

ارزیابی شبکه انتقال داده در دو تکنولوژی وایمکس (Wimax) و نسل پنجم (5G)

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: ۹۵/۱۲/۱۸ تاریخ پذیرش: ۹۶/۲/۳

چکیده

شبکه **4G** فعلی برای سلولهای کوچک بی قاعده طراحی نشده بودند. بر اساس سیر تکاملی بلند مدت که وقفه زمان مخیره یک میلی ثانیه و پیشوند تناوبی حدود ۵ میلی ثانیه است این امر باعث شده است. به علاوه رابط درون سلول به مقدار زیادی توسط آرایش طرحریزی شده کنترل شده است. با توسعه سریع فناوریهای بیسیم، مفهوم نسل پنجم سیستمهای ارتباطی مطرح شد؛ که با این پیشرفت هر یک از مشترکان مخابراتی می توانند با سرعت ۱۱ هزار گیگابیت در ثانیه به اینترنت متصل شوند. در این بستر، سیستمی که برای پیاده سازی آن مورد استفاده قرار گرفته است، گرههایی که بستههای اطلاعاتی را جا به جا می کنند کاملاً هوشمند هستند و الگوریتم هوشمندسازی گرهها براساس مسیر و مقصد می باشد. این سیستم باعث می شود تا دادهها بسیار هوشمندانه مسیریابی شده و با سرعت و امنیت بالا منتقل شوند در این مقاله سعی شده است تا با اندازه گیری پارامترهای *QoS* در شبکههای *Wimax* و *5G* به مقایسه آن دو پرداخته و کارایی شبکههای *5G* در انتقال داده را مورد بررسی قرار دهیم.

کلید واژه: ارزیابی شبکه، انتقال داده، نسل پنجم شبکههای موبایل، وایمکس

۱- مقدمه

کامل برای چنین سیستمهای سلولی به کار گرفته شوند، ممکن است قابل دسترسی باشد.

پیاده سازی شبکههای مخابراتی *5G* بدین معنا است که بستر مورد نیاز برای اتصال شهرهای هوشمند، انجام عملهای جراحی ریموت، استفاده از خودروهای هوشمند و اینترنت اشیا در دسترس خواهد بود.

در اوایل ۲۰۱۲، اتحادیه بین المللی مخابرات (ITU) تحت نظر سازمان ملل برنامه ای را برای توسعه تیم ارتباطات بین المللی موبایلی (IMT) برای افق ۲۰۲۰ و فرای آن (IMT-2020) آغاز کرد. در نتیجه رسماً یک مسابقه جهانی برای تعیین نسل پنجم (*5G*) شبکه موبایل شروع شد. در سه سال بعدی تصویر سیستم این نسل بعدی شروع به شکل گیری کرد.

توسعه *5G*، نسل پنجم شبکههای مخابراتی موبایل با شتاب بالایی در حال انجام است. علی رغم اینکه هنوز بسیاری از کشورها شبکه ای ارتباطی خود را به طور کامل به *4G* ارتقا نداده اند، اما نسل پنجم در حال توسعه است و دانشمندان با هیجان بالایی در مورد آن صحبت می کنند، چراکه *5G* کاملاً متفاوت خواهد بود.

شبکه ارتباطات همراه *5G* به منظور پوشش دادن تقاضای روز افزون برای نرخ بالای داده جهت تحویل محتوای چند رسانه ای به کاربران ارتباطات همراه پدیدار شده است. پهنای باند مورد نظر در صورتیکه باندهای موج میلی متری بطور

بوده است اما در شبکه‌های نسل پنجم نیازهای کاربران این نیرو محرکه را فراهم می‌آورد.

روست و همکاران (۲۰۱۴) [11] به بررسی نقش فناوری‌های مبتنی بر ابر در شبکه‌های 5G 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.

بنگرت و همکاران (۲۰۱۴) [13] با بررسی پیش بینی‌ها در مورد تعداد کاربران شبکه‌های 4G در سال‌های آتی و ارزیابی نیازهای آنان به ضرورت نیاز به توسعه 5G 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 5G پاسخگویی به تقاضای روز افزون کاربران به پهنای باند بیشتر جهت دسترسی به خدمات استریم 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 نسل چهارم و پنجم تلفن همراه

۲-۱- شبکه نسل چهارم

شبکه‌های نسل چهارم یا 4G، نامی است که به سیستم‌های

یک پیشنهاد پیشنویس از سوی ITU-R درباره IMT-2020، سه کاربرد کلیدی در 5G را به عنوان موبایل پهن‌بند افزایش یافته تعریف می‌کند، ارتباطات ماشینی سنگین، فوق قابل اطمینان و ارتباطات با نهفتگی کم. همچنین گزارش مشابهی به راهنمایی درباره ملزومات این سناریوها در زمینه شاخص‌های اجرایی مانند بازده طیف، نهفتگی، چگالی ارتباط، ظرفیت ترافیکی ناحیه اشاره می‌کند.

شبکه 4G فعلی برای سلول‌های کوچک بی‌قاعده طراحی نشده بودند. بر اساس سیر تکاملی بلند مدت که وقفه زمان مخابره یک میلی ثانیه و پیشوند تناوبی حدود ۵ میلی ثانیه است این امر باعث شده است. همچنین، یک ایستگاه پایه سلول کوچک eNB (LTE) به شدت مشابه یک eNB سلول بزرگ بالغ در حوزه کاربردی است با این تفاوت که توان انتقال کمتر است. به علاوه رابط درون سلول به مقدار زیادی توسط آرایش طرح‌ریزی شده کنترل شده است. در 5G ما پیش بینی می‌کنیم که آنها به دو نوع از گره‌ها با خصوصیات مشخص و منحصر به فرد در عملکرد تکاملی تبدیل شوند.

در این مقاله سعی شده است تا با اندازه گیری پارامترهای QoS در شبکه‌های Wimax و 5G به مقایسه آن دو پرداخته و کارایی شبکه‌های 5G در انتقال داده را مورد بررسی قرار دهیم.

