

ارزیابی شبکه های نسل پنجم موبایل در ارائه خدمات Stream

علی مولودیان^۱ و حسین مؤمن زاده حقیقی^۲

^۱ گروه فناوری اطلاعات، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران mowloodian66@yahoo.com

^۲ گروه فناوری اطلاعات، واحد بوشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، بوشهر، ایران momenzadeh.hossein@gmail.com

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۱۵

چکیده

اوایل ۲۰۱۲، ITU^۱ تحت نظر سازمان ملل برنامه ای را برای توسعه تیم ارتباطات بین المللی موبایلی^۲ (IMT) برای افق ۲۰۲۰ و فرای آن آغاز کرد. در نتیجه رسماً یک مسابقه جهانی برای تعیین نسل پنجم شبکه موبایل شروع شد. در سه سال بعدی تصویر سیستم این نسل بعدی شروع به شکل گیری کرد. یک پیشنهاد پیش نویس از سوی ITU-R^۳ درباره IMT-2020، سه کاربرد کلیدی در ۵G را به عنوان موبایل پهن باند افزایش یافته تعریف می کند، ارتباطات ماشینی سنگین، فوق قابل اطمینان و ارتباطات با نهفتگی کم. همچنین گزارش مشابهی به راهنمایی درباره ملزومات این سناریوها در زمینه شاخص های اجرایی مانند بازده طیف، نهفتگی، چگالی ارتباط، ظرفیت ترافیکی ناحیه اشاره می کند.

شبکه مبتنی بر پروتکل اینترنت نشان دهنده همگرایی بین فناوری اطلاعات، ارتباطات از راه دور و انتشار است. این شبکه اشاره به سرویس تلویزیون دیجیتال و سرویس های دیگر ویدیو و صدای منتقل شده از طریق شبکه های پهن باند دارد که یکی از بزرگ ترین مسائل ارائه دهندگان IPTV و سایر خدمات استریم، ارائه کیفیت تجربه^۴ QoE کافی به مشتریان آنها می باشد. QoE به عنوان عملکرد کلی از یک سیستم از نقطه نظر کاربران تعریف می شود و یک اندازه گیری انتها به انتها در سطح سرویس می باشد رضایت مخاطب در IPTV و سایر سرویس های استریم تحت تأثیر پارامترهای مختلف^۵ QoS است. در این پژوهش سعی شده است تا با اندازه گیری پارامترهای QoS در شبکه های^۶ LTE و ۵G به مقایسه آن دو پرداخته و کارایی شبکه های ۵G در انتقال داده های استریم را مورد بررسی قرار دهیم.

کلید واژه: ارزیابی کارایی، خدمات استریم، سیستم های ارتباطی، کیفیت سرویس، نسل پنجم شبکه های موبایل.

^۱ International Telecommunication Union

^۲ International Mobile Telecommunications

^۳ International Telecommunications Union Radiocommunications Sector

^۴ Quality of Experience

^۵ Quality of service

^۶ Long Term Evolution

۱- مقدمه

از وارد شدن گوشی‌های همراه آنالوگ در بازار چیزی در حدود ۳۳ سال می‌گذرد اما این پدیده با صنعت جذاب و با اهمیت با این که هنوز در اول راه خود قرار دارد، نسل‌ها را به دنبال خود کشانده است. نسل آنالوگ خیلی سریع‌تر از آن چه در ذهن افراد بود جای خود را به نسل دیجیتال داد و نسل دیجیتال هم بسیار سریع جای خود را به شبکه نسل سوم تلفن همراه داد. تفاوت دستگاه‌های نسل سوم با نسل قبلی خود در این بود که دستگاه‌های مبتنی بر این فناوری می‌توانستند علاوه بر صدا، تصاویر را هم هر چند با کیفیتهای پایین انتقال دهند. گوشی‌ها و سیم کارتهای نسل سوم زمینه را برای تلفن‌های هوشمند فراهم کردند و در مدت زمان کمی همه فهمیدند که این فناوری هم نمی‌تواند پاسخگوی نیازهای کاربران باشد. با ظهور فناوریهای موبایل، ارتباطات دیگر یک مورد ساکن و بی تغییر نیست. به علاوه، با توسعه تدریجی فناوری‌ها، نیاز به ارتباطات دیگر تنها منحصر به صدا نیست. اکنون ارتباطات موبایل شامل صدا، ویدئو و پخش زنده است حال آنکه میزان در حال حرکت باشد. پژوهش‌های مختلف رو به قانع کردن این نیازها به میزان قابل ملاحظه در حال حرکتند که می‌تواند تا حدودی رضایت بخش باشد. اخیراً، نسل چهارم جهت رسیدگی به کمبود فناوریهای معاصر موبایل عرضه شده است. برای اصلاح و نوسازی مرحله پیش رو، مرحله توسعه بعدی به زودی شروع خواهد شد که نام غیررسمی آن نسل پنجم شبکه است. بر طبق ادعایی که سامسونگ انجام داده بعد از این که این فناوری در دسترس همه قرار بگیرد، سرویس‌هایی نظیر سرویسهای پزشکی از راه دور، می‌توانند بدون وجود هیچ گونه محدودیتی به همه بیماران در سراسر جهان خدمت رسانی کرده و پزشکان هم با آسودگی خاطر به معاینه و احیاناً انجام عمل جراحی آنلاین روی بیماران خود در هر جایی که باشند، پردازند.

در ادامه این مقاله به معرفی روشهای استانداردهای مورد استفاده، چالش‌های موجود در آن و نحوه رسیدگی به آنها و در انتها به بررسی مزایا و معایب این ایده می‌پردازیم.

۱-۱- پژوهش‌های انجام شده در این حوزه

در خصوص ارزیابی شبکه‌های نسل پنجم تلفن همراه تا کنون تحقیق معتبری در ایران انجام نشده است اما در این مورد تحقیقاتی در سایر کشورها انجام شده است که برخی از موارد قابل توجه آنها در ادامه بیان می‌شود.

کارهای انجام شده قبلی در جهان به شرح زیر می‌باشد:

ارزیابی کارایی و مقایسه بین فاکتورها در نسل‌های مختلف شبکه‌های تلفن همراه در سال‌های اخیر در مقالات زیادی مورد بحث قرار گرفته است. از جمله سانتی و همکاران (۱) به بررسی عملکرد شبکه‌های نسل چهارم و بهبودهای آن نسبت به شبکه‌های نسل سوم پرداخته و مفاهیم بنیادی مرتبط با شبکه‌ها، طیف‌ها، فناوری‌ها، استانداردها، پایانه‌ها و خدمات لازم در شبکه‌های ۴G را مورد بررسی قرار داده‌اند و در پایان خاطر نشان می‌کنند که این شبکه‌ها در پاسخ به پهنای باند مورد نیاز در آینده‌ای نزدیک ناتوان خواهند بود.

ژانفسکی و همکاران (۲) ضمن بررسی اصول و مفاهیم شبکه‌های ۵G به این شبکه‌ها به عنوان یک شبکه کاربر محور به جای اپراتور محور نگاه کرده و بیان می‌کند که در حالی که در شبکه‌های قبلی نیازهای اپراتورها به پاسخگویی به مخاطبان بیشتر بخش عمده‌ای از دلیل توسعه فناوری جدید بوده است اما در شبکه‌های نسل پنجم نیازهای کاربران این نیرو محرکه را فراهم می‌آورد.

