

Improving the Quality of Experience of Video Streams in Distributed Networks and Parameters

Mohammadreza Ghaedi^{1*}, Abbas Lotfipour³

¹ Department of Computer Engineering, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

² Department of Computer Engineering, Bandar Abbas Branch, Islamic Azad University, Bandar Abbas, Iran

ABSTRACT

RESEARCH PAPER

Received: 10 July 2024

Accepted: 22 November 2024

KEYWORDS:

*Quality of experience,
Video streams,
Quality of service,
Distributed networks,
Influencing factors,*

¹ **Corresponding author:**

✉ A.lotfi@parsepack.com

Nowadays, due to the expansion of computer networks and the widespread use of services based on them, we are faced with a variety and large number of users, which is why user satisfaction is of great importance. Therefore, quality of user experience (QoE) is important satisfaction metric. QoE is a criterion for measuring the pleasure or annoyance of customer experiences from a service that focuses on the entire service experience. It is a holistic concept, similar to the field of user experience, but has its roots in telecommunications. In video streaming, QoE is referred to as the end user's assessment of the quality of a video service. This concept depends on factors that affect the user experience and were examined and described in this study, including things such as video loading time (buffering), frame rate, bit rate, image resolution, etc. For streaming service providers and content producers, evaluating and optimizing QoE is of great importance because this can have a direct impact on the level of user interaction, retention, and ultimately revenue. QoE is measured through various techniques and metrics, such as buffering rate, video freeze rate, playback start time, and direct user feedback. By identifying weaknesses in this area, video quality and overall user experience can be improved. Given the importance and necessity of the concept of quality of experience in technology management, this study presents an approach to improving the quality of experience of video streams and the influencing factors based on previous studies. In this study, the effect of influencing factors on the quality of user experience has also been investigated and formulated.

نشریه تخصصی آرمان پردازش، دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۳

فصلنامه تخصصی آرمان پردازش
(APJ)Homepage: www.armanprocessjournal.ir

ارتقاء کیفیت تجربه جریانهای ویدئویی در شبکه های توزیعی و پارامترها

محمدرضا قائدی^{۱*}، عباس لطفی پور^۳

گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران
گروه مهندسی کامپیوتر، واحد بندرعباس، دانشگاه آزاد اسلامی، بندرعباس، ایران

چکیده

امروزه به دلیل گسترش شبکه های کامپیوتری و استفاده فراگیر از سرویس های مبتنی بر آن با تنوع و تعدد کاربران مواجه هستیم به همین دلیل رضایت مندی کاربران اهمیت بسزایی دارد. از این رو مفهوم جدیدی به نام کیفیت تجربه کاربران مطرح است. کیفیت تجربه معیاری است برای سنجش لذت یا آزار تجارب مشتری از یک سرویس که بر کل تجربه خدمات تمرکز دارد. این یک مفهوم کل نگر است، شبیه به زمینه تجربه کاربری، اما ریشه در ارتباطات راه دور دارد. در ویدئو استریمینگ، کیفیت تجربه به ارزیابی کاربر نهایی از کیفیت سرویس ویدیویی گفته می شود. این مفهوم به عواملی بستگی دارد که بر تجربه کاربری تأثیر می گذارند و در این پژوهش بررسی و توصیف شد، از جمله مواردی مانند زمان بارگذاری ویدئو (بافرینگ)، نرخ فریم، نرخ بیت، وضوح تصویر و... برای ارائه دهندگان خدمات استریم و تولیدکنندگان محتوا، ارزیابی و بهینه سازی QoE اهمیت زیادی دارد زیرا این مسئله می تواند تأثیر مستقیمی بر میزان تعامل کاربران، حفظ آنها و در نهایت درآمد داشته باشد. اندازه گیری کیفیت تجربه از طریق تکنیک ها و معیارهای مختلفی صورت می گیرد، مانند نرخ بافرینگ، نرخ فریز شدن ویدئو، زمان شروع پخش و بازخورد مستقیم کاربران. با شناسایی نقاط ضعف در این حوزه، می توان کیفیت ویدئو و تجربه کلی کاربران را بهبود بخشید. با توجه به اهمیت و ضرورت مفهوم کیفیت تجربه در مدیریت فناوری، این پژوهش به ارائه ی رویکردی جهت ارتقاء کیفیت تجربه ی جریان های ویدیویی و عوامل تاثیرگذار بر مبنای مطالعات پیشین می پردازد. در این مطالعه همچنین اثر فاکتورهای موثر بر روی کیفیت تجربه کاربری و تدوین شده است.

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۳/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۸/۱۲

واژگان کلیدی:

کیفیت تجربه،

جریان های ویدیویی،

کیفیت خدمت، شبکه های

توزیعی،

عوامل موثر،

مقدمه

اخیراً توسعه برنامه‌های کاربردی جدید و بلادرنگ همانند کنفرانس‌های ویدئویی، پخش زنده اخبار، آموزش از راه دور و جریانهای چند رسانه‌ای در بستر شبکه‌های توزیعی رشد سریع و محبوبیت زیادی داشته‌اند، بطوریکه انتظار می‌رود در دهه‌های آینده بخش اعظم ترافیک شبکه به محتوای چندرسانه‌ای اختصاص یابد و اینترنت به عنوان یک بستر بنیادین برای محتوای چندرسانه‌ای تبدیل شود [۱]. از سوی دیگر، مدیریت منابع شبکه برای انواع مختلف کاربران شبکه و خدمات ارائه‌شده از مهم‌ترین چالشها برای ارائه‌دهندگان خدمات محسوب می‌شود. با وجود چنین مشکلاتی توسعه‌دهندگان خدمات شبکه و موسسات استانداردسازی مختلف از جمله استانداردهای خانواده IEEE و شرکت بین‌المللی مخابرات، خود را ملزم به ایجاد بستری جهت افزایش رضایت کاربران نهایی و استفاده بهینه از منابع موجود نمودند. کیفیت تجربه پارامتر بسیار مهم و بنیادینی در جهت ارائه کیفیت خدمت در انواع سرویس‌های شبکه‌های توزیعی همگون و ناهمگون است [۲]. اساساً کیفیت تجربه معیاری است برای سنجش لذت یا آزار تجارب مشتری از یک سرویس، مثلاً مرور وب، تماس تلفنی، پخش تلویزیونی. کیفیت تجربه بر کل تجربه خدمات تمرکز دارد. این یک مفهوم کل‌نگر است، شبیه به زمینه تجربه کاربر، اما ریشه در ارتباطات راه دور دارد. هدف QoE در نظر گرفتن هر عاملی است که به کیفیت درک شده کاربر از یک سیستم با خدمات کمک می‌کند. این شامل عوامل سیستمی، انسانی و زمینه‌ای است. عوامل تأثیرگذار بر QoE به شرح زیر می‌باشند [۳-۵]:

