

## یک بررسی روی شبکه های سلولی نسل پنجم 5G سبز

### چکیده

در این مقاله، ما یک بررسی کوچک روی شبکه های سلولی 5G سبز ارائه کرده و برخی از مسائل پژوهشی و چالش های فعالسازی تکنیک هایی برای شبکه های بی سیم پهن باند سبز را کاوش میکنیم. روند دستیابی به انرژی سبز در شبکه های سلولی اپراتورهای شبکه و مقامات استانداردسازی را به همکاری باهم ترغیب کرده تا ردپای کربن از محصولات به منظور آوردن ایستگاه های سلولی 5G eco سبز کاهش یابد. ما ابتدا یک مرور کلی بر روی معماری سیستم های بی سیم 5G و پشته پروتکل های جدید مربوطه را فراهم خواهیم کرد. سپس، طرح های دسترسی ترکیبی چندگانه، مانند رویکردهای ترکیب متعامد (OFDMA) و غیر متعامد (CDMA) را با هدف بهبود ظرفیت و پوششدهی به طور همزمان مورد بحث قرار میدهیم. از آنجا که ایستگاه های پایه بخش حداکثر کل انرژی در سیستم های سلولی فعلی را مصرف میکنند، ما تکنیک های انرژی تجدید پذیر مهم را برای ایستگاه های پایه سبز اکتشاف کرده، و یک بررسی جامع در مورد چگونگی تولید انرژی تجدید پذیر مانند انرژی خورشیدی، بادی و سوخت را برای ایستگاه های پایه سبز در شبکه های سلولی 5G فراهم خواهیم نمود.

**واژگان کلیدی** - معماری بی سیم باز، طرح دسترسی چندگانه ترکیبی، ایستگاه های پایه سلولی خورشیدی و بادی،

سلول سوختی.

## 1. معرفی

سیستم نسل پنجم (5G) انقلابی در نسل فعلی است که در آن دسترسی مصرف کننده به شبکه از طریق تلفن های هوشمند می باشد. مفهوم عادی 5G در سالهای 2013-2015 در مسیر افزایش است. با این حال، کاربران از طریق سطحی از حجم تماسها و انتقال داده ها با 5G از دستگاه های VoIP و دیگر برنامه های کاربردی موبایل فراتر رفته اند. با افزایش دانش و سطح آگاهی از فن آوری، ارائه خدمات برای حفظ وفاداری مشتری و ارائه بهترین و آخرین فن آوری برای تولید کنندگان تلفن همراه ضروری است. امروزه تعدادی دستگاه های نوآورانه از تولید کنندگان پیشرو تلفن های هوشمند مختلف با قابلیت های برتر مشاهده میشود، مانند آیفون های اپل، سامسونگ و HTC جدیدترین خط تولید تلفن های هوشمند، به عنوان مثال به تازگی از یک افزایش در سهم بازار برخوردار بوده اند.

همانطور که فن آوری های بی سیم تکامل یافته اند، شبکه ها پیچیده تر شدند. استقرارها متراکم تر شد و در هر زمان و در هر نقطه این هدف تقریباً حاصل شده است. با این حال، استفاده از خطوط ثابت و تلفن های GSM به عنوان یک پیامد از تلفن های هوشمند به حداقل رسیده که ما را با هر نرخ، در هر زمان، هر جا و همیشه مقرون به صرفه متصل به جهان نگه میدارند.

با گذشت هر روز از 1G تا 3G و از 4G تا 5G، دنیای ارتباطات با پیشرفت های ارزش افزوده همراه با عملکرد بهبود یافته مواجه شده است. اشتراک شبکه های بی سیم و ترافیک شبکه به دلیل تقاضای غیر قابل پیش بینی، گسترش مناطق سرویس دهی و افزایش محبوبیت ارتباطات تلفن همراه به شدت افزایش یافت. توسعه فن آوری های جدید دسترسی بدون وقفه به سرویس هایی مانند صدا و داده، سرویس پیام چند رسانه ای (MMS)، چت تصویری، تلویزیون موبایل، محتوای HDTV، پخش ویدئویی دیجیتال (DVB) و گجت های سرگرمی فراهم می کند که دروازه ای به سوی ایجاد یک بعد جدید به زندگی انسان باز کرده و شیوه زندگی او را تغییر میدهد.

در همین حال، در چند دهه گذشته جهان یک جهش بزرگ در صنعت مخابرات با بیش از 5 میلیارد نفر مالک تلفن همراه برای زندگی خصوصی و حرفه ای خود تجربه کرده است. انجمن تحقیقات جهانی بی سیم (WWRF) پیش بینی کرده است که 7 تریلیون دستگاه بی سیم شبکه های شهری و روستایی خارجی را برای بیش از 7 میلیارد نفر

7/24 تا سال 2017 سرویس دهی کرده و 80-95 درصد مشترک پهن باند تلفن همراه خواهند بود [1]. در میان این 7 میلیارد نفر، اکثریت آنها با دسترسی بسته سرعت بالا (HSPA) و شبکه های پیشرفته LTE (تکامل بلند مدت) سرویس دهی میشوند.