پروفیسور شکیل اختر (۳) به بررسی و مقایسه شبکه‌های تلفن همراه از نسل دوم تا نسل پنجم پرداخته و ضمن بررسی خدمات مختلف قابل ارائه یا ارائه شده در هر شبکه رشد هیجان انگیز و باور نکردنی تمایل کاربران به استفاده از ویدئوی آنلاین را یکی از دلایل اصلی توسعه و نیاز به نسل‌های بعدی بر می‌شمارد.

ایشان همچنین با ارائه یک دیدگاه جدید بیان می‌کند که به ۵G هم می‌توان به شکل یک شبکه تکامل یافته از نسل قبل‌تر و هم یک شبکه انقلابی و جدید نگاه کرد. از نگاه تکامل تدریجی به ۵G این نسل توسعه‌ای از ۴G است که با پشتیبانی از قابلیت (Wireless World Wide Web (WWW) خدماتی مثل Dynamic Ad-hoc Wireless Network

و مانند آن می‌باشد و از این نظر این مطلب یکی از مهمترین نکات مورد توجه و دقت پژوهشگران این حوزه می‌باشد. بنابراین به نظر می‌رسد ارزیابی این نسل در ارائه خدمات مذکور از نظر کیفیت و بهبود نسبت به نسل‌های پیشین می‌تواند معیاری برای ارزیابی موفقیت این نسل و مقایسه سودمندی آن نسبت به نسل‌های پیشین از نظر تجربه کاربری باشد.

۲- تاریخچه نسل‌های تلفن همراه

۲-۱- اولین نسل ارتباطات

اولین نسل ارتباطات همراه که تماسها به صورت دستی و توسط اپراتور شرکت برقرار می‌شد. در این سیستم تنها امکان برقراری سه تماس به صورت همزمان وجود داشت. شرکت AT&T از سال ۱۹۶۵ با بهبود خدمات خود، امکان برقراری تعداد بیشتری تماس همزمان را فراهم کرد و مناطق بیشتری را تحت پوشش قرار داد. کاربران امکان یافتند که به جای تماس با اپراتور، از شماره گیر استفاده کنند. تکنولوژی سلولار برای ارتباط بهتر و وسیع‌تر تلفن‌های قابل حمل، در سال ۱۹۴۷ ابداع شد. از سال ۱۹۷۷ استفاده از این تکنولوژی در ارتباطات موبایل آغاز شد.

۲-۲- شبکه نسل اول

نسل اول کوتاه شده عبارت «نسل اول فناوری تلفن بیسیم» است. این استاندارد در سال ۱۹۸۰ مطرح شد و تا هنگام جایگزینی با تلفن‌های دیجیتال نسل دوم ادامه داشت. تفاوت اصلی بین دو سیستم تلفن همراه، نسل اول و نسل دوم این بود که شبکه‌های نسل اول از سیگنال‌های رادیویی آنالوگ استفاده می‌کردند در حالی که شبکه‌های نسل دوم از سیگنال‌های رادیویی دیجیتال استفاده می‌کنند.

(DAWN) را فراهم می‌آورد. اما از نگاه یک فناوری انقلابی ۵G یک فناوری هوشمند است که باید بتواند تمام دنیا را بدون هیچ محدودیتی به هم مرتبط کند. در این مقاله نیز چالش اصلی پیش روی فناوری ۵G پاسخ به نیاز روز افزون پهنای باند برای کاربران می‌باشد.

وانگ و همکاران (۴) به بررسی عوامل کلیدی که جهت توسعه شبکه‌های نسل پنجم مورد نیاز است پرداخته و با اشاره به کمبودهایی که شبکه‌های نسل چهارم از پاسخگویی به آنها ناتوانند پیشنهاداتی را ارائه می‌کنند. در این مقاله یکی از مهمترین نکات کلیدی در طراحی نسل پنجم توانایی پاسخگویی به نرخ داده بالای مورد نیاز جهت خدمات استریم در شبکه عنوان شده است.

روست و همکاران (۵) به بررسی نقش فناوری‌های مبتنی بر ابر در شبکه‌های ۵G برای دسترسی به انعطاف پذیری بیشتر پرداخته و با مبنا قرار دادن دو اصل افزایش دستگاه‌ها و پیچیدگی سرویس‌ها، این دو اصل را دو نکته کلیدی در موفقیت و نیز ارزیابی شبکه‌های 5G بر می‌شمارند. در اینجا نیز نکته کلیدی پیچیدگی سرویس‌ها به خدمات جدید از جمله تقاضا برای سرویس‌های استریم در شبکه‌های جدید اشاره دارد. بوشان و همکاران (۶) نیز به بررسی زیر ساخت‌های لازم جهت ارائه پهنای باند مورد نیاز کاربران در شبکه‌های ۵G پرداخته و با رویکردی مخابراتی این حیطه را مورد بررسی دقیق قرار داده‌اند. بنگرتر و همکاران (۷) با بررسی پیش بینی‌ها در مورد تعداد کاربران شبکه‌های ۴G؛ در سال‌های آتی و ارزیابی نیازهای آنان به ضرورت نیاز به توسعه ۵G بر اساس رشد تقاضای خدمات استریم و پیچیدگی خدمات مورد تقاضای کاربران تاکید داشته و به ساده سازی و مقرون به صرفه کردن تجهیزات برای پایدار ماندن خدمات شبکه و صنایع وابسته به آن تاکید می‌کند و در این رابطه توسعه استانداردها و زیرساخت‌های جدید برای ارائه تجربه کاربری کاملاً جدید را ضروری می‌دانند. با توجه به مطالب بیان شده می‌توان دریافت که یکی از اساسی‌ترین قابلیت‌های اعلام شده و مورد نیاز شبکه‌های ۵G پاسخگویی به تقاضای روز افزون کاربران به پهنای باند بیشتر جهت دسترسی به خدمات استریم

۲-۳- شبکه نسل دوم

شبکه‌های تلفن قدیمی (شبکه‌های سلولی نسل دوم) مانند GSM^۷، که فقط برای انتقال صوت مورد استفاده قرار می‌گیرند، ذاتاً دارای تکنولوژی سوئیچ مداری هستند. شبکه‌های نسل ۲،۵ مانند GPRS^۸، مدل گسترش یافته شبکه‌های نسل دوم هستند که از تکنولوژی سوئیچ مداری برای انتقال صوت و از سوئیچ بسته‌ای برای تبادل داده استفاده می‌کنند.

۲-۵- شبکه نسل چهارم

شبکه نسل ۴ با نام LTE در دنیا شناخته می‌شود، مهم‌ترین مزیت این شبکه‌ها نرخ داده با سرعت بالا است. در ارتباطات موبایل با جابجایی‌های بسیار بالا، شبکه‌های نسل چهارم می‌توانند سرعتی بالغ بر ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه را ارائه دهند و در شبکه‌های موبایلی که جابجایی آنها کم است یا حتی ثابت هستند این سرعت می‌تواند بالغ بر یک گیگابیت بر ثانیه هم باشد.