• عوامل نفوذ انسانی

- پردازش در سطح پایین (حدیت بینایی و شنوایی، جنسیت، سن، خلق و خو و ...)
- پردازش سطح بالاتر (فرایندهای شناختی، پیشینه اجتماعی-فرهنگی و اقتصادی، انتظارات، نیازها و اهداف و...)

• عوامل نفوذ سیستم

- مرتبط با محتوا
- مرتبط با رسانه (رمزگذاری، وضوح، نرخ نمونه، ...)
- مرتبط با شبکه (پهنای باند، تاخیر، لرزش، ...)
- مربوط به دستگاه (رزولوشن صفحه نمایش، اندازه نمایشگر، ...)

• عوامل تأثیرگذار بر زمینه

- زمینه فیزیکی (مکان و فضا)
- زمینه زمانی (زمان روز، دفعات استفاده، ...)
- زمینه اجتماعی (روابط بین فردی در طول تجربه)
- زمینه اقتصادی
- زمینه وظیفه (چند وظیفه، وقفه، نوع کار)
- زمینه‌های فنی و اطلاعاتی (رابطه بین سیستم‌ها)

لازم به ذکر است، اخیراً مطالعات در زمینه QoE به طور معمول بر روی عوامل سیستماتیک متمرکز شده است، در درجه اول به دلیل منشاء آن در حوزه‌های QoS و مهندسی شبکه. از طریق استفاده از آزمایشگاه‌های آزمایش اختصاصی، اغلب به دنبال ثابت نگه داشتن زمینه می‌گردند. همچنین QoE به شدت با حوزه تجربه کاربری مرتبط است اما متفاوت از آن است، که همچنین بر تجربیات کاربران با خدمات تمرکز دارد. از لحاظ تاریخی، QoE از تحقیقات مخابراتی پدید آمده است، در حالی که UX ریشه در تعامل انسان و کامپیوتر دارد. هر دو زمینه را می‌توان چند رشته‌ای در نظر گرفت. در مقابل UX، هدف بهبود کیفیت، کیفیت برای کاربران بیشتر با انگیزه نیازهای اقتصادی بود [۶].

در این مقاله قصد داریم ابعاد و پارامترهای ارتقاء کیفیت تجربه جریانهای ویدئویی در شبکه‌های توزیعی را بررسی نماییم. به این منظور ابتدا در بخش بعد بیان مسأله و ضرورت پژوهش در این حوزه را توصیف خواهیم نمود.

بیان مسأله و ضرورت پژوهش

با رشد روزافزون تقاضای تماشای ویدئو در هر مکان و هر زمان، پخش ویدئو از طریق شبکه‌های بی‌سیم در چند سال گذشته به سرعت در حال پیشرفت بوده است. با گسترش اینترنت پهن‌بند خدمات چند رسانه‌ای میان کاربران محبوب زیادی یافته. امروزه جریانهای ویدئویی عامل اصلی ترافیک اینترنت محسوب می‌شوند و استفاده از آنها به سرعت در حال افزایش است. برآورد می‌شود ترافیک ویدئویی حدود ۷۰ درصد ترافیک داده‌های موبایلی را تشکیل دهد و پیش‌بینی می‌شود این سهم تا سال ۲۰۲۸ تا ۸۰ درصد افزایش یابد [۷]. موفقیت محتوای چندرسانه‌ای غالباً به کیفیت درک‌شده^۱ کاربر و تجربه تماشای محتوایی که کاربر نهایی

¹ Perceived Quality

پایاده‌سازی و نگهداری آن کمتر و استقرار آن آسانتر شود. در نهایت این پژوهش در نظر دارد تا با استفاده از قابلیت‌های شبکه‌های SDN و کنترل جریان داده، QoE را برای کاربران جریان‌های ویدئویی افزایش دهد. با توجه به افزایش برنامه‌های کاربردی بلادرنگ مبتنی بر وب مانند تلویزیون اینترنتی، کنفرانس‌های ویدئویی آنلاین، بازی‌های رایانه‌ای آنلاین و ... از یک سو و تغییر میزان رضایت کاربران از این برنامه‌ها از سوی دیگر نیاز به ارائه شیوه‌های نوینی جهت افزایش میزان رضایتمندی کاربران برای یک سرویس در حال ارائه می‌باشد تا به نوعی مدیریت منابع منطبق با محدودیتها و نیازها و خواسته‌های شخصی کاربران باشد تا در صورت عدم برآورده شدن آنها تغییراتی در پارامترهای شبکه یا برنامه کاربردی صورت گیرد تا امکان جلب رضایت کاربران مختلف فراهم شود. این چالشها ارائه‌دهندگان خدمات شبکه‌ای و برنامه‌های کاربردی را در فکر یافتن راه‌حل مناسبی جهت حل مشکل افت کیفیت سرویس وا داشته و از آنجایی که شیوه‌های تعیین میزان QoE کاربران از یک سرویس را می‌توان همزمان با ارائه سرویس بکار برد، امکان بهره‌گیری از این نتایج با تغییر پارامترهای مختلف بوجود می‌آید [۱۱].

