دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده مهندسی برق

رشته مهندسی برق گرایش مخابرات

بررسی پتانسیل کاربرد اینترنت اشیاء(IoT) در ارتباط بیسیم 5G

استاد راهنما
دکتر شکرالله کریمیان

نگارش
زهرا فکور

بهمن ۱۳۹۷

دانشگاه شهید بهشتی
دانشکده مهندسی برق

رشته مهندسی برق گرایش مخابرات

عنوان : بررسی پتانسیل کاربرد اینترنت اشیاء(IoT) در ارتباط بیسیم 5G

نگارش : زهرا فکور

استاد راهنما : دکتر شکرالله کریمیان

تاریخ و امضاء

بسم الله الرحمن الرحيم

چکیده

امروزه تقاضا برای ایجاد محیط‌های هوشمند مانند شهرهای هوشمند و خانه‌های هوشمند افزایش‌یافته است . سیر تکاملی در این حوزه بر مفهوم IoT که در آن وسایل روزمره به هم متصل می‌شوند ، منجر می‌شود. برنامه های کاربردی IoT نیازمند چندین الزام برای عملکرد خوب است، مانند سرعت بالا، نرخ‌های بالای دیتا ، زمان تاخیر کم و بسیاری از الزامات ارتباطاتی دیگر در حین حفظ خدمات با کیفیت بالا است. در عین حال، کار بر روی نسل بعدی سیستم های تلفن همراه (5G) با ویژگی های متمایز آن، یک راه حل پیشرفته برای نیازهای ارتباطی IoT برای حفظ کارایی و اثربخشی بیشتراست. در این مقاله، تعریف IoT و کاربرد و الزامات آن مورد بررسی قرار می گیرد. این تحقیق برای بررسی پتانسیل کاربرد اینترنت اشیا (IoT) در ارتباط بیسیم 5G است.

کلمات کلیدی :
اینترنت اشیا(IOT) ، 5G ، WIFI & Cellular network

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده ..... آ
فهرست شکل ها ..... ج
فهرست علائِم اختصاری ..... د

فصل اول مقدمات ۱
۱-۱. مقدمه ۲

فصل دوم اینترنت اشیاء (IoT) ۳
۲-۱. چالش های IoT ۴
۲-۲. تکنولوژی های IoT ۵
۲-۳. Narrowband IoT ۷
۲-۴. Lora ۹
۲-۵. Sigfox ۱۵
فصل سوم تکنولوژی های1G تا 5G ۱۷
۳-۱. 1Gتا 3G ۱۸
۳-۲. 5G , 4G ۱۸

فصل چهارم تکنولوژی 5G ۲۰
۴-۱. 5G به عنوان راه‌حل الزاماتIOT ۲۱
۴-۲. معماری 5G ۲۱
۴-۳. امواج و پشتیبانی آنتن ۲۳
۴-۴. پشتیبانی طیف ۲۵
۴-۵. پشتیبانی شبکه ۲۶

نتیجه گیری ۳۰

مراجع ۳۱

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱. Narrowband IoT۱ ..... ۷

شکل ۲-۲. Lora ۱۰

شکل ۲-۳. اجزای مختلف LoRaWAN ۱۲

شکل ۲-۴. نحوه زمان‌بندی مختلف در کلاس‌های متفاوت ۱۳

شکل ۲-۵. Sigfox ۱۶

شکل ۳-۱. فناوری های 1G تا 5G ۱۹

شکل ۴-۱. معماری فناوری 5G ۲۲

شکل ۴-۲. طرح دسترسی نسل هاس مختلف ۲۴

شکل ۴-۳. تجمع موج حامل ۲۴

شکل ۴-۴. آنتن های چند ورودی – چند خروجی ۲۵

شکل ۴-۵. فرکانس های کاری 5G ۲۶

شکل ۴-۶. طرح دوبلکس در 5G ۲۷

شکل ۴-۷. Uplink & Downlink ۲۹

فهرست علائم اختصاری

LPWAN	Low Power Wide Area Network	شبکه دوربرد کم توان
SDN	Software-defined networking	شبکه نرم افزارمحور
RFID	Radio Frequency Identifications	شناسایی فرکانس رادیویی
NFC	Near Field Communications	ارتباط میدان نزدیک
M2M	M2M	ارتباط ماشین به ماشین
V2V	Vehicle-to-Vehicle	ارتباط خدرو با خدرو
TDMA	time division multiple access	دسترسی چندگانه بخش زمانی
FDMA	frequency division multiple access	دسترسی چندگانه بخش فرکانسی
QoS	Quality of Service	کیفیت خدمات
OFDMA	Orthogonal frequency-division multiple access	مدولاسیون تقسیم فرکانس عمود برهم
mMTC	massive Machine Type Communications	ارتباطات بانوع ماشین وسیع
eMBB	enhanced Mobile Broadband	افزایش پهنای باند موبایل
URLLC	Ultra Reliable Low Latency Communications	ارتباطات کم تاخیر با اطمینان بالا
UPF	User Plane Function	تابع صفحه کاربر
CPF	Control Plane Function	تابع صفحه کنترل
AMF	Access and Mobility Management Function	تابع دسترسی و مدیریت پویایی
SMF	Session Management Function	تابع مدیریت عملکرد
PCF	Policy Control Function	تابع کنترل سیاست
UDM	Unified Data Management	مدیریت یکپارچه داده
AUSF	Authentication Server Function	تابع سرور احراز هویت
NSSAI	Network Slice Selection Association Information	اطلاعات انتخاب برش شبکه
NSSF	Network Slice Selection Function	تابع انتخاب برش شبکه
PSK	Phase Shift Keying	کلیدگذاری تغییر فاز
MIMO	multiple-input and multiple-output	چند ورودی چند خروجی
SINR	signal-to-noise-plus-interference ratio	نسبت سیگنال به تداخل به علاوه نویز
CoMP	Coordinated Multi Point	چند نقطه هماهنگ شده
HetNets	Heterogeneous Networks	شبکه های ناهمگون
MAC	Media Access Control	کنترل دسترسی رسانه
RAN	Radio Access Network	شبکه دسترسی رادیو
FDD	Frequency Division Duplexing	دوبلکس تقسیم فرکانسی
TDD	Time Division Duplexing	دوبلکس تقسیم زمانی
SONs	Self Organizing Networks	شبکه های خودسازمان
RAT	Radio Access Technologies	تکنولوژی‌های دسترسی رادیویی

فصل اول:

مقدمات

۱-۱.مقدمه

با رشد سریع و عظیم در تعداد افرادی که اکنون از تلفن‌های همراه و دستگاه‌های دیگر استفاده می‌کنند ، به همراه الزامات برای بهبود کیفیت زندگی ، تکامل گسترده اینترنت و اتصال اشیا و ابزارها به عنوان اینترنت اشیاء (IoT) تکامل‌یافته است . این امر جمع آوری و تبادل اطلاعات و داده ها را در بین افراد، جوامع و مهمتر از همه، کسب و کارها به اشتراک گذاشته است. پیش بینی می شود که تا سال 2020، 50 میلیارد دستگاه IoT متصل شود. IoT کسب و کار جدیدی را برای توسعه دهندگان نرم افزار در مناطق مختلف، مانند خانه های هوشمند که دستگاه های داخلی را به صورت یکپارچه به اینترنت متصل می کند، شامل دستگاه های خانگی مانند یخچال، چراغ، درجه حرارت و امنیت خانه، برای کسب و کار جدید ایجاد کرده است. همچنین پیشرفت های قابل توجهی در خودروهای هوشمند بوسیله ارتقای ابعاد اضطراری و ایمنی صورت گرفته است. در صنعت سلامت، IoT به نظارت بر مراقبت های بهداشتی برای نوزادان و افراد مسن کمک می کند، علاوه بر سایر صنایع مانند تولید، خدمات اورژانسی، حمل و نقل هوایی، دریایی، حمل و نقل که به تعداد زیادی وسیله برای اتصال نیاز دارند.

با توجه به داده های عظیم مبادله شده بین تعداد زیادی از دستگاه های متصل به منظور ایجاد IoT، نیاز به ظرفیت بسیار بالا، نرخ داده بالا و اتصال بالا افزایش می یابد. بنابراین، شبکه های بی سیم 5G به عنوان یک محرک کلیدی برای IoT در نظر گرفته شده است. رضایت از الزامات افزایش IoT، انواع مختلفی از شبکه را برای رقابت برای فراهم آوردن اتصال مورد نیاز برنامه های IoT تحریک می کند. به این ترتیب، این بررسی به منظور نشان دادن اینکه چگونه 5G می تواند فناوری های توانمند IoT را با ارائه مقایسه های کوتاه در برابر شبکه های بی سیم موجود که به عنوان گزینه های IoT برای ارائه ارتباطات بالا مانند شبکه های تلفن همراه، شبکه های شبکه گسترده (LPWAN) ، و شبکه های کوتاه مدت.

فصل دوم:

اینترنت اشیاء (IoT)

ایده IoT این است که اشیای فیزیکی روزمره مانند مایکروویو، درها، چراغ ها و غیره را متصل کنید. مفهوم فنی IoTاین است که این اشیاء فیزیکی مختلف را قادر به حس کردن اطلاعات با استفاده از حسگرها و ارسال این اطلاعات به یک سرور کنند. این سرور این اطلاعات را برای بدست آوردن دانش و تجزیه و تحلیل آنها به رفتارها یا اقدامات خاص تحلیل می کند. این اقدامات محیط های هوشمند مانند خانه های هوشمند را شکل می دهد. تحول IoTباعث می شود میلیاردها دستگاه متصل به اینترنت، که بر شیوه زندگی افراد تأثیر بگذارد. همانطور که قبلا ذکر شد، انتظار می رود که تعداد دستگاه های متصل شده تا سال ۲۰۲۰ به بیش از ۵۰ میلیارد دستگاه برسد.

۲-۱. چالش های IoT

۲-۱-۱. بهره وری انرژی

یکی از چالش‌های اصلی که IoT را توصیف می‌کند ، ارائه مصرف انرژی کارآمد است . ایده این است که چگونه به کارایی بالای انرژی در ارتباطات IoT دست یابید . در حقیقت ، اغلب چالش‌های انرژی در IoT مربوط به دستگاه‌های متصل هستند . این دستگاه‌های متصل معمولاً بسته به باتری یا سیستم‌های برداشت انرژی هستند . همچنین ، گاهی به خصوص در مواردی که ارتباط از راه دور مورد نیاز است ، مصرف انرژی می‌تواند در صورت نیاز به شارژ مجدد یا جایگزینی سیستم‌های انرژی مشکل‌ساز باشد . IoT به کارایی انرژی یا مصرف با میانگین ارتباط مستقیم بین دستگاه‌های متصل دست می‌یابد ، که به نوعی اتصال محلی در میان دستگاه هایی است که معمولا توسط فن آوری های بی سیم ارائه می شود.