۲-۴- نسل سوم شبکه‌ها

کلمه ۳G توضیحی برای نسل سوم تکنولوژی ارتباطی سیار (سلولار آنالوگ برای نسل اول و دیجیتال PCS برای نسل دوم) است. شبکه‌های نسل سوم قصد داشتند مشکلات متعددی که نسل‌های ۲ و ۲،۵ با آن روبرو شده بودند را بر طرف کنند. از جمله این مشکلات می‌توان به سرعت پایین و وجود فناوری‌های ناهمخوان و سازگار ناپذیر در کشورهای مختلف اشاره کرد. نسل سوم شبکه‌ها، شبکه‌ای با فناوری سلولی است که علاوه بر تماس‌های تلفنی و دسترسی به اینترنت پرسرعت واقعی، منطقه وسیعی را هم پوشش می‌دهد. برخی از امکانات نسل سوم تلفن همراه به این شرح است:

۲-۶- شبکه نسل پنجم

انتظار می‌رود در شبکه‌های نسل پنجم سرعت آپلود و دانلود از مرز یک گیگابیت بر ثانیه بگذرد. این رقم در شبکه‌های نسل چهارم معادل ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه تعریف شده است. این رقم که بسیار سریعتر از سرعت تبادل داده از طریق شبکه‌های اینترنت فعلی در بسیاری از کشورهای جهان است دسترسی به تمامی خدمات فعالی را که تنها از طریق شبکه اینترنت در دسترس است را ممکن می‌کند که از جمله آنها می‌توان به خدمات پیشرفته ویدیویی مانند ویدیو کنفرانس، تماشای هزاران شبکه تلویزیونی ماهواره‌ای و اینترنتی با کیفیت عالی، بهره‌مندی از سرویس‌های چند رسانه‌ای آموزش الکترونیک، بارگذاری ده‌ها گیگابایت اطلاعات در عرض چند دقیقه و ... اشاره کرد.

- نمایش تصویری و ویدیو کنفرانس
- اینترنت پر سرعت روی موبایل
- تماس و ارتباط صوتی
- انتقال پیام
- تشخیص موقعیت جغرافیایی
- چت

سرعت تبادل داده در شبکه‌های مخابراتی با رشد بسیار سریعی مواجه بوده است. این رقم در شبکه‌های نسل اول تنها ۲،۱ کیلوبیت بر ثانیه بود که در شبکه‌های نسل دوم به ۹،۶ کیلوبیت بر ثانیه و در شبکه‌های نسل سوم به ۳۸۴ کیلوبیت بر ثانیه و سپس بیش از دو مگابیت بر ثانیه افزایش یافت. این رقم در شبکه‌های نسل چهارم ۱۰۰ مگابیت بر ثانیه بود و در شبکه‌های نسل پنجم هم به یک گیگابیت بر ثانیه خواهد رسید. باید توجه داشت که سازگاری این استاندارد با IPv6 یا پروتکل اینترنتی نسخه ۶ یکی از مهمترین مزایای آن محسوب می‌شود (۸).

⁷ Global System for Mobile communication

⁸ General Packet Radio Service

۳- چالش‌ها و جهت توسعه

در این بخش پیرامون برخی چالش‌های موجود در توسعه شبکه تلفن همراه و همچنین مشخص کردن روند آینده و راه حل‌هایی که ممکن است به بهبود عملکرد شبکه کمک نماید، بحث خواهیم کرد.

۳-۱- ارتباط ماشین با ماشین

علاوه بر تکامل شبکه، تحولات دستگاه‌ها که بیشتر و بیشتر قدرتمند می‌شوند مشاهده می‌شود، چشم اندازهای بیسیم در آینده نه تنها به کاربران تلفن همراه از طریق تلفن‌های هوشمند، تبلت و کنسول‌های بازی سرویس خواهند داد بلکه تعداد بسیار زیادی از هر دستگاه مانند ماشین، پایانه‌های شبکه هوشمند، دستگاه نظارت بر سلامت و لوازم خانوار به زودی به اینترنت نیاز خواهند داشت.

تخمین زده می‌شود که M2M^۹ ترافیک را ۲۴ برابر در بین سالهای ۲۰۱۲ تا ۲۰۱۷ افزایش خواهد داد (۹). ارتباط M2M در حال حاضر اغلب در نظارت ناوگان یا ردیابی وسایل نقلیه استفاده می‌شود. چنین حسگرهایی قابلیت نظارت مستمر پزشکان به رفتار و حالات بیمارانشان را می‌دهد تا بحث درمان را بهبود و تسریع سازد و موجب کاهش هزینه‌های درمان شود، که از راه دور بدون احتیاج به رفتن به بیمارستان با استفاده از شبکه‌ی بدن که در آن از تعدادی سنسور بیسیم، که از طریق پوست و هم از طریق کاشت، پارامترهای سلامت بیمار را ثبت می‌کند و گزارش‌ها را برای پزشک می‌فرستد، به زودی به واقعیت تبدیل می‌شود که بخش مهمی از نمونه نسل پنجم است. بنابراین به منظور ارائه خدمات الکترونیکی سلامت، نسل پنجم به پهنای باند بالا نیاز دارد.

۳-۲- چالش ظرفیت

با سرویس‌های پهنای باند جدید و تقاضای بالا برای داده‌های تلفن همراه، سیستم‌های بیسیم در آینده به ظرفیت بسیار بالاتر از چیزی که امروز ارائه می‌شود نیاز دارد. سه راه عمده افزایش ظرفیت یعنی استقرار متراکم، باندهای طیف‌های اضافی و راندمان اختصاصی بالا است. یکی از طرح‌های پیشنهادی شامل استفاده از باند نوری مرئی است که در آن آل ای دی‌ها می‌توانند هر دو منبع نور و کانون باشند (۱۰). این فناوری هنوز کامل نشده است ولی متراکم سازی و توسعه سلول‌های کوچک و سناریوی ارتباط وسایل نقلیه توجه بیشتری می‌خواهد. همانند بیمارستان و هواپیما و به طور کلی پوشش داخلی به طور قابل توجهی پیشرفت می‌کند. به عنوان مثال ارتباطات می‌توانند استراق سمع شوند مگر اینکه مهاجم تماس تصویری با فرستنده داشته باشد. پتانسیل زیادی در باندهای طیف بسیار بالا به عنوان مثال ۲۸ یا ۶۰ گیگا هرتز موجود است که پهنای باند بالا را ارائه می‌دهد و نرخ‌های داده‌های بالاتر را پشتیبانی می‌کند.

باند طیف جدید به تنهایی برای برآوردن خواسته‌های ترافیک آینده کافی نخواهد بود. از این رو بهره‌وری طیفی باید افزایش قابل توجهی داشته باشد که طرح‌های دسترسی چندگانه مانند تکنیک‌های چند آنتن پیشرفته تشکیل شعاع و ورودی و خروجی چندگانه عظیم همراه با طیف قابل اشتراک گذاری هستند که توانمندسازهای کلیدی برای دستیابی به بهره‌وری طیف بالاتر است (۱۱).