در این پژوهش در نظر داریم تا ابعاد مساله ارتقاء کیفیت تجربه جریان‌های ویدئویی در شبکه‌های توزیعی و پارامترهای مرتبط را با استفاده از رفتار کاربر به منظور برآورد منابع مورد نیاز هر کاربر معرفی نماییم. استفاده از رویکرد ارائه‌شده در این پژوهش سرویس‌دهندگان و مدیران شبکه، ارائه‌دهندگان برنامه‌های کاربردی و کاربران را قادر به تشخیص و مرتفع‌سازی عوامل تاثیرگذار در میزان کیفیت سرویس می‌نماید. این روش به سرویس‌دهنده این امکان را می‌دهد که در زمان ارائه یک سرویس خاص برای یک مشتری با استفاده بهینه از منابع شبکه، در حالیکه سرویس مشتریان دیگر تضعیف نشود و همچنین عدم افزایش هزینه‌های مشتریان بتواند تا حد امکان سرویسی با کیفیت مناسب در اختیار کاربر بگذارد و به شیوه خاص رضایت او را جلب نماید. از این طریق ارائه دهنده قادر به افزایش تعداد مشتریان خود و همچنین سودآوری بیشتر میگردد، در حالیکه هزینه پرداختی مشتری برای یک سرویس افزایش چندانی نداشته و از طرف دیگر نیاز به استفاده از تجهیزات مختلف برای سرویس‌های خاص مشتریان نمی‌باشد.

پخش و از تماشای آن لذت می‌برد، مرتبط است. این تجربه به‌طور کلی به نوع محتوا (پویا - ایستا) و پارامترهای شبکه موجود (پهنای باند، تاخیر، از دست دادن بسته‌ها و غیره) بستگی دارد. ارائه‌دهندگان خدمات اینترنتی این توانایی را دارند که محتوا را در محیط شبکه‌ای مناسب (پهنای باند، از دست دادن بسته‌ها و غیره) چنان پخش نمایند که رضایت کاربران را تضمین کنند. تحقیقات نشان می‌دهد که برای جلب رضایت کاربران، حتماً نیاز به پخش ویدئو با پارامترهای بالا نیست [۸]. در ادامه در مورد رفتار کاربر صحبت خواهد شد که تأثیر زیادی بر میزان رضایت کاربر دارد. رفتار کاربر ترکیبی از مشخصات کاربر (مانند سن، جنسیت و علائق کاربر) و شخصیت کاربر که مجموعه‌ای از ویژگی‌های داخلی است که به رفتارهای ظاهری فرد گزارش می‌دهد. یکی از اهداف نهایی در شبکه‌های چند رسانه‌ای بی‌سیم، فراهم کردن یک سهم عادلانه کاربر محور از منابع شبکه است، طوری‌که QoE برای همه کاربران موجود در شبکه به حداکثر برسد [۹]. امروزه نیاز شدیدی به تضمین تعادل QoE در سیستمهای مختلف احساس میشود. تحقیقات اخیر در زمینه «جریان‌های ویدئویی تطبیقی پویا»^۱ نشان میدهد استفاده از نرخ بیت جریان زمان توقف را کاهش و بافر ویدئو را تسهیل می‌کند و در نهایت رضایت کلی کاربر را افزایش می‌دهد. با این حال، این نوع انطباق‌های ویدئویی با مشکلات قابل توجهی مواجه هستند. اول اینکه آنها در هنگام رقابت با سایر مشتریان متقاضی جریان‌های ویدئویی ناپایدار و نامطمئن هستند. دوماً تنظیم ویدئو در پروسه این انطباق‌ها بر اساس دیدگاه مشتری انجام می‌شود و این می‌تواند مخاطره آمیز باشد، زیرا یک مشتری نوعی هیچ اطلاعی از درخواستهای سایر مشتریان در همان شبکه ندارد و بدون در نظر گرفتن سایر مشتریان مرتباً به دنبال افزایش خودخواهانه QoE خود می‌باشد. چنین رفتار خودپسندانه‌ای ممکن است به طور بالقوه منجر به کاهش QoE برای مشتریان مختلف به دلیل افزایش تراکم شبکه شود [۱۰].

استفاده از شبکه‌های SDN این امکان را می‌دهد تا از ویژگی منحصر بفرد و نقطه قوت این نوع شبکه‌ها یعنی جداسازی بین لایه کنترل و لایه داده بهره ببریم. این جداسازی باعث میشود پیکربندی و مدیریت این نوع شبکه‌ها ساده‌تر شود. لایه کنترل مغز شبکه را تعریف می‌کند. این لایه اجازه می‌دهد تا مدیریت منابع، کنترل جریان داده، مسیریابی و ارسال داده‌ها ساده‌تر شده و هزینه

¹ Dynamic Adaptive Video Streaming

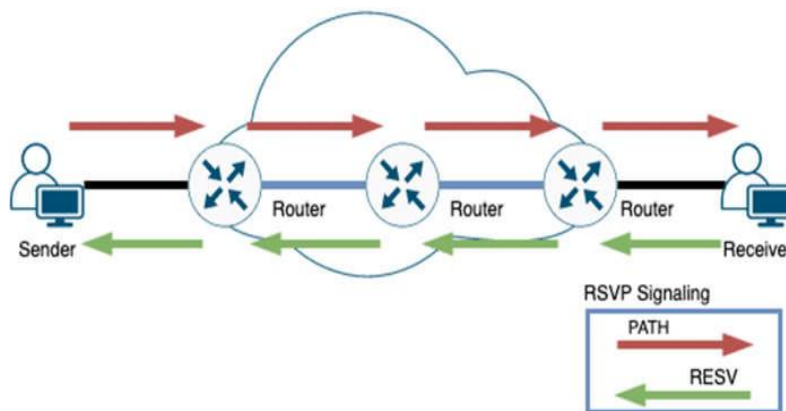
ارتقاء کیفیت تجربه جریانهای ویدئویی در شبکه های توزیعی