بر اساس این گزارش آماری، تقاضا برای شبکه های شهری به تنهایی تا سال 2020 به 1000 برابر ظرفیت بیشتر افزایش خواهد یافت. در کمال تعجب ما در حال ورود به عصر Tera با تریلیون دستگاه ICT، ترابایت فضای ذخیره سازی و قدرت محاسباتی بیشتر هستیم. این فن آوری های جدید مجبور به ارائه یک درجه آزادی در حوزه کاربری بوده و باید فرستنده را به کاربران نزدیک تر کنند و همچنین باید به کاربران مناسبی انتخاب کنند. این سه حوزه مهم پژوهشی در زمینه 5G هستند.

تغییرات آب و هوا یکی از مهمترین چالش های جهانی زمان ما است. در قرن گذشته یک رشد قابل توجه در میانگین دمای زمین وجود داشته است. این افزایش دما به اثرات گرم شدن کره زمین نسبت داده شده که توسط تجمع گازهای گلخانه ای (GHG) در اتمسفر به وجود آمده است. دلیل افزایش گازهای گلخانه ای و عمدتاً دی اکسید کربن (CO<sub>2</sub>)، افزایش مصرف انرژی است که به انتشار آلاینده ها منجر میشود. بلایای طبیعی مانند توفان، سیل و تغییرات در سطح دریا به اثر گلخانه ای CO<sub>2</sub> نسبت داده شده است. برآورد شده که در طول 30 سال گذشته انتشار گاز CO<sub>2</sub> تا 73 درصد رشد داشته است. کشور هند در میان کشورهای در لیست انتشار گازهای گلخانه ای در رتبه 5 ام جهانی قرار گرفت، ایالات متحده و چین در حدود 4 برابر انتشار هند دخیل هستند. تجمع گازهای گلخانه ای (GHG) در اتمسفر سریع تر از پیش بینی ها در حال رشد است. دانشمندان، اقتصاددانان و سیاست گذاران خواستار اهداف انتشار حداقل 20٪ زیر سطح سال 1990 در سال 2020 می باشند [2]. صنعت اطلاعات و فن آوری ارتباطات (ICT) به تنهایی حدود 2٪ و یا 860 میلیون تن انتشار گازهای گلخانه ای در جهان را به خود اختصاص داده است. به حداقل رساندن انتشار گازهای گلخانه ای از صنعت فناوری اطلاعات و ارتباطات (ICT) مسئولیت و همچنین اولویت اول ما می باشد. صنعت مخابرات یک موقعیت برجسته در کاهش انتشار CO<sub>2</sub>

خود در درجه اول با کاهش مصرف انرژی و جایگزین زیرساخت های قدیمی با زیرساخت های سلولی جدید سبز یافته است.

هدف اصلی شبکه های 5G ایجاد یک پلت فرم مشترک برای اپراتورهای شبکه تلفن همراه (MNO) و تولید کنندگان گوشی های تلفن همراه است تا برای به حداقل رساندن اثرات زیست محیطی محصولات خود به ترتیب با 40 و 50 درصد با یکدیگر کار کنند. ویژگی های عمده 5G بر 4G از نظر حداکثر توان، احتمال قطعی کمتر، نرخ بیت بالاتر در بخش های بزرگ منطقه تحت پوشش، بدون هزینه ترافیک به دلیل هزینه استقرار پایین، سطح کارایی طیفی بالاتر و همچنین گوشی و مدل های شبکه سازگار با محیط زیست با شروع مفهوم زیرساخت ایستگاه های رادیویی سلولی سبز سازگار با محیط زیست با استفاده از منابع انرژی تجدید پذیر غلبه میکند.

در آینده، چالش های عمده ای روی عملکرد به صرفه، بینش اشتراک گذاری، به اشتراک گذاری زیرساخت ها، حمایت از تمام فن آوری های رادیویی در یک پلت فرم مشترک و ایجاد یک پلت فرم برای زیرساخت های انرژی تجدید پذیر برای ایجاد جهان سبزتر وجود خواهد داشت. این مقاله در ابتدا یک تجزیه و تحلیل آماری دقیق ارائه میکند که به نقشه راه تحقیقات اخیر و تحولات در شبکه های سلولی 5G منجر خواهد شد. ادامه مقاله به شرح زیر است: بخش دوم یک مرور کلی از معماری سیستم 5G است، بخش سوم حوزه های تکنولوژی رادیویی مسائل 5G را پوشش می دهد، بخش چهارم تجزیه و تحلیل منابع انرژی تجدید پذیر با مسائل و چالش های آینده در ایستگاه های پایه سلولی و بخش V نتیجه گیری ارائه می کند.

## 2. نمای کلی معماری سیستم 5G

نسل چهارم (4G) و 5G دو کاندیدای بالقوه برای نسل بعدی ارتباطات بی سیم هستند، که با خصوصیات سرویس محور و کاربر محور مشخص شده اند. 4G معماری بی سیم باز (OWA) را برای پایانه های تلفن همراه خود با عملکرد بالاتر، پهنای باند بیشتر، نرخ داده بالا، قابلیت همکاری، سرویس به طور کامل همگرا، رابط کاربر پسند، مقیاس پذیری، نرم افزار مدیریت بحران و پیچیدگی سیستمی کم اتخاذ کرده است.