تکنیک‌هایی مانند حامل ادغام و مختصات چند نقطه ظرفیت شبکه را افزایش می‌دهد ولی نیاز به هماهنگ سازی بسیار محکم و قطع طیف متعامد است.

۳-۳- دسترسی محلی منطقه‌ای پیشرفته

راه حل‌های سلول کوچک و شبکه متراکم‌تر به عنوان یک مفهوم برای مقابله با رشد ترافیک در سالهای آینده است. شبکه‌های ناهمگن که در آن سلولهای بزرگ جایگزین تعدادی از سلولهای کوچک می‌شود مانند *metrocells* و *picocells* و *femtocells* که قبل از این برای بالا بردن افزایش ظرفیت

⁹. Machine-to-machine

BS۱۳ با کمترین هزینه با توجه به عواملی مانند خنک کننده، اجاره سایت و پردازش سیگنال می‌پردازد.

۳-۵- خود سازمان دهی و شبکه‌های شناختی

با توجه به افزایش پیچیدگی شبکه با استانداردهای جدید، معماری شبکه را پیچیده کرده است و آن یکی از چالش‌های عمده در شبکه‌های تلفن همراه است. SON گرایش و یکی از تمرکزهای اصلی در نسخه LTE و به طور خودکار یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت است که باعث افزایش سرعت و کاهش هزینه‌های بهره برداری می‌شود. SON سه ویژگی متمایز دارد، مثلاً خود سازماندهی، خود بهینه سازی و خود سلامتی. برای پشتیبانی رفتار SON تعدادی از الگوریتم‌های مختلف می‌تواند تکمیل شود، به عنوان مثال کسانی که مسئول حفظ تعادل بار و یا بهینه سازی پوشش هستند. اگر بهره برداری از منابع در یک سلول بالاتر از حد برود، این باعث تحویل برخی از اتصالات می‌شود تا که آنها را به سلول همسایه به حرکت وا می‌دارد، مثلاً اگر تداخل بیش از حد بالا باشد، BS ممکن است قدرت انتقال آن را تنظیم کند. این روش می‌تواند در تمام سلول منجر به توزیع ترافیک یکنواخت‌تر و بهبود پوشش شبکه شود. هنگامی که به بحث خود سلامتی مربوط می‌شود. عیب شبکه همانند پوشش سوراخ در نظر گرفته می‌شود، به هر حال خطاهای سخت افزاری به عنوان مثال در BBUs است که در زیر ساخت‌های مخابراتی غیر معمول نیست.

تا کنون این نوع عیب نیاز به تعمیر دستی داشته که معمولاً گران و وقت‌گیر است. علل اتلاف وقت اپراتور به دلیل از کار افتادگی است. در پیشنهاد DNA الکترونیکی برای سخت افزار است که توسط خواص بیولوژیکی و فرآیندهایی به ویژه خود درمانی الهام گرفته است. معماری eDNA متشکل از یک

اثبات شده بود. ردیف کم توان گره‌ها به عنوان دسترسی محلی می‌تواند پوشش را به طور خیلی مهمی افزایش دهد و ظرفیت شبکه‌های تلفن همراه را بالا ببرد (۱۲).

شبکه‌های متراکم بزرگ‌تر چالش‌های بیشماری به طور عمده از نظر تحرک مطرح می‌کند. مفهوم سلول حیاتی یکی از توانمندسازهای کلیدی بر کامل کردن هم ردیف شبکه و مقابله با چالش‌های پژوهش حاضر مربوط به تحرک است، آن به این موضوع که توسط جدا سازی داده‌ها و کنترل هواپیماها در سلول‌های کوچک می‌پردازد. مفهوم پیشنهادی با استفاده از باند فرکانس‌های مختلف برای ردیف سلول‌های مختلف (5.3 GHz و بالاتر برای سلول‌های کوچک)، به طوری که تداخل مشکلات می‌تواند در استقرار فوق العاده متراکم کاهش پیدا کند. علاوه بر این جهات شامل مطالعه ایده آل و همچنین راه حل غیر ایده آل برای سلول‌های کوچک است.

از آن جاییکه LTE تعامل با هر دو 3GPP^{۱۰} و فناوریهای 3GPP را پشتیبانی می‌کند بر اساس تکنولوژی و استاندارد IEEE 802.11 با برخی از اصلاحات می‌تواند تعداد خود را در شبکه‌های تلفن همراه افزایش دهد و به تعادل ترافیک از طریق فن آوری کارآمد بارگذاری خاموش کمک کند. همچنین Cisco تخمین می‌زند که در هر سال ۸۰۰ میلیون دستگاه WiFi جدید اضافه می‌گردد (۱۳).

۳-۴- معماری دسترسی شبکه رادیویی جدید

با افزایش ترافیک داده نیاز به ظرفیت بالاتر و نقشه‌های صاف (فلت) به کاربران نهایی ارائه می‌شود، اپراتورها نیاز به جستجوی منفعت برای کاهش CAPEX^{۱۱} و OPEX^{۱۲} و برای کاهش هزینه در هر بیت دارند. در داخل شبکه تلفن همراه، تمرکز اصلی آن بر روی کاهش هزینه است که به تولید

¹⁰. 3rd Generation Partnership Project

¹¹. Capital expenditures

¹². operating expenses

شده است. معرفی یک راه حل جدید مبتنی بر نرم افزار بسیار سریعتر از نصب یک دستگاه تخصصی اضافی با قابلیت خاص است. هر دو راه حل سازگاری شبکه را به راحتی بهبود می‌بخشد. به عنوان یک نتیجه از عمل ساده‌تر، می‌توان استقرار پویاتر و سریعتر از ویژگی‌های شبکه‌های جدید انتظار داشت.

۴- مفهوم کیفیت سرویس

با وجود اینکه کیفیت سرویس اخیراً به مسئله‌ای مهم در بین محققان شبکه تبدیل شده، هوز هم ابهاماتی در شیوه فهم و تعریف آن وجود دارد. بطور کلی کیفیت سرویس به معنی ارائه سرویس سازگار و قابل پیش بینی به منظور تأمین نیازهای کاربردهای مختلف است.

کیفیت سرویس را از دو دیدگاه می‌توان مشاهده نمود: کاربران شبکه و تأمین کنندگان سرویس شبکه. هر یک از این دو دارای اهداف کیفیت سرویس متفاوتی هستند. آنچه که یک کاربر شبکه نیاز دارد، دسترسی به حداکثر پهنای باند با کمترین هزینه ممکن است. از طرف دیگر، هدف تأمین کننده شبکه به حداکثر رساندن کارایی شبکه همزمان با برطرف کردن نیازهای کیفیت سرویس همه کاربران به صورت همزمان است.

پارامترهای متداول کیفیت سرویس که برای توصیف کارایی شبکه بکار می‌روند عبارتند از:

پهنای باند، تأخیر، واریانس تأخیر، درصد دور ریختن و بهره‌وری.