اساساً شبکه های نظیر به نظیر، یک سیستم اشتراک گذاری توزیع شده برای فایل های ویدئویی در اختیار کاربران قرار می دهد که بیشترین حجم ترافیک ایجاد شده بر روی شبکه ها را شامل می شود. شبکه نظیر یک شبکه رویین منطقی است که بر روی یک زیرساخت فیزیکی قرار دارد و یک محیط مجازی برای توسعه دهندگان برنامه های نظیر به نظیر ارائه می دهد تا به سادگی بتوانند پروتکل ها و محیط ارتباطی خود را پیاده سازی کنند. ضرورت نیاز به ارتقاء کیفیت تجربه جریان های ویدئویی در شبکه های توزیعی بر کسی پوشیده نیست. برنامه های انتقال داده، مرور وب و پست الکترونیکی در برابر تأخیر تحمل پذیر می باشند، اما نمی توانند گم شدن بسته را تحمل نمایند در حالیکه برنامه های چندرسانه ای در برابر تأخیر تحمل ناپذیر بوده اما تا حدودی گم شدن بسته را تحمل می کنند. ظهور برنامه های حساس به تأخیر یا گم شدن بسته مانند تلفن اینترنتی، باعث تسریع تحقیقات در زمینه پشتیبانی از QoS در شبکه های مبتنی بر IP شده است. رویکرد "بهترین تلاش"^۱ که در آن همه بسته ها اولویت یکسانی دارند و هیچ تحویل تضمینی بسته وجود ندارد و زمانی اعمال می شود که شبکه خطمشی های QoS در شبکه را پیکربندی نکرده باشد یا

زیرساخت از QoS پشتیبانی نکند. دو رویکرد متفاوت برای اجرای QoS برای شبکه های توزیعی حاوی خدمات نرم افزار به عنوان سرویس معرفی شده است [۹-۱۸]:

- خدمات یکپارچه^۲: یک مدل QoS که پهنای باند را در طول مسیر در شبکه ذخیره میکند.
- خدمات متمایز^۳: یک مدل QoS که در آن عناصر شبکه مانند روترها و سوئیچها برای سرویس دهی چندین کلاس ترافیک با اولویتهای مختلف پیکربندی شده اند.

توابع IntServ جهت ارائه QoS براساس هر جریان خاص ارائه شده است که در آن برای تضمین کیفیت، کاربر نهایی نیاز خود را به روش سیگنالینگ که در این مدل وجود دارد، بیان می کند [۱۰]. روش سیگنالینگ، منابع را براساس مسیر حرکت بسته جهت رسیدن به مقصد رزرو می نماید. روش DiffServ شیوه ای است که در آن هر بسته به یک مجموعه کلاس ترافیک طبقه بندی شده و هر ترافیک دارای کد محل مشخص می باشد [۱۱]. همانند شکل مسیریاب های شبکه بصورت تک گامی برای هر کدمحل جهت تضمین کاهش گم شدن بسته، تأخیر و تغییرات تأخیر پیاده سازی شده اند. شکل زیر معماری عملیات IntServ و شیوه سیگنالینگ را نمایش می دهد:

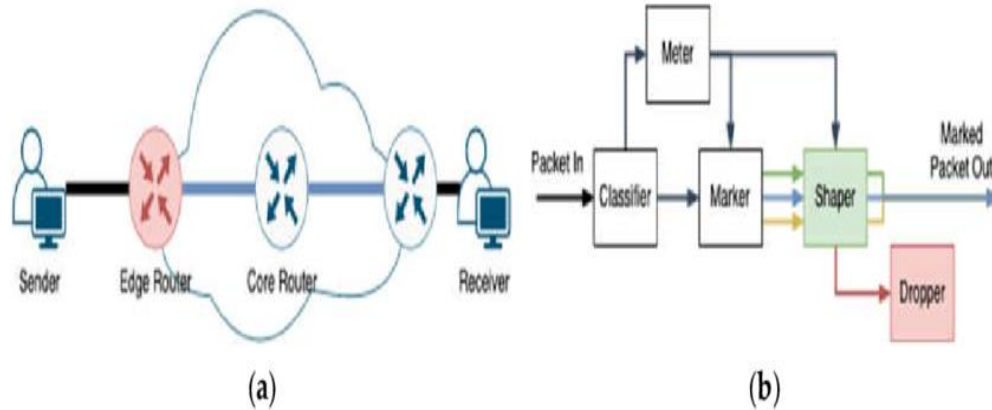


شکل ۱. معماری عملیات IntServ و شیوه سیگنالینگ

³ differentiated services (DiffServ)

¹ best effort

² integrated services (IntServ)



شکل ۲. معماری عملیات DiffServ و شیوه سیگنالینگ

برنامه‌های کاربردی بلادرنگ امکان‌پذیر نبوده و قابلیت بهبود را در تمامی داده‌های درخواستی از طرف کاربر ندارد. انتظارات کاربران از خدمات ارائه‌شده در سال‌های اخیر افزایش یافته است، و تأمین خواسته‌های آنها در زمینه خدمات چندرسانه‌ای دشوارتر شده است. در جریان‌های چندرسانه‌ای پارامترهای متعددی بر کیفیت صدا و ویدئوی دریافتی تأثیرگذار است. این پارامترها به دو دسته زیر تقسیم میشوند [۱۴-۱۵]:

- کیفیت خدمات در سطح کاربرد^۴: که به بررسی پارامترهای کدگذاری و فشرده سازی مانند رزولوشن محتوا، نرخ بیت، نرخ فریم می‌پردازد.
- کیفیت خدمات در سطح شبکه^۵: که به پارامترهایی از قبیل پهنای باند، تأخیر، گم شدن بسته و تغییرات تأخیر می‌پردازد.

