس کاربران استفاده می کند.

سوال ۷

محدودیت ها و چالش های فناوری Sigfox از نظر نرخ داده، اندازه بار (payload size)، محدوده فرکانس و پوشش شبکه چیست؟

پاسخ:

نرخ داده:

– all, at the expense of maximum throughput of only 100 bps.

مطابق با جمله بالا نرخ داده ارسالی ۱۰۰ بیت بر ثانیه است که به شدت نسبت به سایر تکنولوژی ها کم است .

اندازه بار:

The maximum payload length for each uplink message is 12 bytes.

مطابق با جمله بالا ماکسیمم اندازه بار در پیام های ارسالی ۱۲ بایت است که این مقدار هم بسیار کم است

محدوده فرکانس:

Binary phase-shift keying (BPSK) modulation in an ultra-narrow band (100 Hz) sub- GHZ ISM band carrier

محدوده فرکانسی در محدوده فرکانس های غیر لایسنس است و همچنین پهنای باند آن بسیار کم در حد ۱۰۰ هرتز است.

پوشش شبکه:

با توجه به آن که سیگ فاکس از بازه فرکانس های زیر گیگ هرتز استفاده میکند میتوان مسافت های بیشتری را پوشش دهد .

همانطور که در تصویری که در سوال ۵ آورده شده است هم مشخص است که پوشش شبکه و مسافت سیگ فاکس (۱۰ کیلومتر) از ما بقی تکنولوژی های ارتباطی مثل لورا (۵ کیلومتر)، لوراوان ، NB-iot (۱ کیلومتر) بیشتر است.

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT
Range	10 km (urban), 40 km (rural)	5 km (urban), 20 km (rural)	1 km (urban), 10 km

سوال ۸

Sigfox چگونه با تداخل و نویز در باندهای بدون مجوز مقابله می‌کند؟ تکنیک‌ها و پروتکل‌های مورد استفاده سیگفاکس برای اطمینان از ارتباط قابل اعتماد چیست؟

پاسخ :

- Binary phase-shift keying (BPSK) modulation in an ultra-narrow band (100 Hz) sub- GHz ISM band carrier

زمانی که پهنای باند کم است نویز کمتری روی اطلاعات اعمال میشود و با توجه به آن که پهنای باند سیگ فاکس ۱۰۰ هرتز است و بسیار کم است بنابر این از نویز جلوگیری میکند

- In Europe for example, the band between 868.180 MHz and 868.220 MHz is divided into 400 orthogonal 100 Hz channels (among them 40 channels are reserved and not used).

همچنین سیگ فاکس محدوده فرکانسی خود را به ۴۰۰ کانال ۱۰۰ هرتزی تقسیم میکند که میان هر کدام که قابل استفاده است ۴۰ کانال استفاده نمیشوند که با این کار از تداخل هم جلوگیری میشود

- Without the adequate support of acknowledgments, the uplink communication reliability is ensured using time and frequency diversity as well as transmission duplication.
- Each end-device message is transmitted multiple times (three by default) over different frequency channels (three by default) chosen randomly.

از مشکلات سیگ فاکس این است که امکان دریافت پیام تاییدیه به خاطر محدودیت پیام های دریافتی وجود ندارد. از این رو سیگ فاکس پیام را چندین بار و در فرکانس های مختلف ارسال میکند تا با این کار احتمال رسیدن پیام را افزایش دهد. هر نود پیام را چندین بار (به صورت پیش فرض سه بار) و در کانال فرکانسی مختلف (پیش فرض سه کانال) ارسال میکنند.

سوال ۹

در مورد NB-IoT به سوالات زیر پاسخ دهید:

الف) مزایا و معایب NB-IOT را نام ببرید؟

ب) نحوه کارکرد NB-IOT را توضیح دهید؟

ج) سه مود کاری در NB-IoT را نام ببرید و توضیح دهید.

پاسخ:

(الف)

مزایا:

- مصرف انرژی کم

- پیچیدگی کمتر (نسبت به شبکه های سلولار)

- قیمت کمتر (نسبت به شبکه های سلولار)

- امکان استفاده از زیرساخت های شبکه های سلولار با تنها تغییر نرم افزاری هر نود

معایب:

- عمر کمتر باتری (نسبت به سیگ فاکس و لوراون)

- پوشش دهی کمتر بخاطر محدوده فرکانسی (نسبت به سیگ فاکس و لوراون)