۵- ساختار شبیه سازی

ما در این پژوهش برای شبیه سازی از نرم افزار NS ویرایش ۲,۳۳ استفاده کرده‌ایم. شبیه ساز NS2 یکی از محبوب‌ترین شبیه‌سازهای متن‌باز شبکه است. به منظور تحقیقات شبکه از NS استفاده می‌شود و یک شبیه‌ساز discrete event می‌باشد (۱۴).

به دلیل پشتیبانی این شبیه ساز از LTE و انعطاف پذیری آن در تغییر پارامترهای مختلف شبکه، ما از آن برای شبیه سازی پروژه خود بهره برده‌ایم.

تعداد واحد پردازش است که در اصطلاح سلول الکترونیکی می‌نامند. بنابر این هر سلول دارای یک کپی از یک برنامه است. SON به عنوان مسئول وظیفه دار است. در صورت شکست، قطعه‌ای از کد یک سلول معیوب به یکی از آنهایی که بیکار است نقشه پردازش می‌کند. این رفتار خود تعمیری سلول را راه اندازی می‌کند به طوریکه اجرا را می‌توان ادامه داد، که باعث افزایش استحکام سیستم و طول عمر آن است. این فناوری می‌تواند بیشمار به کار برده شود، و به طور وضوح نسل بعدی سناریوی ارتباط از راه دور یکی از آنهاست.

گام بعدی که در خود سازماندهی معرفی می‌شود بوسیله رویکردهای شناختی، که در آن مدیریت اندازه گیری قادر به یادگیری بر اساس مشاهدات گذشته و حال معرفی شده است. این راه خود سازماندهی است که توسط الگوریتم از پیش تعریف شده محدود نیست و یک سیستم قادر به تنظیم به هر شرایط غیرمنتظره است. به تازگی یک رویکرد جدید معرفی شده است، که در آن گره‌های یک شبکه نیز توانایی تدریس را داشته باشد. با اجرای الگوریتمهای یادگیری ماشین، آنها قادر به تبادل اطلاعات و آموزش از یکدیگر می‌شوند که فرایند خود یادگیری را تسریع می‌کند و منجر به همگرایی سریع‌تر می‌شود.

۳-۶- مجازی سازی هسته شبکه

حرکت به سمت تغییرات نسل پنجم نه تنها در شبکه دسترسی رادیویی بلکه در شبکه‌های اصلی CN که در آن رویکردهای جدید به طراحی شبکه مورد نیاز برای ارائه اتصال به رشد تعدادی کاربران و دستگاه‌ها تحمیل می‌کند. روند این طور است که جدا کردن سخت افزار از نرم افزار و حرکت توابع شبکه به نسبت یک دوم است. نرم افزار تعریف شبکه SDN که توسط شبکه بنیاد گسترش استاندارد فرضیه جدایی سازی کنترل و داده صاف ارائه می‌شود. در نتیجه به لطف تمرکز و برنامه ریزی، تعمیرات تا حد زیادی خودکار می‌باشد. علاوه بر این تلاشهای استاندارد با هدف تعریف توابع شبکه مجازی سازی بر اساس شرکای صنعتی مختلف از جمله اپراتورهای شبکه و فروشندگان تجهیزات در ETSI انجام

۵-۱- توپولوژی

SERVER

سرورها زیر ساخت شبکه را تشکیل می‌دهند. در شبیه سازی ما این سرورها سرویس‌های لازم را فراهم آورده و به کاربران اجازه می‌دهند تا به اینترنت دسترسی داشته باشند. ارتباطات بر اساس پروتکل VoIP انجام می‌شود، داده‌ها به سرور ارسال شده و آن سرور تسهیلات لازم برای ارتباط دو یا چند کاربر از طریق اینترنت را فراهم می‌آورد.

Access Gateway (AGW)

دروازه‌های دسترسی همتای آنالوگی برای مسیریاب‌ها در شبکه‌های WIFI می‌باشند. AGW انتقال داده را به گونه‌ای میسر می‌سازد که آن‌ها می‌توانند به سرورها دسترسی پیدا کنند. افزون بر این AGW ها همچنین می‌توانند خدمات با پهنای باند بالا را فراهم آورده و عملکردهای شبکه هسته (Core) را انجام دهند.

eNodeB

eNodeB ها سیستم‌های پایه ارسال کننده و بهبود یافته‌ای هستند که واسطه‌ای برای LTE را فراهم می‌کنند. اساساً eNodeB ها سیگنال‌هایی فراهم می‌آورند که دستگاه‌های موبایل مثل تلفن‌های هوشمند، در زمان تبادل اطلاعات با اینترنت می‌توانند از آنها استفاده نمایند.

اتصالات LTE

ما در این شبیه سازی برای شبیه سازی عملکردهای NS2 ماژولی که برای شبیه سازی LTE در NS۲,۳ طراحی شده و برای استفاده با نام LTEsim در گیت هاب قرار دارد را نصب کرده و از آن استفاده نموده‌ایم. با استفاده از ماژول نصب شده ما قادر بودیم تا با استفاده از دو لینک simplex با صف‌های LTEQueue, AGW ها را به eNodeB ها متصل کنیم:

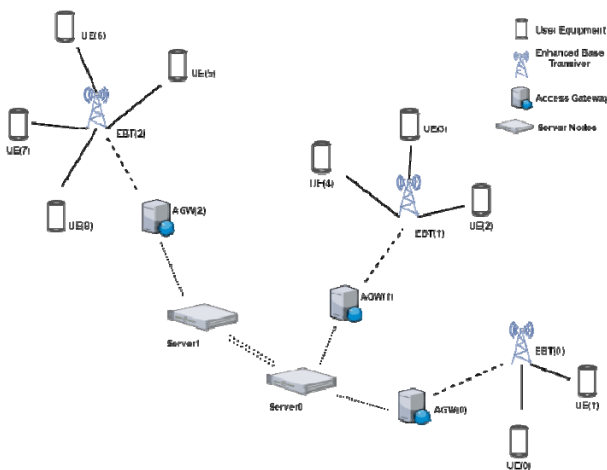
```
ns simplex-link $eNB $aGW2 5Gb 10ms $
LTEQueue/ULS1Queue
ns simplex-link $aGW $eNB2 5Gb 10ms $
LTEQueue/DLS1Queue
که در آن ULS1Queue برای آپلود کردن و
```

DLS1Queue برای دانلود کردن می‌باشد.

نودهای UE (User Equipment) با eNodeB با استفاده از لینک‌های simplex با ULAirQueue و DLAirQueue متصل شده‌اند تا ارتباطات بیسیم را شبیه سازی نمایند.

۵-۲- شبیه سازی

VoIP به معنی انتقال داده‌های صوتی روی شبکه‌های مبتنی بر IP می‌باشد. در این شبیه سازی ما VoIP را با پروتکل UDP پیاده سازی کرده‌ایم. ما عامل UDP را ضمیمه کرده و همه دستگاه‌های کاربران را برای ارسال و دریافت داده‌های صوتی با استفاده از آن هماهنگ کرده‌ایم. در شکل ۱ توپولوژی شبکه نشان داده شده است.