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: ژانفسکی و همکاران (۲۰۰۹) [9] ضمن بررسی اصول و مفاهیم شبکه‌های 5G به این شبکه‌ها به عنوان یک شبکه کاربر محور به جای اپراتور محور نگاه کرده و بیان می‌کند که در حالیکه در شبکه‌های قبلی نیازهای اپراتورها به پاسخگویی به مخاطبان بیشتر بخش عمده‌ای از دلیل توسعه فناوری جدید

۲,۱ کیلوبیت در ثانیه بود که در شبکه‌های نسل دوم به ۹,۶ کیلوبیت در ثانیه و در شبکه‌های نسل سوم به ۳۸۴ کیلوبیت در ثانیه و سپس بیش از دو مگابیت در ثانیه افزایش یافت. این رقم در شبکه‌های نسل چهارم ۱۰۰ مگابیت در ثانیه بود و در شبکه‌های نسل پنجم هم به یک گیگابیت در ثانیه خواهد رسید.

باید توجه داشت که سازگاری این استاندارد با IPv6 یا پروتکل اینترنتی نسخه ۶ یکی از مهمترین مزایای آن محسوب می‌شود.

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 است به زودی به اینترنت نیاز خواهند داشت.

تخمین زده می‌شود که M2M ترافیک را ۲۴ برابر در بین سالهای ۲۰۱۲ و ۲۰۱۷ افزایش خواهد داد. [4] 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،

موبایل مبتنی بر IP که دسترسی را از طریق یک مجموعه از واسطه‌های رادیویی تأمین می‌کنند، داده شده است.

شبکه 4G برقراری بهترین سرویس اتصال، رومینگ و فراگشت بی سیم را ارائه می‌کند و از طرف دیگر چندین واسط دسترسی رادیویی مانند بلوتوث، WLAN, HIPERLAN و GPRS را به یک شبکه واحد که کاربر از آن استفاده می‌کند تبدیل خواهد کرد. همچنین 4G باید اجازه برقراری ارتباط بین هر فردی در هر جای زمین را فراهم نماید که شما در هر زمان بتوانید از سرویس‌های دلخواه و شبکه‌های دلخواه خود پشتیبانی بگیرید.

LTE، برگرفته از عبارت Long Term Evolution و

به معنای تکامل بلند مدت، جدیدترین فناوری باند وسیع سیار است که قادر خواهد بود تا بارگذاری اطلاعات OFDMA را با نرخ بیش از 300Mbps فراهم کرده و با بهره‌گیری از آخرین تکنیک‌های مخابراتی چون MIMO در لایه دسترسی و ساختاری تماماً IP، تجربه جدیدی از سرعت و کیفیت دسترسی به اطلاعات را در اختیار کاربران قرار می‌دهد [3].

۲-۲- شبکه نسل پنجم

انتظار می‌رود در شبکه‌های نسل پنجم سرعت آلود و دانلود از مرز یک گیگابیت در ثانیه بگذرد. این رقم در شبکه‌های نسل چهارم معادل ۱۰۰ مگابیت در 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 خدماتی را که فعال 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، بهره مندی از سرویس‌های چندرسانه‌ای آموزش الکترونیک، بارگذاری ده‌ها گیگابایت اطلاعات در عرض چند دقیقه و ... اشاره کرد.

سرعت تبادل داده در شبکه‌های مخابراتی با رشد بسیار سریعی مواجه بوده است. این رقم در شبکه‌های نسل اول تنها

ورودی و خروجی چندگانه عظیم همراه با طیف قابل اشتراک گذاری هستند که توانمندسازهای کلیدی برای دستیابی به بهره وری طیف بالاتر است.

تکنیک‌هایی مانند حامل ادغام و مختصات چند نقطه‌ی 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 مترامک تر به عنوان یک مفهوم برای مقابله نمایی رشد ترافیک در سالهای آینده است. شبکه‌های ناهمگن که در آن سلولهای بزرگ جایگزین تعدادی از سلولهای کوچک می‌شود مانند *metrocels* و *picocells* و *femtocells* که قبل از این برای بالا بردن افزایش ظرفیت 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.

شبکه‌های مترامک بزرگ تر 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 باندهای فرکانسهای مختلف برای ردیف سلولهای مختلف (5.3 GHz و بالاتر برای سلولهای کوچک)، به طوری که تداخل مشکلات می‌تواند در استقرار فوق العاده مترامک کاهش پیدا کند. علاوه بر این جهات شامل مطالعه ایده آل و همچنین راه حل غیر ایده آل برای سلولهای کوچک است. [7]

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

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، دیدار با کیفیت بسیار بالا از سرویس *QoS* مورد نیاز مثال پوشش فوق العاده کم، فشرده سازی ویدیویی برای مقاصد پزشکی و پیاده سازی مکانیزم‌های امنیتی پیشرفته، علاوه بر این توسعه کار به مدیریت منابع رادیویی احتیاج خواهد داشت، با توجه به تنوع بالا در انواع ترافیک، اعم از گزارش دوره‌ای که توسط اندازه گیری اتصال ویدیویی پزشکی که با کیفیت بالایی فرستاده می‌شود.

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 مترامک، باندهای طیف‌های اضافی و راندمان اختصاصی بالا است. یکی از طرحهای پیشنهادی شامل استفاده از باندهای نوری مرئی است که در آن آل ای دی‌ها می‌توانند هر دو منبع نور و کانون باشند. این فناوری هنوز کامل نشده است ولی مترامک 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. [5]

باند طیف جدید به تهبایی برای برآوردن خواسته‌های ترافیک آینده کافی نخواهد بود. از این رو بهره وری طیفی باید افزایش قابل توجهی داشته باشد که طرح‌های دسترسی چندگانه مانند تکنیکهای چند آنتن پیشرفته تشکیل شعاع و

وجود دارد.