۲-۱-۲. مقیاس پذیری

از آنجا که سنسور ها ارزان و در دسترس هستند، بسیاری از آنها برای اتصال اشیا در مکان های مختلف، آسان است. این افزایش در تعداد دستگاه های متصل، چالش های زیادی را در ارتباط با فراهم آوردن پوشش برای همه این دستگاه های متصل به نحوی قابل اطمینان ایجاد می کند. علاوه بر این، سربار تنظیم سیگنالینگ و اتصال باید کاهش یابد. با توجه به افزایش تعداد دستگاه های متصل، انتقال بین سلول ها افزایش می یابد. این مسائل مربوط به قابلیت مقیاس پذیری IoT را می توان توسط فن آوری هایی مانندSDN انجام داد.

۲-۱-۳. پردازش هوشمند و ذخیره سازی

همانطور که قبلا ذکر شد، مفهوم IoT، تعدادی دستگاه متصل از طریق چندین سنسور است که مسئول ارسال اطلاعات هستند، پس از حس کردن آنها از این دستگاه ها، به یک سرور راه دور. این سرور از راه دور مسئول انتقال و پردازش این اطلاعات به دانش است که به عنوان اقدامات یا رفتار خاصی ارائه شده است. معمولا این سرورهای راه

دور در ارائه دهندگان ابر میزبانی می شوند. از آنجا که جمع آوری و پردازش تمام اطلاعات از دستگاه های مختلف پردازش های پیچیده ای است، ارائه دهندگان ابر IoT باید قابلیت های خاصی را برای رسیدگی به این کارهای پیچیده داشته باشند.

علاوه بر این ارائه دهندگان ابر در این زمینه نیاز به ارائه قابلیت تقاضای محاسباتی دارند. دو راه یا روش برای رسیدگی به پیچیدگی ارائه دهندگان ابر IoT و بار محاسباتی وجود دارد که باید در طرف ارائه دهنده سرور انجام شود. اول چند ارائه دهنده ابر میتواند برای یک شبکه IoT مشابه مورد استفاده قرار بگیرد. دوم برای کاهش تاخیر که ممکن است به دلیل پیچیدگی پردازش رخ دهد،سرویس محاسبات می تواند به لبه شبکه انتقال یابد.

۲-۱-۴. امنیت

چالش امنیتی در ایده تنوع دستگاه های متصل با سخت افزار و سیستم عامل های مختلف نشان داده شده است. برقراری ارتباط میان این دستگاه ها از زمانیکه یک مکانیزم امنیتی با تمام این دستگاه های مختلف سازگار باشد، یک کار پیچیده است. در حقیقت، تهدید می تواند از دو جنبه باشد: در میان ارتباط دستگاه ها یا در ارتباط بین این دستگاه ها و سرور های راه دور.

۲-۱-۵. قابلیت همکاری

با توجه به طیف وسیعی از دستگاه هایی که نیاز به اتصال دارند، نیاز به هماهنگ کردن این دستگاه های مختلف افزایش می یابد. این دستگاه ها از سخت افزار های مختلف، سیستم عامل های مختلف استفاده می کنند و توسط فروشندگان مختلف تولید می شوند. امروز دستگاه های IoT زیادی در بازار وجود دارد، اما هر یک از آنها از استانداردها و رابط های خود برای ارتباط با سایر دستگاه ها یا سرورهای راه دور استفاده می کند. این می تواند منجر به تعارض شود زمانی که دستگاه های مختلف در حوزه یکسان استفاده می شوند. ناسازگاری در میان دستگاهها، سنسورها و حتی رابطهای سرورهای از راه دور، دلیل اصلی ایجاد چالش قابلیت همکاری در IoT است.

۲-۲. تکنولوژی های IoT

تکنیک های متعددی برای برقراری ارتباط بین دستگاه های IoT استفاده می شود. برای اتصال دستگاه ها، هر دستگاه باید توسط یک شناسه منحصر به فرد شناسایی شود. اساسا این فن آوری ها برای پیاده سازی ایده واقعی IoT استفاده می شود و تعاملات بین دستگاه های مختلف را ممکن می سازد. در زیر برخی از این فن آوری ها و رویکردها ذکر شده است:

۲-۲-۱. شناسایی فرکانس رادیویی (RFID)

یک سیستم بی‌سیم است که متشکل از دو بخش است: Tagها و Readerها. RFIDقادر به تبادل داده ها به وسیله برقراری ارتباط بین یک Tag که به یک کالا، کارت و... متصل شده و یک بازخوان (Reader) است این Tagها از امواج رادیویی با فرکانس‌های متفاوت برای ایجاد ارتباط میان دستگاه‌ها استفاده می‌کنند .

۲-۲-۲. ارتباط میدان نزدیک (NFC)

NFC براساس همان مکانیزم RFID در میان Tag ها و Readerها است. NFC مفهوم شبکه‌های بی‌سیم با توان کم را نشان می‌دهد که در آن همه دستگاه‌ها در یک حوزه یکسان از تلفن‌های همراه دیگر متصل هستند. این روش به ارسال مقادیر کوچک داده تحت یک حوزه خاص بین دو دستگاه اجازه می‌دهد. محدوده معمولی NFC 20متر است. NFC را می توان به عنوان یکی از مهمترین فناوری های رادیویی شناخت که ارتباطات بی سیم را قادر می سازد تا IoT را فعال کند. در واقع، این فناوری، با استفاده از تلفن های هوشمند به عنوان دیگر اشیاء مرتبط با آن، امکان پذیر است.

۲-۲-۳. ارتباطات ماشین به ماشین(M2M)

مفهوم M2M بسیار شبیه به مفهوم IoT است. در IoT، تنوع اشیاء متصل محرک کلیدی است در حالی که در ارتباطات M2M؛ ارتباط بین دستگاه های مختلف مانند رایانه ها، پردازنده ها، سنسورها و تلفن های هوشمند است. M2M به پنج بخش تقسیم می شود: وسیله M2M ، درگاه M2M، شبکه ارتباطی M2M، شبکه منطقه ای M2M و برنامه های M2M . تمامی فناوری هایی که برای فعال کردن ارتباطات M2M مورد استفاده قرار می گیرند می توانند برای فعال سازی IoT استفاده شوند.

۲-۲-۴. ارتباطات خودرو با خودرو (V2V)

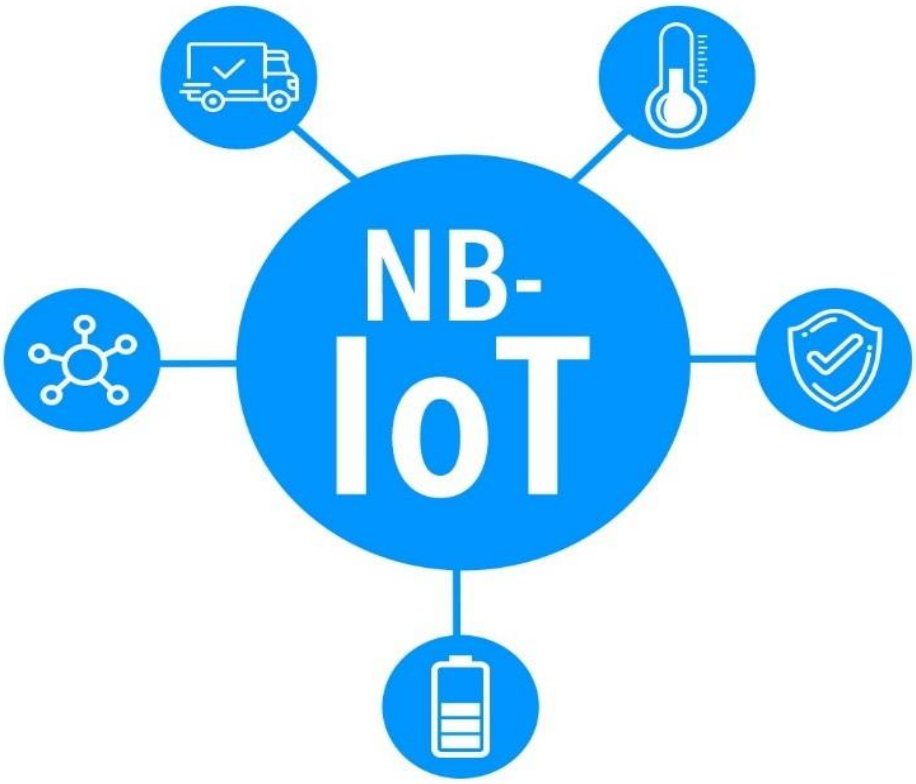
ارتباط V2V نیاز به زیرساخت شبکه پیچیده‌ای دارد چون شامل ارتباط از طریق وسایل نقلیه است . وسایل نقلیه معمولاً از یک مکان به مکان دیگر حرکت می‌کنند که منجر به یک توپولوژی بدون ثابت می‌شود . برای توصیف ارتباط V۲V ، دو نوع تعامل وجود دارد شامل : تعامل بین وسیله نقلیه به وسیله نقلیه و تعامل بین وسیله نقلیه و زیرساخت جاده .

درحالیکه تعداد دستگاه‌های متصل به هم، همچنان در حال افزایش است (و انتظار می‌رود تا سال ۲۰۳۰ به ۱۲۵ میلیارد واحد برسد)، بلوغ فناوری‌های بی‌سیم که از این لوازم پشتیبانی می‌کنند نیز همچنان در سطح جهانی توجه زیادی را به خود جلب می‌کند. فناوری‌هایی همچون(NB-IOT (Narrowband IOT ، LoRa و Sigfox و به طور کلی تمام تکنولوژی‌های شبکه‌های دامنه بالا- مصرف پایین یا(LPWAN) ، اغلب در رقابتی تنگاتنگ برای کسب جایگاه اول، روبروی هم قرار گرفته‌اند؛ اما این لزوماً تصویری دقیق از یک اکوسیستم

ارتباطی نمی‌باشد. هر کدام از این تکنولوژی‌ها) یا حداقل LoRa و (NB-IoT احتمالاً متناسب با نوع استفاده، نقش مهمی را در فضای IoT بازی خواهند کرد، لذا شناخت ویژگی‌ها و تفاوت‌های هر یک، بسیار مهم است.