شکل ۱: توپولوژی شبکه

تماس یک به یک

ما در ابتدا کار را با تماس‌های راه دور با تبادل داده‌های صوتی بین دو نود کاربری متعلق به دو سرور متفاوت آغاز کرده‌ایم. ما UE(3) را به UE(5) متصل کرده‌ایم. همچنین یک تماس محلی را با تبادل داده‌های صوتی بین UE(0) و UE(2) که هر دو متعلق به یک سرور هستند پیاده سازی نموده‌ایم. شبیه سازی برای تماس‌های یک به یک در ثانیه ۱,۰ شروع شده و در ثانیه ۱۴,۰ خاتمه می‌یابد.

ارزیابی شبکه‌های نسل پنجم موبایل در ارائه ...

۵-۳- جزئیات شبیه سازی

همه داده‌های شبیه سازی با استفاده از کلاس **LossMonitor** که از کلاس‌های درونی **NS2** است جمع آوری شده. کلاس **LossMonitor** می‌تواند به یک سینک (**SINK**) ضمیمه شود تا زمان رسیدن آخرین بسته‌ها، تعداد بسته‌ها، تعداد بسته‌های گم شده و تعداد بایت‌های رسیده برای آن سینک خاص را بازیابی نماید.

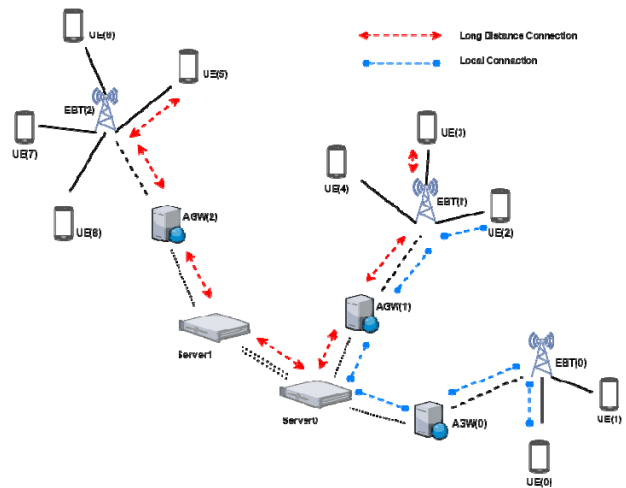
همه داده‌های بازیابی شده از **LossMonitor** در متغیر هایی ذخیره شده‌اند و با استفاده از این متغیر ها ما قادر بودیم تا میزان خروجی، نرخ گم شدن بسته‌ها، تأخیر و بی ثباتی در شبیه سازی‌مان را محاسبه نماییم.

۶- تحلیل نتایج شبیه سازی

۶-۱- میزان خروجی (**Throughput**)

همانگونه که در شکل (۴) دیده می‌شود، دو سطح متفاوت در گراف وجود دارد. این نتیجه با شبیه سازی ما سازگار است چرا که در ابتدا تنها تماس‌های منفرد (محلّی یا بین‌المللی) وجود دارد. اما پس از ۱۵ ثانیه گراف به سطح کاملاً بالاتری منتقل می‌شود. این سطح بطور آشکارا مربوط به افزایش تعداد بسته‌های داده‌ای است که در مکالمات گروهی مبادله می‌شود که خود از نودهای بسیاری تشکیل شده که اطلاعات را به یکدیگر ارسال و یا از هم دریافت می‌نمایند.

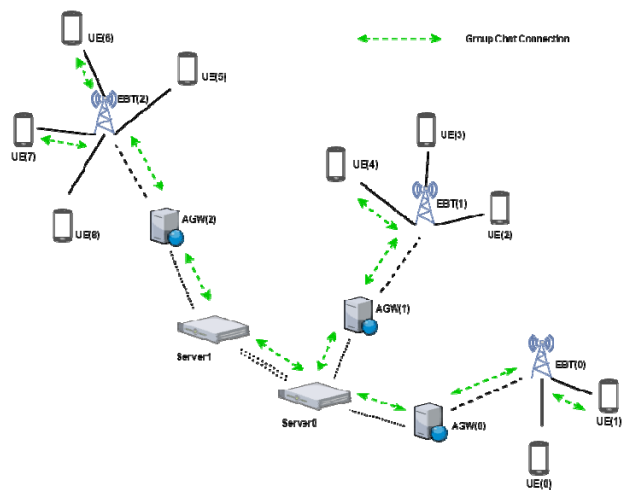
همچنین مشاهده می‌شود که رفتار کلی در شبکه **۵G** همانند شبکه **LTE** می‌باشد با این تفاوت که سطح خروجی بسیار بالاتر است. که این امر با توجه به پهنای باند بالا و تأخیر انتشار کمتر در شبکه **۵G** منطقی و قابل قبول می‌باشد.



شکل ۲: تماس یک به یک

مکالمه گروهی

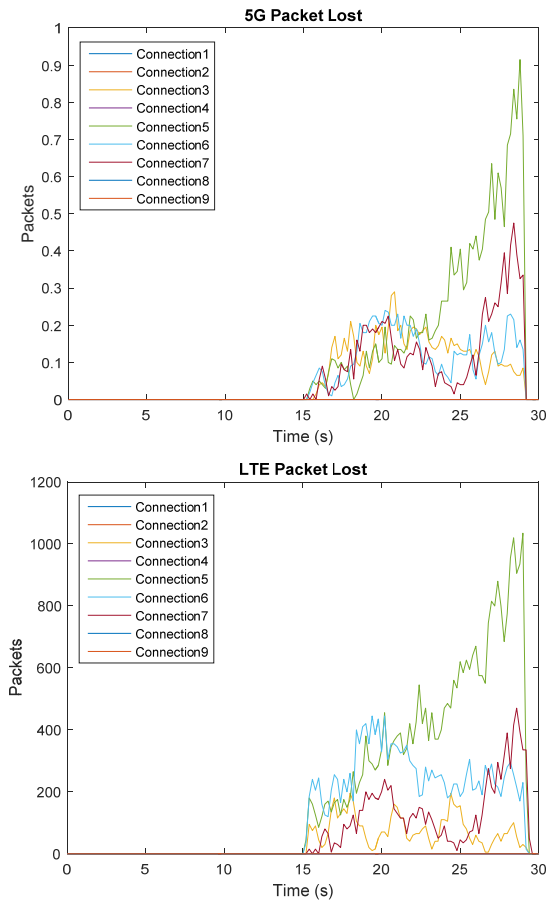
ما شبیه سازی مکالمه گروهی را بین ثانیه‌های ۱۵,۰ تا ۳۰,۰ انجام داده‌ایم. در این حالت ما داده‌های صوتی را بین UE(1), UE(6), UE(7) و UE(4) مبادله نموده‌ایم.