گران و وقت گیر است. علل اتلاف وقت اپراتور به دلیل از کار افتادگی است. در پیشنهاد DNA الکترونیکی ویژه خود درمانی الهام گرفته است. معماری edNA متشکل از یک تعداد واحد پردازش در اصطلاح سلول الکترونیکی می‌نامند. بنابر این هر سلول دارای یک کپی از یک برنامه است. به عنوان مسئول وظیفه دار SON است. در صورت شکست، قطعه‌ای از کد یک سلول معیوب به یکی از آنهایی که بیکار است نقشه پرداز 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 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

۳-۴- معماری دسترسی شبکه رادیویی جدید

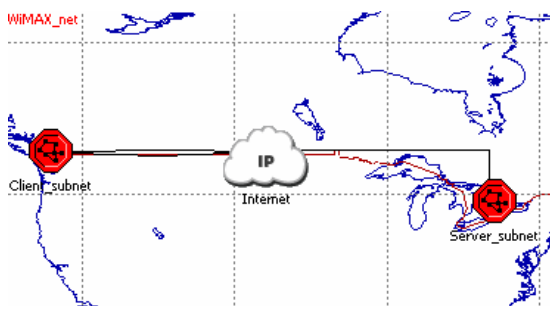
با افزایش ترافیک داده نیاز به ظرفیت بالاتر و نقشه‌های صاف (فلت) به کاربران نهایی ارائه می‌شود، اپراتورها نیاز به جستجوی منفعت برای کاهش CAPEX و OPEX و برای کاهش هزینه در هر بیت دارند. در داخل شبکه تلفن همراه، این است که به تولید BS با کمترین هزینه با توجه به عواملی مانند خنک کننده، اجاره سایت و پردازش سیگنال می‌پردازد. تمرکز اصلی آن بر روی کاهش هزینه است.

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. گرایش و یکی از تمرکزهای اصلی در نسخه LTE است به طور خودکار یکی از مهم‌ترین روش‌های مدیریت که باعث سریع‌تر شدن و کاهش هزینه‌های بهره برداری می‌شود. SON سه ویژگی متمایز دارد، مثال خود سازماندهی، خود بهینه سازی و خود سلامتی. تعدادی از الگوریتمهای مختلف می‌تواند تکمیل شود برای پشتیبانی رفتار SON، 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، مثال 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 انجام 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.

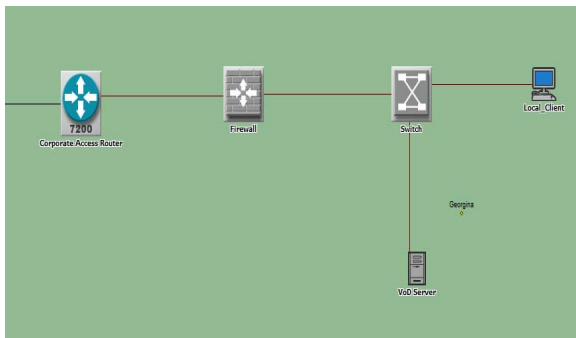
تا کنون این نوع عیب نیاز به تعمیر دستی داشته که معمولاً

Area Network (WAN) متصل است.



شکل ۱-۰ توپولوژی شبکه مدل شبیه سازی

زیر شبکه ویدیویی نشان داده شده در شکل ۴-۳، در ونکوور واقع شده و از چهار ایستگاه ویدیویی تشکیل شده است که به خدمات مشابه از سرویس VoD تورنتو دسترسی پیدا می‌کنند. در این زیر شبکه سه ایستگاه ثابت Wimax در فاصله ۲، ۴ و ۶ کیلومتری از ایستگاه وایمکس اصلی واقع شده‌اند. ایستگاه اصلی از طریق لینک DS3 WAN به اینترنت متصل شده است. چهارمین کلاینت ویدیویی یک ایستگاه ADSL است که در ۵ کیلومتری دفتر مرکزی اپراتور واقع شده و به عنوان یک مرجع پایه برای مقایسه با ایستگاه‌های Wimax استفاده می‌شود.



شکل ۲-۰ زیر شبکه خدمات ویدیویی

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 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- ساختار شبیه سازی

ما در این مقاله با توجه به سازگاری بهتر شبکه‌های وایمکس (Wimax) با شبیه ساز OPNET از این شبیه ساز استفاده نمودیم و بدلیل اینکه این شبیه ساز (OPNET) مازول‌های نسل پنجم (5G) را پشتیبانی نمی‌نمود و قادر به شبیه سازی این نسل از شبکه در این شبیه ساز نبودیم از شبیه ساز Ns2 برای شبیه سازی نسل پنجم استفاده نمودیم.

۴-۱-۱ مدل کردن شبیه سازی Wimax در

OPNET

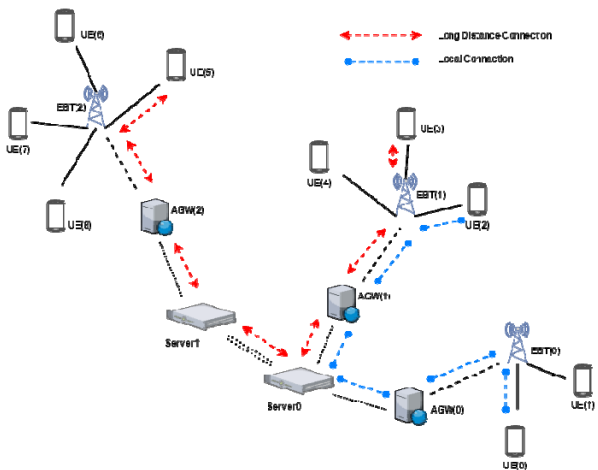
در این پژوهش ما از نرم افزار OPNET برای توسعه یک مدل شبیه سازی استفاده کرده‌ایم. در این پژوهش توپولوژی شبکه‌ای مشابه آنچه در شکل ۴-۱ نشان داده شده است شامل کلاینت‌ها و خدمات زیر شبکه‌ای ویدیویی به صورت جغرافیایی مجزا شده، برای شبیه سازی یک سناریوی جهان واقعی واقع گرایانه تر استفاده شده است.

خدمات زیر شبکه‌ای ویدیویی، نشان داده شده در شکل ۴-۲،

در شهر تورنتو واقع شده و یک سرور VoD با توانایی

استریم سازی محتوای ویدیویی برای کلاینت‌های ویدیویی را فراهم می‌آورد. این زیر شبکه بازتابی از یک معماری پایه را ارائه می‌کند که در آن سرور ویدیویی در کنار یک شبکه اترنت 100Mbps و در پشت یک فایروال قرار دارد. واسط خارجی فایروال به یک مسیریاب دسترسی متصل به اینترنت از طریق یک لینک 45 Mbps Digital Signal 3 (DS3) Wide

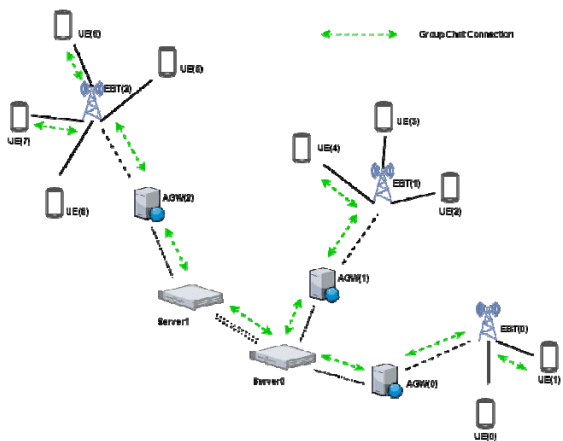
نموده‌ایم. شبیه سازی برای تماس‌های یک به یک در ثانیه ۱,۰ شروع شده و در ثانیه ۱۴,۰ خاتمه می‌یابد.