- هزینه بیشتر ، زیرا از فرکانس های لایسنس دار استفاده میکند

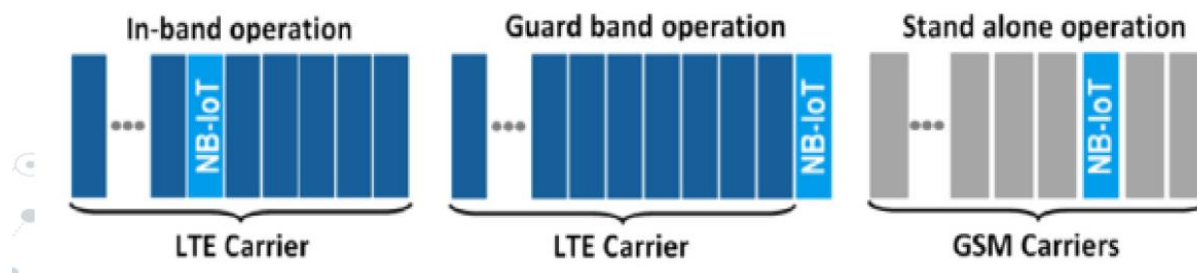
(ب)

با توجه به این که در این تکنولوژی ، زیر ساخت های شبکه های سلولار استفاده میشود ، برای استفاده یک نود از این تکنولوژی ابتدا می بایست تغییری نرم افزار داده بشود ، سپس بازه فرکانسی ای که به آن اختصاص داده شده است به سه روش مختلف است

Stand alone: برخی کانال های فرکانسی ای GSM در حال استفاده است به NB iot اختصاص یابد

Guard band: استفاده از محدوده فرکانسی در کنار LTE که در حال استفاده نیست

In band: استفاده از یک بخشی از محدوده فرکانسی که در اختیار LTE است



NB iot در مودولاسیون از FDMA برای ارسال پیام و OFDMA برای دریافت پیام استفاده میکند

از تفاوت های عملکردی NB iot با شبکه های سلولار این است که این تکنولوژی برخی از اقدام های شبکه های سلولار مثل مانیتورینگ شبکه را انجام نمیدهد .

- Three modes of operation are applicable to NB-IoT:

– Standalone

- A GSM carrier is used as an NB-IoT carrier, enabling reuse of 900 MHz or 1800 MHz.

– In-band

- Part of an LTE carrier frequency band is allocated for use as an NB-IoT frequency.

– Guard band

- An NB-IoT carrier is between the LTE or WCDMA bands.
- This requires coexistence between LTE and NB-IoT bands.

همانطور که در قسمت ب توضیح داده شد این سه حالتی است که در NB-IoT استفاده میشود.

سوال ۱۰

روش کاهش انرژی eDRX را توضیح دهید و تفاوت آن را با روش PSM بیان کنید.

پاسخ: روش PSM شبیه روش power off است اما با این تفاوت که دستگاه ثبت شده باقی میماند داخل شبکه.

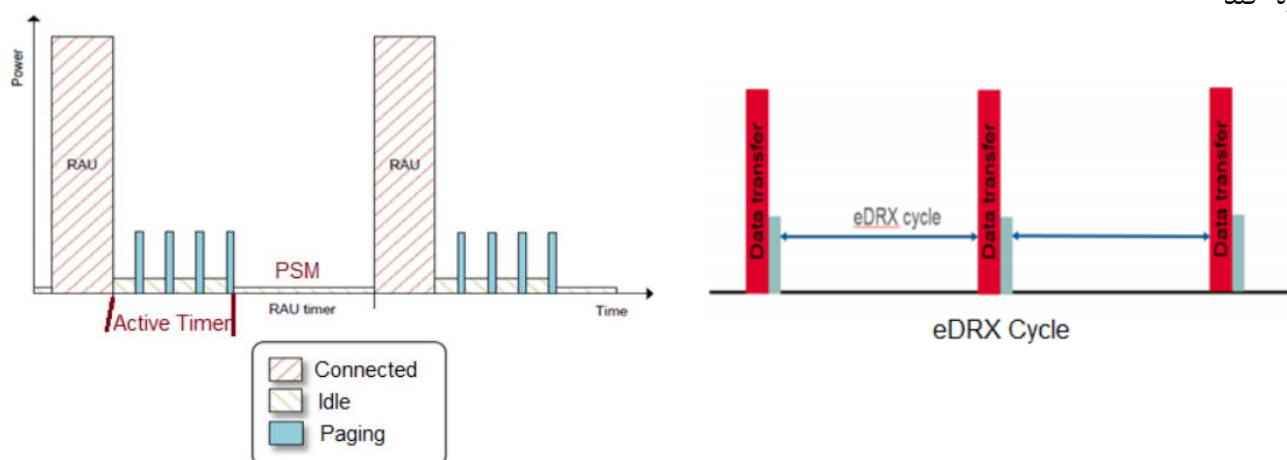
– Enhanced discontinuous reception (eDRX)

- This capability increases from seconds to minutes the amount of time an endpoint can “sleep” between paging cycles.
- A paging cycle is a periodic check-in with the network.
- This extended “sleep” time between paging cycles extends the battery lifetime for an endpoint significantly.