سیستم‌های تحویل محتوای اولیه تمرکز بیشتری بر روی مدیریت پارامترهای شبکه داشته‌اند، اما از این طریق موفق به تأمین نیازهای کاربران در سطح لایه کاربرد نشدند. از این رو نیاز به ارائه روش‌هایی جهت افزایش رضایت کاربر از خدمات ارائه‌شده در شبکه به امری ضروری و مهم تبدیل شد و عاملی جهت رقابت بین ارائه‌دهندگان مختلف شد. جهت تضمین QoE در شبکه، روش‌های مختلفی ارائه شده که هدف همه آنها بهبود QoE در شبکه فعلی

شبکه تحویل محتوا^۱

شبکه تحویل محتوا یا CDN جهت کاهش ترافیک شبکه و تأخیر بین محتوای ارسالی خدمتگذار و میزبان طراحی شده‌اند و این کار از طریق توزیع خدمتگذاران در مناطق مختلف جغرافیایی و همچنین ذخیره استراتژیکی محتویات اینترنت در آنها صورت می‌گیرد [۱۲]. از آنجا که محتویات به میزبان‌ها نزدیک هستند، انتقال داده کمتر تحت تأثیر تأخیر و گم شدن بسته قرار می‌گیرد و در نهایت امکان بهبود رضایت کاربر از خدمات را فراهم می‌سازد. شبکه CDN شامل یک خدمتگذار مبدأ^۲، و خدمتگذارهای جانشین^۳، مسیریاب‌های درخواست و سیستم انتقال داده است [۱۳]. درخواست کاربر برای محتوا از طریق مسیریاب درخواست به خدمتگذار جانشین هدایت می‌شود. مسیریاب درخواست به طور مداوم اطلاعات مختلف را از خدمتگذاران جانشین جمع‌آوری کرده و براساس داده‌های درخواستی کاربر به آنها هدایت می‌نماید. در صورتیکه خدمتگذار جانشین داده‌های درخواستی را نداشته باشد، با استفاده از سیستم انتقال، یک نسخه از درخواست را برای خدمتگذار مبدأ ارسال می‌کند و سپس با پاسخ خدمتگذار مبدأ، داده‌ها در خدمتگذار جانشین ذخیره شده و به سمت کاربر نیز ارسال می‌شوند. شبکه‌های CDN تحویل محتوای استاتیکی در لبه شبکه را به دلیل ذخیره داده سریعتر انجام می‌دهند. اما زمانیکه برنامه کاربردی صفحات پویایی را تولید نماید که غیرقابل ذخیره باشند، آنگاه CDN قادر به بهبود کیفیت در چنین برنامه‌هایی نمی‌باشد و این روش نیز همانند دو شیوه قبلی برای استفاده در

⁴ Application-level Quality of Service

⁵ Network-level Quality of Service

¹ Content Delivery Network (CDN)

² Origin Server

³ Surrogates Servers

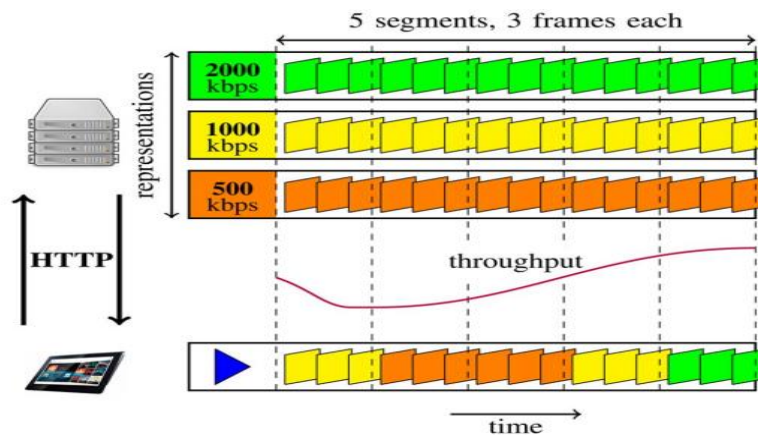
میشود. این جریان از طریق TCP منتقل میشود و بدون اختلال است اما زمانی که پیوند ارتباطی نوسان دارد مثلا در شبکه‌های best effort مثل اینترنت و یا شبکه‌های موبایلی که شرایط شبکه به‌مرور زمان به دلیل تضعیف سیگنال، تداخل و نویز با مشکلاتی (مثل گم شدن بسته، پهنای باند، تاخیر، لرزش) مواجه شده و موجب تاخیر در پخش ویدئو خواهند شد [۱۶].

جریان ویدئویی تطبیقی به این صورت است که در این روش، یک فایل ویدئو به قطعه‌های زمانی تقسیم می‌شود و به کیفیت‌های مختلف کدگذاری می‌گردد، سپس در سمت کاربر الگوریتم تطبیق به صورت پویا براساس معیارهایی مانند بازدهی، نرخ بافر و نوع دستگاه گیرنده میزان کیفیت ارسالی را تعیین می‌نماید. شکل زیر شیوه کار HAS در سطح شبکه را نشان می‌دهد. خدمتگذار HAS محتویات ویدئویی را در کدگذاری‌های متفاوت ایجاد کرده و در نمایندگان مختلف ذخیره می‌نماید [۱۷]، هر نماینده سمت خدمتگذار دارای نرخ فریم، نرخ بیت و وضوح مشخصی از ویدئو است. در سمت کاربر نیز یک وسیله جهت اندازه‌گیری شرایط شبکه بوده که در این شکل تأثیر شرایط به صورت نمودار نشان داده شده و براساس این شرایط نوع نماینده انتخابی برای ارسال ویدئو به کاربر تعیین می‌شود.

اینترنت بوده است. در ادامه این بخش، برخی از مهم‌ترین کارهای انجام شده در رابطه با بهبود QoE کاربر بررسی خواهد شد، و مزایا و معایب هر یک از روش‌های انجام شده مورد بحث، تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرد. در ابتدا در ارتباط با استفاده از کدگذاری تطبیقی صحبت خواهد شد و سپس استفاده از بافر و حافظه نهان جهت بهبود QoE مورد بررسی قرار خواهد گرفت. در ادامه به بررسی ایجاد تغییرات در پارامترهای QoE و استفاده از الگوریتم‌های مختلف مسیریابی و تخصیص منابع جهت بهبود QoE صحبت خواهد شد.