شکل ۵-۰ 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(4) و UE(7) مبادله نموده‌ایم.



شکل ۶-۰ مکالمه گروهی

۵- نتایج شبیه سازی

۵-۱- تأخیر، گم شدن بسته و تأخیر بی ثباتی در

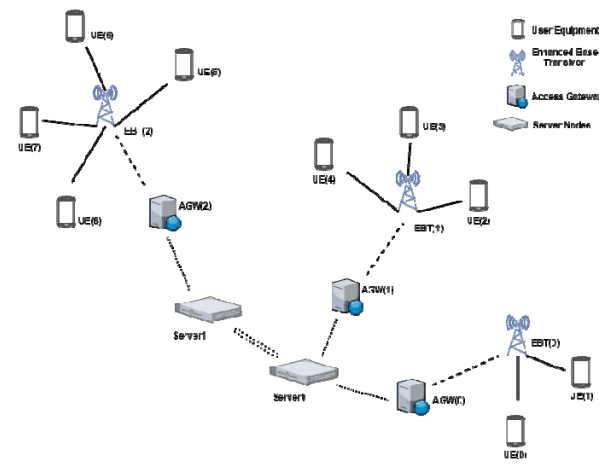
Wimax

تمامی شبیه سازی ها ۲ ساعت به طول می‌انجامد. آمار ضبط شده از لایه فیزیکی راهنمایی برای ارزیابی کارایی شبکه

سینک (SINK) ضمیمه شود تا زمان رسیدن آخرین بسته‌ها، تعداد بسته‌ها، تعداد بسته‌های گم شده و تعداد بایت‌های رسیده برای آن سینک خاص را بازبایی نماید. با استفاده از این متغیرها ما قادر بودیم تا میزان خروجی، نرخ گم شدن بسته‌ها، تأخیر و بی ثباتی در شبیه سازی‌مان را محاسبه نماییم.

در این سناریو سعی کرده‌ایم با حذف برخی از مشخصات ویژه LTE که در 5G هنوز استاندارد سازی نشده‌اند و همچنین به حداقل رساندن تأخیر بین دستگاه‌های همراه و آنتن (جهت شبیه سازی نزدیک‌تر به مشخصات 5G) شبکه را برای ارسال و دریافت ویدیوی UHD-4K با رزولوشن افقی ۳۸۴۰ و رزولوشن عمودی ۲۱۶۰ و نسبت تناسب تصویری ۱:۱٫۸۷ مورد بررسی قرار داده‌ایم.

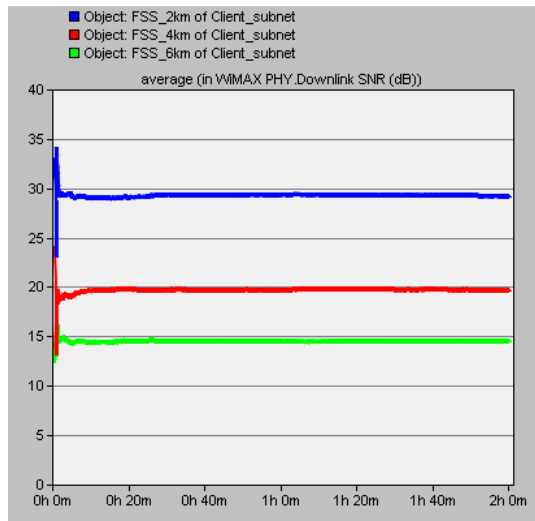
همچنین برای شبیه سازی پردازش موازی صف‌ها، تأخیر ناشی از صف‌ها که در ماژول شبیه سازی LTE وجود دارد را به حداقل میزان ممکن کاهش داده‌ایم.



شکل ۴-۰ توپولوژی شبکه 5G

تماس یک به یک

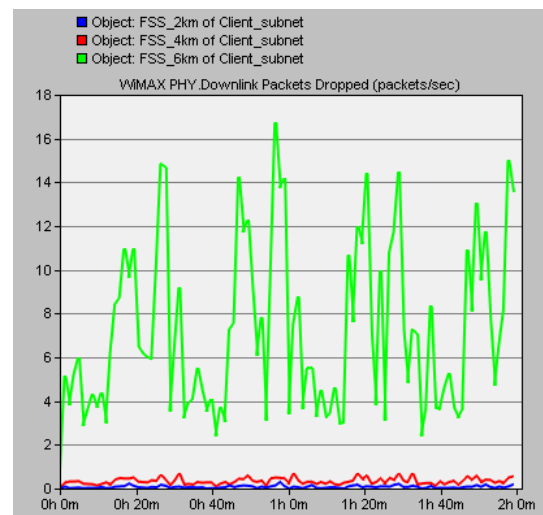
ما در ابتدا کار را با تماس‌های راه دور با تبادل داده‌های صوتی بین دو نود کاربری متعلق به دو سرور متفاوت آغاز کرده‌ایم. ما UE(3) را به UE(5) متصل کرده‌ایم. همچنین یک تماس محلی را با تبادل داده‌های صوتی بین UE(0) و UE(2) که هر دو متعلق به یک سرور هستند پیاده سازی