۲-۳. Narrowband IoT

NB-IoTابتکاری جدید است که توسط هولدینگ شرکتهای نسل سوم یا(3GPP) ، که سازمانی برای استانداردسازی سیستم‌های تلفن همراه می‌باشد، ارائه شده است. این فناوری برای پشتیبانی کردن از دستگاه‌های با سرعت بسیار پایین که نیاز به اتصال به شبکه‌های تلفن همراه دارند و انرژی آنها اغلب توسط باتری تأمین می‌شود، استفاده می‌شود. به عنوان استانداردی برای شبکه‌های موبایل، هدف NB-IoT این است که دستگاه‌های مجهز به اینترنت اشیا IoT را برای سازگاری و امنیت بیشتر، استاندارد کند.



شکل ۲-۱. Narrowband IoT[۳]

از آنجاییکه NB-IoT یک تکنولوژی بی‌سیم از خانواده شبکه‌های تلفن همراه می‌باشد که از مدولاسیون OFDMاستفاده می‌کند و تراشه‌ها پیچیده‌تر هستند، مقادیر دریافتی– ارسالی در یک شبکه ارتباطی یا link budget، بهتر عمل می‌کنند. این به این معناست که کاربران سطح بالایی از عملکرد شبکه‌های سلولی تلفن همراه را دریافت می‌کنند، اما به قیمت پیچیدگی و مصرف انرژی بیشتر.

NB-IoTابزاری است برای ارسال و دریافت مقادیر کمی از داده‌ها – چند ده یا صد بایت داده تولید شده در روز توسط دستگاه‌های IoT- می‌باشد. این فناوری مانند Sigfox و LoRa مبتنی بر پیام است، اما با سرعت بسیار بیشتر، که می‌تواند مقادیر داده‌های بیشتری را نسبت به آن دو تکنولوژی، مدیریت کند. اما NB-IoT یک پروتکل ارتباطی مبتنی بر IP نیست مانند) LTE-M یکی دیگر از تکنولوژی‌های دامنه بالا– مصرف پایین شبکه‌های تلفن همراه مربوط به کاربردهای .(IoT در واقع با این پروتکل نمی‌توانید به یک شبکه IP متصل شوید و انتظار داشته باشید که آن را همانطور که با گوشی هوشمند به کار می‌برید، استفاده کنید. این فناوری برای کاربردهای ساده در اینترنت اشیا ساخته شده است و مصرف انرژی کمتری نسبت به LTE-M (که برای پهنای باند بالاتر یا برنامه‌های کاربردی تلفن همراه و رومینگ مناسبتر است) دارد؛ اما برای دریافت و ارسال اطلاعات به صورت منقطع یا گسسته، طراحی شده است.

در توسعهNB-IoT ، عناصر سیاسی، سازمانی و جغرافیایی بسیار دخیل هستند، برای آشنایی فنی بیشتر به مقاله Nick Hunn به نامNB-IoT is Dead. Long Live NB-IoT ، مراجعه کنید. در این مقاله اشاره شده است که استانداردهای (3GPP) برای NB-IoT دارای دو شرکت کننده اصلی می‌باشد: هولدینگ هوآوی / ووداfون در مقابل اریکسون / نوکیا / اینتل. علاوه بر این، اریکسون اعلام کرده است که زیرساختهای ۴ Gقدیمی مستقر روی Alcatel با NB-IoT سازگار نیست. این به این معنی است که هزاران ایستگاه در ایالات متحده باید برای پشتیبانی از NB-IoT تغییر یابد. با کمک این زیرساخت‌های جدید اکثر ایستگاهای ایالات متحده به فناوری LTE-M تجهیز خواهند شد.

بنابراین NB-IoT برای دستگاه‌هایی مناسب است که برای ارتباط بین اجزاء، از شبکه‌هایی استفاده می‌کنند که نیاز به مجوز دارد. این فناوری در حال حاضر تنها در اروپا آزمایش و تست شده است و به طور گسترده در دسترس نمی‌باشد و فقط توسط تعداد کمی از اپراتورها در اروپا، که در حال انجام آزمایشاتی در این زمینه هستند استفاده می‌گردد. اگر شما تحت سرویس‌های شرکت Sigfox فعالیت کنید، متوجه خواهید شد که این گونه اقدامات برای جهت دادن بازار و توسط ۳GPP، انجام می‌گردد .

مزیتهایNB-IoT

- پوشش شبکه بسیار خوب خواهد بود. دستگاه‌های مبتنی بر NB-IoT بر روی شبکه ۴ Gکار می‌کنند، به طوری که به خوبی در فضاهای داخلی و مناطق متراکم شهری کار می‌کنند.
- زمان پاسخگویی سریعتری نسبت به LoRa دارد و می‌تواند کیفیت بهتر خدمات را تضمین کند.

معایبNB-IoT

- انتقال فایل‌ها دشوار می‌باشد و برخی از ویژگیهای NB-IoT منجر به این می‌گردد که ارسال حجم بالایی از اطلاعات به یک دستگاه سخت خواهد شد.

به دلیل وجود محدودیتهایی خاص(Network and tower handoffs problems) ، این نوع شبکه‌ها برای دستگاه‌های در حال حرکت مناسب نیست و برای تجهیزاتی مانند ابزارهای اندازه گیری و سنسورها که در یک مکان ثابت هستند بسیار مناسبتر از لوازم در حرکت هستند.

۲-٤. Lora

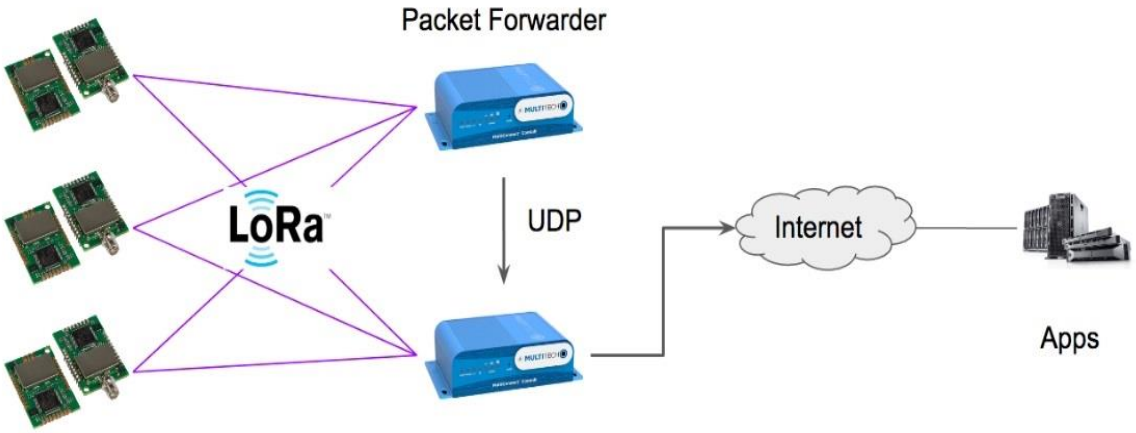
LoRa یک تکنولوژی مدولاسیون غیر سلولی برای LoRaWAN است) .همانند BPSK یا QPSKکه مدولاسیون NB-IoT می‌باشد (.این دو اصطلاح LoRa و LoRaWAN قابل استفاده به جای هم نیستند LoRaWAN :پروتکل استاندارد برای ارتباطات با دامنه بالا یا همان WAN می‌باشد ولی LoRa به عنوان یک تکنولوژی شبکه های با دامنه بالا می‌باشد.

LoRaعمدتا به دو روش مورد استفاده قرار می گیرد:

- یکی LoRaWAN می‌باشد که بیشتر در اروپا مستقر شده است که ظرفیت پیام‌هایی که توسط این استاندارد مدیریت میشود بسیار کوچک و در حدود ۱۲ بایت میباشد .
- دیگری Symphony Link می‌باشد که محصول شرکت Link Labs می‌باشد . Symphony Linkیک سیستم بیسیم ساخته شده بر روی تکنولوژی LoRa است که برای غلبه کردن بر محدودیت‌های LoRaWAN طراحی شده است. این فناوری به عنوان بخشی از راهکارهای پیچیده شبکهLoRa ، عمدتا در ایالات متحده و کانادا، و برای کاربردهای صنعتی طراحی شده است.

LoRaارائه دهنده یک شبکه رادیویی مناسب برای راهکارهای IoT است وضمنا دارای Link Budgetبهتری نسبت به سایر فناوری های رادیویی مشابه می‌باشد. اما در محدوده‌هایی غالبا خارج از اروپا، اگر بخواهید به شبکه‌های LoRaWAN متصل شوید یا از LoRa استفاده کنید، باید درگاه اختصاصی (Gateway)شبکه خود را مستقر کنید.

ممکن است که این یک عیب به نظر برسد اما LoRa جایگزینی خوب برای WiFi می‌باشد که برای اتصال لوازمی با مصرف انرژی پایین در یک ساختمان، کارخانه یا یک بیمارستان ، به کار میرود. سخت است که یک فعال در زمینه فناوری اطلاعات پیدا کنید که موافقت خود را با قرار دادن یک third-party device در شبکه ، به دلیل نگرانی‌های امنیتی، ابراز دارد ، در حالی که راه اندازی درگاه یا Gateway اختصاصی ، یک شبکه کاملا جداگانه و امن را ایجاد می کند. از سه تکنولوژی مورد بحث در این مقاله، تنها LoRa است که می‌تواند به عنوان یک فن آوری با قابلیت راه اندازی آسان در نظر گرفته شود. هر شرکتی می‌تواند شبکه و درگاه اختصاصی خود را از مجموعه‌ای دستگاه به هم متصل سازد و استفاده کند.



شکل ۴-۲. Lora

مهمترین تفاوتهای بین NB-IoT و LoRaWAN

- LoRaWANنیاز به اخذ مجوز ندارد. این در اروپا یعنی اینکه حجم و فرکانس ترافیک داده‌ها و به همان اندازه توانایی ایستگاه‌های رادیویی برای کنترل شبکه و کاهش ترافیک داده‌ها، محدود می‌گردد.

- LoRaیک مدولاسیون اختصاصی است که توسط شرکت Semtech فروخته می‌شود. آنها تنها تولید کننده چیپ‌ست و دارنده مجوز LoRa هستند. اما NB-IoT براساس مدولاسیون‌های استاندارد ایجاد شده، و همانطور که از ۳ GPPانتظار میرود ، دیگر صاحبان مجوز IP نیز وجود خواهند داشت که در نهایت درخواست هزینه می‌کنند.
- LoRaWANمی‌تواند توسط مشتریانی غیر از اپراتورهای تلفن همراه برای پیاده سازی راهکارهای IoTمورد استفاده قرار گیرد. شبکهThings Network یک ابتکار شبکه سازی به روش جمع سپاری با استفاده از LoRaWAN می‌باشد. لازم به ذکر است شبکه‌های LoRaWAN زمانی که بیشتر از یک شبکه در یک منطقه در حال کار باشد ، با تداخل مواجه می‌گردد.
- NB-IoT، با توجه به سرعت بسیار بیشتر، هوشمندی مناسبتر در دسترسی به داده ها و ایستگاه های به مراتب با قدرت بیشتر، ویژگی‌های پیشرفته تری را برای امکاناتی همچون مسیریابی، رسانه های ویدیویی، پخش برنامه‌های رادیویی و غیره ارائه می‌دهد.