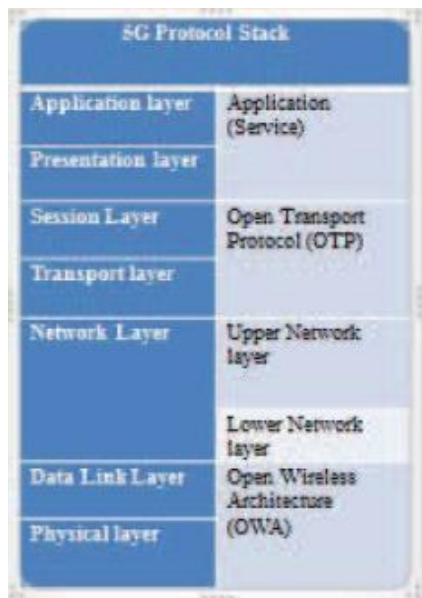
مفاهیم کلیدی 5G فراتر از 4G شبکه های فراگیر، رله های همکارانه گروهی، تکنولوژی رادیویی، شبکه های بی سیم پویای adhoc (DAWN)، تسهیم تقسیم فضا فرکانس Vendermonde (VFDM)، طرح دسترسی چندگانه ترکیبی با پارتیشن بندی استفاده مجدد، سیستم های پلت فرم استراتوسفر (HAPS)، دستگاه های پوشیدنی با قابلیت های AI و IPv6 می باشند.

برای برتری بر 4G، 5G در ابتدا توسط Toni Janevski [4] پیشنهاد شد و اکنون به یک واقعیت تبدیل شده است. همانند وضع موجود در سراسر جهان، تولید کنندگان فناوری بی سیم به سرعت در حال تبدیل شدن از یک معماری سیستم های بی سیم بسته به سیستم های معماری باز انعطاف پذیرتر، قوی تر و مقرون به صرفه هستند. شرکت داده بین المللی (IDC) پیش بینی کرده است که بازار تلفن های هوشمند از جمله تبلت های چند رسانه ای، رایانه های شخصی و تلفن های هوشمند، از 494 میلیون در سال 2011 به 1.16 میلیارد دلار در سال 2016 رشد خواهد نمود [3].

این تحول یک نقشه راه و چالشهای سالم برای نسل بعدی دستگاه های تلفن همراه دستی، از یک ترمینال انتقال رادیویی سنتی به معماری بی سیم باز مبتنی بر رابط کاربری (OWA) فراهم میکند [5]. توسعه OWA سیستم عامل و RTT (فناوری انتقال رادیویی) را مجازی سازی نموده، و به راحتی می تواند از استانداردهای بی سیم مختلف مانند GSM، EDGE، WCDMA، TD-CDMA، وای فای، LTE / LTE پیشرفته، وایمکس 802.16m در یک پلت فرم پشتیبانی نماید. هدف ما همگرایی استانداردهای چندگانه در یک دستگاه واحد و یک پلت فرم واحد است. همچنین باید اطمینان حاصل شود که در همه زمان معماری سیستم باز می ماند در غیر این صورت عملکرد کلی در معماری بسته بسیار ضعیف خواهد بود. پشته پروتکل برای تلفن همراه 5G به خصوص در لایه شبکه و لایه انتقال اصلاح شده است. که میتواند یک عملکرد صحیح در ارتباطات تلفن همراه آینده را منعکس کند.

در این راستا، نویسندگان پیشنهاد کرد که لایه شبکه به دو زیر لایه، به نام لایه شبکه بالا و لایه شبکه پایین، برای ارائه اتصال یکپارچه و تعادل محیط شبکه بی سیم مجازی با استفاده از استاندارد ثابت IPv6 تقسیم شود [5]. پشته پروتکل 5G در شکل 1 نشان داده شده است. در مورد لایه انتقال، نرخ خطای بالاتر در تداخل رادیویی منجر به

تراکم شبکه غیر قابل پیش بینی شده و باعث میشود تا سگمنت ها از بین برود. لایه انتقال پروتکل باز پیشنهادی (OTA) بصورت بی سیم و نرم افزاری مساله سگمنت های از بین رفته را رفع میکند. مدل ایده آل 5G باید این چالش ها را اصلاح نموده و با خطاهای کوچک تکنولوژی 4G و تجارب استقرار 4G وفق یابد.



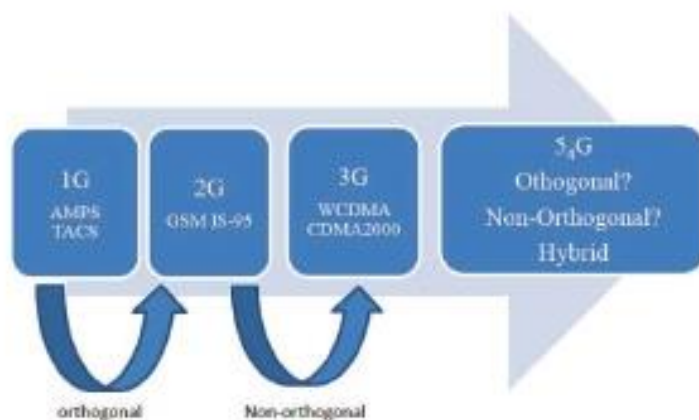
شکل 1. پشته پروتکل 5G

### 3. جنبه های رادیویی تکنولوژی 5G

به طور کلی، سیستم سلولی را می توان به روش های متعامد و غیر متعامد طبقه بندی نمود. سیستم های سلولی نسل اول و دوم تحت روش های دسترسی چندگانه متعامد عمل میکنند. مزیت اصلی این روش ها اجتناب از تداخل داخل سلولی، حساسیت به تداخل سلول متقابل، عدم حساسیت به اثرات near far ، پنجره آزاد برای هماهنگ سازی و اجرای روش چرخه ای-پیشوند با استفاده از ISI می باشد.

نقشه راه فنی برای نسل سلولی با توجه به روش های متعامد و غیر متعامد عبارتست از: یک دیدگاه تاریخی که در شکل 2 نشان داده شده است. در روش های متعامد، سیگنال ها از کاربران مختلف با یکدیگر متعامد بوده و ارتباط متقابل (cross correlation) آنها صفر است، که توسط FDMA (دسترسی چندگانه تقسیم فرکانس) و

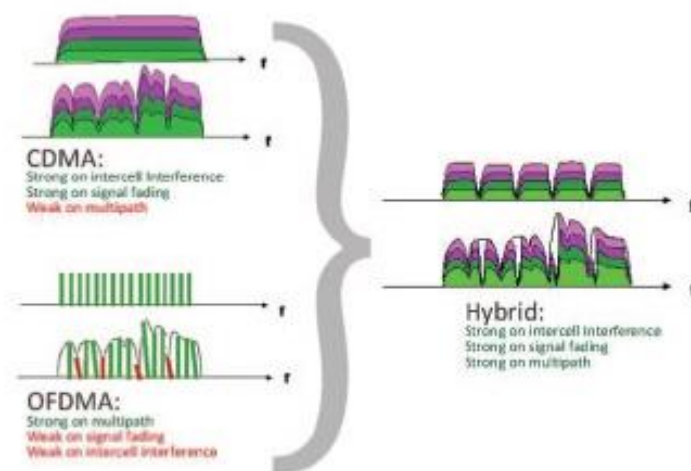
OFDMA (دسترسی چندگانه تقسیم فرکانس متعامد) به دست می آید. OFDMA برای نرخ داده بالا خوب عمل میکند، اما برای تداخل بین سلولی و قدرت انتقال پایین کارآمد نمی باشد [6].



شکل 2. نقشه فنی برای سیستم سلولی با رویکردهای متعامد و غیرمتعامد. یک دیدگاه تاریخی

طرح غیر متعامد CDMA در سیستم های سلولی نسل دوم و سوم مانند WCDMA، CDMA2000 اتخاذ شده است. روش های غیر متعامد حساسیت به تداخل میان سلولی، کاهش تداخل متقابل، حساسیت به اثر near far بوده و به هماهنگ سازی نیاز ندارند. این طرح ها اجازه می دهند تا همبستگی متقابل غیر صفر میان سیگنال های دریافتی از کاربران مختلف از جمله در دسترسی متعدد تقسیم کد (CDMA) و IDMA (دسترسی چندگانه جایگذاری) اجرا گردد. CDMA روش دسترسی چندگانه غالب برای شبکه های سلولی 3G فعلی است. در مقایسه با همتایان متعامد آن، CDMA برای لغو تداخل بین سلولی بسیار خوب عمل کرده، در برابر محو شدن مقاوم است، اما در محیط های انتقال غیرهمزمان با نرخ انتقال داده بالا مقیاس پذیر نیست و همچنین پهنای باند آن بسیار بیشتر از نرخ داده استفاده شده برای رفع تداخل می باشد. در مورد طرح های دسترسی چندگانه هیبریدی، ترکیب مناسب (روش های متعامد و غیر متعامد) CDMA و OFDMA تا حد زیادی عملکرد را بهبود می بخشد. ایده اولیه پیشنهاد شده توسط نویسندگان سیستم سلولی را به دو منطقه، به نامهای بخش داخلی و بخش خارجی با پارتیشن بندی استفاده مجدد تقسیم میکند [7] - [8]. بخش داخلی با OFDMA پیوند خورده و بخش خارجی با دسترسی چندگانه تقسیم حلقوی-پیشوند-کد (CP-CS-CDMA) متصل شده است. CP-CS-CDMA بدون در نظر گرفتن

کانال CODEC بطور آزادانه برای MAI (تداخل دسترسی چندگانه) فراهم می شود [9]. مفهوم پیشوند حلقوی در ابتدا در سیستم OFDM توسعه داده شد. بعدها CP-CS-CDMA با عملکرد بهتر و کاهش پیچیدگی سیستم، مورد توجه عموم قرار گرفت. CP-CS-CDMA تا حد زیادی می تواند با استفاده از محاسبات باند جزئی FFT به جای محاسبات FFT باند کامل در سیستم CDMA سنتی بهره وری سیستم را افزایش دهد [10]. ویژگی اصلی کد CS (comb spectrum) این است که هر گروه کد می تواند تنها بخشی از تمام نقاط فرکانس را اشغال کند. فرض کنید اگر یکی از گروه های کد CS در سیستم CP-CS-CDMA حاضر نباشد، برخی از نقاط فرکانس بیکار و آماده استفاده نشان داده میشوند. نقطه فرکانس آماده بکار به زیر حامل OFDMA برای انتقال سیگنالهای OFDMA اختصاص داده میشود. طرح دسترسی چندگانه ترکیبی با ترکیب صحیح CDMA و OFDMA در همان باند بدون تداخل کار می کند. طیف ترکیبی CDMA و OFDMA در شکل 3 نشان داده شده است.



شکل 3. طیف ترکیبی CDMA و OFDMA

علت اصلی نگه داشتن OFDMA در بخش داخلی به دلیل ضعف مقاومت سیستم ها در برابر تداخل کانال است. با این حال حتی اگر تداخل کانال خیلی کم باشد، هنوز هم می توان با برنامه نویسی مناسب کانال به بهره وری خوب دست یافت. از سوی دیگر، دلیل عمده برای نگهداری سیستم CP-CS-CDMA در بخش خارجی، حفظ عامل استفاده مجدد 1 با میانگین تداخل کانال است.



هدف از پارتیشن بندی برای استفاده مجدد، افزایش ظرفیت سیستم است که می تواند با یک عامل واحد استفاده مجدد به دست آید. زمان عالی برای تصمیم گیری در مورد موضوع پژوهش در جنبه تکنولوژی رادیویی دیدگاه های 5G وجود دارد، همچنین اتخاذ هر دو طرح متعامد یا غیر متعامد یا ترکیبی حائز اهمیت است، زیرا هر یک از این روش ها دارای مزایا و معایبی برای کاهش تداخل دسترسی چندگانه (MAI)، تداخل بین نمادی (ISI) می باشند.

#### 4. ایستگاه های پایه سلولی سبز با استفاده از منابع انرژی تجدیدپذیر 5G

اخیرا مصرف و انتشار گازهای گلخانه ای (GHG) به موضوعات داغ در صنعت آینده ارتباطات موبایلی سبز تبدیل شده است. انرژی سبز یکی از آیتم های پر هزینه برای اپراتورهای شبکه تلفن همراه (MNO) است. شبکه های خط ثابت و شبکه های تلفن همراه در عمل از الگوی مصرف متفاوتی استفاده میکنند.

با توجه به شبکه های خط تلفن ثابت، 70 درصد از مصرف انرژی کل در سمت کاربر نهایی رخ می دهد و تنها 30 درصد به علت OPEX (هزینه عملیاتی) است. از سوی دیگر برای شبکه های تلفن همراه، 90 درصد از مصرف انرژی کل در OPEX و یک بخش کوچک 10٪ مصرف انرژی کل در سمت کاربران است که در شکل 6 نشان داده شده است. در این رابطه، شبکه های 5G با چالش های زیادی برای ارائه برق به این شبکه های در حال گسترش روبرو هستند. در کشورهای در حال توسعه بسیاری از ایستگاه های پایه در مناطق راه دور با دسترسی محدود قرار گرفته اند، در حالی که بعضی از این نقاط هیچ دسترسی به انرژی شبکه ندارد. این وضعیت 5G را به سمت معرفی منابع تجدید پذیر انرژی، مانند انرژی خورشیدی، انرژی باد و سلول سوختی سوق میدهد. اکثر انرژی الکتریکی مورد نیاز برای اجرای ایستگاه های پایه سلولی حاصل سوزاندن دیزل است. با این حال، استفاده از دیزل در حجم زیاد و حفظ ذخایر جریان آن برای استفاده مداوم و برای یک دوره زمانی بدون محدودیت، بسیار چالش برانگیز است. علاوه بر این، این واقعیت که ذخایر سوخت ما با سرعت بسیار زیاد در حال کاهش است، این وضعیت را بدتر میکند. در دسترس پذیری و امکان ترکیب منابع انرژی تجدید پذیر در سایت های ایستگاه های پایه سلولی برای استقرار

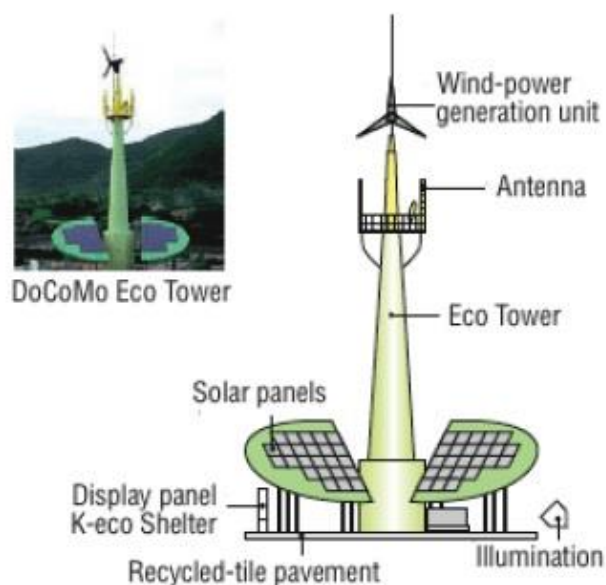
سیستم ترکیبی در آینده ضروری می باشد. بنابراین محققان به دنبال پیشنهادات جدید برای شبکه های 5G سبز جهت پیاده سازی در سراسر جهان هستند.

### A. انرژی خورشیدی / انرژی باد

خورشید  $1.2 \times 10^{14}$  کیلو وات انرژی بر روی زمین فراهم میکند، که حدود 10000 برابر بیشتر از مصرف انرژی در حال حاضر است. انرژی که زمین در مدت یک ساعت از خورشید دریافت میکند برابر با مقدار کل انرژی مصرفی انسان در یک سال است. مزایای بسیار و معایب جزئی در نصب ایستگاه های پایه سلولی بر اساس انرژی خورشیدی وجود دارد. اما فن آوری های انرژی خورشیدی هنوز هم یک جایگزین پر هزینه در استفاده از سوخت های فسیلی به راحتی در دسترس باقی مانده است.

در جولای 2004، ژاپنی های پیشرو در اپراتور تلفن همراه NTT DoCoMo در ابتدا شروع به اجرای آزمایشی 32.5 متر سرویس FOMA، ایستگاه پایه 3G به نام DoCoMo Eco Tower کردند [11]. با در نظر گرفتن محیط زیست جهانی، برج eco از قدرت تجاری استفاده نمی کند و به طور کامل خود نیرو بوده و از انرژی خورشیدی و باد در یک زمان استفاده میکند، همانطور که در شکل 4 نشان داده شده است. پانل های خورشیدی در پایین ایستگاه سلولی قرار گرفته و مانند برگهای درخت طراحی شده اند، در حالی که پره های برج آسیاب بادی همانند گلبرگ های گل طراحی شده اند. با ترکیب مدل انرژی خورشیدی و توربین بادی، حداکثر توان انرژی تولید شده NTT DoCoMo از انرژی خورشیدی 8.5 کیلووات ساعت و 6.0 کیلووات ساعت از انرژی باد است. در سال 2012، NTT DoCoMo طرح نصب ایستگاه های پایه سازگار با محیط زیست قوی تر را در سراسر کشور شروع کرد که اپراتورهای دیگر در سراسر جهان را ترغیب به ارتباطات سبز نمود. هدف اصلی سبز نمودن فناوری اطلاعات برای کاهش 50٪ انتشار CO2 در مراکز داده در سال 2020 است. در همین حال، China Mobile دارای یکی از بزرگترین استقرارهای جهان از فن آوری های سبز برای تامین انرژی ایستگاه های پایه خود می باشد. China Mobile دارای 2135 ایستگاه پایه در سال 2008 بوده است. از این تعداد 1615 ایستگاه توسط جایگزینهای

انرژی خورشیدی ، 515 ایستگاه با انرژی خورشیدی و باد و 5 ایستگاه توسط دیگر منابع جایگزین تامین شده اند. با توجه به یک مطالعه راه حل های بدون کربن ارتباطات از راه دور، برای کشور چین حدود 48.5 میلیون تن انتشار مستقیم دی اکسید کربن در سال 2008 و 58.2 میلیون تن در سال 2009 اندوخته و حدود 615 تن تولید کربن در سال 2020 پیش بینی شده است [12].



شکل 4. ایستگاه پایه سلولی خورشیدی/ بادی

به طور معمول، نصب یک سیستم ذخیره انرژی خورشیدی تجدید پذیر به یک منطقه بزرگ برای بهره وری سیستم در فراهم کردن یک منبع الکتریکی نیاز دارد. این ممکن است یک نقطه ضعف در مناطقی که فضای آن محدود و گران است باشد. مکان پانل های خورشیدی نیز می تواند با توجه به موانعی همچون ساختمان های اطراف و یا مناظر، عملکرد سیستم را تحت تاثیر قرار دهد. آلودگی نیز یک مسئله مهم است زیرا می تواند بهره وری سلول های فتوولتائیک را کاهش دهد. ابرها نیز همان اثر را ایجاد می کنند، همانگونه که می توانند انرژی اشعه های خورشید را کاهش دهند. پارامترهای دیگری وجود دارد که تولید انرژی خورشیدی را تحت تاثیر قرار میدهند، مانند عرض جغرافیایی، فصل، زاویه شیب پانل های PV ، و دما [13]. انرژی خورشیدی تنها زمانی مفید است که خورشید در حال تابش باشد. هرچند استفاده از شارژرهای خورشیدی می تواند این مشکل را حل کند. در فصل زمستان توربین های بادی پشتیبان به طور مداوم با استفاده از سرعت باد کافی در شب و روز انرژی تولید می کنند.

گروه Telekom Austria عملیاتی در اولین ایستگاه پایه سلولی مجهز به توربین بادی در Eibesthal اتریش آغاز کرده اند. تجهیزات خورشیدی و باد در چند سال گذشته به صرفه بوده اند، و انرژی های تجدید پذیر به یک گزینه جذاب برای ایستگاه های پایه سلولی 5G، همراه با باتری و سلول های سوختی تبدیل گشته است. پانل های خورشیدی 20-25 سال عمر دارند، و توربین های بادی به تعمیر و نگهداری سالانه به علاوه تعمیرات اساسی در هر 15 سال نیاز دارند. دوره بازپرداخت برای اپراتورهای شبکه تلفن همراه کوتاه تر خواهد شد چرا که انرژی بیشتری توسط باد و خورشید تولید میشود. انرژی های تجدید پذیر 4.5٪ ایستگاه های تلفن همراه جهان را در سال 2014 را تامین کرده اند. در کشورهای در حال توسعه این درصد در سال 2014 بیش از 8٪ است. با این حال، ایستگاه های پایه خارج از شبکه ابتدا در آفریقا، جنوب آسیا (از جمله مناطق روستایی هند)، امریکای جنوبی، امریکای لاتین و کارائیب قرار گرفته اند، بنابراین، ایستگاه های پایه سلولی خورشیدی و بادی به احتمال زیاد به علت کمبود شبکه های انرژی و همچنین مقدار کافی سوخت محبوب خواهند ماند.

### **B. انرژی سرور بر اساس سلول سوختی**

به طور کلی منابع تجدید پذیر را می توان به دو گروه منابع قابل کنترل و منابع غیر قابل کنترل تقسیم نمود. منابع قابل کنترل یعنی منابع انرژی اولیه با امکان کنترل تولید برق. از سوی دیگر تولید انرژی در منابع غیر قابل کنترل غیر قابل پیش بینی و مستقل از نیروی انسان است. نیروگاه های خورشیدی و باد منابع غیر قابل کنترل می باشند. خورشید و باد این نیاز را برآورده نمیکنند. بنابراین، نوع خاصی از تولید انرژی باید برای غلبه بر کمبود انرژی در استفاده از نور خورشید و یا باد در دسترس باشد. این مشکلات عمده با انرژی سرور مبتنی بر سلول سوختی رفع خواهد شد. انرژی سرور سلول سوختی کلاس جدیدی از ژنراتورهای برق توزیع شده است که الکتروسیسته تمیز، قابل اعتماد و مقرون به صرفه در محل مشتری تولید میکند [14]. مازول ایستگاه پایه آینده ترکیبی تجدید پذیر فرستنده و گیرنده (BTS) در شکل 5 نشان داده شده است. این معماری مازولار استقرار آسان و سریع، افزونگی ذاتی برای تحمل خطا، در دسترس پذیری بالا، تحرک و امکان کار در هر نقطه را فراهم می کند. سلول های سوخت

دستگاه هایی هستند که سوخت را از طریق یک فرایند الکترو شیمیایی پاک به جای احتراق کثیف به برق تبدیل میکنند. سرور انرژی متشکل از هزاران سلول سوختی می باشد. هر سلول یک سرامیک جامد مربعی تخت ساخته شده از پودر شن مانند است.

سلول سوختی قادر به تولید حدود 25 وات انرژی کافی برای یک لامپ است برای قدرت بیشتر سلول ها همراه با صفحات متصل بهم فلزی به یک پشته سلول سوختی ساندویچ میشوند. چند پشته با هم به اندازه یک قرص نان است، که انرژی کافی برای یک خانه متوسط، ساختمان اداری، ایستگاه پایه سلولی و غیره را تامین میکند. در یک سرور انرژی، چند پشته با هم به یک "ماژول انرژی" تبدیل شده، و سپس ماژول های انرژی متعدد همراه با یک ورودی سوخت و خروجی الکتریکی مشترک به عنوان یک سیستم کامل مونتاژ میشوند. همچنین برای قدرت بیشتر، سیستم های سرور انرژی مختلف را می توان در کنار هم مستقر نمود.

جمعیت جهان در سال 2020 حدود 10-20 درصد افزایش خواهد یافت. این امر بیشتر و بیشتر تامین انرژی برای شبکه ها را با سوزاندن سوخت های فسیلی غیر قابل تحمل میکند. الکتریسیته با داشتن 7 تریلیون دستگاه بی سیم و دیگر سیستم های عمومی تا سال 2020 نقش حیاتی در ارتباطات تلفن همراه آینده ایفا می کند. این واقعیت که ما با چالش های بزرگی روبرو هستیم غیر قابل انکار است - کاهش سوخت فسیلی و انتشار CO2. اخیرا برخی از کشورها به آرامی به آغاز به متوقف کردن تولید برق از انرژی هسته ای به دلیل بحران هسته ای در فوکوشیما، ژاپن در سال 2011 نموده اند. آلمان تصمیم به بستن تمام راکتورهای خود تا سال 2022 کرده است؛ ایتالیا نیروگاه های هسته ای خود را متوقف نموده و بسیاری از کشورهای در حال تجدید نظر درباره انرژی هسته ای هستند. حال زمان مناسب برای تغییر سیستم ها و فناوری اطلاعات به انرژی تجدید پذیر سبز یا ترکیبی (خورشیدی، بادی، پیل سوختی) است.

امروز، راه حل های انرژی جایگزین به طور معمول در سیستم های مخابراتی تلفن همراه استفاده نمیشود اما در شبکه های آینده 5G ارزیابی خواهند شد. شرایط هر روش در جزئیات دیدگاه های مختلف به منظور تصمیم گیری روی یک ترکیب عملی (خورشیدی باد و سوخت سلولی) از منابع انرژی جایگزین مورد مطالعه قرار گرفته است. مدل

سیستم های انرژی هیبریدی راه حل های انرژی عملی برای ایستگاه پایه سلولی 5G برای غلبه بر دیزل ژنراتور معمولی بوده و همچنین راه حل های سازگارتر با محیط زیست و مقرون به صرفه برای بسیاری از موارد چالش برانگیز فراهم میکند.

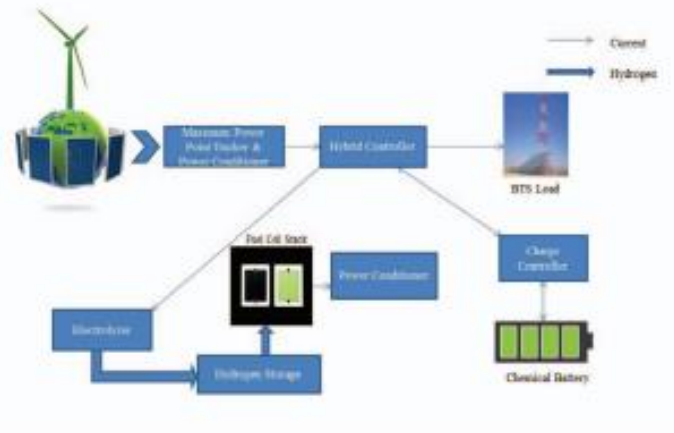


Fig. 5. Future hybrid renewable Base Transceiver Station (BTS) module.

## 5. نتیجه

در این مقاله یک بررسی دقیق و کاوش در آینده معماری باز 5G فراتر از 4G انجام گرفت. همگرایی استانداردهای چندگانه در یک دستگاه واحد و یک پلت فرم، طرح دسترسی چندگانه هیبریدی توسط ترکیب CDMA-OFDMA عملکرد را بهبود می بخشد. سیستم پارتیشن بندی جدید استفاده مجدد HMA ظرفیت سلولی را افزایش دهد. تا سال 2020، شبکه های سلولی 5G از نظر سایت های ایستگاه پایه سبز واقعی با استفاده از انرژی های تجدید پذیر منابع مقرون به صرفه و کارآمد تر مانند انرژی خورشیدی، توربین بادی، و سیستم های سوخت سلولی نسبت به میزان مصرف انرژی و کاهش انتشار گازهای گلخانه ای (GHG) جهت ارائه فن آوری های سبز انرژی کارآمد اصلاح خواهند شد.

## REFERENCES

- [1] WWRF, L. Sorensen, K. E. Skouby, *User scenarios 2020*, Report, Jul. 2009, [Online]. Available: <http://www.wireless-world-research.org>.
- [2] Commission of the European Communities, *Addressing the roadmap for moving to a low-carbon economy in 2050*, Report, Mar. 2011, [Online]. Available: <http://ec.europa.eu>.
- [3] IDC, *Smartphone shipments to top 1 billion by 2016*, Report, Mar. 2012, [Online]. Available: <http://www.idc.com>.
- [4] T. Janevski, "5G mobile phone concept," in Proc. IEEE On Consumer Communications and Networking Conference, pp. 1–2, Jan. 2009.
- [5] J. Hu, W. W. Lu, "Open wireless architecture - the core to 4G mobile communications," in Proc. IEEE International Communication Technology Conference, vol. 2, Apr. 2003, pp. 1337–1342.
- [6] P. Wang, J. Xiao, and P. Li, "Comparison of orthogonal and non-orthogonal approaches to future wireless cellular systems," *IEEE Vehicular Technology Magazine*, vol. 1, no. 3, Sep. 2006, pp. 4–11.
- [7] F. Wang, B. Jiao, and Y. Zhao, "On hybrid multiple access and its reuse partitioning," in Proc. IEEE Global Telecommunications Conference, pp. 1–5, Dec. 2010.
- [8] S. W. Halpern, "Reuse partitioning in cellular systems," in Proc. IEEE Vehicular Technology Conference, pp. 322–327, May. 1983.
- [9] K. L. Baum, T. A. Thomas, F. W. Vook, and V. Nangia, "Cyclic-prefix CDMA: an improved transmission method for broadband DS-SS-CDMA cellular systems," in Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, pp. 183–188, Mar. 2002.
- [10] H. Cheng, M. Ma, and B. Jiao, "On the design of comb spectrum code for multiple access scheme," *IEEE Trans on Communications*, vol. 57, no. 3, Mar. 2009, pp. 754–763.
- [11] NTT DOCOMO, L. Sorensen, K. E. Skouby, *FOMA base station using solar and wind power*, Report, Jul. 2004, [Online]. Available: <http://www.nttdocomo.com>.
- [12] T. Yang, Y. Hu, Z. Ping, and D. Pamlin, *Low carbon telecommunication solutions in china*, Report, Jul. 2010, [Online]. Available: <http://www.wwfchina.org>.
- [13] D. Valerdi, Q. Zhu, K. Exadaktylos, S. Xia, M. Arranz, R. Liu, and D. Xu, "Intelligent energy managed service for green base stations," in Proc. IEEE International. Global Telecommunication Workshops., pp. 1453–1457, Dec. 2010.
- [14] Bloom Energy, *Fuel cell technology from bloom energy*, Report, Jul. 2012, [Online]. Available: <http://www.bloomenergy.com>.