شکل ۲-۵ SNR

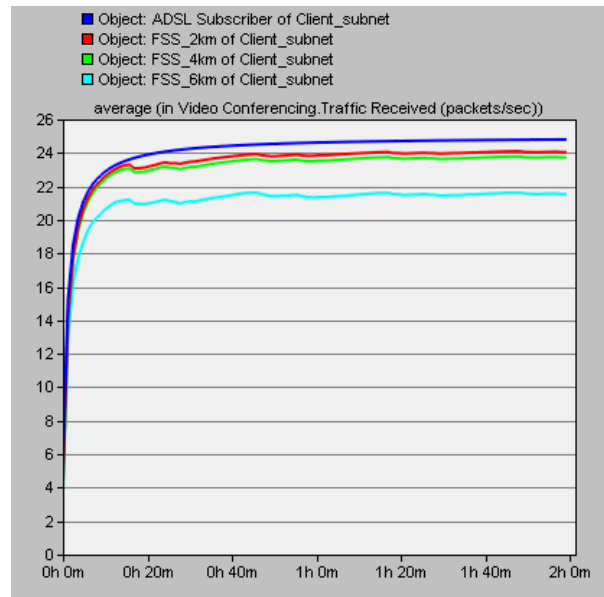
نرخ گم شدن بسته‌های ویدیویی حاصل روی هر چهار مشترک مورد بررسی قرار گرفته است. OPNET Modeler آماری برای گم شدن بسته‌ها در لایه کاربرد ویدیویی فراهم نمی‌آورد و از این رو نرخ گم شدن بسته‌های نشان داده شده در شکل ۴-۶ به عنوان منحنی انحراف از موقعیت ۲۵ بسته بر ثانیه روی یک محور عمودی نمایش داده شده است. همه چهار نمودار به صورت میانگین از بین ۲ ساعت پخش ویدیویی حاصل شده‌اند. نمودار مشترک ADSL (بالا) به نرخ دریافت بسته‌ای نزدیک می‌شود که با نرخ ارسال VoD از ۲۵ بسته بر ثانیه مطابقت دارد. ایستگاه‌های وایمکس انحرافی از نرخ کدگذاری نشان می‌دهند که با افزایش فاصله از ایستگاه پایه افزایش می‌یابد.

دسترسی به صورت وایمکس است. نرخ حذف بسته (Drop) توسط لایه فیزیکی برای سه ایستگاه وایمکس در شکل ۴-۴ نشان داده شده است. ایستگاه وایمکس در فاصله ۶ کیلومتری (ناحیه سبز رنگ) نرخ گم شدن بسته بالاتری نسبت به ایستگاه‌های در فاصله ۲ و ۴ کیلومتری در بازه زمانی ۲ ساعته نشان می‌دهد. میزان SNR برای سه ایستگاه وایمکس در شکل ۴-۹ نشان داده شده است. نکته قابل توجه آنست که ایستگاه در فاصله ۶ کیلومتری میزان SNR مربوط به downlink پایین‌تری نسبت به حداقل سطح لازم برای 16-QAM با کدینگ $1/2$ را نشان می‌دهد. این نرخ پایین SNR برای ایستگاه در فاصله ۶ کیلومتری یک عامل مؤثر در نرخ بالای گم شدن بسته‌ها می‌باشد.

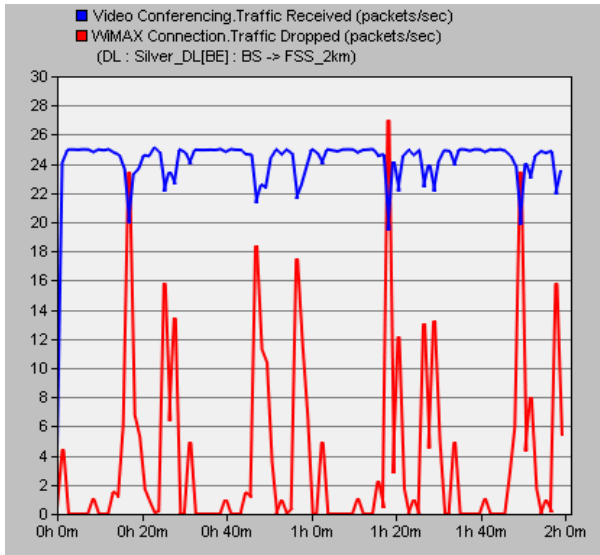


شکل ۵-۱ نرخ گم شدن بسته

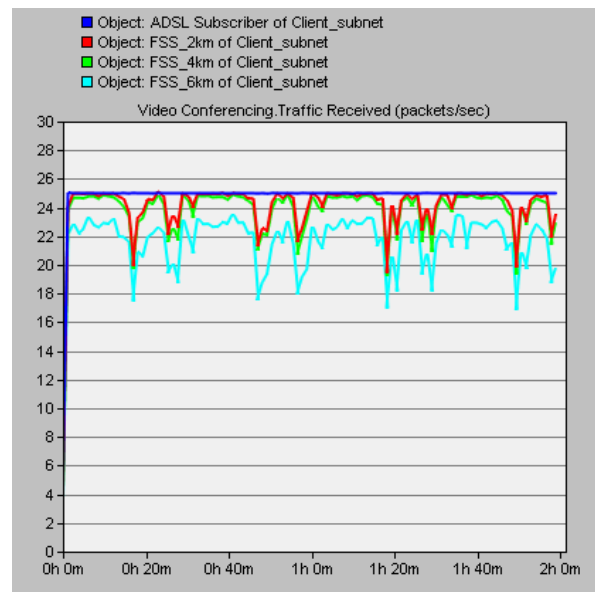
نشان داده شده است، بافر ۱۲۸ کیلو بایتی ایستگاه پایه پر شده بوده است. این رفتار به دلیل اندازه متغیر فریم‌های ویدیویی در MPEG-4 می‌باشد. رفتار مشابه با ایستگاه‌های وایمکس ۴ و ۶ کیلومتری مشاهده شده است.