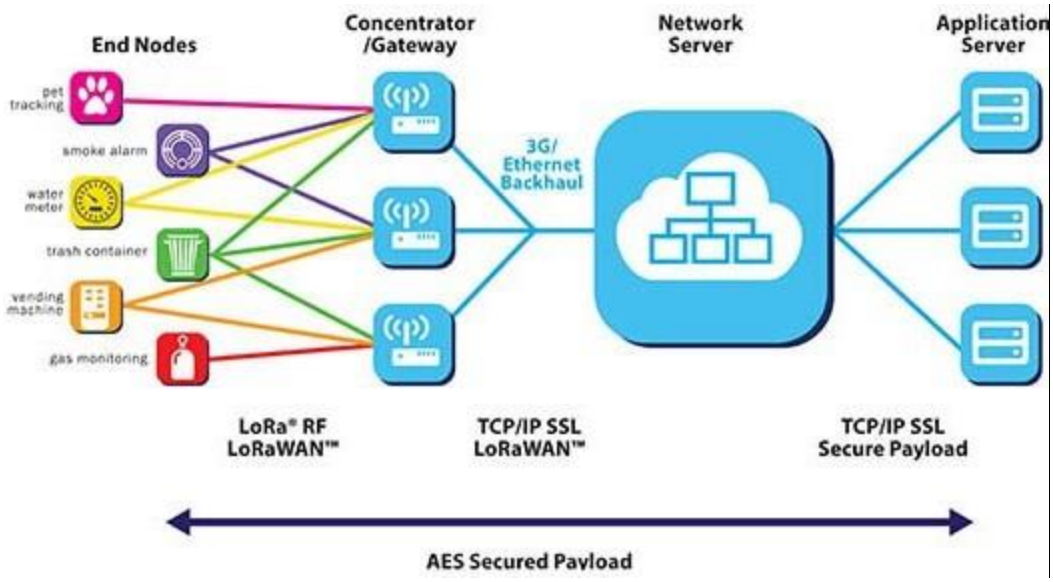
اجزای LoRaWAN

نودها: این نودها در واقع حسگرهای کوچکی هستند که در محیط قرار داده می‌شوند، اطلاعات را جمع‌آوری و ارسال یا دستورات را از سرور مرکزی دریافت می‌کنند. این نودها معمولاً تجهیزات کوچکی هستند که با باطری کار می‌کنند.

Gatewayها: Gatewayها مسئولیت دریافت اطلاعات از نودها و ارسال به سمت سرور یا بالعکس را دارند. زیرساخت ارتباطی Gateway می‌تواند اترنت یا ارتباطات سلولی و هر نوع روش مرسوم ارتباطی دیگر باشد. این Gatewayها می‌توانند محدوده‌ای از پنج تا ۱۵ کیلومتر را پوشش دهند و اطلاعات را در این محدوده با نودها تبادل کنند.

سرور مرکزی: مسئولیت اصلی سرور مدیریت شبکه است. سرور پیام‌های تکراری را تشخیص می‌دهد، از بین می‌برد و تأییدیه دریافت پیام‌ها را مدیریت می‌کند.

کامپیوتر کاربر: پس از اینکه اطلاعات از سمت سرور مرکزی جمع‌آوری شد، در نهایت اطلاعات به سمت کامپیوترهای نهایی و کاربران ارسال می‌شود تا پردازش بر روی آن‌ها صورت گیرد. شکل ۱ نحوه همکاری اجزای مختلف LoRaWAN را نمایش می‌دهد.



شکل ۲-۳. اجزای مختلف LoRaWAN

کلاس‌های LoRaWAN

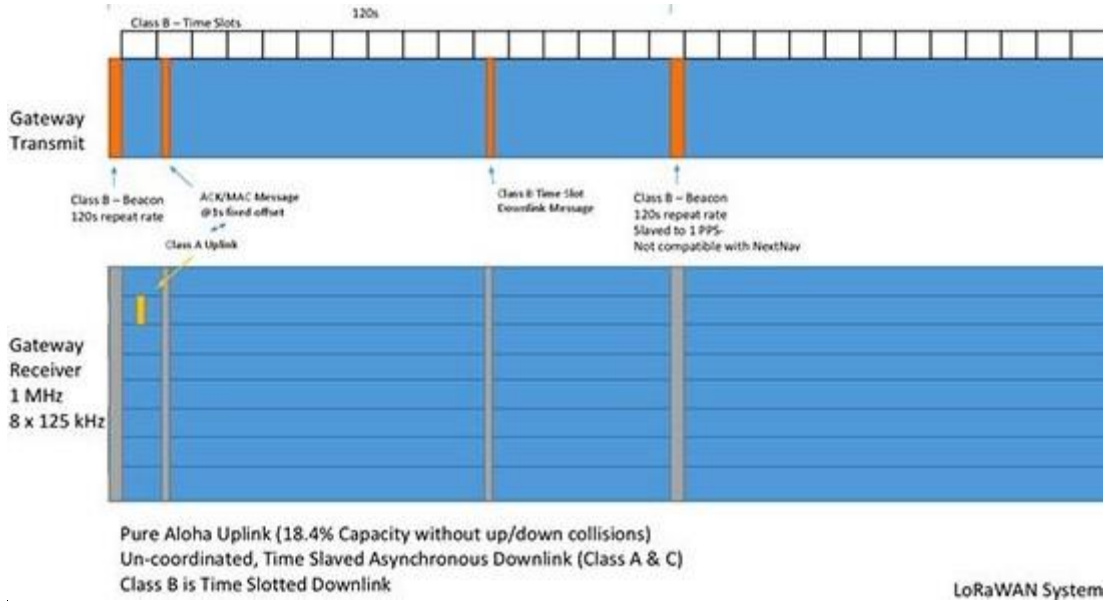
LoRaWAN سه کلاس دارد؛ این سه کلاس B، A و C نام‌گذاری شده‌اند. کلاس A نیازی به همگام‌سازی ندارد و Pure ALOHA است.

در Pure ALOHA، اگر داده‌ای برای ارسال داشته باشید، بدون وقفه ارسال خواهید کرد. اگر در حین ارسال داده، نود دیگری نیز قصد ارسال داده داشته باشد، تصادم رخ می‌دهد. اگر سیستمی بسیار منظم و دقیق در هشت کانال داشته باشید، می‌توانید تمام بازه‌های زمانی (time slot) را با یک پیام پر کنید. به محض اینکه یک نود ارسال خود را به پایان رساند، نود دیگر شروع به ارسال می‌کند. از نظر تئوری، حداکثر ظرفیت یک شبکه Pure ALOHA، ۱۸٫۴ درصد ظرفیت آن است؛ این به دلیل تصادم‌های زیادی است که رخ می‌دهد. در حالی که یک نود در حال ارسال است، هر لحظه ممکن است نود دیگری در همان کانال و فرکانس قصد ارسال داده کند.

کلاس B، برای ارسال پیام‌ها از Gateway به نودها استفاده می‌شود. هر ۱۲۸ ثانیه، Gateway یک Beacon ارسال می‌کند. تمام نودها از بازه زمانی ۱۲۸ ثانیه‌ای باخبر هستند و می‌دانند که باید در این بازه‌ها به Gateway گوش فرا دهند.

کلاس C به نودها اجازه می‌دهد دائماً به کانال گوش دهند و پیام‌ها در هر لحظه ممکن است از Gateway به نودها ارسال شود. به دلیل اینکه نود باید دائم در حال گوش دادن باشد، انرژی بیشتری مصرف می‌شود. این کلاس بیشتر برای نودهایی استفاده می‌شود که به منبع برق متصل هستند، مانند چراغ راهنما در چهارراه‌ها.

بسته به نوع کاربرد، ممکن است هر کدام از این کلاس‌ها استفاده شود. مثلاً در مصارف کشاورزی از کلاس A، در مصارف صنعتی از کلاس B و در مصارفی مانند چراغ راهنما از کلاس C استفاده می‌شود. نحوه زمان‌بندی این کلاس‌ها و همچنین کانال‌های ارتباطی در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲-۴. نحوه زمان‌بندی مختلف در کلاس‌های متفاوت

شبکه‌های عمومی به وسیله LoRa

برخی از متخصصان معتقد هستند LoRa برای شبکه‌های خصوصی مناسب نیست و در این شبکه‌ها، استفاده از Symphony Link را توصیه می‌کنند. برای کسب اطلاعات بیشتر درباره Symphony Link و بررسی حداکثر برد آن می‌توانید به این آدرس مراجعه و اطلاعات بیشتری کسب کنید.

LoRa به دلیل اینکه تمام کانال‌های ارتباطی را در یک فرکانس ادغام و استفاده می‌کند، برای ارتباطات WAN در یک شبکه عمومی، مانند اینترنت مناسب‌تر است. با این روش، احتمال اینکه در یک منطقه تصادم رخ دهد، کاهش می‌یابد.

در شبکه بزرگی که مناطق وسیعی را پوشش می‌دهد، ممکن است ارسال داده از سمت نودها به سمت Gateway، توسط چندین Gateway شنیده شود. در این حالت، برای ارسال داده‌ها به سمت سرور مرکزی ممکن است تصادمِ Uplink/Downlink رخ دهد. LoRa برای جلوگیری از این اتفاق، مسئولیت انتخاب تبادل داده از طریق Gateway را بر عهده سرور مرکزی قرار داده است؛ بدین صورت که سرور مرکزی Gateway را انتخاب می‌کند. پس از انتخاب Gateway، سایر Gatewayها اطلاعاتی ارسال نمی‌کنند.

علاوه بر موارد یادشده، با ایجاد کمی تغییرات، امکان جداسازی چند کانال برای استفاده‌های خاص نیز وجود دارد. در ایالات متحده به دلیل اینکه طیف‌های فرکانسی بدون نیاز به مجوز، بیشتر از اروپا است، بیشتر شاهد این موضوع هستیم. در ایران نیز اغلب طیف فرکانسی ۸۶۸ مگاهرتز استفاده می‌شود که از طیف‌های بدون نیاز به مجوز است.