ارتقا کیفیت تجربه در جریانهای ویدئویی تطبیقی^۱

محبوبیت تماشای ویدئو از طریق اینترنت منجر به تولید و توسعه طیف وسیعی از پروتکل‌های مربوط به جریانهای ویدئویی تطبیقی در اینترنت شده است. برخی شرکتها همانند مایکروسافت و اپل پروتکل‌های اختصاصی خود را معرفی کرده‌اند. در این میان گروه MPEG پروتکل "جریان تطبیقی HTTP"^۲ را معرفی کرده است. جریان ویدئویی بر اساس تقاضا^۳ ترکیبی از دانلود و پخش همزمان است که داده‌های ویدئویی از طریق HTTP به کاربر ارسال و در بافر برنامه ذخیره و پس از دانلود مقدار کافی از داده، ویدئو پخش



کیفیت مد نظر خود را برای برنامه کاربردی تعیین نماید و نیاز به تجهیزات پیچیده در سطح شبکه نباشد. در جریان‌های ویدئویی،

پروتکل‌های HAS منجر به بهبود QoS شده و محبوبیت آن موجب استفاده عمده آن در اینترنت شده است. انعطاف‌پذیری تکنولوژی HAS موجب اضافه شدن آن در برنامه‌های کاربردی سمت کاربر شده و به کاربر این اجازه را می‌دهد تا به صورت مستقل

³ Video on demand streaming (VOD)

¹ Adaptive Video Streaming

² HTTP adaptive streaming (HAS)

با کیفیت سیستم تحویل شبکه، کیفیت رمزگذاری در شبکه، کیفیت رمزگشایی از شبکه، عوامل انسانی و تعداد واحدها یا مشتریان. Mean Opinion Score (MOS) اندازه گیری کیفیت خدمات است که در ابتدا برای سیستم های تلفن دیجیتال طراحی شده است MOS. یک اندازه گیری کیفی است که با رتبه بندی بسیاری از کاربران برای تماس های تلفنی از ۰ تا ۵ (بهترین ۵ مورد) محاسبه می شود. اندازه گیری های عینی سرویس (مانند حداکثر نسبت سیگنال به نویز) را می توان به MOS ترسیم کرد و MOS را می توان به QoE ترسیم کرد. شبکه های IP به طور گسترده برای حمل و نقل رسانه ای بین نقاط پایانی استفاده می شوند. انتظارات مشتریان پس از شروع استفاده از صدا و فیلم از طریق IP، تغییر نکرده و حتی ممکن است افزایش یابد، زیرا فناوری های جدید باید از کیفیت بالاتری برخوردار باشند. با این حال، اینترنت و دیگر شبکه های IP چالش های دیگری را برای ارائه دهنده خدمات ایجاد می کنند. بسته های IP منتقل شده از طریق شبکه غیر قطعی هستند و می توان آنها را کنار گذاشت. از بین رفتن بسته و jitter مشکلات احتمالی QoE صدا و فیلم از طریق IP است. شاخص تحویل رسانه (MDI) یک اقدام جدید برای نظارت بر صدا و فیلم بر روی خدمات IP برای مؤلفه QoE آنها تحت کنترل آنها است. از MDI می توان برای نظارت منفعل یا فعالیت نظارت بر صدا و تصویر زنده از طریق شبکه های IP استفاده کرد. این در هر جریان رسانه ای اندازه گیری می شود و می تواند به طور مداوم برای پوشش کامل خدمات رسانه ای اندازه گیری شود. با کیفیت MDI در هر جریان، کیفیت رمزگذاری در شبکه، کیفیت رمزگشایی از شبکه، عوامل انسانی و تعداد واحدها یا مشتریان.

MDI به کاربر شاخصی از تجمع تجمعی IP و از دست رفتن بسته را ارائه می دهد MDI. می تواند به عنوان یک عامل تأخیر (DF) و یک میزان از دست دادن رسانه (MLR) بیان شود DF. مدت زمانی است که جریان رسانه برای بافر کردن حساب jitter و نرخ رمزگشایی محموله نیاز دارد MLR. میزان از دست رفته رسانه در ثانیه را ردیابی می کند. ارائه دهنده خدمات قادر است عملکرد شبکه را در هر نقطه از شبکه با اندازه گیری DF و MLR برای هر دو جریان صوتی و تصویری ارزیابی کند. شاخص های موجود در

مدت زمان تأخیر اولیه^۱ و توقف پخش^۲ عوامل تأثیرگذار بر QoE هستند [۱۸]. تغییر کیفیت ویدئو که در HAS به کار میرود بعد جدیدی از ارائه خدمات را معرفی می نماید. به طور کلی، عوامل تأثیرگذار در QoE به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

- عوامل ادراکی^۳
- عوامل فنی^۴

عوامل ادراکی مستقیماً توسط کاربر نهایی احساس می شود. این عوامل به عوامل فنی وابسته ولی از آن جدا هستند. برای مثال، چندین عامل فنی موجب تأخیر اولیه دریافت می شوند اما کاربر نهایی تنها زمان انتظار را احساس می کند. بنابراین، لازم است که عوامل فنی را که بر روی عوامل ادراکی کاربر موثر هستند بررسی کنیم. در اینجا نیاز به ایجاد یک طبقه بندی کامل از عوامل موثر در QoE در HAS وجود دارد تا از این طریق بتوان با بررسی لحظه ای شرایط شبکه و اعمال دخالت کاربر در تعیین میزان QoS، با ارسال داده های ویدئویی در فریمها، کدگذاریها و میزان وضوح تصویر متفاوت کیفیت مناسبتری برای کاربر نهایی ایجاد شود. همچنین تأخیر اولیه به مدت زمانی که یک مقدار مشخصی از داده باید انتقال داده شود و سپس رمزگشایی و شروع به پخش شود، اشاره می کند. معمولاً تأخیر اولیه بعلاوه بر کردن بافر با حجم زیادی از ویدئو در ابتدای پخش می باشد. بافر پخش^۵ به عنوان یک ابزار کارآمد برای مقابله با تغییرات تأخیر در کوتاه مدت است. می توان تأخیر اولیه را کوتاه در نظر گرفت اما تأخیر اولیه طولانی نیز قابل تحمل خواهد بود اگر کاربر قصد تماشای ویدئو را داشته باشد.