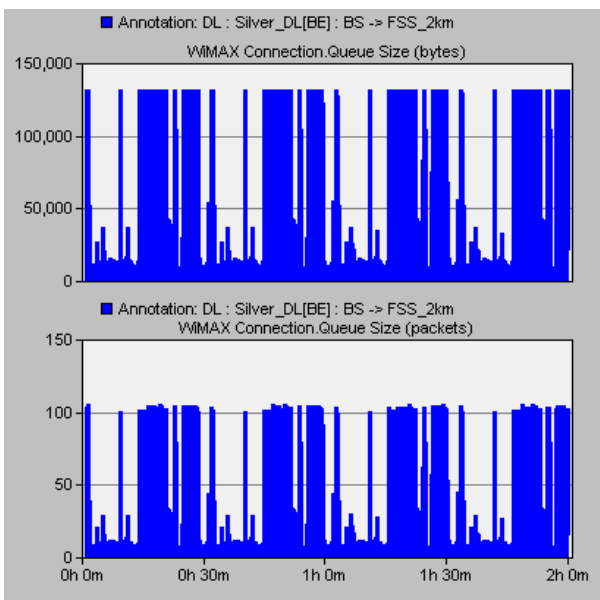
شکل ۳-۵ نرخ میانگین دریافت بسته بر ثانیه



شکل ۵-۵ کارایی downlink - نرخ دریافت و گم شدن بسته در ایستگاه وایمکس در فاصله ۲ کیلومتری



شکل ۴-۵ نرخ آنی دریافت بسته بر ثانیه

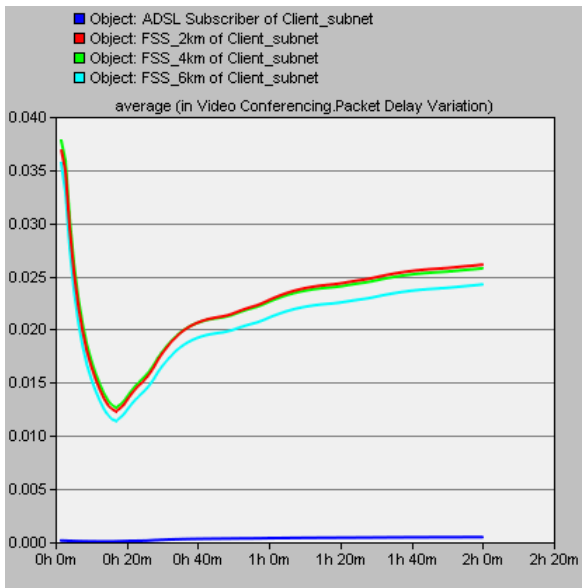


شکل ۶-۵ کارایی downlink - صف downlink ایستگاه پایه

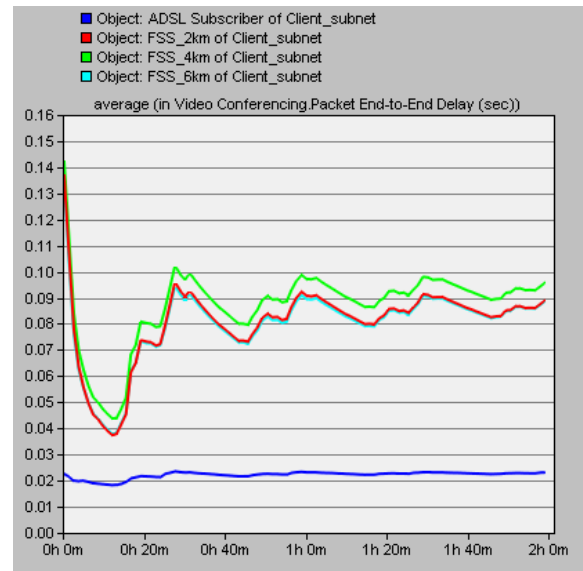
تأخیر انتها به انتهای شبیه سازی شده در شکل ۴-۱۰ نشان

ما به منظور فهم نرخ بالای گم شدن بسته‌ها در ایستگاه‌های وایمکس به کاوش بیشتر و بررسی خصوصیات گم شدن بسته‌ها ادامه دادیم. نرخ گم شدن بسته‌ها در ایستگاه وایمکس واقع در ۲ کیلومتری در کنار آمار نرخ حذف کردن بسته‌ها از لایه MAC از ایستگاه پایه در شکل ۴-۸ نشان داده شده است. لایه MAC در ایستگاه پایه تعداد قابل توجهی از بسته‌ها را از دست می‌دهند زیرا همانگونه که در شکل ۴-۹

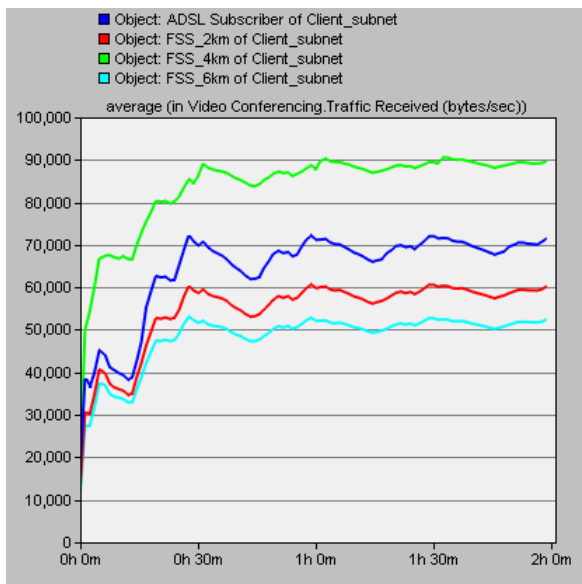
داده شده است. برای چهار مشترک ویدیویی منحنی‌ها در طول ۲ ساعت پخش ویدیو رسم شده‌اند. این نتایج نشان می‌دهد که مشترک ADSL به تأخیر ایده آل ۱۰ میلی ثانیه نزدیک می‌شود. هر سه ایستگاه مشترک وایمکس به طور نزدیکی یکدیگر را دنبال می‌کنند.