در حال حاضر، تعداد شرکت‌هایی که راه حل‌های end-to-end مبتنی بر LoRaWAN ارائه دهند، بسیار کم است. برخی از شرکت‌ها مانند Link Labs در حال کار بر روی LoRaWAN هستند تا بتوانند برنامه‌ها و تجیهزات سازگار با آن را روانه بازار کنند. در این خصوص قرار است که در سال جاری میلادی، پلتفرم سازگاری با آن نوشته شود و در دسترس عموم قرار گیرد.

مزیتهایLoRa

- برای کاربردهایی همچون یک ساختمان مستقل، بسیارمناسب میباشد.
- شما می‌توانید شبکه اختصاصی خود را ایجاد و مدیریت کنید.
- اگر شما نیاز به سیگنال‌ها دو جهته داشته باشید، LoRa گزینه ای مناسب می‌باشد ، به عنوان مثال، قابلیت فرمان پذیری و کنترل همزمان که به لطف لینک‌های متقارن امکانپذیر می‌گردد.
- دستگاه‌های LoRa هنگامی که در حال حرکت هستند، به خوبی کار می کنند، که این ویژگی باعث می‌شود این تکنولوژی برای ردیابی دارایی های در حال حرکت، مانند صنایع حمل و نقل، مفیدتر باشند.
- دستگاه‌های LoRa عمر باتری طولانی تری از دستگاه های NB-IoT دارند.

معایبLoRa

- سرعت کمتر نسبت بهNB-IoT

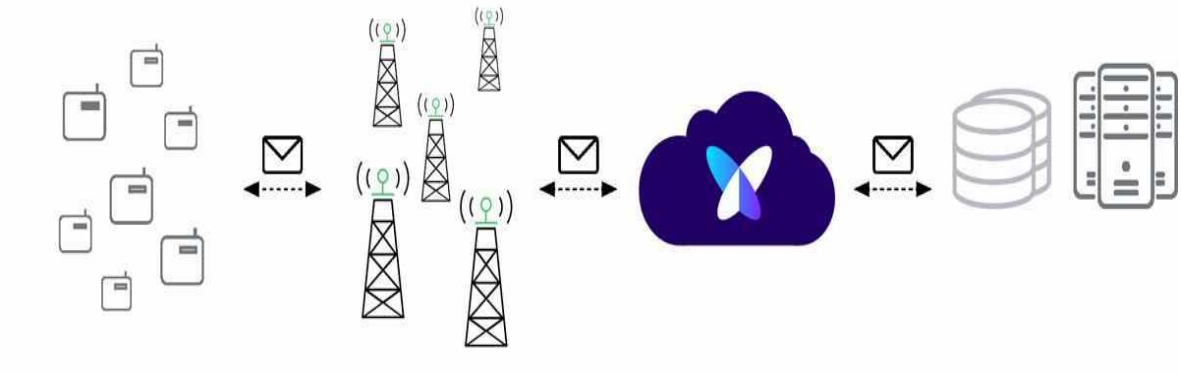
- latency timeطولانی‌تری نسبت به NB-IoT دارد (latency time =) .زمان موردنیاز برای رد و بدل کردن یک پیام در یک سیستم ارتباطی(
- این تکنولوژی نیاز به یک درگاه اختصاصی یا Gateway دارد. (که در بسیاری موارد یک مزیت محسوب میشود).

۲-۵. Sigfox

هیچ مقاله‌ای با موضوع شبکه‌های LPWAN بدون صحبت از Sigfox- شرکتی که پیشقدم در نشان دادن پتانسیل دستگاه‌های IoT با استفاده ازشبکه‌های با پهنای باند بسیار کم می‌باشد – کامل نمی‌گردد . Sigfoxدر میان این سه تکنولوژی، پایه‌ای ترین فناوری می‌باشد، تکنولوژی است که تفاوت های کلیدی آن در ادامه بیان می‌شود:

- Sigfoxدارای کمترین هزینه‌های ماژول‌های رادیویی می‌باشد) .در حدود کمتر از ۵ دلار، در مقایسه با ۱۰ دلار برای LoRa و ۱۲ دلار برای.(NB-IOT
- Sigfoxتنها برای ارسال داده‌ها استفاده میگردد. اگرچه قابلیت‌های محدودی نیزبرای دریافت اطلاعات در این تکنولوژی وجود دارد، ولی link budget متفاوتی دارد و بسیار محدود است.
- Sigfoxبازیگر اصلی در دنیای فناوری و شبکه های end-to-end می‌باشد.

با این حال، برایSigfox ، به نظر می رسد که این، آغاز یک پایان باشد. این شرکت در حال حاضر شبکه‌های چشمگیری را در ایالات متحده مستقر نکرده است و به عنوان یک شرکت در با چالشهای فراوانی مواجه است. مدل کسب و کارشان تا حدودی آرمانی است، به طوری که در حال حاضر صدها میلیون دلار برای راه اندازی شبکه‌ای صرف شده است که مصرف کنندگان این سرویسها، در آینده و بر اساس سیاستهای پرداخت به ازای هر واحد مصرف، هزینه‌ها را پرداخت خواهند کرد Sigfox .فکر می‌کند که پایین بودن هزینه‌های استفاده از یک نرم‌افزار، راهی برای متمایل کردن مردم به این بازار می‌باشد اما این نوع تفکر باعث شده که درآمد کافی کسب نکنند. در پایان، به نظر می‌رسد تلاش‌های Sigfox برای راه اندازی یک شبکه تلفن همراه جایگزین برای دستگاه‌هایIoT ، در حال شکستی تلخ می‌باشد و یا حداقل اینکه این شرکت با چالش های فراوانی در بازار روبرو خواهد شد.



شکل ۵ Sigfox

مزیتهایSigfox

- مصرف انرژی پایینی دارد.
- برای دستگاه‌های ساده ای که حجم اطلاعات کمی را به صورت منقطع و در فواصل زمانی ارسال می‌کنند، مناسب است، چون با این فناوری بسته‌های کوچک اطلاعاتی با سرعت خیلی کم به مقصد ارسال می‌گردد .
- دامنه بالای پوشش شبکه

معایبSigfox

- در همه جا مستقر نیست، بنابراین کاربران زیادی ندارد.
- ارتباط به شکل بهتری از نقطه پایانی به ایستگاه پایه ای هدایت می شود Sigfox .دارای قابلیت ارتباطی سیگنالی دو طرفه می‌باشد، اما ظرفیت آن از ایستگاه پایه به دستگاه نهایی، محدود می باشد، و شما link budgetکمتری خواهید داشت.
- برای دستگاه‌های در حال حرکت مناسب نیست.

فصل سوم:

تکنولوژی– های 1G تا 5G

سیستم ارتباطی بی‌سیم موبایل چند دهه بعد از معرفی اولین شبکه تلفن همراه در اوایل دهه 1980 ، چندین مرحله تکاملی را طی کرده‌است . با توجه به تقاضای زیاد برای ارتباطات بیشتر در سراسر جهان ، استانداردهای ارتباط موبایلی به سرعت پیش می‌روند تا کاربران بیشتری را پشتیبانی کنند . از دوران طلایی الکتریکی به شبکه های مبتنی بر پروتکل اینترنت مدرن (IP)، تکامل نسل اول (1G) تا شبکه های نسل پنجم (5G) تا حد زیادی تدریجی و گاه سریع بوده است. در ادامه به مراحل تکامل فن‌آوری‌های بی‌سیم پرداخته شده است.

۳-۱. 1G تا 3G

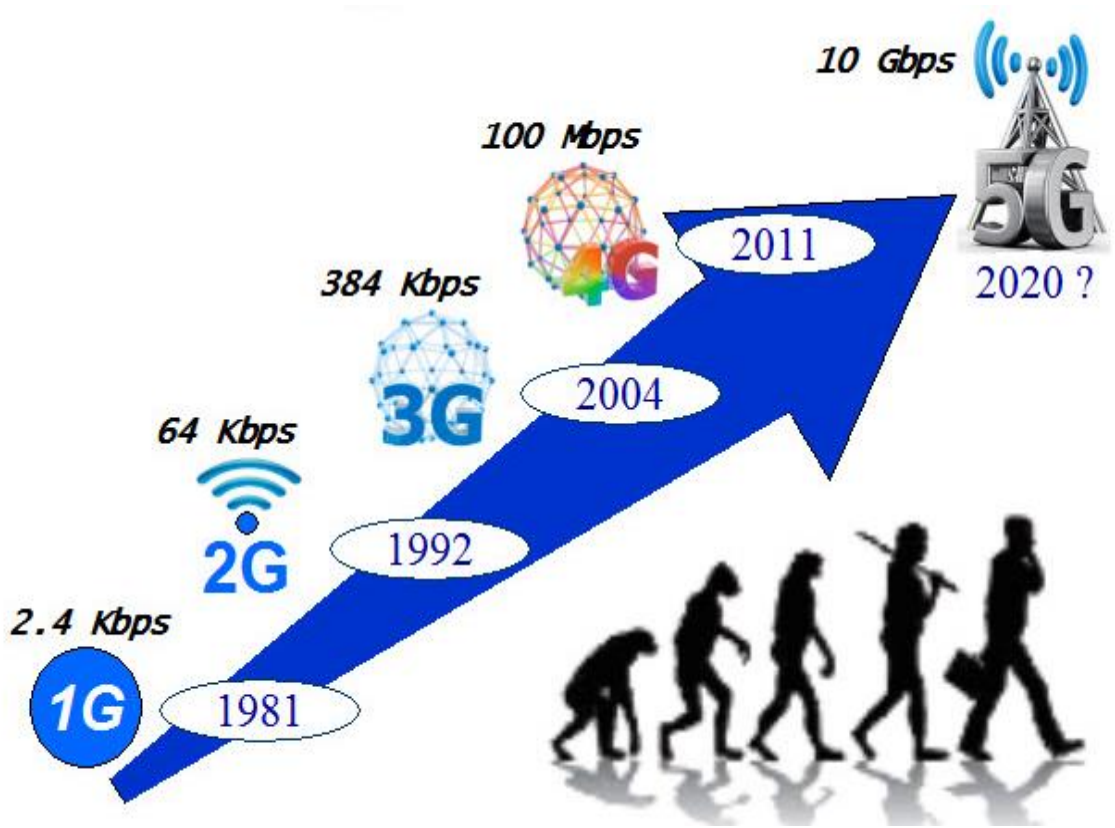
نسل اول فن آوری تلفن بی سیم با استفاده از سیگنال آنالوگ و AMPS برای اولین بار در ایالات متحده راه اندازی شد. نرخ داده پشتیبانی شده 2.4kbps با FDMA به عنوان طرح های دسترسی چندگانه است. 2G کیفیت بهتر و ظرفیت با 64kbps و TDMA را فراهم می کند. این سرویس خدماتی مانند پیام های متنی، پیام های تصویری و MMS را فعال می کند. 2G فناوری همراه همراه با GPRS گاهی اوقات به عنوان 2.5G توصیف می شود. نسل سوم که در سال 2000 معرفی شده است دارای نرخ انتقال داده سریعتر از 144Kbps-2Mbps است CDMA .طرح دسترسی چندگانه است و می تواند برنامه های مبتنی بر وب و فایل های صوتی و تصویری را جایگزین کند.