ارزیابی کیفیت تجربه و پارامترهای بنیادین

کیفیت تجربه (QoE) برای پخش ویدئو در اینترنت تخمین کیفیت خدمات ارائه دهنده از دیدگاه مشتری است. مقادیر QoE برای نظارت بر کیفیت خدمات و تعیین کمیت پیشرفت تجربه مشتری قبل از شکایت یا ترک استفاده می شوند. مقدار QoE برای یک جریان صوتی یا تصویری fi شرح قابل ارزیابی است [۲۰-۱۹]:

$$QoE = \frac{Q_{NET} + Q_{ENC} + Q_{DEC} + Q_{HUM}}{N}$$

⁴ technical

⁵ playout buffer

¹ Initial delay

² Stalling

³ perceptual

استفاده از TTP H می‌باشد و واحد آن مگابایت بر ثانیه (Mbps) می‌باشد.

در نهایت لازم به ذکر است، QoE شامل شاخص هایی برای تجربه مشتری در نقطه انتهایی انتقال خدمات می‌باشد. این شاخص ها به صورت نسبی و محلی بوده و بر اساس متوسط نیاز یک جامعه و سطح توقع آنها قابل اندازه گیری است. به زبان دیگر تجربه ای که کاربر از خدمات خود کسب می‌کند و میزان رضایت او از خدمات ارائه شده را کیفیت تجربه می‌نامند. برای سنجش کیفیت تجربه از دید کاربر نهایی روش ها و استانداردهای متفاوتی وجود دارد که البته با توجه به نوع سرویس ارائه شده جهت کنترل می‌توانند تفاوتی داشته باشند.

نتیجه‌گیری و راهکارهای آتی

امروزه به دلیل گسترش شبکه های کامپیوتری و استفاده فراگیر از سرویس های مبتنی بر آن با تنوع و تعدد کاربران مواجه هستیم به همین دلیل رضایت مندی کاربران اهمیت بسزایی دارد. از این رو مفهوم جدیدی به نام کیفیت تجربه کاربری مطرح است. کیفیت تجربه معیاری است برای سنجش لذت یا آزار تجارب مشتری از یک سرویس مثلاً مرور وب، تماس تلفنی، پخش تلویزیونی QoE که بر کل تجربه خدمات تمرکز دارد. این یک مفهوم کل نگر است، شبیه به زمینه تجربه کاربری، اما ریشه در ارتباطات راه دور دارد. این حوزه یک زمینه چند رشته ای در حال ظهور است که بر اساس روانشناسی اجتماعی، علوم شناختی، اقتصاد، و علوم مهندسی، متمرکز بر درک کلی الزامات کیفیت انسان است. در ویدیو استریمینگ، کیفیت تجربه به ارزیابی کاربر نهایی از کیفیت سرویس ویدیویی گفته می‌شود. این مفهوم به عوامل بستگی دارد که بر تجربه کاربری تأثیر می‌گذارند و در این پژوهش به بررسی و توصیف شد، از جمله مواردی مانند زمان بارگذاری ویدیو (بافرینگ)، نرخ فریم، نرخ بیت، وضوح تصویر و... عوامل مختلفی می‌توانند بر کیفیت تجربه تأثیر بگذارند، از جمله دستگاه مورد استفاده برای پخش ویدیو، شرایط شبکه مانند پهنای باند و میزان تأخیر، تنظیمات فشرده‌سازی و کدگذاری ویدیو، طراحی و عملکرد پلیر و رابط کاربری آن، و همچنین امکانات دسترسی مانند زیرنویس و ابزارهای مشابه. برای ارائه‌دهندگان خدمات استریم و تولیدکنندگان محتوا، ارزیابی و بهینه‌سازی QoE اهمیت زیادی دارد زیرا این مسئله می‌تواند تأثیر مستقیمی بر میزان تعامل کاربران، حفظ آنها و در نهایت درآمد داشته باشد. اندازه‌گیری کیفیت تجربه از طریق تکنیک‌ها و معیارهای مختلفی صورت می‌گیرد، مانند نرخ بافرینگ، نرخ فریز شدن ویدیو، زمان

این مجموعه بسیار زیادند و به طور کلی به شش دسته کلی VOIP، WEB، FTP، Email، DNS و Video تقسیم می‌گردند که در هر دسته تعدادی زیر شاخص وجود دارد. همچنین پارامترهای بنیادین کیفیت تجربه در جریان های ویدیویی شبکه به شرح زیر قابل رده بندی هستند [۲۱-۱۳۰]:

- **FTP**: برای سنجش کیفیت سرویس انتقال فایل مورد استفاده قرار می‌گیرد که شامل ۲ دسته پارامترهای Upload و Download می‌باشد. در این گزارش اعداد مربوط به FTP Download گزارش شده است و واحد آن مگابایت بر ثانیه (Mbps) می‌باشد.
- **DNS**: سرویس DNS در کیفیت استفاده از تمام سرویس هایی که در بستر اینترنت ارائه می‌شوند تأثیر مثبت دارد. بنابراین کنترل شاخص‌های مختلف در این سرویس و نحوه پاسخگویی آن به درخواست های صورت گرفته یکی از موارد مهمی است که در بررسی تجربه کاربران تأثیر گذار می‌باشد. یکی از شاخص‌های مهم در کنترل این سرویس DNS Response Time است. زمان بر اساس میلی ثانیه محاسبه می‌شود و عبارت است از مدت زمانیکه طول کشیده تا تعداد حداقل ۱۰ عدد Query به سمت سرور DNS ارسال شود و پاسخ آن توسط سامانه دریافت گردد. درخواست هایی که کلاینت به سرور DNS ارسال می‌کند تا عمل ترجمه نام به IP انجام شود پرس و جوی DNS یا DNS Query گفته می‌شود و واحد آن میلی ثانیه (ms) می‌باشد.
- **Web**: یکی از روش‌های رسیدن به سطح تجربه کاربر نهایی از اینترنت، بررسی نحوه دسترسی به سرویس‌های تحت وب می‌باشد. در این حالت باید بتوان از طریق روش‌های استاندارد نسبت به شبیه‌سازی کاربر در زمان دسترسی به صفحات وب اقدام نمود و از طریق شاخص‌های تعریف شده و مقدار بدست آمده برای هر کدام از آن شاخص‌ها، تجربه کاربر نهایی در زمان دسترسی به اینترنت را مورد سنجش قرار داد. در اینجا از شاخص Web Throughput استفاده شده است.
- **Throughput**: عبارت است از میزان اطلاعات دریافت شده در هر ثانیه در زمانیکه کاربر در حال

[8] Medeiros I, Pacheco L, Rosário D, Both C, Nobre J, Cerqueira E, Granville L. Quality of experience and quality of service-aware handover for video transmission in heterogeneous networks. *International Journal of Network Management*. 2021 Sep;31(5):e2064.