شکل ۵-۸ تأخیر در بسته‌های ویدیویی



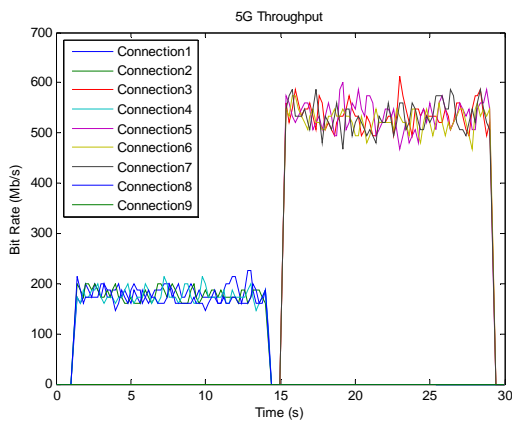
شکل ۵-۷ تأخیر بسته انتها به انتها



شکل ۵-۹ حداقل خروجی

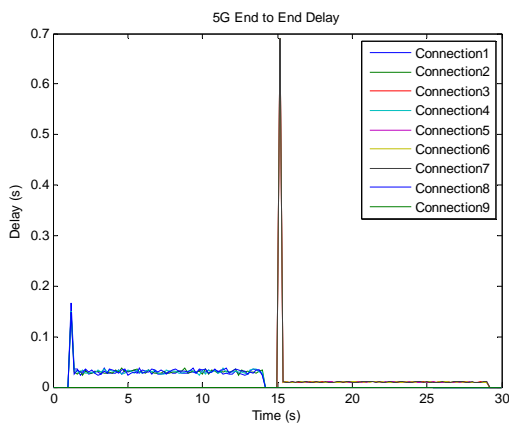
نرخ تأخیر بسته و خروجی محاسبه شده در اجرای شبیه سازی به ترتیب در شکل‌های ۴-۱۱ و ۴-۱۲ نشان داده شده است. این نتایج که در شکل ۴-۱۳ نشان داده شده است مشخص می‌کند که مشترک ADSL کارایی بالاتری نسبت به میزان ایده آل ۲۰ میلی ثانیه داشته است. نمودارهای مربوط به ایستگاه‌های وایمکس برای پخش فیلم با تأخیر بسته ۲۵ میلی ثانیه‌ای به طور نزدیکی یکدیگر را دنبال می‌کنند که این نتایج نیز به مقدار ایده آل ۲۵ میلی ثانیه نزدیک می‌شود. همه چهار نمودار نشان داده شده در شکل ۴-۱۴ مطابق انتظار یکدیگر را دنبال می‌کنند. توجه شود که خروجی ایستگاه در ۴ کیلومتری از ایستگاه ADSL هنگامی که در بایت بر ثانیه محاسبات انجام شود، برتری دارد. خروجی مشاهده شده از دامنه ۰,۴۰ مگابیتی تا دامنه ۰,۷۲ مگابیتی با توجه به واحد سنجش متریک و متناظر با نرخ میانگین ترافیک محتوای MPEG-4 مشخص شده است.

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. توان خروجی در این سناریو به عددی در حدود ۶۰۰ مگابیت بر ثانیه می‌رسد که این عدد تقریباً ۶۰٪ از پهنای باند اسمی 5G را شامل می‌شود.

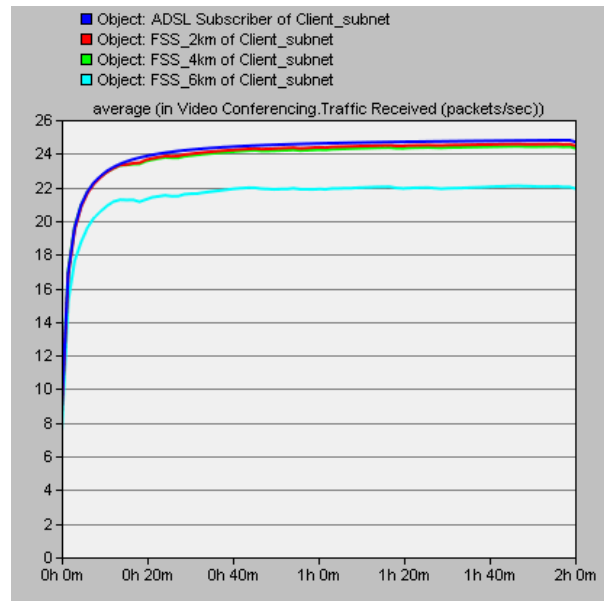


شکل ۵-۱۲ توان خروجی در 5G

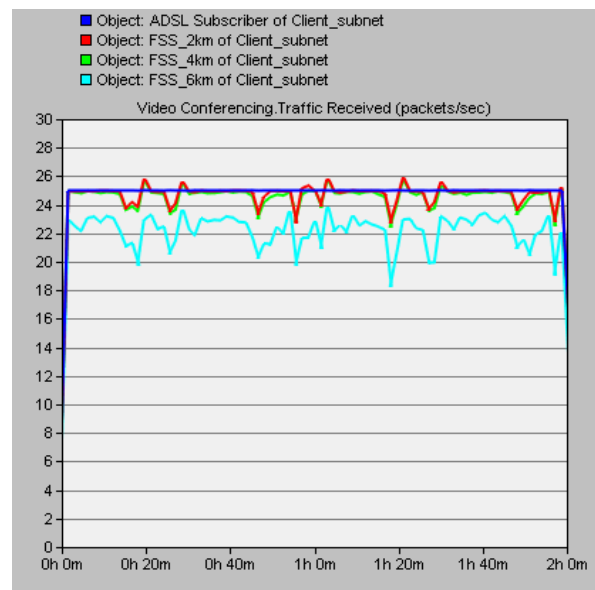
جهش‌های ناگهانی و نوسان شدید در گراف در شکل ۵-۱۳ مربوط به زمان صرف شده برای تنظیم پنجره ارتباط است. نکته قابل توجه آنست که در مکالمات گروهی میزان تأخیر به دلیل ماهیت همه پخش‌ی بسته‌ها کمتر از مکالمات فرد به فرد می‌باشد.



شکل ۵-۱۳ تأخیر در 5G



شکل ۵-۱۰ نرخ میانگین دریافت بسته‌ها



شکل ۵-۱۱ نرخ آنی دریافت بسته‌ها

۵-۲- توان خروجی، تأخیر، میزان گم شدن بسته‌ها و نرخ بی ثباتی در 5G

همانگونه که در شکل ۵-۱۲ 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 بین المللی) وجود دارد. اما پس از ۱۵ ثانیه گراف به سطح کاملاً بالاتری منتقل می‌شود. این سطح بطور آشکارا مربوط به

۵-۳- مزایا و معایب 5G نسبت به Wimax

مزایا: قابلیت حجم بالای آپلود و دانلود، سرعت تبادل داده در شبکه‌های مخابراتی، مسیریابی هوشمندانه برای دستیابی به سرعت و امنیت، سازگاری با پروتکل اینترنتی نسخه ۶، تعمیرات خودکار

معایب: هزینه بالای راه اندازی، تعمیر وقت گیر

۶- نتیجه‌گیری

به منظور تدوین این گزارش ما دو شبیه سازی از انتقال داده توسط نرم افزار OPNET (برای Wimax) و NS2 (برای 5G) را شبیه سازی کردیم. و به طور موفقیت آمیزی داده‌های مربوط به توپولوژی‌های Wimax و 5G را جمع آوری نمودیم. بر اساس داده‌های بدست آمده مشخص می‌شود که رفتار شبکه 5G در توان خروجی، تأخیر، نرخ گم شدن بسته‌ها و بی ثباتی به مراتب خیلی بهتر از شبکه Wimax می‌باشد.