۳-۲. 4G , 5G

4G وعده داده نرخ های بالاتر و خدمات چند رسانه ای گسترده را در 100Mbps-1Gbpsوعده داده است. این دارای QoS بالا و امنیت بالاست و از OFDMA استفاده می کند. از این رو، شبکه های 2G برای صدا، 3Gبرای صدا و داده ها و 4G برای اینترنت پهن باند طراحی شده اند. نسل بعدی فناوری بیسیم از اواخر سال 2010 شروع شده است پنجم نسل. این برنامه پخش گسترده ای از داده ها را در Gbps فراهم می کند. هیچ طرح دسترسی چندگانه خاص در 5G وجود ندارد. طرح مدولاسیون چند کاناله 4G به عنوان طرح دسترسی چندگانه 5G به تصویب رسیده است. انتقال دوطرفه کامل نیز مورد استفاده قرار می گیرد.

فناوری آینده تلفن همراه در سال 2020 توسط 5G اداره خواهد شد و برای مشتریان با هزینه مقرون به صرفه با قابلیت اطمینان بیشتر نسبت به تلفن های قبلی قابل دسترسی خواهد بود. این کار همه شرکتهای تجارت الکترونیک

را قادر می سازد تا به سوی تجارت الکترونیک و رها کردن وب سایت ها حرکت کنند. قدرت رایانه مسئله مهم در 5G نیست، زیرا شبکه خود می تواند هر گونه پردازش مورد نیاز را انجام دهد. 5G برای هوشمند بودن انرژی برای اینترنت با اتصال بیش از حد همه چیز در جهان طراحی شده‌است. 5G بر روی هر کدام از ما در چندین حوزه از زندگی ما از آموزش و بهداشت گرفته تا حمل و نقل و بانکداری تاثیر خواهد گذاشت . با ظهور تکنولوژی 5G، صنایع از لحاظ فنی به جلو حرکت خواهند کرد اما اپراتورهای شبکه به چالش کشیده خواهند شد تا این فن‌آوری مقرون‌به‌صرفه شود. بنابراین اپراتورها نیاز دارند که بسیاری از ترتیبات جدید تجاری و ساختارهای قیمت‌گذاری را تعریف و مدیریت کنند تا دستگاه‌های IoT را واقع‌گرایانه کند .



شکل ۳-۱. فناوری های 1G تا 5G

فصل چهارم:

تکنولوژی 5G

با افزایش ترافیک داده ها در جهان، نیاز به فناوری کارآمدتر، سرعت داده بالاتر و استفاده از طیف وجود دارد. موارد استفاده در زمینه صنعتی نیز نیازمند پهنای باند بالاتر، ظرفیت بیشتر، امنیت و تأخیر کمتر هستند. 5G با مجهز بودن به این قابلیت ها به فرصت های جدید برای افراد، جامعه و کسب و کارها خواهد بود.

٤-١. 5G به عنوان راه‌حل الزامات IoT

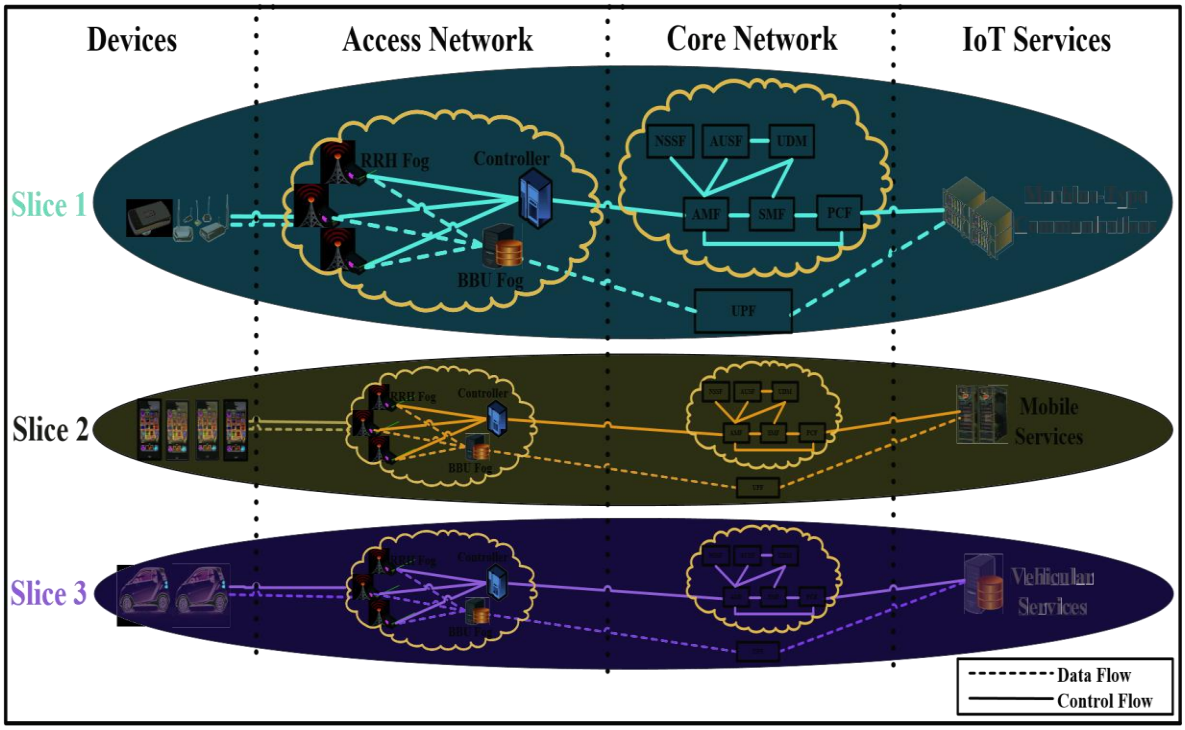
نسل پنجم شبکه‌های سلولی (5G)؛ که قرار است در سال 2020 معرفی شوند ، یک راه حل مناسب و قابل اجرا برای الزامات IoT است. این نه تنها ارتباطات را از طریق یک رویکرد معماری متمرکز فراهم می کند بلکه ارتباط مستقیم بین دستگاه ها به خصوص در لبه های سلولی را فراهم می کند. اهداف چالش برانگیز در مقایسه با 4G LTE عبارتند از نرخ داده 100 برابر به ویژه برای تحرک بالا، اتصال گسترده در مناطق شلوغ، ظرفیت سیستم 1000برابر بیشتر در $1km^2$ ، کمتر از 1ms تأخیر، و صرفه جویی در انرژی و کاهش هزینه.

5G قصد دارد حجم زیادی از داده را اداره و دستگاه های متعددی را متصل کند، زمان تأخیر سرویس را کاهش دهد و سطح اطمینان جدیدی را برای ارائه خدمات سفارشی بر اساس کیفیت ویژه خدمات ارائه می دهد. با ادغام تکنولوژی های نرم افزاری شبکه، از جمله برش شبکه، نرم افزار تعریف شده شبکه و محاسبات مه، پیش بینی می شود که 5G سه نوع خدمات را ارائه دهد، یعنی ارتباطات بانوع ماشین وسیع (mMTC) ، افزایش پهنای باند موبایل (eMBB) و ارتباطات کم تاخیر با اطمینان بالا (UR-LLC).

٤-٢. معماری 5G

معماری 5G شامل چهار لایه است: دستگاه های کاربر، شبکه دسترسی، شبکه اصلی و خدمات IoT، همانطور که در شکل ١ نشان داده شده است. شبکه اصلی، تابع صفحه کاربر (UPF) را از تابع صفحه کنترل (CPF) جدا می کند. UPF شامل حمل و نقل داده، گزارش استفاده از ترافیک، نشان دادن بسته های حمل و نقل در uplink و downlink، و غیره است. CPF پردازش بسته در UPF را با تدارک مجموعه‌ای از قواعد کنترل می‌کند ، به عنوان مثال ، قوانین اقدام ارسال بسته‌ها ، قوانین تشخیص بسته برای بازرسی بسته‌ها ، قوانین اجرایی QoS برای اجرای سیاست‌های QoS بر روی بسته‌ها. همانطور که در شکل ١ نشان داده شده است، CPF شامل چندین توابع شامل تابع دسترسی و مدیریت تحرک (AMF)، تابع مدیریت عملکرد جلسه (SMF)، تابع کنترل سیاست (PCF)، تابع انتخاب برش شبکه (NSSF)، مدیریت یکپارچه داده (UDM) ، تابع سرور احراز هویت (AUSF)، و غیره. به طور خاص، AMF مدیریت ثبت نام کاربر، اتصال، دستیابی و تحرک، دسترسی به تصدیق و مجوز؛ SMF شامل قابلیت

مدیریت جلسه و رومینگ می باشد. PCF از چارچوب سیاستی یکپارچه برای مدیریت رفتار شبکه پشتیبانی می کند. UMD مسئول ایجاد نسخهٔ معتبر و مدیریت اشتراک است؛ AUSF از تابع سرور تأیید پشتیبانی می کند و NSSF مجموعه ای از نمونه های برش شبکه را برای کاربران فراهم می کند و اطلاعات انتخاب برش شبکه (NSSAI) مربوط به نمونه های برش شبکه قابل استفاده را تعیین می کند. شبکه اصلی به شبکه های داده خارجی مانند اینترنت متصل می شود، جایی که ارائه دهندگان خدمات IoT انواع خدمات جذاب IoT را برای کاربران با سرعت بالا، اتصال همه جانبه و کم قدرت فراهم می کنند.