[9] Lee R, Venieris SI, Lane ND. Deep neural network-based enhancement for image and video streaming systems: A survey and future directions. *ACM Computing Surveys (CSUR)*. 2021 Oct 4;54(8):1-30.

[10] Juluri P. Measurement and improvement of quality-of-experience for online video streaming services. University of Missouri-Kansas City; 2015.

[11] Duanmu Z, Rehman A, Wang Z. A quality-of-experience database for adaptive video streaming. *IEEE Transactions on Broadcasting*. 2018 Apr 30;64(2):474-87.

[12] Mok RK, Chan EW, Chang RK. Measuring the quality of experience of HTTP video streaming. In 12th IFIP/IEEE international symposium on integrated network management (IM 2011) and workshops 2011 May 23 (pp. 485-492). IEEE.

[13] Su GM, Su X, Bai Y, Wang M, Vasilakos AV, Wang H. QoE in video streaming over wireless networks: perspectives and research challenges. *Wireless networks*. 2016 Jul;22:1571-93.

[14] Balachandran A, Sekar V, Akella A, Seshan S, Stoica I, Zhang H. A quest for an internet video quality-of-experience metric. In Proceedings of the 11th ACM workshop on hot topics in networks 2012 Oct 29 (pp. 97-102).

[15] Shah GM, Sathayo IH, Khan UA. Analysis of quality of service for video streaming using users experience. *Journal of Information Communication Technologies and Robotic Applications*. 2018 Dec 9:38-46.

[16] Lindeberg M, Kristiansen S, Plagemann T, Goebel V. Challenges and techniques for video streaming over mobile ad hoc networks. *Multimedia Systems*. 2011 Feb;17:51-82.

[17] Ivchenko AV, Kononyuk PA, Dvorkovich AV, Antiufrieva LA. Study on the Assessment of the Quality of Experience of Streaming Video. In 2020 Systems of Signal Synchronization, Generating and

شروع پخش و بازخورد مستقیم کاربران. با شناسایی نقاط ضعف در این حوزه، می‌توان کیفیت ویدیو و تجربه کلی کاربران را بهبود بخشید.

با توجه به اهمیت و ضرورت مفهوم کیفیت تجربه در مدیریت فناوری، این پژوهش به ارائه ی رویکردی جهت ارتقاء کیفیت تجربه جریان های ویدیویی و عوامل تاثیرگذار بر مبنای مطالعات پیشین می پردازد. در این مطالعه همچنین اثر فاکتورهای موثر بر روی کیفیت تجربه کاربر بررسی و تدوین شده است.

مراجع

[1] Juluri P, Tamarapalli V, Medhi D. Measurement of quality of experience of video-on-demand services: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2015 Feb 6;18(1):401-18.

[2] Serral-Gracià R, Cerqueira E, Curado M, Yannuzzi M, Monteiro E, Masip-Bruin X. An overview of quality of experience measurement challenges for video applications in IP networks. In International Conference on Wired/Wireless Internet Communications 2010 Jun 1 (pp. 252-263). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

[3] Balachandran A, Sekar V, Akella A, Seshan S, Stoica I, Zhang H. Developing a predictive model of quality of experience for internet video. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*. 2013 Aug 27;43(4):339-50.

[4] Santos CE, da Silva CA, Pedroso CM. Improving perceived quality of live adaptive video streaming. *Entropy*. 2021 Jul 25;23(8):948.

[5] Seetharam A, Dutta P, Arya V, Kurose J, Chetlur M, Kalyanaraman S. On managing quality of experience of multiple video streams in wireless networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*. 2014 Jun 26;14(3):619-31.

[6] Hemmati M. New bandwidth allocation methods to provide quality-of-experience fairness for video streaming services (Doctoral dissertation, Université d'Ottawa/University of Ottawa).

[7] Evensen K, Kaspar D, Griwodz C, Halvorsen P, Hansen A, Engelstad P. Improving the performance of quality-adaptive video streaming over multiple heterogeneous access networks. In Proceedings of the second annual ACM conference on Multimedia systems 2011 Feb 23 (pp. 57-68).

[21] Qiu S, Rui H, Zhang L. No-reference perceptual quality assessment for streaming video based on simple end-to-end network measures. In International conference on Networking and Services (ICNS'06) 2006 Jul 16 (pp. 53-53). IEEE.

[22] Schneps-Schneppe MA, Pauliks R. On the role of subjective assessments in IPTV quality configuration. Automatic Control and Computer Sciences. 2014 Jan;48:25-36.

Processing in Telecommunications (SYNCHROINFO) 2020 Jul 1 (pp. 1-12). IEEE.

[18] Mellouk A, Tran HA, Hoceini S. Quality of experience for multimedia: application to content delivery network architecture. John Wiley & Sons; 2013 Nov 25.

[19] Wang L, Jin J, Huang R, Wei X, Chen J. Unbiased decision tree model for User's QoE in imbalanced dataset. In 2016 International Conference on Cloud Computing Research and Innovations (ICCCRI) 2016 May 4 (pp. 114-119). IEEE.

[20] Pokhrel J. Intelligent quality of experience (QoE) analysis of network served multimedia and web

COPYRIGHTS

©2024 by the authors. Published by the Islamic Azad University, Khodabandeh Branch, Zanjan. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