آنچه که در نهایت می‌توان استنباط کرد اینست که هر پیاده سازی واقعی از 5G در بدترین حالت باید چندین برابر نسبت به Wimax از نظر انتقال داده، بهتر و موثرتر باشد و با توجه به اینکه ما در این شبیه سازی به دلیل عدم وجود یک شبیه ساز استاندارد برای 5G از ماژول تغییر یافته LTE در NS2 استفاده نمودیم می‌توان نتیجه گرفت که بدترین پیاده سازی 5G به مراتب کارایی بالاتری نسبت به Wimax خواهد داشت.

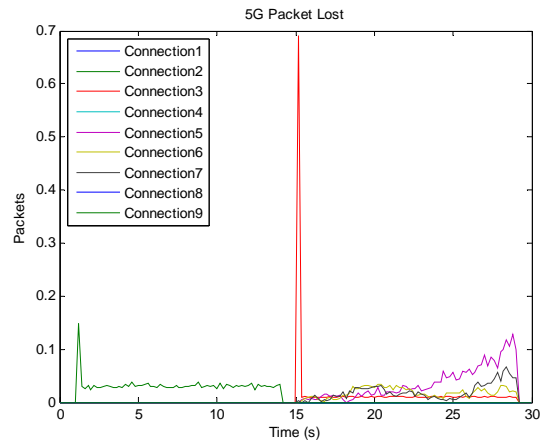
سپاسگزاری

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 داده‌اند، کمال تشکر را دارم.

مراجع

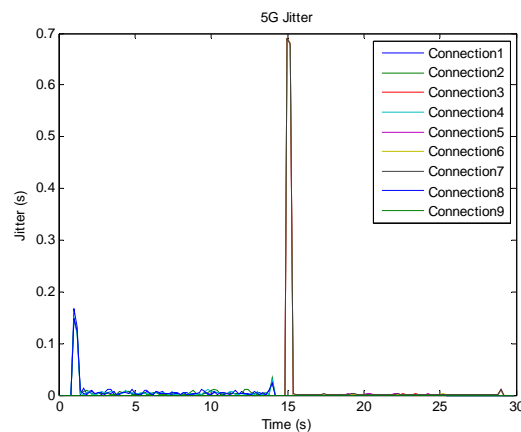
[1] TOWARDS CONVERGED 5G MOBILE NETWORKS CHALLENGES AND CURRENT

در شکل ۵-۱۴ می‌بینیم که نرخ گم شدن بسته‌ها در شبکه 5G نسبت به شبکه Wimax فوق العاده پایین تر می‌باشد.



شکل ۵-۱۴ میزان گم شدن بسته‌ها در 5G

در شکل ۵-۱۵ نوسان‌های شدید در تأخیر در ابتدای شروع مکالمه مربوط به زمان صرف شده برای تنظیم پنجره ارتباط می‌باشد. با توجه به اینکه این پارامتر مستقیماً از تأخیر انتها به انتها ناشی می‌شود، بنابراین طبیعی است که با تغییر نمودار مربوط به تأخیر انتها به انتها در این بخش نیز با تأخیر مواجه شویم. آنچه در این قسمت بیانش لازم و ضروری می‌باشد این مطلب است که به دلیل استفاده از ویدئوی 4K که از حجم (و البته کیفیت) بالاتری برخوردار است، میزان نرخ بی ثباتی در سطح معینی تثبیت می‌شود که این نتیجه با توجه به نسبت حجم و کیفیت محتوا در برابر پهنای باند نتیجه‌ای منطقی به نظر می‌رسد.



شکل ۵-۱۵ نرخ بی ثباتی در 5G

Wübben, D. (2014). Cloud technologies for flexible 5G radio access networks. *IEEE Communications Magazine*, 68-76.

[12] 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.

[13] Bangerter, B., Talwar, S., Arefi, R., & Stewart, K. (2014). Networks and devices for the 5G era. *IEEE Communications Magazine*, 90-96.

[14] 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.

[15] A. Shokrollahi, "Raptor codes," *IEEE Transaction Information Theory*, vol. 52, no. 6, Jun. 2006, pp. 2551-2567

[16] 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.

[17] 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.

[18] V. Chandrasekhar, J. G. Andrews, and A. Gatherer, Femtocell networks: A survey, *IEEE Communications Magazine*, vol. 46, no. 9, pp. 59-67, September 2008.

[19] "Cisco visual network index: Global mobile traffic forecast update", 2012, [online] Available:

http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-520862.html.

[20] 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

TRENDS Anna Zakrzewska, Sarah Ruepp, Michael S. Berger DTU Fotonik, Technical University of Denmark, rstedes Plads 343, 2800 Kgs. Lyngby, Denmark.

[2] G. P. Fettweis, "A 5G Wireless Communications Vision," *Microwave J.*, Dec. 2012.

[3] Amdocs Smart NetSolution, <http://www.amdocs.com/Products/OSS/Pages/small-cell-solution.aspx>, visited on 17 Apr. 2014.\.

[4] A Survey on Green 5G Cellular Networks Li-Chun Wang Dept. of Electrical Engineering. National Chiao Tung University.

[5] Chunglae Cho, I. H. (2004). Improvement of channel zapping time in IPTV services using the adjacent groups join-leave method. *The 6th International Conference on Advanced Communication Technology*, (pp. 971-975).

[6] Y. Kim, J. K. (2008). Reducing IPTV Channel Zapping Time Based on Viewer's Surfing Behavior and Preference. *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting 2008*. IEEE.

[7] Akhtar, S. (2009). Evolution of Technologies, Standards, and Deployment of 2G-5G Networks. *Encyclopedia of Multimedia Technology and Networking, Second Edition*, 522-532.

[8] 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.

[9] Janevski, T. (2009). 5G Mobile Phone Concept. *Consumer Communications and Networking Conference*, 2009. CCNC 2009. 6th IEEE, 1-2.

[10] 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.

[11] Rost, P., Bernardos, C., Domenico, A., Girolamo, M., Lalam, M., Maeder, A.,...