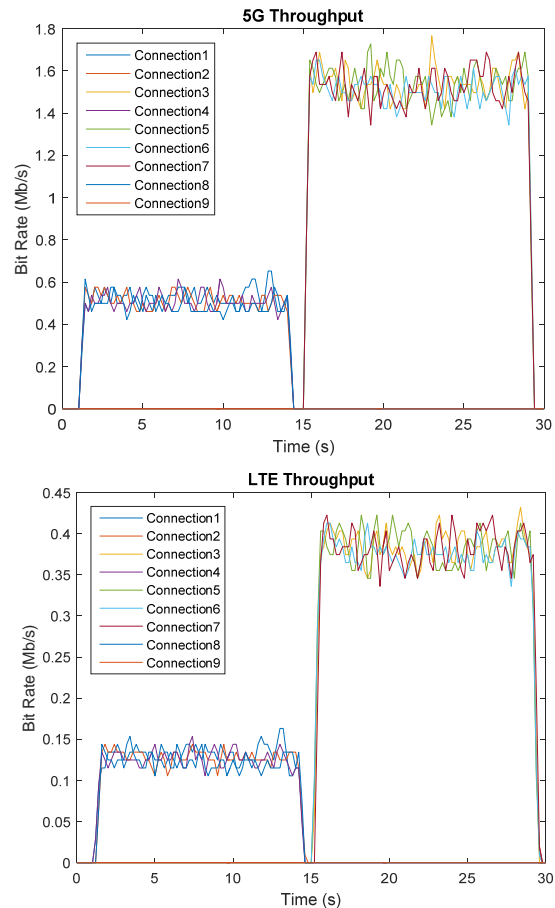
شکل ۳: مکالمه گروهی

اتصالات ۵G

به منظور شبیه سازی اتصالات **۵G** توان شبکه را ۴ برابر کرده‌ایم به این معنا که تأخیرهای زمانی موجود بین انواع مختلف نودها را به یک چهارم رسانده و همزمان پهنای باند را ۴ برابر کرده‌ایم.



شکل ۵: نرخ گم شدن بسته‌ها



شکل ۴: توان خروجی

۳-۶- تأخیر انتها به انتها (End-to-End)

(Delay)

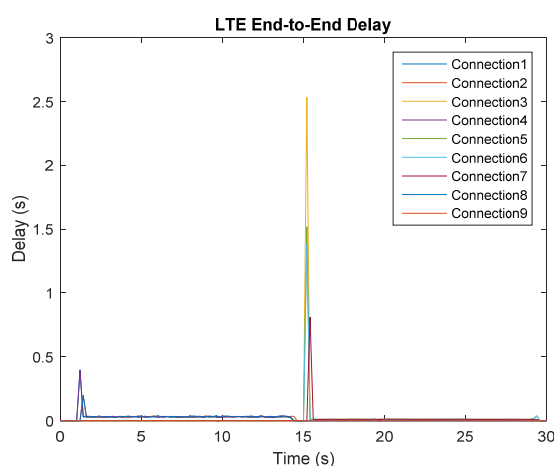
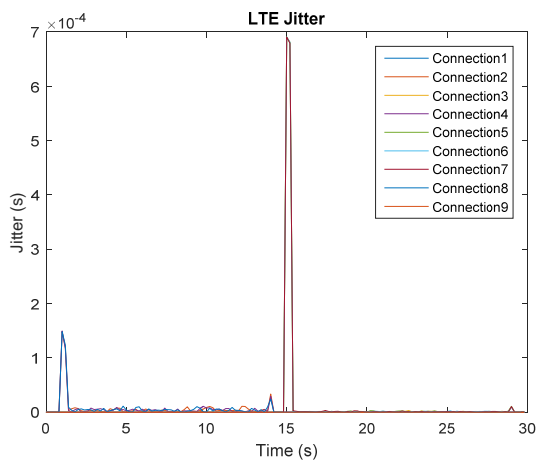
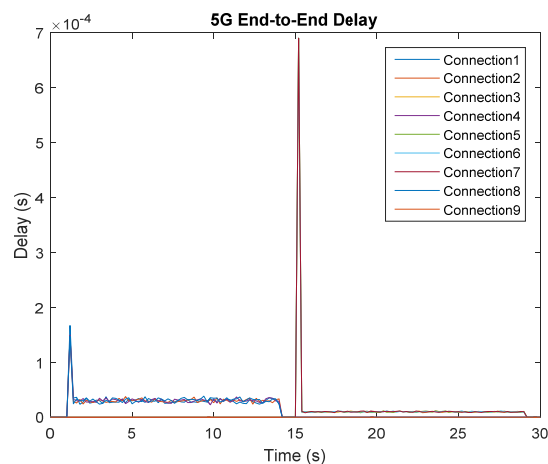
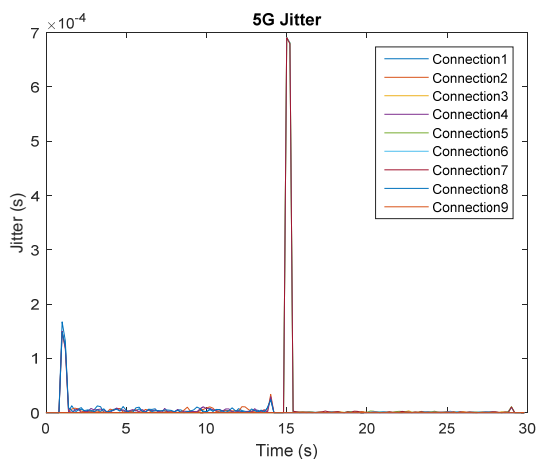
نتایج مربوط به تأخیر انتها به انتها در شکل (۶) نشان داده شده است. جهش‌های ناگهانی و نوسان شدید در گراف مربوط به زمان صرف شده برای تنظیم پنجره ارتباط است. نکته قابل توجه آنست که در مکالمات گروهی میزان تأخیر به دلیل ماهیت همه پخشی بسته‌ها کمتر از مکالمات فرد به فرد می‌باشد.

در مورد ۵G تنظیم پنجره ارتباط در زمان بسیار کوتاهتری صورت می‌پذیرد و در مجموع نرخ تأخیر انتها به انتها بسیار کمتر از LTE می‌باشد.

۲-۶- نرخ گم شدن بسته‌ها (Packet Lost)

همانگونه که در شکل (۵) نشان داده شده است، نرخ بسیار بالایی از گم شدن بسته‌ها در هنگام شروع جلسات مربوط به مکالمه گروهی اتفاق می‌افتد. این نتایج با شبیه‌سازی‌های ما سازگار است زیرا هنگامیکه جلسات مکالمات گروهی رخ می‌دهد، بطور آشکار استرس بسیار بیشتری روی ورودی لینکهای سیمی و بیسیم برای ارسال بسته‌ها بوجود می‌آید.

همچنین در حالت کلی رفتار ۵G مشابه LTE می‌باشد اما در اینجا به دلیل استفاده از صفهای مربوط به LTE در این شبیه‌سازی نرخ بالای گم شدن بسته‌ها قابل توجه می‌باشد. در صورت استفاده از مسیریابهای با پردازش موازی و بوجود آمدن امکان پردازش همزمان چندین صف، می‌توان نتایج واقعی‌تری انتظار داشت.