شکل ۴-۱. معماری فناوری 5G

برای پشتیبانی از خدمات IoT مختلف در شبکه 5G ، برش شبکه به تفکیک و اولویت‌بندی منابع روی یک زیرساخت مشترک ، از جمله قابلیت شبکه ، منابع محاسباتی ، توابع شبکه مجازی و تنظیمات فن‌آوری دسترسی رادیویی دست می‌یابد. زیرساخت 5G در شکل ۱ عملاً برای پشتیبانی از انواع مختلف خدمات IoT تقسیم شده است. برای مثال ، برش 1 برای ارتباطات نوع ماشین با قرار دادن عملکردهای کاملاً تکامل‌یافته در سراسر شبکه ، که با برش‌های خدمات تلفن همراه و ارتباطات وسیله نقلیه ایزوله شده‌است ، ایجاد شده‌است . گوشی‌های موبایل نیاز به یک برش انتهایی با پهنای باند وسیع دارند تا خدمات با نرخ داده بالا و تاخیر پایین را فراهم کنند. این قطعات شبکه

توسط کنترل‌کننده‌های محلی در لبه شبکه‌های دسترسی و صفحه کنترل در شبکه هسته‌ای مدیریت می‌شوند ، که برش‌های شبکه را برای بسته‌های آتی براساس انواع خدمات و دیگر اطلاعات کمکی انتخاب کرده ، و بسته ها را به سرورهای IoT منتقل کند.

٤-٣. امواج و پشتیبانی آنتن

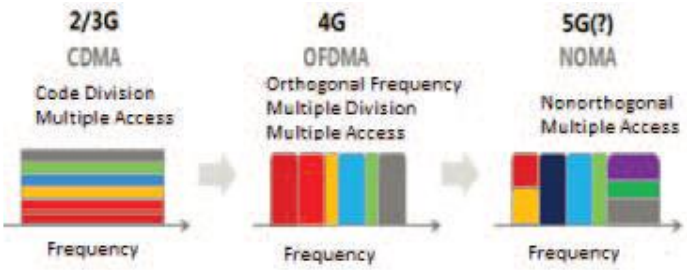
روشی اولیه برای مدیریت پهنای باند و ظرفیت مورد نیاز در رادیو از طریق بهبود قابل توجه راندمان طیفی، تکامل دسترسی طرح ها، استفاده از تجمع حامل یا کاریر، و پیشرفت در تکنیک های آنتن می باشد.

۴-۳-۱. راندمان طیفی:

راندمان طیفی به پهنای باند (bps) اشاره دارد که با یک تکنولوژی برای پهنای باند کانال داده (Hz) ایجاد می شود و واحد اندازه گیری آن bps/Hz است. بهبود در بهره وری طیف در درجه اول وابسته به پیشرفت در طرح های مدولاسیون است. سیستم های 3G/4G به مدولاسیون (PSK) برای نواحی نزدیک به مرز سلول ها که سیگنال ضعیف است و یا نزدیک به ایستگاه سلول که مولفه عمودی مدولاسیون دامنه بیشتر است، تکیه کرده است. این به منظور آن است که یک میزان خطای بیت ثابت در حضور نویز وجود دارد، اما در نتیجه پهنای باند داده پایین تر است و بازده طیفی پایین تری در نزدیکی لبه سلول است. 5G گزینه ی دیگری را با استفاده از مدولاسیون کلید زنی دامنه و فاز بصورت تلفیقی پیشنهاد می کند تا سیستم پویا در شرایط نویزی مختلف حاصل شود. مجموعه ای از طیف وسیعی از طرح های مدولاسیون به سیستم اجازه می دهد تا کارایی طیفی را بهینه سازد.

۴-۳-۲. تکامل طرح دسترسی:

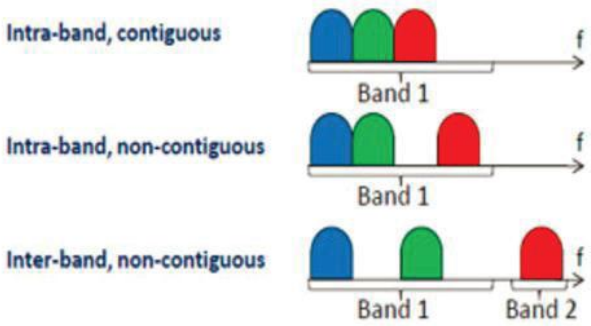
طرح دسترسی در 5G شامل یک شکل موج جدید است که مالتی پلکس تقسیم فرکانسی فیلتر شده ی عمودی نامیده می شود.(Filtered-OFDM) . که این روش می تواند وجود همزمان دو شکل موج با OFDM متفاوت را تسهیل کند.پارامترها در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۴-۲. طرح دسترسی نسل هاس مختلف

۴-۳-۳. تجمع موج حامل یا کاریر:

تجمع حامل به ترکیب چند کانل برای رسیدن به پهنای باند سازگارتر و بیشتر اشاره دارد. برای مثال دو کانال 5MHz می توانند با هم ترکیب شوند و کانالی منطقی با پهنای 10MHz را تشکیل دهند. بنابراین بطور پویا پهنای باند دوبرابری را می سازند. کانال ها می توانند به صورت یکپارچه یا غیر همجوار باشند یا باند های مختلف عملیاتی که در شکل ۳ نشان داده شده است.

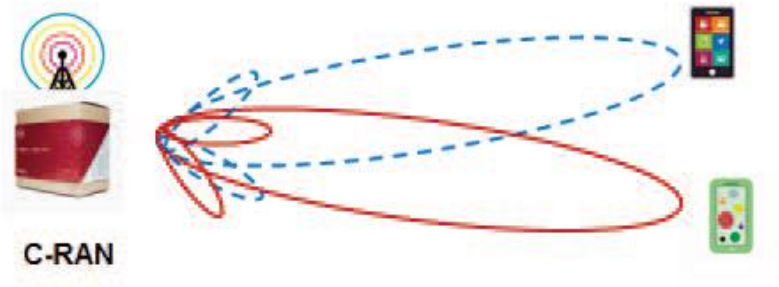


شکل ۴-۳. تجمع موج حامل

۴-۳-۴. آنتن های پیشرفته (چند ورودی چند خروجی) (MIMO) :

گرچه در تکنولوژی 4G نیز از آنتن های (MIMO) استفاده می شود ولی در تکنولوژی 5G استفادهی حداکثری از منافع این نوع آنتن ها می شود. ویژگی های اصلی MIMO عبارتند ازتنوع فضایی، فرم دهی بیم سه بعدی، مالتی پلکس فضایی و رفع تداخل و اینترفرنس می باشد. تنوع فضایی به سیستم اجازه می دهد تا قابلیت اطمینان سیستم را افزایش دهد، به عنوان مثال کاهش نرخ بیت یا خطای بسته.که مبتنی بر استفاده از کانال های چندگانه مستقل بین فرستنده و گیرنده است. فرم دهی پرتو 3 بعدی موجب کاهش تداخل شده و توان مورد نیاز را انتقال می دهد. در این

روش، بیم های باریک بر اساس جهت خاصی از گیرنده منتقل می شوند و جذب آنتن دریافت نیز جهت دهی خواهد شد.



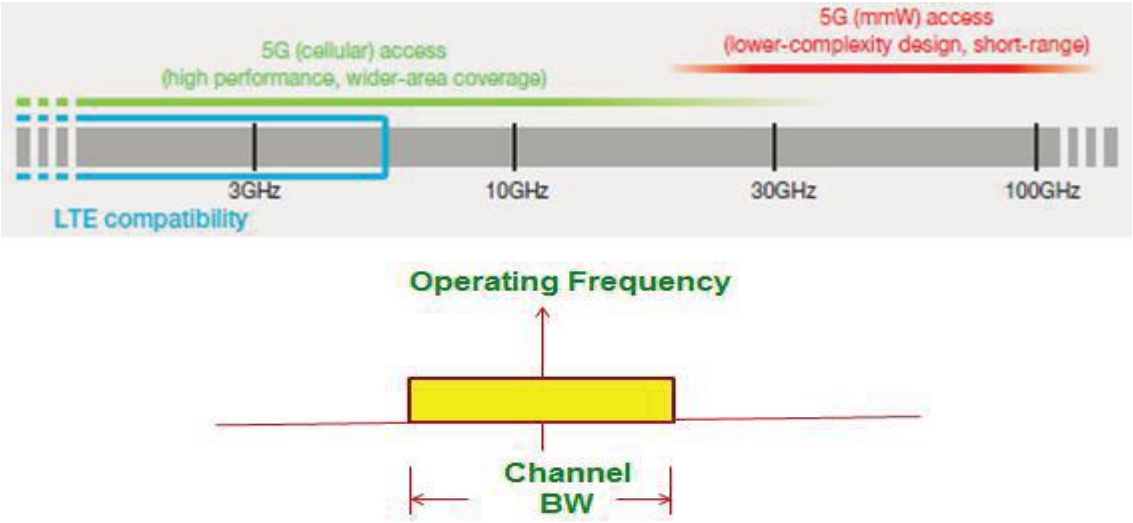
شکل ۴-۴. آنتن های چند ورودی – چند خروجی

شکل ۴ توزیع تابش الکترومغناطیسی را درون منطقه پوشش با روش پرتو سه بعدی نشان می دهد.که اجازه می دهد فرمان های الکتریکی، که پرتو آنتن را بر اساس توزیع مشترک، هدایت می کند، بخش های پویا را قادر می سازد که ظرفیت انتقال و دریافت چند پرتو را افزایش دهد، و یک شکل دهی بیم سازگار را فراهم می آورد.که تداخل در جهت ترمینال متعلق به دیگران را به حداقل می رساند.

و در پایان، لغو تداخل اجازه می دهد تا منطقه ی تحت پوشش افزایش یابد که بر مبنای تکنیکهای پیشرفته ی پردازش برای مدیریت نسبت سیگنال ضعیف بر تداخل و نسبت نویز (SINR) حاصل می شود.

٤-٤. پشتیبانی طیف

به طور کلی محدوده 700 مگاهرتز تا 6 گیگاهرتز برای سیستم‌های بی‌سیم با تاکید مداوم به جابجایی ایستگاه‌های تلویزیونی از فضای سفید به فرکانس‌های زیر 700 مگاهرتز اختصاص‌داده شده‌است. 5G قرار است که نه تنها در این طیف فرکانسی عمل کند بلکه عملیات را بین باندهای سانتیمتر (b.cm) و میلیمتر (b.mm) تا 100GHz که در شکل شکل نشان داده می‌شود ، گسترش دهد .



شکل ۴-۵. فرکانس های کاری 5G

در زیر 6 گیگاهرتز، سیستم 5G با سیستم های 4G همراهی می کند. محدوده 6 تا 100 گیگاهرتز پهنای باند بیشتری را ارائه می دهد، اما به دلیل فقدان مسیر قابل توجه در چنین فرکانس های بالا، باعث کاهش پوشش می شود. در این طیف چالش برانگیز، پوشش همراه با استفاده از سلولهای کوچک شبکه، تکنیک های چند حامل و ارائه پهنای باند کانال بسیار وسیع تا حدود 1960 مگاهرتز ارائه می شود. از این رو 5G برای ارتباطات دستگاه با تراکم بالا در برنامه IoT بسیار مناسب است. استفاده از یک رابط هوایی یکپارچه و یک برنامه‌ریزی سلسله مراتبی برای دسترسی رادیویی خواهد بود، که شبکه سازی کم‌هزینه (UDN) را ممکن می‌سازند.