در روش eDRX دستگاه به صورت دوره ای و در زمان هایی به خواب خواهد رفت که کمک به طول عمر باتری میکند.

اما تفاوت در این دو روش این است که در PSM مدت زمانی که دستگاه خواب است بیشتر از روش eDRX است اما در روش eDRX این خواب به صورت دوره ای و منظم است که باعث میشود در نهایت زمان بیشتری را خواب باشد و انرژی بیشتری را

ذخیره کند





RELEASE 13 – Power Reduction Method

PSM

Completely sleep while remaining registered online but cannot be reached by base station signaling.

eDRx

The device is in an inactive mode for a few minutes to a few hours.

سوال ۱۱

NB-IoT را با LTE-M و LoRa مقایسه کنید؟

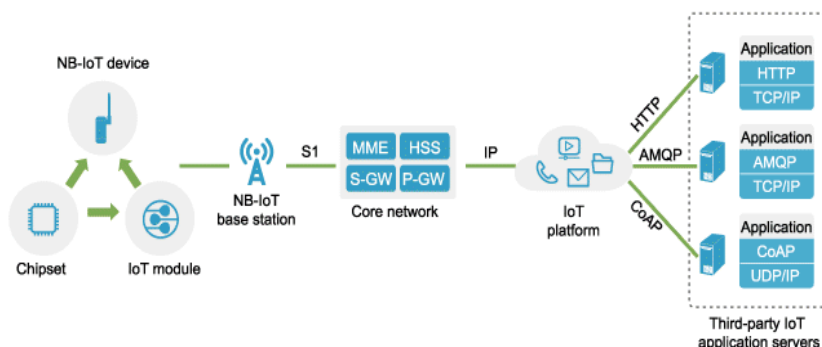
پاسخ: پهنای باند در LTE-M بسیار زیاد است که این پهنای باند که در حد ۱.۴ مگاهرتز است باعث میشود که دیتاریت بسیار زیادی هم داشته باشد که این ویژگی در NB-IoT اصلاح شد زیر اصولا به این حد از نرخ ارسال داده نیازی نبود ، نرخ ارسال داده در NB-IoT به میانگین ۲۰ کیلوبیت بر ثانیه کاهش و همچنین پهنای باند آن به ۲۰۰ کیلوهرتز کاهش یافت. مقدار پهنای باند در لورا تقریبا شبیه به NB-IoT است که برابر است با ۱۲۵ کیلوهرتز که نرخ ارسالی بین ۲۹۰ بیت بر ثانیه تا ۵۰ کیلوبیت بر ثانیه را فراهم میکند.

از دیگر تفاوت های میان NB-IoT و LTE-M این است که در LTE-M علاوه بر تغییر نرم افزاری در نود می بایست تغییری سخت افزاری نیز اعمال شود که این کار در NB-IoT تنها با تغییری نرم افزاری رخ میدهد ، لورا هم که تکنولوژی ای است که مخصوص کاربردهای اینترنت اشیا است و از آنجا که زیرساخت مخصوص خودش را دارد تغییر بی معنا است اما دو تکنولوژی اول می بایست از زیرساخت شبکه های سلولار استفاده کنند و نیازمند تغییری در نود ها هستند.

همچنین در زمینه مصرف بهینه انرژی لورا از دو تکنولوژی دیگر بهتر و بعد از آن NB-IoT است و پایین تر از آن LTE-M و با توجه به همین موضوع عمر باتری که در آن ها مصرف میکنیم نیز به همین ترتیب است.

سوال ۱۲

بخش های مختلف معماری NB-IoT را بیان کنید.



پاسخ: همانطور که در تصویر روبرو قابل مشاهده است:

معماری به چند بخش دیوایس های NB-IoT

(که پیش تر در باره آن صحبت کردیم) پایگاه ها که

اغلب همان زیرساخت های شبکه سلولار هستند ، هسته مرکزی که آن هم همان شبکه اصلی سلولار است تقسیم شده است

همچنین امکان استفاده از پلتفرم ها وجود دارد که ارتباط میان پلتفرم ها و اپلیکیشن های مورد استفاده از طریق شبکه اینترنت به صورت معمول انجام خواهد گرفت