شکل ۷: نرخ بی ثباتی

شکل ۶: تأخیر انتها به انتها

۷- نتیجه گیری

به منظور تدوین این گزارش ما دو شبیه سازی از انتقال داده VoIP توسط نرم افزار SKYPE را در نرم افزار ns2.33 شبیه سازی کرده‌ایم. و به طور موفقیت آمیزی داده‌های مربوط به توپولوژی‌های LTE و 5G را جمع آوری نمودیم. بر اساس داده‌های بدست آمده مشخص می‌شود که رفتار هر دو فناوری در توان خروجی، تأخیر و بی ثباتی مشابه یکدیگر می‌باشد. اما تفاوت فاحش کارایی در انتقال بسته‌های استریم از تفاوت در میزان تأخیر و بی ثباتی مربوط به دو فناوری قابل مشاهده است.

آنچه که در نهایت می‌توان استنباط کرد اینست که هر پیاده سازی واقعی از 5G در بدترین حالت باید چندین برابر نسبت به LTE از نظر کارایی در ارسال جریان استریم، بهتر و موثرتر باشد و با توجه به اینکه با چهار برابر کردن پهنای باند در این شبیه سازی، تغییر قابل توجهی در کارایی شبکه در انتقال

۶-۴- بی ثباتی (Jitter)

Jitter یا نرخ بی ثباتی تفاوت در تأخیر بسته‌های دریافتی می‌باشد. به منظور محاسبه بی ثباتی هر سینک ما به سادگی فایل‌های مربوط به تأخیر را که قبلاً بدست آورده‌ایم در برنامه متلب وارد کرده و تفاوت بین هر سطر از زمانهای تأخیر را محاسبه نموده‌ایم. همانگونه که در تصویر مشخص است نرخ بی ثباتی در 5G به مراتب کمتر از LTE می‌باشد که با توجه به محاسبه نرخ بی ثباتی از تأخیر انتها به انتها، این نتیجه منطقی و قابل قبول می‌باشد. در شکل (۷) نوسان‌های شدید در تأخیر در ابتدای شروع مکالمه مربوط به زمان صرف شده برای تنظیم پنجره ارتباط می‌باشد. نکته مهم در این نمودار آن است که از آنجا که بخش مهمی از تأخیر ناشی از زمان انتظار در صف می‌باشد، و با توجه به اینکه ما سیستم صف بندی LTE را تغییر نداده‌ایم، به همین دلیل در میزان بی ثباتی بین 5G و LTE تفاوت معناداری مشاهده نمی‌شود.

4. Cheng-Xiang Wang, Haider, F., Gao, X., You, X.-H., Yang, Y., Yuan, D., Aggoune, H.,... Hepsaydir, E. (2014). Cellular Architecture and Key Technologies for 5G Wireless Communication Networks. *IEEE Communications Magazine*, 122-130.
5. Rost, P., Bernardos, C., Domenico, A., Girolamo, M., Lalam, M., Maeder, A.,... Wübben, D. (2014). Cloud technologies for flexible 5G radio access networks. *IEEE Communications Magazine*, 68-76.
6. Bhushan, N., Li, J., Malladi, D., Gilmore, R., Brenner, D., Damnjanovic, A.,... Geirhofer, S. (2014). Network densification: the dominant theme for wireless evolution into 5G. *IEEE Communications Magazine*, 82-89.
7. Bangerter, B., Talwar, S., Arefi, R., & Stewart, K. (2014). Networks and devices for the 5G era. *IEEE Communications Magazine*, 90-96.
8. J. Kempf, "Moving the Mobile Evolved Packet Core to the Cloud", 2012 IEEE 8th Int'l. Conf. Wireless and Mobile Computing Networking and Commun., pp. 784-91, 2012.
9. Shokrollahi, "Raptor codes," *IEEE Transaction Information Theory*, vol. 52, no. 6, Jun. 2006, pp. 2551-2567
10. M. Afgani, H. Haas, H. Elgala, and D. Knipp, "Visible Light Communication using OFDM" in Proc. of the 2nd International Conference on Testbeds and Research Infrastructures for the Development of Networks and Communities (TRIDENTCOM), Barcelona, Spain, March 1-3 2006, pp. 129-134.
11. X. Wang, "Cache in the Air: Exploiting Content Caching and Delivery Techniques for 5G Systems", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 52, no. 2, pp. 131-39.
12. V. Chandrasekhar, J. G. Andrews, and A. Gatherer, Femtocell networks: A survey, *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 9, pp. 59-67, September 2008.
13. "Cisco visual network index: Global mobile traffic forecast update", 2012, [online] Available:

استریم به وجود آمد می‌توان نتیجه گرفت که بدترین پیاده سازی 5G به مراتب کارایی بالاتری نسبت به LTE خواهد داشت.

همچنین در مورد نرخ بی ثباتی هر دو فناوری تقریباً رفتاری مشابه دارند. این امر به دلیل استفاده از یک نوع سیستم مدیریت صف در مورد هر دو فناوری می‌باشد. به نظر می‌رسد در صورتیکه از صفهای چندگانه یا سیستم پردازش موازی برای صف بندی استفاده شود، در این بخش نیز تفاوت کارایی قابل توجهی را مشاهده خواهیم کرد.

به صورت خلاصه می‌توان گفت با توجه به اینکه فناوری LTE و 5G به جز در مورد پهنای باند تقریباً در سایر موارد ساختاری مشابه دارند، بنابراین به شرط حذف گلوگاه‌هایی مثل سیستم صف بندی می‌توان انتظار داشت که کارایی 5G نسبت به LTE رفتاری خطی و متناسب با افزایش پهنای باند را دنبال خواهد کرد.

سپاسگزاری

شکر شایان نثار ایزد منان که توفیق را رفیق راهم ساخت تا این مقاله را به پایان برسانم. از استاد فاضل و اندیشمند جناب آقای دکتر حسین مؤمن زاده حقیقی به عنوان استاد راهنما که همواره نگارنده را مورد لطف و محبت خود قرار داد، کمال تشکر را دارم.

مراجع

1. Santhi, K., Srivastava, V., SenthilKumaran, G., & Butare, A. (2003). Goals of true broad band's wireless next wave (4G-5G). *Vehicular Technology Conference, 2003. VTC 2003-Fall. 2003 IEEE 58th*, 2317 - 2321.
2. Janevski, T. (2009). 5G Mobile Phone Concept. *Consumer Communications and Networking Conference, 2009. CCNC 2009. 6th IEEE*, 1-2.
3. Akhtar, S. (2009). 2G-5G Networks: Evolution of Technologies, Standards, and Deployment. Clayton: Information Technology Department Clayton State University.

15. Y. Andreopoulos, N. M. (2014). Cross-Layer Optimized Video Streaming over Wireless Multi-Hop Mesh Networks. *IEEE JSAC*, vol. 24.
16. Q. C. Li,.. (2014). 5G Network Capacity: Key Elements and Technologies. *IEEE Vehicle Technology Magazine*, 71-78.
17. Andrews, J. B. (2014). What Will 5G Be? *IEEE JOURNAL ON SELECTED AREAS IN COMMUNICATIONS*, 1065-1082.
14. G. A. Abed, M. Ismail, and K. Jumari, "A Realistic Model and Simulation Parameters of LTE-Advanced Networks," Faculty of Engineering and Built Environment, National University of Malaysia, Selangor, Rep. ISSN:2278-1021, Aug. 2012.
http://www.cisco.com/en/US/solutions/colateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.html.