٤-٥. پشتیبانی شبکه:

پشتیبانی شبکه در زمینه طراحی فوق باریک ،جدایی بین کنترل و کاربر، روش دوبلکس مدیریت منابع انطباق پذیر، سلول های کوچک، شبکه چند نقطه هماهنگ شده(CoMP) و شبکه های ناهمگون(HetNets) می باشد.

۴-۵-۱. طراحی فوق باریک:

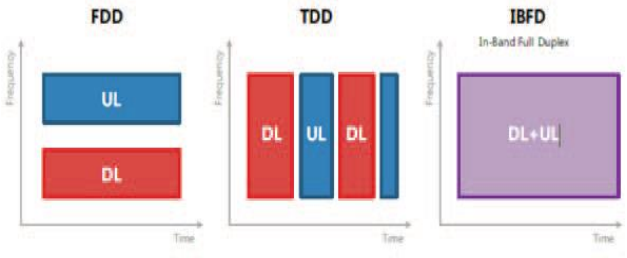
دسترسی 5G ، شبیه به سیستم LTE 4G، ترکیبی از ایستگاه پایه و کنترل کننده به یک واحد برای کاهش هزینه های ارتباطی و پروتکل آن است.طراحی همچنین هر انتقالی را که به طور مستقیم به تحویل داده های کاربر مرتبط نیست، به حداقل می رساند. استفاده از پروتکل کنترل دسترسی رسانه (MAC) و تخصیص منابع یکپارچه و سازگار برای Uplink و Downlink اجازه می دهد مسیریابی کارآمد باشد.

۴-۵-۲. جداسازی واحدهای کنترل و کاربر:

تغییرات اساسی با جدایی بیشتر بین کنترل شبکه و کاربر در مدیریت ترافیک انجام شده است. واحد کنترل کنترل سیگنالینگ را برعهده دارد و تعیین می کند که چگونه جلسات تنظیم شوند تا اطلاعات از یک شبکه عبور کند. واحد داده ها از ترافیک کاربر پشتیبانی می کند و اطلاعات را به حرکت می اندازد. واحد کنترل و واحد کاربر می توانند با RAN های مختلفی مهیا شوند. حتی از ایستگاههای اساسی متفاوت و با نسل های مختلف سیستم های بی سیم. سلول های کوچکی را می توان در حالت روشن و خاموش نگه داشت، در حالی که لنگر کنترل را به منظور تماس های جدید نگه می دارد تا از دست نرود. مقیاس جداگانه از ظرفیت واحد کاربر و سیستم پایه در عملکرد کنترل سیستم باعث کاهش قابل توجهی در سربار سیگنال کنترل می شود.

۴-۵-۳. روش دوبلکس (دوبلکس کامل روی باند IBFD) :

نسل های قبلی دو روش دوبلکس کاملا متمایز را تعریف می کردند، دوبلکس تقسیم فرکانسی FDD و دوبلکس تقسیم زمانی TDD . درFDD ، باند های فرکانس های مختلف برای UL و DL اختصاص داده می شود که به اشتراک گذاری منابع بین لینک های بالا و پایین لینک اجازه نمی دهد. TDDاز باند فرکانسی رایج برای هر ترافیک ULو DL استفاده می کند و از این رو پهنای باند مربوطه می تواند به صورت پویا بر اساس ترافیک در دو جهت اختصاص داده شود. تکنولوژی 5G از ویژگی های کارآمد FDD در محیط FDD استفاده می کند مطابق شکل ۶ .انتقال می تواند به طور همزمان در یک زمان رخ دهد در همان فرکانس.



شکل ۴-۶ طرح دوبلکس در 5G

۴-۵-۴. مدیریت منابع انتباق پذیر:

با استفاده از نزم افزار سطوح هوای انعطاف پذیر تعریف شده جهت پشتیبانی از سناریوهای کاربردی و الزامات IoTالگوریتم های برنامه ریزی پیشرفته اجرا می شود. 5G از کنترل پذیری مبتنی بر اولویت و حامل کاربر استفاده می کند تخصیص با استفاده از پایه ای که در 4G,LTE نصب شده است.

۴-۵-۵. سلول های کوچک:

استفاده از فرکانس های بالا به وضوح با استفاده از سلول های کوچک انجام می شود. گرچه نتیجه گیری از افزایش پهنای باند به عنوان اساس مدیریت فقط داده می باشد.در حالتیکه مشترک درحال انتقال بین دوسلول کوچک مختلف متداول است آنها بروی ماکروسل قرار می گیرند. سلول های کوچک به توسعه های انبوه کمک می کنند که می توانند تعداد زیادی از گره های شبکه را در برنامه های IoT اداره کنند.

همچنین، این اجازه را می دهد تا با استفاده مجدد از فضایی و فرکانس بالا. معماری از اصول شبکه های خود سازماندهی (SONs) استفاده کند وهماهنگی منابع را پشتیبانی کند. فاصله های کوتاه بین RAN ها شبکه های مش و ارتباط مستقیم بین آنها را برای مدیریت منابع و دست زدن به شبکه ها فراهم می کند. به منظور صرفه جویی در قدرت، RANها بسته به بار ترافیک روشن / خاموش می شوند.

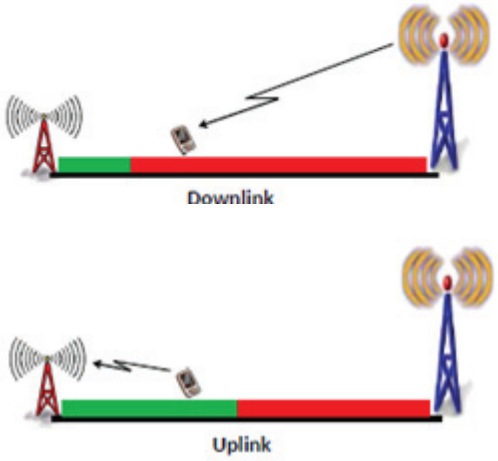
۴-۵-۶ چندین نقطه هماهنگ شده (CoMP) :

به جای "به حداقل رساندن" اثرات نامطلوب تداخل بین دستگاه های کاربر، "Inter Cell "Interference برای انتقال داده ها مورد استفاده قرار می گیرد. این باعث می شود تا همزمان سازی داده های کاربر، پردازش مشترک، به اشتراک گذاری منابع رادیویی و برنامه ریزی توان را همزمان انجام دهد. CoMP استفاده مجدد از طیف کارآمد و افزایش توان اضافی را تضمین می کند. کنترل قدرت دینامیک به طور مطلوب در بین کاربران و با سلول های اطراف هماهنگ است. نتیجه انطباق و سازگاری بین ترافیک و مصرف انرژی در PHY Layer 1. CoMP به ویژه در مرز های سلولی مربوطه است.

۴-۵-۷. شبکه های نا همگون چند لایه (HetNets) :

5G از وجود همزمان شبکه های چند سلولی و شبکه های محلی (LAN) پشتیبانی می کند. پروتکل و ارتباطات ضروری برای پشتیبانی از دست به دست شدن و انتقال InterRAT می باشد. علاوه بر این HetNets اجازه استفاده از فن آوری های مختلف را برای کنترل و ترافیک کاربر را به صورت موثر می کند. همانطور که قبلا ذکر شد

نمونه ای از تقویت کننده مستقردر واحد کنترل و بارگیری مجدد واحد کاربر به RAT دیگر در شکل ۷ نشان داده شده است.



شکل ۴-۷. Uplink & Downlink

نتیجه گیری

IoT یکی از فن آوری های فعال برای سیستم های سلولی 5G است. برای اجرای برنامه های IoT، چندین الزام وجود دارد که باید هر یک از آنها را با استفاده از تکنولوژی های خاصی ارضا کند. این فن آوری ها به عنوان فناوری های توانمند IoT شناخته می شوند که عمدتا برای فعال کردن سیستم های 5G سلولی نیز استفاده می شود. این بررسی یک تحلیل تطبیقی بین چندین گزینه اتصالات IoT را در اختیار شما قرار می دهد تا تعیین کنید کدامیک از آنها برای برنامه های IoT مناسب است. با این حال، مقایسه نشان می دهد که تمام این شبکه های بی سیم قادر به خدمت به سیستم های IoT در شرایط خاصی هستند. این تحقیق با ارائه کلیاتی از سیستم های IoT و 5G از جمله نیازها و چالش های آنها آغاز می شود. دقیق تر، ویژگی های IoT و فن آوری های آن مورد بحث قرار گرفته است. پس از آن، مقایسه گزینه های اتصال IoT بر اساس الزامات IoT ارائه شده است. چندین فناوری فعال برای IoT از نقطه نظر 5G برجسته شده است. این تحقیق پیش بینی می کند IoT بر ارائه خدمات آینده تسلط پیدا خواهد کرد؛ با این حال ، برای این خدمات و برنامه‌های کاربردی که بسیار موثر هستند ، نیازمند ظرفیت بالا ، QoS بالا ، نرخ داده بالا ، تاخیر پایین ، صرفه‌جویی در انرژی و غیره است. دراین تحقیق این الزامات با نسل جدید 5G ترکیب می‌شود و نشان می‌دهد که چگونه ویژگی‌های 5G به راه حلی برای برآورده کردن نیازهای IoT تبدیل خواهند شد.

مراجع:

1. S. Borkar, H. pande, (2016) “Application of 5G Next Generation Network to Internet of Things”

IEEE International Conference on Internet of Things and Applications (IOTA)

2. M.M. Alsulami, N. Akkari (2018) “The Role of 5G Wireless Networks in the Internet-ofThings (IoT)” IEEE International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)

3. M.B. yassein, Sh. Aljawarneh (2017) “Challenges and Features of IoT Communications in 5G Networks” IEEE International Conference on Electrical and Computing Technologies and Applications (ICECTA)

4. N. Jianbing, L. Xiaodong, Sh. Xuemin,(2018) “ Efficient and Secure Service-oriented Authentication Supporting Network Slicing for 5G-enabled IoT “ IEEE Journal on Selected Areas in Communications

5. S. Sasipriya, R. Vigneshram, (2016) “An Overview of Cognitive Radio in 5G Wireless Communications” IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC)