وزارت ارتباطات و فناوری اطلاعات
پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات

بررسی روش‌های نظارت بر کیفیت خدمت و کیفیت تجربی خدمات چندرسانه‌ای

عنوان گزارش: بررسی روش‌های نظارت بر کیفیت خدمت و کیفیت تجربی خدمات چندرسانه‌ای

کلمات کلیدی: کیفیت خدمت، کیفیت تجربی، خدمات چندرسانه‌ای

تهیه کنندگان (به ترتیب حروف الفبا): پروین احمدی، پژمان گودرزی

گروه پژوهشی: سامانه‌های پردازش و تحلیل داده‌ها

سال نشر: ۱۴۰۲

حقوق معنوی این اثر متعلق به پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات است و استفاده از آن با ذکر ماخذ بلامانع است.

چکیده

با افزایش تعداد و تنوع برنامه‌ها و خدمات چندرسانه‌ای، تلاش برای بهبود کیفیت و ارائه خدمات بهتر از دیدگاه شبکه و همچنین ارائه‌دهندگان خدمات افزایش یافته است. به منظور برآورده کردن انتظارات فزاینده مشتریان، ارائه‌دهندگان خدمات باید به طور دائم سطح فعلی کیفیت خدمات و کیفیت تجربی کاربران را اندازه‌گیری کنند. در این گزارش، ابتدا به بررسی روش‌های اندازه‌گیری کیفیت انتها-به-انتهای سرویس، در برخی کشورهای پیشرو جهان می‌پردازیم. سپس مروری بر روش‌های نظارتی مختلف برای سنجش کیفیت خدمت و کیفیت تجربی خدمات چندرسانه‌ای خواهیم داشت.

فهرست مطالب

۱- مقدمه ۴
۲- روش‌های اندازه‌گیری کیفیت سرویس در برخی کشورهای جهان ۶
۲-۱- ایتالیا ۶
۲-۲- نیوزیلند ۹
۲-۳- لهستان ۱۰
۲-۴- فرانسه ۱۱
۲-۵- آلمان ۱۲
۳- ابزارهای نظارت بر کیفیت خدمات و کیفیت تجربه ۱۵
۳-۱- تکنیکهای ارزیابی QOE چندرسانه ای ۱۵
۳-۱-۱- ارزیابی کیفی ذهنی ۱۵
۳-۱-۲- ارزیابی کیفیت عینی یا ابزاری ۱۶
۳-۲- ویژگی اصلی ابزارهای نظارت QOS/QOE ۱۸
۳-۲-۱- نظارت فعال در مقابل غیرفعال ۱۹
۳-۲-۱-۱- پروب‌های اکتیو ۱۹
۳-۲-۱-۲- پروب‌های پسیو ۲۰
۳-۲-۲- رویکردهای شبکه‌محور و سمت مشتری ۲۱
۳-۲-۳- نظارت واقعی و مجازی ۲۳
۳-۲-۴- نقاط نظارت بر کیفیت ۲۳
۳-۳- راه‌حل‌های فعلی نظارت بر QOS/QOE ۲۶
۳-۳-۱- ابزار QOS سطح شبکه ۲۶
۳-۳-۱-۱- پارامترهای تأثیرگذار شبکه بر کیفیت سرویس ۲۶
۳-۳-۲- ابزارهای نظارتی QOE ۲۸
۳-۳-۲-۱- تلفن صوتی ۲۹
۳-۳-۲-۲- IPTV و VOD ۳۰
۳-۳-۲-۳- خدمات کنفرانس ۳۰
۳-۳-۲-۴- بازی موبایل ۳۰
۳-۳-۳- دستورالعمل برای استفاده از ابزار نظارت ۳۱

۳-۴- چالش‌های آینده ابزارهای نظارتی QOE/QOE ۳۵
۳-۴-۱- فضاهای پارامتر بزرگ و خدمات جدید ۳۵
۳-۴-۲- جنبه‌های حریم خصوصی ۳۶
۳-۴-۳- اندازه‌گیری کیفیت در طول زمان و برای کاربران خاص ۳۶
۳-۵- وضعیت کنونی پایش کیفیت خدمات و تجربه در کشور و پیشنهادات ۳۷
۴- نتیجه‌گیری ۳۸
مراجع ۳۹

۱- مقدمه

امروزه، اکثر ارائه‌دهندگان خدمات اینترنتی[۱] (ISPs) به منظور برآورده کردن انتظارات فزاینده مشتریان و جلوگیری از بازگشت مشتری[۲]، نیازمند هستند که ببینند آیا مشتریان از خدمات ارائه شده به آن‌ها راضی هستند یا خیر. انتظار می‌رود که کاربران یک سرویس خاص زمانی که انتظارات QoE[۳] آنها برآورده شده است از مشتریان دائمی ارائه‌دهنده آن شوند. بنابراین، به منظور برآورده کردن انتظارات مشتریان، ارائه‌دهندگان خدمات باید به طور دائم سطح فعلی کیفیت خدمات را اندازه‌گیری کنند که ما آن را فرآیند نظارت بر کیفیت می‌نامیم. در اینجا، می‌توانیم بین نظارت بر کیفیت خدمت (QoS[۴]) و نظارت بر کیفیت تجربه (QoE) تمایز قائل شویم. کیفیت خدمات به عنوان «کلیات ویژگی-های یک سرویس مخابراتی که بر توانایی آن در برآوردن نیازهای اعلام شده و ضمنی استفاده‌کننده از سرویس تأثیر می‌گذارد» تعریف می‌شود [۲]. کیفیت تجربه عبارت است از «میزان لذت بردن یا آزار دیدن کاربر از یک برنامه یا سرویس» [۳]. QoE یک مفهوم چند بعدی است که نیازمند در نظر گرفتن چندین عامل (سیستم، عوامل انسانی و زمینه (هم‌بافت)[۵] [۴]) برای کاربردهای مختلف، از نظر اندازه‌گیری، مدیریت و کنترل QoE از دیدگاه کاربر نهایی و ارائه‌دهنده خدمات است.

روش‌های نظارت پایه پارامترهای سطح شبکه مرتبط با QoS مانند از دست دادن بسته، جیتر[۶] و توان عملیاتی[۷] را اندازه‌گیری می‌کنند. شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIs[۸]) - مانند تأخیر، از دست دادن بسته‌ها و توان عملیاتی - و آستانه‌های مربوطه برای آن KPIها معمولاً توسط اپراتورهای شبکه و خدمات تعریف می‌شوند. این KPIها به طور مداوم برای به دست آوردن سطح کیفی فعلی برای یک سرویس معین نظارت می‌شوند. این ابزارهای نظارتی پایه به صراحت ادراک کاربران را در نظر نمی‌گیرند، بنابراین می‌توان آنها را به جای کاربرمحور[۹]، فناوری‌محور[۱۰] در نظر گرفت. چندین عامل بر کیفیت درک شده کاربران تأثیر می‌گذارد که به طور کامل توسط مفاهیم QoS مورد توجه قرار نمی‌گیرد. این عوامل شامل ویژگی‌های کاربر و سایر عوامل زمینه‌ای مانند مکان یا زمان استفاده از سرویس می‌شود. علاوه بر این، QoS معمولاً بر روی خدمات مخابراتی تمرکز می‌کند و با جنبه‌های عملکرد سیستم فیزیکی سروکار دارد، در حالی که QoE دامنه بسیار گسترده‌تری که ارزیابی کاربر از عملکرد سیستم با در نظر گرفتن عوامل زمینه و انتظارات کاربران هست را پوشش می‌دهد. بنابراین، QoE را هرگز نمی‌توان به طور کامل از روی اندازه‌گیری‌های QoS

---

[۱] Internet Service Providers
[۲] Customer return
[۳] Quality of Experience
[۴] Quality of Service
[۵] context
[۶] jitter
[۷] throughput
[۸] Key Performance Indicator
[۹] user-centric
[۱۰] technology-centric

پیش بینی کرد. ابزارهای نظارتی مناسب نه تنها باید فاکتورهای QoS را در نظر بگیرند، بلکه باید فاکتورهای QoE را برای دستیابی به عملکرد بهتر (به معنای همبستگی با نظرات انسانی) دربرگیرند. علاوه بر این، ابزارهای پایش اغلب فقط برای یک سرویس خاص توسعه می‌یابند، که توسعه یک ابزار نظارتی QoE «جهانی» را به چالش می‌کشد.

با افزایش تعداد ارائه‌دهندگان چندرسانه‌ای و تنوع برنامه‌ها و خدمات، تلاش برای بهبود کیفیت و ارائه خدمات بهتر از دیدگاه شبکه و همچنین ارائه‌دهندگان خدمات افزایش یافته است. برای برآورده ساختن انتظارات فزاینده کاربران، مفهوم کیفیت تجربه به طور فزاینده‌ای در رویکردهای نظارت بر کیفیت مورد توجه قرار گرفته است. بر این اساس، نگاشت QoS–QoE تکنیکی برای پیش‌بینی کیفیت درک شده کاربر از روی عوامل QoS قابل اندازه‌گیری در شبکه یا تجهیز مشتری است. در این رویکرد، نگاشت بین KPI و شاخص‌های کیفیت کلیدی[۱] (KQIs)، برای مثال، در دسترس بودن سرویس، قابلیت اطمینان، قابلیت استفاده، و غیره) تخمینی از کیفیت درک شده را برای کاربر معمولی ارائه می‌کند. در چندین رویکرد برای یافتن روابط بین شاخص‌های QoS و رتبه‌بندی کیفیت انسانی به‌دست‌آمده از آزمون‌های ذهنی کاربر استفاده شده است. این رویکردها شامل رگرسیون، تجزیه و تحلیل‌های آماری، یادگیری ماشینی یا جمع‌سپاری[۲] [۵] است.

در رویکردهای اخیر، تمرکز ابزارهای نظارت تغییر کرده است: این مساله درک شده که رویکردهای شامل عوامل زمینه‌ای بهتر به مفاهیم QoE می‌پردازند و منجر به پیش بینی‌های دقیق‌تری برای کیفیت درک شده توسط کاربر می‌شوند. برای مثال، این عوامل می‌تواند شامل موقعیت مکانی کاربر، تجربه و انتظارات قبلی او، انواع تجهیز و غیره باشد.

در این گزارش، ابتدا به بررسی روش‌های اندازه‌گیری کیفیت انتها-به-انتهای سرویس، در برخی کشورهای پیشرو جهان می‌پردازیم. سپس مروری بر ابزارهای نظارتی مختلف برای سناریوهای برنامه‌های متنوع و انواع محتوا خواهیم داشت. در این مرور، روش‌های ارزیابی کیفی ذهنی و عینی و طبقه‌بندی ابزارهای نظارتی را ارائه می‌کنیم، جنبه‌های خاصی را توضیح می‌دهیم که باید برای نظارت QoS/QoE در نظر گرفته شود، ابزارهای موجود در حال حاضر برای نظارت QoE را ارائه می‌کنیم و در انتها هم چشم‌اندازی از آینده نظارت بر QoS/QoE ارائه خواهیم نمود.

[۱] key quality indicators

[۲] crowdsourcing

۲- روش‌های اندازه‌گیری کیفیت سرویس در برخی کشورهای جهان

در این بخش، به بررسی روش‌های اندازه‌گیری کیفیت انتها-به-انتهای سرویس، در برخی کشورهای پیشرو جهان پرداخته‌ایم. دلیل انتخاب این کشورها به این صورت بوده است که روش‌های اتخاذ شده توسط رگولاتورهای مستقر در این کشورها دارای ویژگی‌های کلیدی از جمله، امکان رقابتی نمودن ارائه خدمات چندرسانه‌ای بین اپراتورهای مختلف، امکان بررسی و ثبت شکایات شفاف کاربران سرویس‌های چندرسانه‌ای از SLA[۱] توافق شده آنها با اپراتورها، امکان سنجش عملکرد خدمات پهن باند توسط کاربران انتهایی، امکان اندازه‌گیری کیفیت بازی‌های تحت شبکه، برقراری مکانیزم‌های جریمه اپراتورهای متخلف و کمک به بهبود کیفیت ارائه سرویس‌های چندرسانه‌ای بوده‌اند.

۲-۱- ایتالیا

رگولاتور ایتالیایی AGCOM، پروژه‌ای را با نام "دسترسی ثابت پهن باند کیفیت سرویس اینترنت[۲]" به جهت اندازه‌گیری کیفیت سرویس انتها-به-انتهای شبکه آغاز کرده است. پروژه به دنبال حل مشکلاتی از قبیل عدم تضمین کیفیت سرویس پیشنهاد شده از سمت ISP[۳] ها، عدم امکان جریمه آن‌ها در صورت رعایت نکردن توافقنامه با مشتری و عدم وجود شفافیت لازم برای مقایسه عملکرد ISP های مختلف، می‌باشد [۸].

روش AGCOM برای اندازه‌گیری اینترنت، بر مبنای موارد زیر استوار است:

- اندازه‌گیری‌های ISP بر اساس پروب‌های اختصاص یافته در شهرهای اصلی انجام می‌گردد که قادر باشند برای هر ISP، حداقل دو پیشنهاد بیشتر فروخته شده را اندازه‌گیری کنند.
- اندازه‌گیری‌های کاربر نهایی که اجازه دهد بوسیله ابزاری نرم‌افزاری بنام Ne.Me.Sys. عملکرد خط ثابت خود را اندازه‌گیری نمایند. نقطه انتهایی در خانه‌های کاربر نهایی قرار دارد. چهار زیرگزینه برای کاربر نهایی در رابطه با اندازه‌گیری وجود دارد:
  - تست سرعت با ثبت نام
  - تست سرعت بدون ثبت نام
  - مشکل یک گواهی نامه[۴] کامل
  - رهایی از گواهی نامه به محض رسیدن به مقدار هدف صدک پنجم (5th percentile)

تمامی این اندازه‌گیری‌ها از یک سیستم اندازه‌گیری شبکه برمبنای یک عامل نرم‌افزاری که بر روی کامپیوتری استاندارد اجرا میشود، صورت می‌گیرند.

سیستم AGCOM از پارامترهای کیفیت سرویس زیر برای اندازه‌گیری عملکرد دسترسی اینترنت استفاده می‌کند:

---

[۱] Service-Level Agreement

[۲] QoS Internet broadband fixed access

[۳] Internet Service Providers

[۴] Certificate

- نرخ ارسال داده
- تأخیر بسته (RTT[۱])
- نرخ اتلاف بسته
- نسبت ارسال ناموفق داده

چهار مقدار مرتبط با سرعت ارسال داده زیر برای بخش‌های آپلود و دانلود محاسبه می‌شوند.

- صدک ۹۵ ام برحسب kbit/s
- صدک ۹۵ ام برحسب kbit/s
- مقدار میانگین برحسب kbit/s
- انحراف استاندارد برحسب kbit/s

دو مقدار مرتبط با تأخیر زیر، محاسبه می‌شوند:

- مقدار میانگین بر حسب میلی ثانیه
- انحراف استاندارد

ابزار .Ne.Me.Sys، کیفیت خط را با حداقل یک اندازه‌گیری در هر یک ساعت، اندازه‌گیری می‌کند. برای مشخص نمودن کامل خط، نرم‌افزار باید در هر شیار زمانی به اندازه‌گیری بپردازد. این امر، برای اندازه‌گیری عملکرد شبکه بعنوان تابعی از بار آن، ضروری است. ارزیابی خط با حداقل ۲۴ اندازه‌گیری در هر شیار زمانی صورت می‌پذیرد. هر اندازه‌گیری با ۲۰ جلسه دانلود FTP[۲]، ۲۰ جلسه آپلود FTP و ۱۰ جلسه ping صورت می‌پذیرد. در فاصله سال‌های ۲۰۱۵-۲۰۱۷ از جلسه HTTP به جای FTP استفاده می‌شد.

نتایج اندازه‌گیری‌های پهن باند مبتنی بر .Ne.Me.Sys می‌تواند توسط مشتریان بمنظور خاتمه دادن به قراردادشان بدون جریمه به پروفایلی ارزانتر یا تقاضا برای بازیابی سطح کیفیت سرویس، مورد استفاده قرار گیرد.

نتایج مندرج در گواهی نامه نهایی، می‌تواند با KPI های اولیه کیفیت سرویس توافق شده توسط اپراتور، مقایسه شده و در سایت‌های مشخصی درج شود.

اگر نتایج از مقادیر توافق شده کمتر باشند، کاربر می‌تواند شکایتی را علیه اپراتور صادر کند. اگر اپراتور، کیفیت را در مدت ۳۰ روز افزایش ندهد بعد از یک شکایت ثانویه، کاربر می‌تواند به قرارداد بدون جریمه، خاتمه دهد.

در رابطه با KPI های اندازه‌گیری پهن باند موبایل و انطباق آن با مشخصه‌های فنی ETSI TS-۱۰۲-۲۰۵ و TS-۲۰۲-۰۵۷، از KPI های زیر برای ارزیابی عملکرد شبکه و کیفیت خدمات پهن باند موبایل، استفاده می‌شود:

- توان عملیاتی ارسال داده (DL/UL)[۳]
- نرخ ارسال موفق (DL/UL) داده

[۱] Round-Trip Time

[۲] File Transfer Protocol

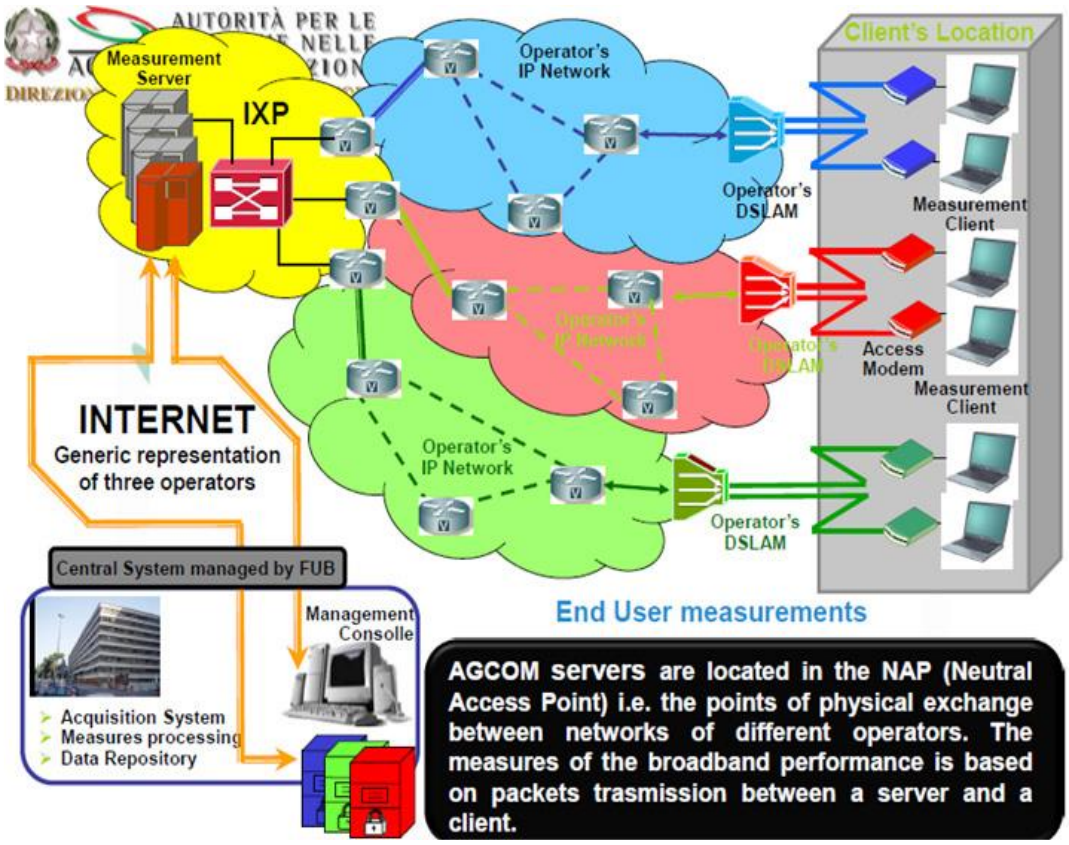
[۳] DownLink/UpLink

- زمان دانلود صفحه وب (HTTP/HTTPS)
- نرخ دانلود موفق صفحه وب (HTTP/HTTPS)
- تأخیر بسته
- اتلاف بسته
- جیتر

برای بازه زمانی ۲۰۱۵-۲۰۱۷، AGCOM اندازه‌گیری‌هایی را برای شبکه‌های موبایل تعریف کرده بود که شامل اندازه‌گیری‌های استاتیک (با قرار دادن ایستگاه‌های پروب) و تست‌های دینامیک (drive tests) برای تمامی شبکه‌های موبایل ایتالیا می‌شدند. این تست‌ها شامل موارد زیر هستند:

- تست دوره ثابت: تست انتقال DL/UL فایلهای خیلی بزرگ (مثلاً ۲GB) محدود به ۳۰ ثانیه
- تست جاری‌سازی ویدئو: با دو روش ممکن که دارای مزایا و معایب خود هستند:
  - سرویس جاری‌سازی ویدئو در محدوده قلمرو رگولاتور قابل پیاده‌سازی است. مزیت روش این است که فعالیت تست در محدوده شبکه موبایل تحت تست، باقی می‌ماند. عیب روش این است که روش‌های پیشرفته جاری‌سازی واقعی ویدئو را بسختی می‌توان محقق نمود.
  - اندازه‌گیری بوسیله یکی از گسترده‌ترین سرویس‌های جاری‌سازی ویدئو بنام You Tube انجام می‌شود. مزیت روش این است که روش‌های پیشرفته جاری‌سازی قابل تجربه توسط کاربر، قابل تست هستند. عیب روش این است که تست، در برگیرنده شبکه‌های خارجی است.

در شکل زیر، نمونه ای از سامانه و ابزار مورد استفاده AGCOM ایتالیا برای اندازه گیری کیفیت انتها-به-انتهای سرویس، آورده شده است.



شکل ۱- فرایند اندازه‌گیری انتها-به-انتهای QoS در AGCOM ایتالیا [۸]

از جمله مزایای سامانه اندازه گیری کیفیت سرویس کشور ایتالیا می‌توان به امکان رصد SLA توافق شده با اپراتورها توسط کاربران و امکان اندازه گیری پارامترهای با اهمیت کیفیت سرویس اشاره نمود. یکی از معایب عمده این سامانه، عدم امکان اندازه گیری کیفیت سرویس در بخش کاربران بی سیم، می‌باشد.

۲-۲- نیوزیلند

بازی تحت شبکه در حال تبدیل شدن به یک سرویس مطرح OTT[۱] با نیازمندی‌های حساس تأخیر (بر حسب RTT و جیتر) و حساس تر از OTT VoIP در کشور نیوزلند می‌باشد. تأخیر سایت بازی با ابزار تجاری و پلتفرم با نام TrueNet در استرالیا و نیوزلند، صورت می‌پذیرد. نتایج حاصله می‌تواند توسط سایر کشورهایی که چنین اندازه‌گیری-هایی را انجام نمی‌دهند، مورد استفاده قرار گیرد.

مزایای پلتفرم استفاده شده، در امکان سنجش برخط پارامترهای اساسی در تعیین کیفیت بازی‌های تحت شبکه می‌باشد. عیب عمده این روش، عدم امکان اندازه گیری کیفیت تجربه واقعی کاربران بازی‌های برخط است.

[۱] Over The Top

۲-۳- لهستان

در رابطه با تضمین کیفیت سرویس دریافتی کاربران در کشور لهستان بعنوان عضوی از اتحادیه اروپایی، نهاد رگولاتوری لهستان، مسئول نظارت بر درستی اجرای موارد زیر می‌باشد [۸]:

- قراردادهای سرویس باید در فرمی واضح، قابل فهم و بسادگی قابل دسترس تنظیم شوند.
- اطلاعات منتشر شده در رابطه با کیفیت سرویس ارائه شده توسط اپراتورها باید قابل مقایسه، مرتبط و به روز باشند.
- کاربر باید به روشی مقتضی، به اطلاعات جامع، قابل مقایسه و مطمئن در خصوص QoS دسترسی داشته باشد.
- نشانگرهای قابل اندازه‌گیری از کیفیت سرویس به همراه محتوا، فرم و روش تدارک اطلاعات قابل انتشار، باید تعیین شوند.
- نیازمندی‌های کیفی حداقلی باید مشخص شوند تا از خرابی کیفیت سرویس در شبکه‌های عمومی پرهیز گردد.

دفتر مخابرات الکترونیکی لهستان (UKE)، نشانگرهای کیفیت سرویس فنی و اجرائی زیر را مطابق با راهنمائی‌های ETSI (EG ۲۰۲ ۰۵۷-۲, EG ۲۰۲ ۰۵۷-۳ and EG ۲۰۲ ۰۵۷-٤) اجباری نموده است:

- خدمات ثابت و سیار: نرخ تماس موفق
- خدمات سیار: نرخ کیفیت صحبت، نرخ از دست دادن تماس
- خدمات دسترسی اینترنت (ثابت و سیار): سرعت ارسال داده، تأخیر
- تمامی خدمات مخابراتی: متوسط زمان پاسخ خدمات اپراتورها، نرخ صحت صورتحساب

UKE همچنان اشاره کرده است که مشتریان باید امکان این را داشته باشند که کیفیت سرویس خدمت خود را بعنوان بخشی از دسترسی به اینترنت، چک نمایند. لیست خدمات با مقدار آستانه تخصیص یافته برای سرعت ارسال داده و تأخیر، در شکل ۲ نشان داده شده است.

Group of applications	Transmission speed not lower than	Delay not greater than
WWW browsing	1 Mbit/s DL	200 ms
SD videos watching	2 Mbit/s DL	200 ms
HD videos watching	6 Mbit/s DL	200 ms
HD videos talks	1.5 Mbit/s DL and UL	150 ms
VoIP telephony	64 kbit/s DL and UL	150 ms
multiroom services (3 x HD video)	18 Mb/s DL	200 ms
On-line real time games	2 Mb/s DL and 1.5 Mb/s UL	30 ms
Other on-line real time games (chess, ...)	1 Mbit/s DL and UL	200 ms

شکل ۲- لیست خدمات با مقدار آستانه تخصیص یافته برای سرعت ارسال داده و تأخیر

بسته به درصد اشتراک نمونه‌های منطبق با معیار حداقلی کاربردها، کیفیت سرویس دسترسی به اینترنت، بوسیله UKE در شکل ۳، طبقه‌بندی شده است.

Result of classification of samples for applications	Quality of IAS
Below 70%	Poor quality
From 70 to 90%	Satisfactory quality
Above 90%	Good quality

شکل ۳- کیفیت سرویس دسترسی به اینترنت، بوسیله UKE

با توجه به اینکه کاربران موبایل، ممکن است در زمان‌های مختلف در مکان‌های مختلفی از شبکه باشند، UKE قواعد مشخصی را برای اندازه‌گیری شبکه‌های موبایل، اعمال نموده است. بنابراین، ممکن است یک کاربر، در یک شبکه، سطوح متفاوتی از کیفیت سرویس را تجربه کند. یکی از اهداف اصلی، قابل مقایسه بودن نتایج اندازه‌گیری است. به این منظور، قواعد زیر در اندازه‌گیری شبکه‌های موبایل، باید مورد نظر قرار بگیرند:

- تست‌ها و اندازه‌گیری‌های همزمان باید در یک زمان، با واحدهای اندازه‌گیری یکسان و برای تمامی اپراتورها بصورت موازی و برای تمامی سرویس‌های اندازه‌گیری انجام شوند.
- منطقه و زمان اندازه‌گیری‌ها برای تمامی اپراتورها یکسان باشد.
- اندازه‌گیری‌ها باید توسط یک موجودیت مستقل انجام شوند.
- UKE باید دارای عملکردهای پایش و سرپرستی باشد.

مزیت مهم سامانه معرفی شده در UKE، امکان دسته بندی خدمات مختلف دریافتی کاربران بمنظور رصد و پایش کیفیت سرویس دریافتی آنها می‌باشد و عیب عمده آن، عدم شمول پارامترهای دیگر تأثیرگذار در کیفیت سرویس دریافتی کاربران (مانند نرخ اتلاف بسته یا جیتر) می‌باشد.

۲-٤- فرانسه

در سال ۲۰۱۶، نهاد ARCEP در فرانسه، یک پیش نویس اولیه برای بازسازی کامل نشانگرهای کیفیت سرویس در خدمات ثابت تلفنی و اینترنتی فرانسه ارائه نمود. بمنظور انعکاس هرچه دقیقتر تجربه کاربران، ARCEP بسمت جمع سپاری و استفاده از ابزار دیجیتال جدید برای استفاده بمنظور بدست آوردن قابل اعتماد، عینی و قابل تکرار اندازه-گیری‌های مرتبط با نحوه عملکرد دسترسی افراد به اینترنت، حرکت نمود. این روش، ARCEP را قادر می‌سازد تا بتواند هرگونه افت کیفی در بازار و شفاف‌سازی اطلاعات را انجام دهد. ARCEP همچنین قصد دارد تا یک تحلیل مقایسه‌ای از ابزار موجود و مختلف جمع سپاری بمنظور درک بهتر از چگونگی برآورده ساختن اهداف رگولاتوری موجود توسط این ابزارها و تعیین بهترین آنها انجام دهد [۸].

همانگونه که توسط ARCEP بیان شده است، هدف این است که در طول زمان، تجربه کاربر را به دقیق‌ترین صورت ممکن و بعنوان بخشی از روش‌های داده-محور در خدمت نهاد رگولاتوری، منعکس نمایند. این روش جدید، نیازمند

پاره‌ای تغییرات در چارچوب تنظیم‌گری فعلی می‌باشد. در حال حاضر، ARCEP جداول امتیازی شامل موارد زیر را منتشر می‌کند:

- دسترسی اینترنت: نرخ بیت، تأخیر، مرورگری وب، جاری‌سازی ویدئو
- تماس‌های تلفنی: نرخ اتمام موفق تماس، زمان برقراری تماس، کیفیت صحبت
- خدمات مشتری: برقراری و تنظیم خط، قابلیت اطمینان، پشتیبانی فنی

جداول امتیازی دسترسی اینترنت و سرویس تلفن بر اساس تست‌های انجام شده در محیطی کنترل شده می‌باشند. ARCEP می‌خواهد بسمت سیستمی حرکت کند که بر مبنای تجربه کاربر بوده و تا حد امکان دقیق باشد.

مزیت سامانه ARCEP عبارتست از تنوع خدمات مورد بررسی بمنظور ارزیابی کیفیت سرویس کاربران. از معایب عمده ARCEP می‌توان به عدم پوشش بخش دسترسی سیار، اشاره کرد.

۲-۵- آلمان

آژانس فدرال شبکه در سال ۲۰۱۵ اندازه‌گیری پهن باند خود را آغاز نمود. کاربران نهایی می‌تواند با سرعت و سادگی سرعت دسترسی خود به اینترنت را با اندازه‌گیری‌های پهن باند، تعیین کنند. بنابراین، کاربران می‌توانند عملکرد ارتباطات پهن باند ثابت و موبایل خود را بسنجند. تست را می‌توان بصورت رایگان برای اتصالات ساکن و تحت breitbandmessug.de انجام داد. برای اتصالات موبایل، می‌توان با یک اپلیکیشن رایگان، اندازه‌گیری پهن باند را برای سیستم عامل‌های اندروید و اپل به انجام رساند.

با این تست، مشتریان این امکان را خواهند داشت تا بصورت مستقل، عملکرد دسترسی پهن باند خود به اینترنت را بررسی کنند. اندازه‌گیری‌های پهن باند این امکان را به کاربر می‌دهند تا نرخ واقعی ارسال اطلاعات را با نرخ‌های توافق شده قبلی، مقایسه کنند. اندازه‌گیری بصورت مستقل از تکنولوژی و ارائه‌دهنده، انجام می‌شود. نتایج جداگانه اندازه‌گیری، بصورت الکترونیکی قابل ذخیره‌سازی هستند. این امر به مشتریان این امکان را می‌دهد تا اندازه‌گیری‌های مختلف را انجام داده و آنها را با هم مقایسه کنند.

مفهوم اندازه‌گیری در اندازه‌گیری پهن باند، تشکیل شده است از یک سیستم اندازه‌گیری و یک روش اندازه‌گیری. سیستم اندازه‌گیری به معنی ترکیب نقطه اندازه‌گیری (کلاینت اندازه‌گیری) و نقطه مقابل اندازه‌گیری (counter-measuring) یا سیستم مرجع داده و فرایند اندازه‌گیری مورد استفاده می‌باشد. اندازه‌گیری سرویس‌های دسترسی ساکن پهن باند اینترنت بر مبنای روشی مبتنی بر مرورگر در آدرس https:// breitbandmessung.de انجام می‌شود [۸].

مرور مشتریان در دوره گزارش دهی بر حسب اندازه‌گیری کلاینت، بوسیله یک افزونه جاوا در مرورگر کاربر نهایی به انجام می‌رسد. کلاینت اندازه‌گیری مبتنی بر کاربرد، به کاربران این امکان را می‌دهد تا به اندازه‌گیری کیفیت سرویس پهن باند موبایل دسترسی به اینترنت از طریق گوشی‌های هوشمند یا تبلت خود که از جاوا (آندروید) و ObjectiveC

برای iOS بپردازند. اندازه‌گیری‌ها بر روی تجهیز کاربر نهایی و برای تمامی تکنولوژی‌هایی مانند GPRS، UMTS، LTE و WiFi انجام می‌شود. البته اخیراً افزونه جاوا به HTML۵ با WebSockets تغییر یافته است.

یک کنترل پردازشی مرکزی از دنباله کنترل شده‌ای از روال اندازه‌گیری، اطمینان حاصل می‌کند. در حالت اندازه-گیری واقعی (روش اندازه‌گیری)، دنباله فنی در هردو حالت ایستا و موبایل، یکسان است. تمامی داده‌های اندازه‌گیری شده، در یک دیتابیس مرکزی پردازش و ذخیره می‌شوند. سپس، داده اعتبارسنجی شده و برای نمایش به موقع و تجمیع شده، پردازش می‌شود. از سویی دیگر، یک ارزیابی جزئی برای تهیه گزارش سالیانه به انجام می‌رسد. نرخ‌های ارسال داده بعنوان KPI اصلی در اندازه‌گیری پهن باند در آلمان به ۷ کلاس پهنای باندی مطابق با شکل ۴، تقسیم‌بندی می‌شوند.

Bandwidth classes	Data transfer rates
Class 1	2 Mbit/s to less than 8 Mbit/s
Class 2	8 Mbit/s to less than 18 Mbit/s
Class 3	18 Mbit/s to less than 25 Mbit/s
Class 4	25 Mbit/s to less than 50 Mbit/s
Class 5	50 Mbit/s to less than 100 Mbit/s
Class 6	100 Mbit/s to less than 200 Mbit/s
Class 7	200 Mbit/s to less than 500 Mbit/s

Source: Zafaco GmbH on behalf of Federal Network Agency in Germany

شکل ۴- کلاس‌های اندازه‌گیری کیفیت پهن باند در آلمان

برای شبکه‌های موبایل، اندازه‌گیری‌ها بوسیله اپلیکیشن‌های بر مبنای جاوا (برای آندروید) و ObjecticeC (برای iOS) بر روی تجهیز کاربر نهایی صورت گرفته است. با این وجود، عوامل متعددی شامل محدودیت‌های نرخ انتقال داده مربوط به تعرفه، استفاده از اینترنت فراهم‌کننده دسترسی و تعداد کاربران فعال در یک سلول موبایل یا سگمنت شبکه می‌توانند بر روی نتایج تست در محیط موبایل، تأثیر داشته باشند. علاوه بر این، خود ترمینال، تکنولوژی رادیوئی موبایل استفاده شده در اندازه‌گیری (GPRS, UMTS, LTE) به همراه پوشش شبکه و کیفیت سایت اندازه‌گیری نیز، می‌توانند نقشی در اینخصوص داشته باشند. همچنین، اینکه اندازه‌گیری درون ساختمان یا در حال حرکت (مثلاً در قطار یا ماشین) اتفاق افتاده است نیز حائز اهمیت است.

در تمامی موارد، مشتری نهایی باید در رابطه با حفاظت از داده و شرایط استفاده، قبل از انجام اندازه‌گیری، موافقت نماید. بخصوص، رضایت کاربر در رابطه با استفاده از داده‌های جمع آوری شده در طول اندازه‌گیری، باید مورد تأکید قرار گیرد.

اگر قبل از آغاز اندازه‌گیری مشخص شود که تجهیز، از طریق شبکه محلی بی سیم (WiFi) متصل خواهد شد، مشتری نهائی از این مورد مطلع خواهد شد. در مدت اندازه‌گیری در تمامی محیط‌ها (شامل ثابت و سیار)، گام‌های زیر باید به انجام رسند:

- پارامترهای اضافی باید از روتر سمت مشتری پرسیده شوند.
- اجرای اندازه‌گیری در زمان اجرا باید مد نظر باشد.
- اندازه‌گیری دانلود باید انجام شود.
- اندازه‌گیری آپلود باید انجام شود.

در خاتمه اندازه‌گیری، برحسب دیتابیس مشترک یا دیتابیس تعرفه، تعرفه‌ها ارائه خواهند شد تا مشخص شود آیا در طول اندازه‌گیری از حجم‌های توافق شده تجاوز شده است یا خیر.

نقشه پهن باند آلمان (https:// breitbandmessung. de/) نشان می‌دهد که نرخ‌های انتقال داده اندازه‌گیری شده و درصد نرخ‌های اندازه‌گیری شده در مقایسه با ماکزیمم نرخ توافق شده توسط اپراتورها به چه صورت هستند. می‌توان از این نتایج براساس معیارهای مشخص (مثلاً برحسب ارائه‌دهنده یا کلاس ترافیکی)، استفاده نمود. نتایج اندازه‌گیری در شبکه‌های مختلفی بر حسب سطح زوم مورد نظر، نمایش داده می‌شوند.

از مزایای روش مورد استفاده در کشور آلمان، تقسیم بندی ترافیک کاربران به کلاس‌های مشخص بمنظور تعیین پارامترهای کیفی کاربران و پشتیبانی از کاربران ثابت و سیار برای تعیین کیفیت سرویس، را می‌توان برشمرد. عیب عمده این سامانه عدم تمرکز بر روی سایر پارامترهای تأثیرگذار بر روی کیفیت سرویس کاربران (مانند نرخ اتلاف بسته) خواهد بود.

۳- ابزارهای نظارت بر کیفیت خدمات و کیفیت تجربه

در این بخش، مروری بر رویکردهای کنونی برای نظارت بر کیفیت خدمات (QoS) و کیفیت تجربه (QoE) با تمرکز بر نظارت QoE ارائه می‌شود. در ابتدا رویکردهای مختلف اندازه‌گیری کیفیت از منظر ذهنی و ابزاری (عینی) توضیح داده می‌شود و به انواع مدل‌های کیفیت پرداخته می‌شود. توضیح داده می‌شود که چگونه می‌توان تکنیک‌های مختلف اندازه‌گیری کیفیت را بر اساس اینکه از پروب‌های فعال (اکتیو) استفاده می‌کنند یا غیرفعال (پسیو)، مشتری‌محور[۱] یا شبکه‌محور[۲] بودن، واقعی بودن یا مجازی بودن سیستم، و اینکه نقاط مختلف نظارت بر کیفیت در شبکه کجاها هستند، طبقه‌بندی کرد. سپس با ارائه یک نمای کلی از رویکردهای نمایندگی برای صدا و تلفن، IPTV و ویدئو بر حسب تقاضا[۳] (VoD)، کنفرانس، و بازی‌های موبایلی، بر جدیدترین تکنیک‌های نظارت QoS/QoE تمرکز می‌شود. در نهایت، چالش‌های آینده برای نظارت بر کیفیت، بر اساس رشد سریع اینترنت و افزایش تنوع در خدمات ارسال شده از طریق شبکه و وضعیت کنونی کشور، مورد بحث قرار می‌گیرند [۱].

۳-۱- تکنیک‌های ارزیابی QoE چندرسانه ای

به طور کلی، ارزیابی کیفیت چندرسانه‌ای باید اصولاً به صورت ذهنی انجام شود. با توجه به این واقعیت که سیستم‌های بینایی و شنوایی انسان، ارزیابی‌کننده نهایی کیفیت محتوای چندرسانه‌ای هستند، ارزیابی کیفی ذهنی[۴] را می‌توان به عنوان روش مرجع برای سنجش کیفیت کاربران عنوان کرد. به اصطلاح ابزارهای ارزیابی کیفیت عینی[۵] سعی در تخمین نتایج یک ارزیابی ذهنی دارند. نتایج ارزیابی ذهنی به عنوان معیاری برای ارزیابی عینی عمل می‌کند. با این حال، ارزیابی ذهنی معمولاً پرهزینه و زمان بر است. ارزیابی کیفیت عینی (ابزاری[۶]) در عوض به دنبال جایگزینی قضاوت‌های انسانی با استفاده از مدل‌هایی است که می‌توانند به طور خودکار کیفیت را پیش بینی کنند. ارزیابی عینی با اصل تکرارپذیری و مقیاس پذیری نیز مطابقت دارد.

۳-۱-۱- ارزیابی کیفی ذهنی

روش‌های ارزیابی کیفی ذهنی معمولی در QoE-Net Deliverable D۲،۱ [۶] ارائه شده‌اند.

---

[۱] client-centric
[۲] network-centric
[۳] Video-On-Demand
[۴] subjective quality assessment
[۵] objective quality assessment
[۶] instrumental

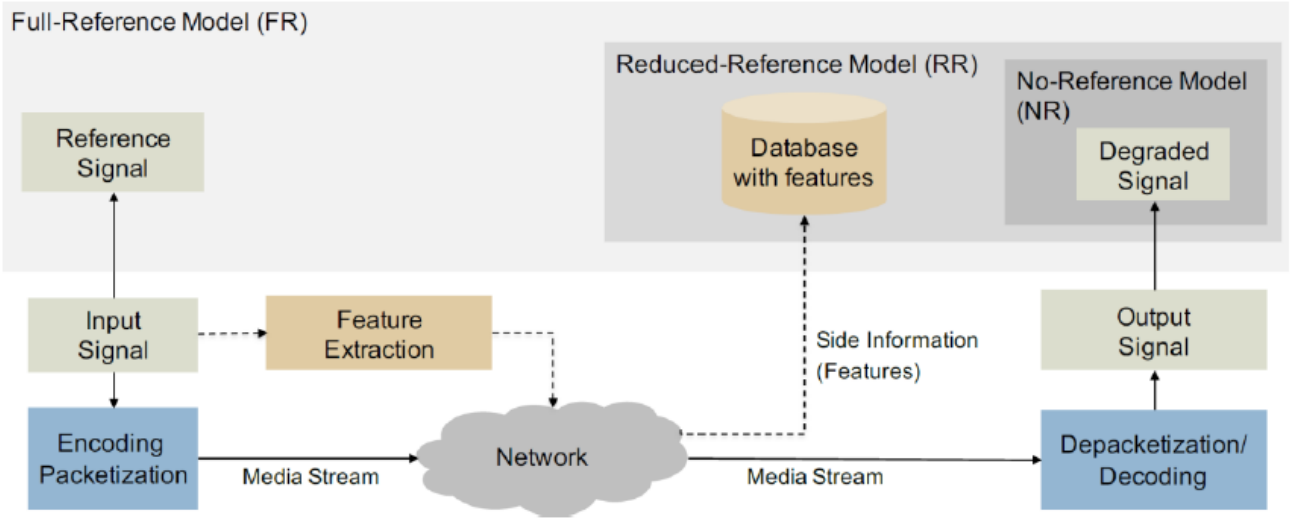
۳-۱-۲- ارزیابی کیفیت عینی یا ابزاری

چنانکه در زیر، مشاهده می‌شود، می‌توان تکنیک‌های ارزیابی کیفیت عینی را بر اساس جنبه‌های مختلف، از دو دیدگاه مختلف، دسته‌بندی کرد [۷].

طبقه‌بندی اول بر اساس مقدار اطلاعات سیگنال منبعی است که برای اجرای ارزیابی ابزاری مورد نیاز است. در این طبقه بندی، سه نوع مدل زیر را تعریف می‌کنیم:

- **مدل‌های بدون مرجع**[۱] (NR): هیچ اطلاعی از سیگنال اصلی قبل از ارسال ندارند.
- **مدل‌های مرجع کاهش‌یافته**[۲] (RR): از برخی ویژگی‌های استخراج‌شده سیگنال منبع استفاده می‌کنند و با ترکیب این اطلاعات با اندازه‌گیری سیگنال دریافتی، کیفیت را پیش‌بینی می‌کنند.
- **مدل‌های مرجع کامل**[۳] (FR): دسترسی کامل به سیگنال اصلی دارند.

این طبقه‌بندی در شکل ۵ قابل مشاهده است.



شکل ۵ -طبقه بندی تکنیک های ارزیابی کیفیت عینی بر اساس اطلاعات موجود از منبع

از دیدگاهی دیگر، می‌توان ارزیابی کیفیت عینی را با توجه به سطح اطلاعات مورد استفاده طبقه‌بندی کرد. چنانکه ذکر شده است، در این طبقه بندی، انواع مدل‌ها (NR، RR، FR) می‌توانند مد نظر قرار گیرند:

- **مدل برنامه‌ریزی**[۴]: این مدل‌ها پارامترهای شبکه و کلاینت مفروض را به عنوان ورودی می‌گیرند و نمره کیفیت مورد انتظار را محاسبه می‌کنند (FR).

---

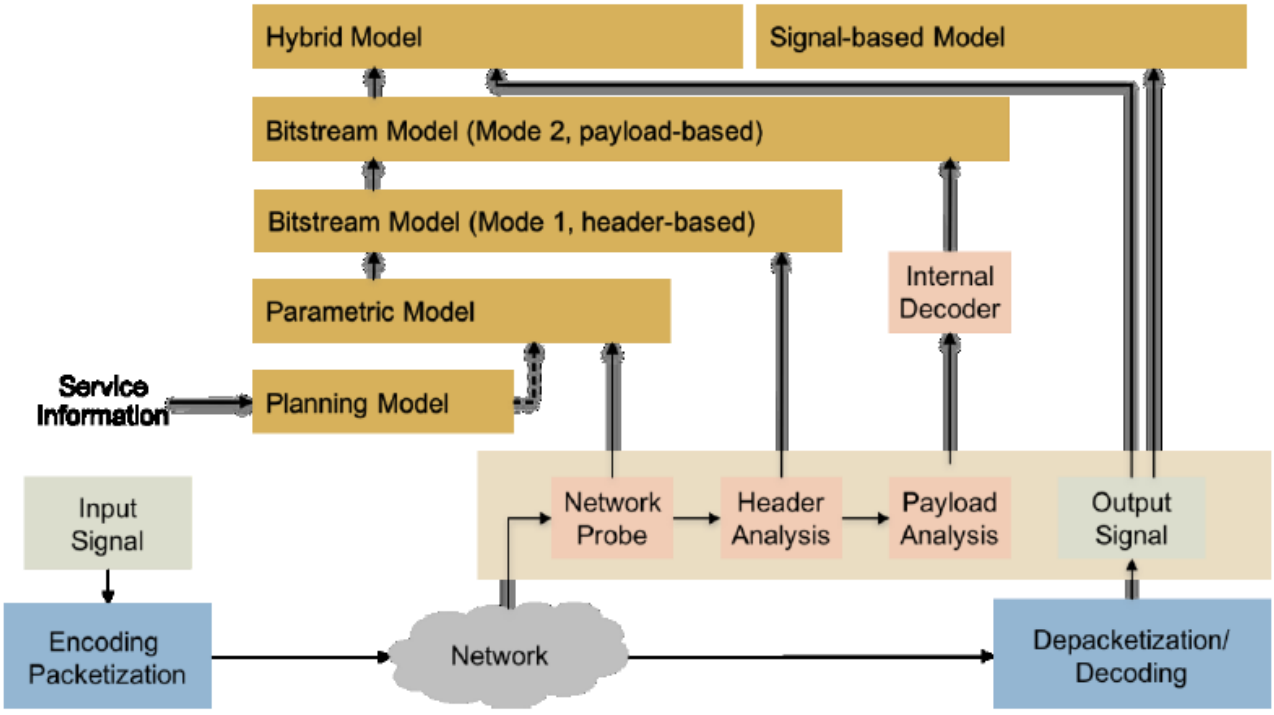
[۱] No-reference models
[۲] Reduced-reference models
[۳] Full-reference models
[۴] Planning model

- **مدل مبتنی بر سرآیند جریان بیت**[۱]: کیفیت را می‌توان با اطلاعات سرآیند بسته (به عنوان مثال HTTP[۲] یا RTP[۳]) بدون دسترسی به اطلاعات محتوا[۴] پیش بینی کرد. بنابراین، این مدل‌ها به طور صریح اطلاعات منبع و رمزگذاری را برای ارزیابی کیفیت در نظر نمی‌گیرند. با این حال، این مدل‌ها سعی می‌کنند با در نظر گرفتن کدگذاری و اختلالات شبکه IP، کیفیت را پیش بینی کنند. نمونه‌هایی از این مدل‌ها شامل سری توصیه‌های ITU-T P.۱۲۰۱ است (NR).
- **مدل مبتنی بر محتوای جریان بیت**[۵]: پیش بینی کیفیت نه تنها با اطلاعات لایه کاربردی و انتقال (به عنوان مثال HTTP/TCP یا RTP/UDP) بلکه با استخراج و تجزیه و تحلیل ویژگی‌های محتوا از بیت استریم کدگذاری شده نیز به دست می‌آید. نمونه‌ای از این مورد، خانواده توصیه‌های ITU-T P.۱۲۰۲ است (RR).
- **مدل مبتنی بر سیگنال**: کیفیت با تجزیه و تحلیل سیگنال رسانه رمزگشایی شده تعیین می‌شود (NR).
- **مدل ترکیبی** (Hybrid): در مدل‌های ترکیبی، سیگنال‌های رمزگشایی شده با اطلاعات جریان بیت یا لایه بسته[۶] ترکیب می‌شوند.

طبقه‌بندی فوق در شکل ۶ قابل مشاهده است.

---

۱ Bitstream header-based
۲ HyperText Transfer Protocol
۳ Real-time Transport Protocol
۴ Payload
۵ Bitstream payload-based
۶ Packet



شکل ۶- مروری بر مدل‌های ارزیابی کیفیت عینی با توجه به سطوح مختلف اطلاعات استخراج شده از جریان رسانه ای

این طبقه‌بندی‌ها برای نظارت QoS/QoE مهم هستند، زیرا امکان پیاده‌سازی سیستم‌های نظارت به شدت به مقدار اطلاعات موجود بستگی دارد. به عنوان مثال، استفاده از یک مدل مرجع کامل برای نظارت در مقیاس بزرگ یک سیستم IPTV عملاً غیرممکن خواهد بود، زیرا مقدار اطلاعاتی که باید از طریق شبکه از منبع به نقاط پایش منتقل شود، بسیار زیاد است.

۳-۲- ویژگی اصلی ابزارهای نظارت QoS/QoE

اندازه‌گیری QoS/QoE را می‌توان در سه مرحله مجزا انجام داد:

۱) در مرحله اول، اپراتورها می‌توانند کیفیت را قبل از توسعه یک سرویس پیش بینی کنند. در اینجا، مدل‌های برنامه‌ریزی (همانطور که در بخش قبل توضیح داده شد) معمولاً استفاده می‌شوند. به بیان دقیق، این یک مورد نظارت نیست، زیرا هنوز هیچ سرویس واقعی برای نظارت مستمر وجود ندارد. با این حال، مدل‌های برنامه‌ریزی هنوز می‌توانند در مراحل بعدی مورد استفاده قرار گیرند.

۲) در مرحله دوم، پس از استقرار سرویس، می‌توان عملکرد آن را قبل از ارائه محتوا به کاربران واقعی آزمایش کرد.

۳) در نهایت، پس از استقرار یک سرویس و ارائه محتوا از طریق آن، نظارت مداوم بر کیفیت بر اساس داده‌های واقعی کاربر انجام می‌شود.

در راه‌حل‌های نظارت QoS/QoE، داده‌ها از تجهیزات مشتری یا عناصر شبکه جمع‌آوری می‌شوند و می‌توانند در فرآیند ارزیابی کیفیت استفاده شوند. این داده‌ها توسط به اصطلاح پروب[۱]ها گرفته می‌شود. پروب‌ها تجهیزاتی هستند که برای جمع آوری داده‌ها از نقاط مختلف زنجیره تحویل استفاده می‌شوند. هنگام توسعه یک سیستم پایش QoS/QoE، چندین جنبه باید در نظر گرفته شود:

- زمان اندازه‌گیری کیفیت
- فعال/اکتیو یا غیرفعال/پسیو بودن پروب‌ها: اینکه آیا پروب‌ها یک اتصال را شبیه‌سازی می‌کنند یا فقط ترافیک را اندازه‌گیری می‌کنند.
- سمت مشتری[۲] یا شبکه‌محور بودن روش مورد استفاده: نحوه قرار دادن پروب‌ها در شبکه
- واقعی بودن یا مجازی بودن سیستم: اینکه آیا نظارت بر روی تجهیزات واقعی انجام می‌شود یا مجازی.

انتخاب‌های انجام‌شده با توجه به جنبه‌های ذکر شده قبلی، روی داده‌هایی که به‌عنوان ورودی به مدل‌ها ارسال می‌شوند نیز تأثیر می‌گذارد. این مساله، دقت یا کارایی پیش‌بینی‌های کیفیتی را که می‌توان انجام داد تعیین می‌کند. نقطه محاسبه کیفیت، پیامدهایی نیز بر معماری سیستم نظارت QoS/QoE دارد.

۳-۲-۱- نظارت فعال در مقابل غیرفعال

دو دسته اصلی از پروب‌ها در سیستم‌های مانیتورینگ مورد استفاده قرار می‌گیرند که در ادامه توضیح داده شده است.

۳-۲-۱-۱- پروب‌های اکتیو

پروب‌های فعال (اکتیو) - همانطور که از نام آن پیداست - به طور فعال یک اتصال سرویس را آغاز می‌کنند یا داده‌ها را برای اندازه‌گیری کیفیت برای یک بازه زمانی خاص ارسال و دریافت می‌کنند. به عنوان مثال، یک پروب فعال می‌تواند برای تنظیم یک تماس تلفنی VoIP[۳] آزمایشی با یک پروب فعال دیگر پیاده‌سازی شود. یا می‌تواند رایانه‌ای باشد که از یک مرورگر برای واکشی یک وب‌سایت استفاده می‌کند تا زمان دانلود آن را اندازه‌گیری کند. با پروب‌های فعال، هیچ کاربر واقعی در فرآیند اندازه‌گیری درگیر نمی‌شود. در عوض، آنها اغلب به گونه‌ای ساخته می‌شوند که تا حد امکان به سناریوی کاربر شباهت داشته باشند.

پروب‌های فعال اغلب بسیار پیچیده هستند به این معنا که دسترسی کامل به داده‌های ارتباطی و سیگنال‌های ارسالی دارند. به عنوان مثال، پروب‌های خدمات ویدئویی ممکن است کل انتقال سیگنال ویدئویی را برای تجزیه و تحلیل ذخیره کنند. با توجه به مقدار اطلاعاتی که توسط پروب‌ها به دست می‌آید، آنها می‌توانند پیش‌بینی‌های نسبتاً

---

[۱] Probe
[۲] Client-Side
[۳] Voice over Internet Protocol

دقیقی در مورد کیفیت در مقایسه با آنچه یک کاربر در صورت استفاده از سرویس در آن زمان خاص تجربه می‌کرد، انجام دهند. علاوه بر این، از آنجایی که پارامترهای اندازه‌گیری دقیقاً مشخص هستند، تأثیر منفی عوامل غیرمنتظره را می‌توان محدود کرد و حتی از آن اجتناب کرد. در کنار تمام این مزیت‌های پروب‌های فعال، به دلیل پیچیدگی‌شان، استفاده از پروب‌های فعال برای اهداف نظارتی عمدتاً از نظر راه‌اندازی و نگهداری دشوارتر از پروب‌های غیرفعال است. علاوه بر این، پروب‌های فعال را نمی‌توان در هر مکان ممکن در شبکه قرار داد. درعوض، یک اپراتور باید نقاط معرف در شبکه خود را برای قرار دادن این پروب‌ها در آن انتخاب کند تا دید کلی خوبی از کیفیت برای کل مشتریان خود داشته باشد.

از جمله معایب بکارگیری پروب‌های اکتیو می‌توان به ایجاد ترافیک اضافی در شبکه اشاره نمود. مزیت بکارگیری این پروب‌ها عبارتست از امکان اندازه گیری کیفیت سرویس بصورت واقعی و برخط.

۳-۲-۱-۲- پروب‌های پسیو

پروب‌های غیرفعال (پسیو) به طور غیر فعال ترافیک عبوری از شبکه را اندازه‌گیری می‌کنند. آنها در سراسر زنجیره تحویل، در سمت سرور، در شبکه‌های اصلی، در شبکه دسترسی، در شبکه خانگی یا در پایانه کاربر قرار می‌گیرند. پروب‌های غیرفعال هنگامی که در مکان‌های شبکه محور استفاده می‌شوند، به طور بالقوه می‌توانند تعداد زیادی از جریان‌های موازی را اندازه‌گیری کنند. به شکلی ساده، پروب‌های غیرفعال می‌توانند KPIهایی مانند جیتر، تعداد بسته‌ها، از دست دادن بسته‌ها را برای هر جریانی اندازه‌گیری کنند. با این حال، همچنین می‌توانند تجزیه و تحلیل‌های دقیق‌تری در رابطه با سطوح بالاتر داده‌ها، به عنوان مثال، محتوای HTTP انجام دهند. این کار با استفاده از بازرسی بسته عمیق[۱] (DPI) انجام می‌شود.

پروب‌های غیرفعال را می‌توان در ترکیب با سایر سیستم‌های تست (فعال) نیز استفاده کرد. به عنوان مثال، یک پروب غیرفعال می‌تواند بدون تداخل با ترافیک، بین مودم کاربر و یک جعبه تنظیم IPTV[۲] (فعال) برای محاسبه امتیازهای کیفیت برای انتقال تلویزیون، قرار گیرد. در چنین حالتی، پروب غیرفعال محاسبات کیفی را که نمی‌توان روی خود تجهیز (فعال) پیاده‌سازی کرد، برای مثال به این دلیل که نرم‌افزار آن قابل تغییر نیست یا بستر نرم‌افزاری آن اجازه گرفتن داده‌های شبکه را نمی‌دهد، انجام می‌دهد.

از آنجایی که پروب‌های غیرفعال اغلب نیاز به نظارت همزمان بیش از یک جریان دارند، معمولاً عمیق‌ترین تحلیل‌ها را ارائه نمی‌دهند. بین دقت و تعداد اندازه‌گیری‌هایی که می‌توان انجام داد، مصالحه‌ای وجود دارد، زیرا عملاً نمی‌توان هر جریان بسته را در عمق معینی بازرسی کرد.

---

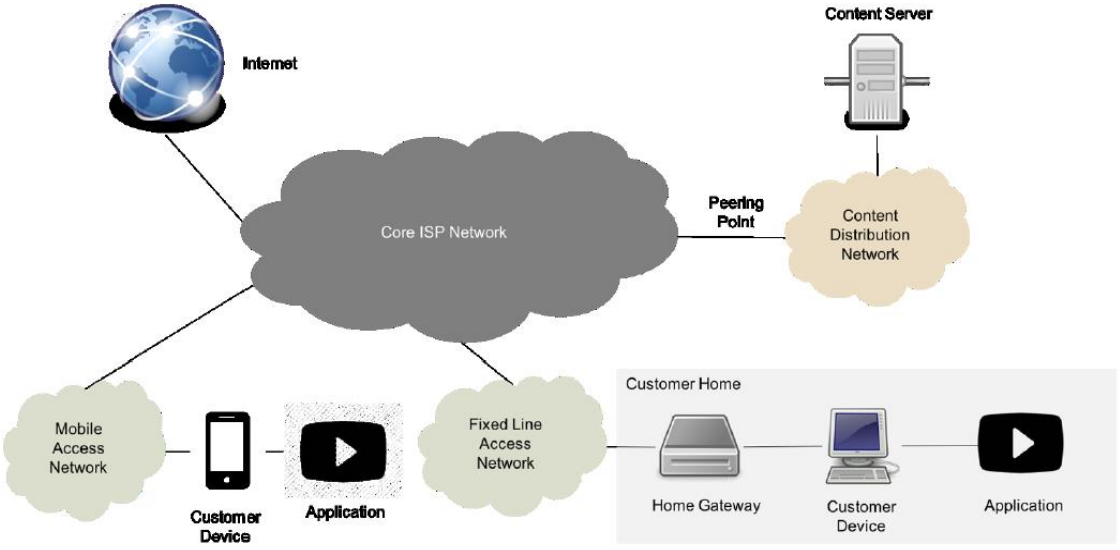
[۱] Deep Packet Inspection

[۲] Internet Protocol TeleVision

از جمله معایب بکارگیری پروب‌های غیرفعال می‌توان به عدم امکان ارائه تحلیل‌های عمیق در رابطه با هر جریان ترافیکی بعلت تمرکز همزمان بر روی چندین جریان، اشاره نمود. مزیت عمده بکارگیری این پروب‌ها عدم تحمیل بار ترافیکی بر روی شبکه و قابلیت مقیاس پذیری بالاتر آنها می‌باشد.

۳-۲-۲- رویکردهای شبکه‌محور و سمت مشتری

با توجه به نقاط نظارتی، پروب‌ها را می‌توان به دو دسته اصلی طبقه‌بندی کرد. دسته اول پروب‌های شبکه‌محور هستند. این پروب‌ها به شکل لوازم شبکه یا بر روی عناصر شبکه مانند روترها (مسیریاب‌ها) یا سوئیچ‌ها مستقر می‌شوند یا به شکل سخت‌افزار اختصاصی متصل به سایر عناصر شبکه هستند. دسته دوم پروب‌های سمت مشتری هستند. این پروب‌ها می‌توانند عامل‌های نرم‌افزاری مستقر در تجهیزات کاربر یا تجهیزات اختصاصی قرار گرفته در مکان‌های کاربر باشند. بنابراین، آنچه رویکردهای شبکه‌محور را از نوع سمت مشتری متمایز می‌کند، مکان در زنجیره تحویل است. به طور معمول، پروب‌های سمت مشتری، نقاط اندازه‌گیری را در یا پشت دروازه خانگی کاربر توصیف می‌کنند.



شکل ۷- شمای شبکه با مکان‌های احتمالی پروب

در شکل ۷، یک طرح ساده از یک شبکه نشان داده شده است. در اینجا می‌توان مکان‌های احتمالی برای قرار دادن پروب‌ها، مانند CDN[۱]، شبکه اصلی ISP[۲]، شبکه دسترسی یا در خانه مشتری را مشاهده کرد. در مورد دوم، به پروب‌های سمت مشتری اشاره می‌شود.

علاوه بر این، می‌توان پروب‌ها را بر اساس مالک آنها یا جایی که کیفیت نظارت می‌شود، تشخیص داد:

- **دامنه ارائه‌دهنده محتوا**[۳]: تامین‌کننده محتوا، یعنی ارائه‌دهنده OTT (مانند YouTube)

[۱] Content Delivery/Distribution Network
[۲] Internet Service Provider
[۳] Content-provider domain

- **دامنه ارائه‌دهنده خدمات**[۱]: تامین‌کننده خود سرویس، که می‌تواند ارائه‌دهنده شبکه توزیع محتوا (CDN) باشد (مانند Akamai)
- **دامنه ارائه‌دهنده شبکه**[۲]: به طور معمول خود ISP، یعنی تأمین‌کننده شبکه دسترسی

قرار دادن پروب‌ها بر دو جنبه مهم در سناریوهای پایش کیفیت تأثیر می‌گذارد:

- **حریم خصوصی در مقابل داده‌های زمینه**[۳]: پروب‌های سمت مشتری، به ویژه زمانی که در تجهیزات کاربر واقعی پیاده‌سازی می‌شوند، به اطلاعات بسیار بیشتری نسبت به آنچه در جریان‌های شبکه ارسال شده موجود است، دسترسی دارند. به عنوان مثال، یک دستگاه تلفن همراه از مکان و محیط اطراف کاربر اطلاع دارد، اگرچه لزوماً در داده‌های شبکه ارسال شده قابل مشاهده نیست. طبیعتاً، نگرانی‌های حفظ حریم خصوصی، سیستم‌های نظارتی را از جمع‌آوری تمام داده‌های زمینه کاربر محدود می‌کند، اگرچه برای پیش‌بینی دقیق‌تر QoE برای هر سرویس مورد نیاز است. اما حتی در جنبه‌های شبکه‌محور، نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی نقش بزرگی دارند.
- **رمزگذاری**[۴]: هنگامی که پروب‌ها بر روی عناصر اصلی شبکه قرار می‌گیرند، معمولا نسبت به داده‌های برنامه خاصی که از طریق کانال‌های رمزگذاری شده منتقل می‌شوند، کور هستند. رمزگذاری (به عنوان مثال، به شکل HTTPS یا SRTP[۵]) باعث می‌شود هر داده‌ای که در سطح TCP ارسال می‌شود برای ارائه‌دهنده شبکه غیرقابل دسترسی باشد، زیرا کانال داده‌ها بین نقاط پایانی سرور و مشتری به صورت امن تنظیم شده است. بنابراین - همچنین با توجه به افزایش پذیرش رمزگذاری در سال‌های گذشته - رویکردهای پروب شبکه‌محور به طور فزاینده‌ای نسبت به داده‌های در حال انتقال کور خواهند شد. برای برخی موارد استفاده مانند انتقال ویدئو یا صدا، عدم دانش در مورد کدک‌های استفاده شده یا بسته‌های گم شده، ارائه پیش‌بینی‌های دقیق با کیفیت را عملاً غیرممکن می‌کند.

با توجه به نگرانی‌های فوق، ترکیبی از پروب‌های فعال و غیرفعال و همچنین پروب سمت مشتری و شبکه‌محور، امیدوارکننده‌ترین گزینه برای یک سیستم نظارت بر کیفیت به نظر می‌رسد، که هم پیش‌بینی‌های دقیقی را برای کاربران واقعی سرویس و نیز یک نمای کلی از کیفیت خدمات را از نقاط نمونه برداری در شبکه ارائه می‌دهد.

---

[۱] Service-provider domain
[۲] Network-provider domain
[۳] Privacy vs. Context Data
[۴] Encryption
[۵] Secured Real-time Transport Protocol

۳-۲-۳- نظارت واقعی و مجازی

اخیراً تلاش‌ها برای ساده‌سازی مدیریت شبکه، با دو نوآوری اصلی شبکه‌های تعریف‌شده با نرم‌افزار[۱] (SDN) و مجازی‌سازی عملکرد شبکه[۲] (NFV) افزایش یافته است.

هدف اصلی SDNها جداسازی کنترل شبکه و صفحات داده‌ای است که قابلیت برنامه‌ریزی و کنترل متمرکز را برای شبکه‌های کامپیوتری به ارمغان می‌آورد. بنابراین، مدیریت شبکه را ساده می‌کند. امروزه، SDN توجه قابل توجهی از دانشگاه و صنعت را به خود جلب کرده است. ForCES [۸] و OpenFlow [۹] دو فناوری اصلی SDN هستند که پیاده‌سازی شده و SDN را از دانشگاه به بازار واقعی آورده‌اند.

NFV یک روش جدید برای انتقال عملکردهای شبکه از تجهیزات سخت‌افزاری به برنامه‌های نرم‌افزاری است. بنابراین، هدف این مفهوم جدا کردن عملکرد شبکه از لوازم سخت‌افزاری بدون تأثیر گذاشتن بر عملکرد است. در زمینه بهبود عملکرد و ساده‌سازی شبکه، این مفهوم به شدت مکمل SDN است. این دو موضوع مستقل از یکدیگر بوده، اما برای یکدیگر سودمند هستند.

با فناوری‌های شبکه فعلی، می‌توانیم از پروب‌های مجازی برای نظارت و آزمایش برنامه‌ها و شبکه‌ها استفاده کنیم. یک پروب مجازی یک ماهیت آزمایشی است که امکان پرداختن به جنبه‌های مختلف مدیریت عملکرد را در طول چرخه حیات ارائه خدمات حیاتی کسب‌وکار با استفاده از NFV، زیرساخت‌های مبتنی بر ابر و SDN فراهم می‌کند. پروب‌های مجازی می‌توانند به عنوان توابع آزمایش مجازی‌سازی شده روی هر عنصر شبکه با قابلیت مجازی‌سازی (مانند روترها و سوئیچ‌ها) کار کنند. استفاده از پروب‌های مجازی هزینه سخت‌افزار و پیچیدگی شبکه را کاهش می‌دهد. علاوه بر این، آن‌ها انعطاف‌پذیر هستند، بنابراین می‌توان آن‌ها را بر خلاف پروب‌های واقعی به راحتی در محیط‌های مجازی قرار داد. یکی از مزیت‌های مهم یک پروب مجازی این است که از طریق آن تمام رابط‌ها قابل مشاهده هستند. بنابراین، قادر به استخراج اطلاعات مناسب برای مدیریت تجربه مشتری است. شبکه را می‌توان به طور موثر تهیه کرد و تجربه مشتری را بهبود بخشید.

۳-۲-۴- نقاط نظارت بر کیفیت

در سیستم‌های نظارت QoS/QoE می‌توانیم بین نقاطی که کیفیت پایش می‌شود و نقاطی که کیفیت محاسبه می‌شود، تمایز قائل شویم [۱۰]. هنگام توسعه معماری نظارت QoS/QoE، تعریف نقاط اکتساب داده و نقاط محاسبه مهم است. این تصمیم بر اساس یک مبادله بین مقدار اطلاعات موجود برای محاسبه و الزامات مربوط به عملکرد سیستم‌های مورد استفاده است.

---

[۱] Software-Defined Networks

[۲] Network Function Virtualization

به عنوان مثال، هنگام اندازه‌گیری کیفیت ویدئو با یک مدل بدون مرجع یا کاهش‌یافته، نقطه محاسبه کیفیت باید با خود نقطه اندازه‌گیری منطبق باشد، زیرا داده‌های ویدئو فقط در تجهیز پایانی در دسترس هستند و جریان ویدئو را به یک تجهیز ارسال می‌کند. مکان نظارت مرکزی عملاً ترافیک زیادی را مصرف می‌کند یا بسیار زمان‌بر است. با این حال، در این مورد، فقط امتیازهای کیفیت (به عنوان مثال، اندازه‌گیری شده در MOS[۱]) و تعدادی KPI به سیستم نظارت ارسال می‌شوند. از آنجایی که داده‌های اساسی برای محاسبه امتیاز کیفیت به طور مرکزی در دسترس نیستند، این امر دستیابی به بینش در مورد تخریب‌های خاص یا انجام تجزیه و تحلیل پس از خطا را دشوار می‌کند.

در [۱۱] پنج نقطه نظارتی خاص تعریف شده است. در حالی که آن‌ها برای برنامه‌های IPTV و VoD توسعه یافته‌اند، می‌توانند به طور کلی برای هر سرویس دیگری که از یک ارائه‌دهنده محتوا به یک کاربر در خانه ارسال می‌شود (به عنوان مثال، مرور وب[۲]، VoIP، کنفرانس از راه دور[۳]) اعمال شوند. نکات به شرح زیر است:

۱) **نقطه نظارت ۱ (PT۱)**: در مرز بین ارائه‌دهنده خدمات (ISP) و ارائه‌دهنده محتوا (OTT) قرار دارد. هدف اساسی نظارت در این مرحله به کاربرد و خدمات بستگی دارد. برای مثال، برای IPTV، ISP می‌خواهد اطمینان حاصل کند که جریان‌های ویدئویی با خطمشی صحیح (رمزگذاری، پارامترهای QoS، میزان بیت، کدک و غیره) و بدون هیچ خطایی تولید می‌شوند. برای برنامه‌های کاربردی دیگر مانند محتوای VoD که از طریق CDN تحویل داده می‌شود، ISP می‌تواند انتخاب بهینه مسیر همتا و عدم وجود ازدحام را بررسی کند. عاقلانه است که ISPها از قبل بر کیفیت نظارت داشته باشند یا سعی کنند مشکلات کیفیت را در این مرحله پیش‌بینی کنند. این امر به ISPها در جلوگیری از مشکلات بیشتر در زنجیره انتقال کمک می‌کند، که مستلزم عیب یابی پیچیده‌تر یا نظارت نزدیک به کاربر است، که در عمل بسیار وقت‌گیر و گران‌تر است.

۲) **نقطه نظارت ۲ (PT۲)**: این نقطه مرز بین آنچه در شکل زیر به عنوان «ارائه‌دهنده خدمات» و «ارائه‌دهنده شبکه» مشخص شده است را مشخص می‌کند. در عمل، این دو ارائه‌دهنده معمولاً یکسان هستند. با این حال، برای برخی از خدمات مانند IPTV و VoIP، «سرویس» یک برنامه کاربردی اختصاصی است که تحت کنترل ISP اجرا می‌شود و از شبکه اصلی اصلی متمایز است. در مورد IPTV، PT۲ اطلاعات مربوط به پارامترهای ویدئو را قبل از ارسال آن‌ها از طریق شبکه اصلی ارائه می‌کند. سپس می‌توان از چنین پارامترهایی برای تایید کیفیت پخش ویدئو از قسمت اصلی استفاده کرد. به طور کلی، از طریق ISPها، PT۲ها می‌توانند اطلاعات مربوط به پارامترهای کیفیت و عملکرد رسانه‌های جریانی را جمع‌آوری کرده و سیاست‌های مربوط به خدمات را بررسی کنند.

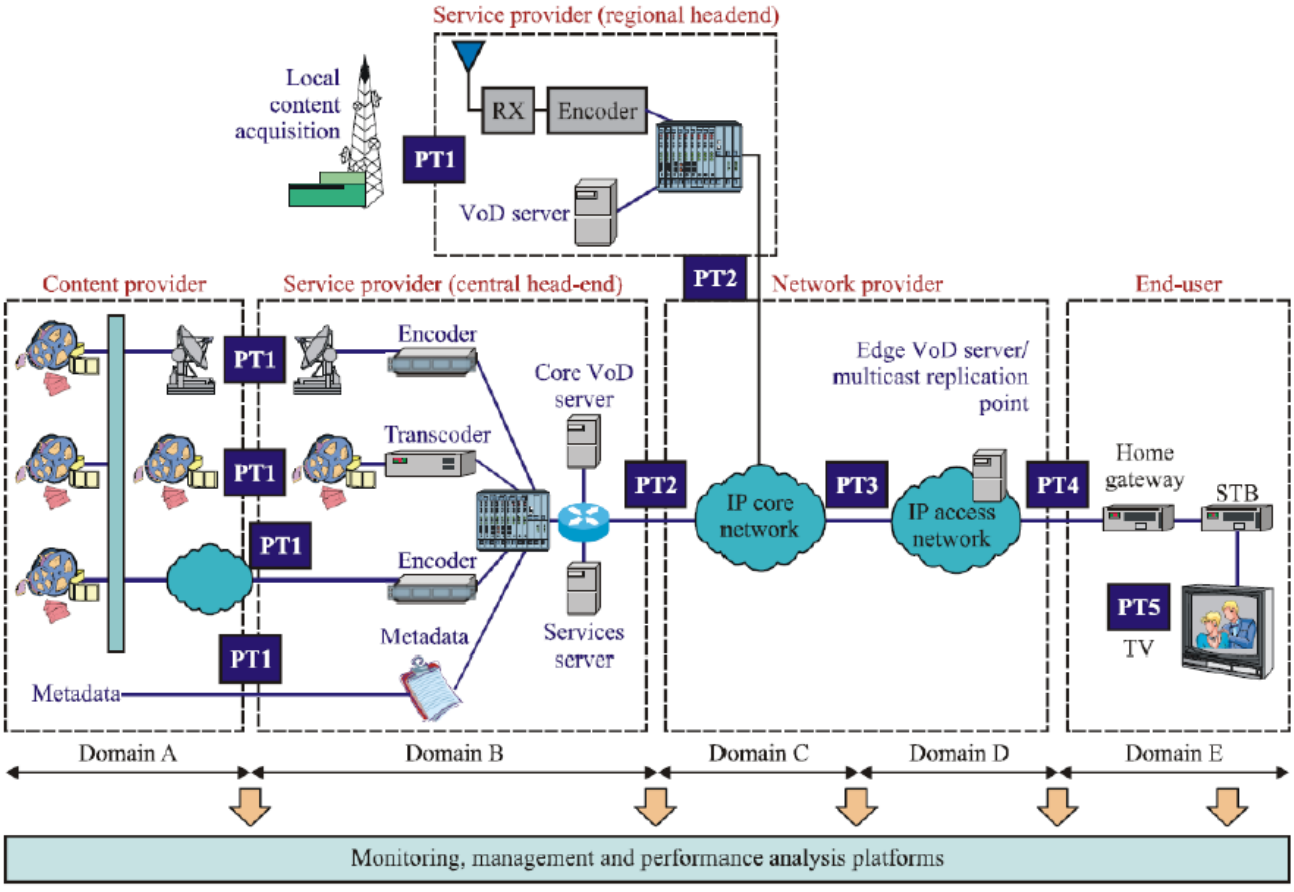
۳) **نظارت بر نقطه ۳ (PT۳)**: مرز بین هسته IP و شبکه‌های دسترسی را مشخص می‌کند. به عنوان مثال، اینجا نقطه‌ایست که باید چندپخشی در IPTV در نظر گرفته شود. هدف از نظارت در این مرحله اندازه‌گیری

[۱] Mean Opinion Score
[۲] web browsing
[۳] teleconferencing

پارامترهای مربوط به شبکه IP مانند این موارد است: میانگین تأخیر یک طرفه، تغییرات تأخیر بسته، کدک‌های انتقال، نسبت از دست دادن بسته و مشخصات، در دسترس بودن مسیر و پارامترهای عملکرد IP چندپخشی (به عنوان مثال، زمان اتصال موفق، میانگین تأخیر یک طرفه گروه، در دسترس بودن سرویس IP گروه و میانگین نسبت تلفات گروهی) به صورت که در [۱۲] و [۱۳] مشخص و به تفصیل مشخص شده‌اند.

۴) **نظارت بر نقطه ۴ (PT٤)**: این نقطه بین شبکه دسترسی IP و دامنه کاربر نهایی قرار دارد. نظارت در این مرحله به دریافت اطلاعات در مورد نسبت از دست دادن بسته، خطاهای همگام‌سازی محتوای سمعی و بصری، پارامترهای شبکه IP و تحویل قابل اعتماد کمک می‌کند. اینجا آخرین نقطه‌ایست که در آن ارائه‌دهندگان خدمات (ISPها) می‌توانند بر داده‌هایی که تا حد امکان به آنچه کاربران نهایی دریافت می‌کنند نزدیک‌اند، نظارت کنند، مگر اینکه ISPها به تجهیزات کاربر نهایی دسترسی داشته باشند.

۵) **نقطه نظارت ۵ (PT٥)**: به اصطلاح «نقطه QoE» در تجهیزات کاربر نهایی قرار دارد. داده‌های به دست آمده در اینجا می‌توانند برای ارزیابی مستقیم کیفیت تجربه کاربر استفاده شوند. در این مرحله اطلاعات مربوط به تجهیزات نهایی کاربر یا برنامه را می‌توان جمع‌آوری کرد.



شکل ۸- نقاط اندازه‌گیری شبکه در مسیر از ارائه‌دهنده خدمات به کاربر نهایی [۱۱]

۳-۳- راه‌حل‌های فعلی نظارت بر QoS/QoE

در این بخش، یک نمای کلی از وضعیت حوزه ابزارهای نظارت QoS/QoE، با راه‌حل‌های مثالی برای وظایف نظارت بر کیفیت ارائه می‌شود که برای سناریوهای رایج نظارت بر عملکرد برای برنامه‌های خاص، تلفنی (VoIP)، IPTV، ویدئو بر حسب تقاضا، کنفرانس، و بازی اعمال می‌شود. آن سناریوها بر اساس استانداردهای صنعت یا انتشارات اخیر تحقیقات دانشگاهی یا صنعتی هستند.

مبنای طبقه‌بندی بر برنامه‌ها، به جای روش‌ها قرار داده می‌شود، زیرا برنامه‌های کاربردی مختلف به معماری‌های خدمات مختلفی نیاز دارند، که به نوبه خود به انواع مختلفی از ابزارهای نظارتی نیاز دارند (یعنی ترکیبی از انتخاب‌های منحصر به فرد با توجه به طبقه‌بندی ارائه شده در بخش ۳). به عبارت دیگر، به عنوان مثال، هیچ ابزار نظارتی اختصاصی برای صدا وجود ندارد، اما در عوض راه‌حل‌هایی برای تلفن (رویکردهای مرجع کامل) و همچنین بخش صوتی جریان ویدئو (رویکردهای بدون مرجع) یافت می‌شود.

۳-۳-۱- ابزار QoS سطح شبکه

این بخش ابزارها و روش‌های نظارت بر QoS را از دیدگاه سطح شبکه شرح می‌دهد. مروری بر ابزارهای نظارت بر شبکه/نقل و انتقال و پارامترهای عملکرد مرتبط که بر QoS تأثیر می‌گذارند، ارائه می‌شود. با این حال، هنوز نیاز به تعیین آن KPIها، به عنوان مثال برای یافتن تجهیزات شبکه معیوب یا مشکلات شبکه جهانی نیز وجود دارد. در واقع، ابزار نظارت بر شبکه به درک کلی جریان داده‌ها در شبکه کمک می‌کند، از تنگناهای پهنای باند شبکه جلوگیری کرده و عملکرد شبکه را بهینه می‌کند که منجر به بهبود QoS و QoE برای کاربران نهایی می‌شود.

۳-۳-۱-۱- پارامترهای تأثیرگذار شبکه بر کیفیت سرویس

QoS معیار تعیین‌کننده در دسترس بودن سرویس و کیفیت انتقال یک شبکه از دیدگاه فناوری شناسی است. کیفیت انتقال شبکه عمدتاً توسط عوامل زیر تعیین می‌شود: تأخیر شبکه، پهنای باند در دسترس، جیتر، از دست دادن بسته‌ها، نرخ خطا و توان عملیاتی شبکه [۱۳]. به طور کلی، هر گونه تخریب QoS ممکن است منجر به QoE پایین برای برنامه‌های در حال اجرا در شبکه شود. ما به طور خلاصه چندین عامل/پارامتر را توضیح می‌دهیم که بر QoS/QoE در جنبه‌های مختلف شبکه/انتقال و سطح فیزیکی تأثیر دارند.

تغییرات تأخیری بسته/ جیتر تفاوت زمانی بین زمان رسیدن بسته به مقصد را توصیف می‌کند. این تغییرات، تفاوت تأخیر در بسته‌های دریافتی است. تأخیر بین بسته‌های ارسالی می‌تواند به دلیل صف نامناسب، ازدحام شبکه یا خطاهای پیکربندی متفاوت باشد. در فناوری‌های VoIP، جیتر به تأخیر در دریافت بسته‌های داده صوتی که بر انتقال کیفیت صدا و داده‌های صوتی تأثیر می‌گذارد، اشاره دارد. به منظور حصول اطمینان از انتقال موفقیت‌آمیز داده‌های صوتی/تصویری، از بافر جیتر برای حذف اثر لرزش در سیگنال‌های ویدئویی/صوتی ارسال شده از طریق شبکه استفاده می‌شود.

از دست دادن بسته‌ها عمدتاً به دلیل ازدحام در نتیجه استفاده ناکافی یا غیربهینه از منابع شبکه ایجاد می‌شود. برای یک پروتکل انتقال بدون اتصال مانند UDP[۱]، از دست دادن ممکن است مستقیماً بر عملکرد برنامه تأثیر بگذارد. اثر از دست دادن بسته معمولاً با نرخ از دست دادن بسته (PLR[۲]) بیان می‌شود. PLR به عنوان نسبت بسته‌های از دست رفته در طول انتقال، به تعداد کل بسته‌های ارسال شده تعریف می‌شود. اگرچه، اندازه‌گیری QoE در یک سرویس ویدئویی مانند IPTV دارای پیچیدگی‌هایی است، درک بهتر QoE درک شده توسط کاربر نهایی معمولاً از طریق بررسی ادراکی اثرات از دست دادن بسته‌ها بر کیفیت ویدئو/صوت انجام می‌شود. به عنوان مثال، مطالعات مختلف تأثیر از دست دادن بسته‌ها را بر کیفیت ویدئوی درک شده توسط کاربر بررسی کرده‌اند [۱۴] [۱۵].

انفجار[۳] در از دست دادن بسته معمولاً به عنوان یک عامل مهم کلیدی در عملکرد پروتکل شبکه در شبکه‌های بی‌سیم شناخته می‌شود. این امر به این دلیل است که تلفات بسته از طریق کانال‌های بی‌سیم معمولاً همبستگی‌های قوی دارند و به صورت انفجاری به گونه‌ای رخ می‌دهند که عملکرد آن‌ها مستقیماً بر اثربخشی و کارایی ارتباطات تأثیر می‌گذارد [۱۶]. همچنین، طراحی سیستم‌های بی‌سیم برای ارائه QoS و QoE به کاربران نهایی نیاز به ارزیابی دقیقی از انفجار تلفات بسته‌ها دارد که می‌تواند عملکرد و ویژگی‌های کانال‌های بی‌سیم را نشان دهد.

تأخیر انتها-به-انتها زمان مورد نیاز برای انتقال یک بسته داده در کل مسیر آن است. تأخیر تأثیر شدیدی بر درک کاربر نهایی، کیفیت ویدئو/صوت و در نتیجه کیفیت تجربه دارد. کیفیت صدا و تصویر ارسالی بسیار تحت تأثیر تأخیر در شبکه است. این تأثیر به نوبه خود درک کاربر نهایی را از کیفیت ویدئوهای دریافتی کاهش می‌دهد. تأخیر می‌تواند قبل از مصرف سرویس یا در طول مصرف سرویس رخ دهد. تأخیر اولیه زمان انتظار قبل از مصرف سرویس است در حالی که تأخیر برای یک انتقال زنده/قطع سرویس زمان انتظاری است که در طول مصرف سرویس برای یک دوره زمانی معین رخ می‌دهد [۱۷]. به طور خاص، کیفیت درک شده توسط کاربر تحت تأثیر تأخیرهای اولیه هنگام راه‌اندازی برنامه‌ها و همچنین ثابت ماندن انتقال در طول تحویل جریان است. در واقع، تأخیر ممکن است منجر به افزایش زمان انتظار کاربر برای یک سرویس/برنامه خاص شود. از آنجایی که کاربران معمولاً به دلیل تأخیرها از یک سرویس ناراضی هستند، بررسی و توسعه رویکردهای مناسب برای به حداقل رساندن زمان انتظار یا تأخیر که بر کیفیت کیفیت کاربر نهایی تأثیر دارد، بسیار مهم است.

پهنای باند موجود حداکثر مقدار داده‌ها در واحد زمان را توصیف می‌کند که می‌تواند از یک گره به گره دیگر منتقل شود. دسترسی به پهنای باند دریافت سیگنال بر کیفیت تجربه برنامه‌های کاربردی محبوب مانند سرویس‌های ویدئویی در صورت تقاضا که از طریق تلفن‌های هوشمند قابل دسترسی هستند، تأثیر می‌گذارد. اندازه‌گیری و مدیریت استفاده از پهنای باند برای اطمینان از کیفیت کیفیت بهتر مشترکین و افزایش حفظ مشتری، ضروری‌تر از همیشه است.

---

[۱] User Datagram Protocol

[۲] Packet Loss Ratio

[۳] burstiness

توان عملیاتی شبکه میزان داده‌های مفیدی را که می‌تواند در واحد زمان منتقل شود، توصیف می‌کند. در صنعت شبکه، توان عملیاتی دریافت سیگنال بیشتر مورد استفاده و یک ویژگی پذیرفته شده مرتبط با QoS برای نظارت و گزارش عملکرد شبکه است. با تمرکز بر سیستم‌های نظارت و گزارش کیفیت ISP موبایل، توان عملیاتی دریافت سیگنال، معیار مربوطه برای تعیین عملکرد شبکه‌های تلفن همراه است. اخیراً، در زمینه تحقیقات QoE، میانگین توان عملیاتی دریافت سیگنال مورد بررسی قرار گرفته و به معیاری از رضایت کاربر برای خدمات حساس به پهنای باند مانند پخش ویدئو و اشتراک فایل ترجمه شده است [۱۸]. به منظور بهبود QoE کاربر نهایی به خصوص برای پخش ویدئو، به درک بهتری از قابلیت پیش‌بینی توان، پایداری و الگوریتم‌های تخمین توان کارآمد نیاز است. ارزیابی روش‌های مدل‌سازی مختلف که از KPIها، مانند میانگین موثر توان عملیاتی دریافت سیگنال (EADT[۱]) استفاده می‌کنند، ثابت کرده است که برخی از معیارهایی که هم مدت و هم شدت افت توان را در نظر می‌گیرند، در پیش‌بینی دقت QoE بهتر از مدل‌هایی که تنها بر اساس میانگین توان عملیاتی هستند، عمل می‌کنند [۱۹]. جدول زیر عوامل مختلف موثر بر کیفیت را بر روی لایه‌های حمل/شبکه و فیزیکی نشان می‌دهد.

جدول ۱- KPIهای سطح شبکه که بر QoE تأثیر می‌گذارند

عامل تأثیرگذار بر کیفیت	لایه شبکه
• انفجار اتلاف بسته، نرخ اتلاف بسته • جیتر، تأخیر شبکه، دوره ازدحام، پهنای باند موجود • تأخیر، توان عملیاتی شبکه	حمل و شبکه
• نرخ بیت، نسبت سیگنال به نویز (SNR)، احتمال خطای بسته/سمبل/بیت • ظرفیت ارگادیک[۲]، توان عملیاتی، بهره کدینگ/مرتبه چندگانگی[۳] • ظرفیت بیرونی • بهره‌وری انرژی[۴]	فیزیکی

عوامل موثر بر QoS مانند جیتر، تأخیر و از دست دادن بسته‌ها را می‌توان از طریق ابزارهای نظارت بر ترافیک که می‌توانند ترافیک پیوسته در شبکه را نظارت کنند، نظارت کرد که این امر به نوبه خود می‌تواند اقدامات لازم را برای اطمینان از عملکرد خوب شبکه و QoE انجام دهد.

۳-۳-۲- ابزارهای نظارتی QoE

برخلاف ابزارهای نظارتی در سطح شبکه که در بخش قبل توضیح داده شد، این بخش به جای آن بر ابزارهای نظارت QoE تمرکز دارد. آن‌ها معمولاً برای اندازه‌گیری سطح بالاتر QoE، برای مثال با استفاده از داده‌های لایه انتقال

[۱] Effective Average Downlink Throughput

[۲] کران بالای ظرفیت انتقال کانال متغیر با زمان

[۳] Diversity

[۴] Energy efficiency

یا لایه کاربردی ساخته می‌شوند. داده‌های گرفته شده شامل سیگنال‌های گفتاری یا بسته‌های ویدئویی است. برای پیش‌بینی QoE برای کاربر نهایی، آن سیستم‌های نظارتی معمولاً از مدل‌های QoE که از داده‌های شبکه گرفته شده استفاده می‌کنند.

۳-۳-۲-۱- تلفن صوتی

فناوری‌های زیادی تحت عنوان VoIP[۱]، برای ارسال داده‌های گفتاری بر روی شبکه‌های IP موجود به جای شبکه‌های سوئیچ مداری کلاسیک (شبکه‌های تلفن سوئیچ عمومی، PSTN[۲]) وجود دارد. به طور کلی، ما می‌توانیم بین موارد زیر تفاوت قائل شویم:

۱) خدماتی با هدف جایگزینی تلفن سوئیچ مداری که QoS قابل اعتماد را ارائه می‌دهد.

۲) بهترین خدمات OTT که معمولاً از طریق نرم‌افزارهای شخص ثالث (مانند Skype) قابل دسترسی هستند و روی بسترها و تجهیزات بسیاری اجرا می‌شوند.

یک زنجیره انتقال معمولی VoIP شامل یک فرستنده و یک گیرنده است که از طریق یک گوشی، هدست یا دستگاه هندزفری، یک مودم و شبکه انتقال (شامل شبکه‌های دسترسی و اصلی یک یا چند (ISP) بهم متصل می‌شوند. در یک شبکه بدون سوئیچ VoIP («سرویس کامل[۳]»)، یک طرف انتقال همچنان می‌تواند از تجهیزات PSTN که به پل‌های VoIP–PSTN نیاز دارد، استفاده کند.

VoIP به دلیل نیازهای بلادرنگ خود معمولاً بر روی انتقال داده از نوع UDP (مثلاً از طریق RTP) ساخته می‌شود، زیرا انتقال TCP منجر به سربار و تأخیر داده می‌شود. UDP - به دلیل حالت انتقال غیرقابل اعتماد آن - طبیعتاً به دلیل از دست دادن بسته، تأخیر یا لرزش با مشکلات انتقالی که ممکن است در تخریب مؤلفه صوتی ظاهر شود، مواجه می‌شود. این مشکلات معمولاً با معرفی بافرهای بسته (برای هموار کردن جیتر) و روش‌های پنهان کردن تلفات بسته کاهش می‌یابند، اگرچه اولی یک مؤلفه تأخیر را در زنجیره انتقال ایجاد می‌کند.

سیستم‌های VoIP را می‌توان به صورت فعال و غیرفعال نظارت کرد، بسیاری از ارائه‌دهندگان به اندازه‌گیری‌های فعال برای ارزیابی دقیق عملکرد و تخریب و همچنین اندازه‌گیری‌های مبتنی بر KPI غیرفعال برای ارزیابی وضعیت کلی شبکه تکیه می‌کنند.

یک نمای کلی خوب از حوزه نظارت بر VoIP نیز در [۲۱] یافت می‌شود، اگرچه تنها پیشینه کار را تا سال ۲۰۰۹ در نظر می‌گیرد. مقاله دیگری توسط مولر و همکارانش، مروری بر برآورد کیفیت گفتار تا سال ۲۰۱۱ [۲۲]، شامل انواع مدل‌های مختلف ارائه می‌دهد.

---

[۱] Voice over IP

[۲] Public Switched Telephone Network

[۳] full service

۳-۳-۲-۲- IPTV و VoD

همانطور که مصرف خدمات چندرسانه‌ای محبوب‌تر می‌شود، تلاش‌های استانداردسازی پیوسته‌ای برای اطمینان از کیفیت خدمات از طریق تکنیک‌های اندازه‌گیری مناسب انجام شده است. در [۱] خدمات IPTV و VoD، تفاوت‌های آن‌ها، روش‌های استاندارد اندازه‌گیری و نظارت در دیدگاه ISP و OTT توضیح داده شده است.

۳-۳-۲-۳- خدمات کنفرانس

در دهه گذشته، استفاده از خدمات کنفرانس اینترنتی به شدت برای جلسات از راه دور، آموزش از راه دور، پزشکی از راه دور و غیره گسترش یافته است. در عین حال، ارائه‌دهندگان خدمات در زمینه استقرار و مدیریت خدمات در مقیاس بزرگ در اینترنت با مشکلاتی مواجه شده‌اند. بیشتر مربوط به خدمات با کیفیت پایین به دلیل تغییر در شرایط شبکه است که باعث می‌شود کاربران با اختلالاتی مانند انجماد فریم ویدئو و قطع صدا مواجه شوند.

همانطور که در بخش‌های قبل ذکر شد، مدل‌های مرجع عینی را می‌توان به سه گروه بدون مرجع، مرجع کامل و مرجع کاهش‌یافته دسته‌بندی کرد. برای نظارت بر سرویس‌های بلادرنگ - مانند کنفرانس - استفاده از مدل‌های FR انتخاب نامناسبی است، زیرا دسترسی به سیگنال منبع همیشه در این سناریو امکان‌پذیر نخواهد بود. با این حال، برای سایر اهداف غیر نظارتی (یعنی ارزیابی آزمایشگاهی)، یک مدل FR مناسب برای خدمات کنفرانس باید کیفیت ویدئو و صدا را در طول ارزیابی در نظر بگیرد. بنابراین، می‌توان از معیارهای FR با ترکیب معیارهای ویدئویی و صوتی فعلی یا استفاده از معیارهای کیفیت سمعی و بصری استفاده کرد. لازم به ذکر است که اگرچه برای سنجش کیفیت در خدمات کنفرانس باید کیفیت تصویر و صدا را در نظر گرفت، اما در عین حال ویژگی‌های دیگری مانند جنبه‌های ادراکی و حساسیت به شرایط شبکه وجود دارد که با سایر کاربردها متفاوت است. در نتیجه برای داشتن یک نظارت با کیفیت مناسب در خدمات کنفرانس، صرفاً جنبه‌های تصویری و صوتی در نظر گرفته نمی‌شود. بسیاری از جنبه‌های کیفیت multiparty (کنفرانس بین بیش از دو نفر) هنوز ناشناخته است [۲۳]. در [۱] راه‌حل‌های فعلی برای ارزیابی کیفیت در کنفرانس ویدئویی نشان داده شده است.

۳-۳-۲-٤- بازی موبایل

برای سناریوهای بازی، در حال حاضر، هیچ ابزار نظارتی وجود ندارد که نویسندگان از آن آگاه باشند. با این حال، برخی از مدل‌های کیفی وجود دارد که QoE را برای این برنامه‌ها پیش‌بینی می‌کند. لازم به ذکر است که سناریوهای مختلف بازی وجود دارد که رویه ارزیابی کیفیت را تغییر می‌دهد. سناریوهای مختلف بازی موبایل در QoE-Net Deliverable D۳،۱ [۲۴] ارائه شده است. تمرکز اصلی تحقیقات فعلی بازی‌های موبایلی به سناریوی بازی ابری اختصاص دارد. اگرچه به نظر می‌رسد که کیفیت یک سرویس بازی ابری را می‌توان با مدل‌های سمعی و بصری مانند ITU-T G.۱۰۷۱ [۲۵] تخمین زد، این سرویس دارای عوامل متعددی است که بر کیفیت تأثیر می‌گذارد، اما در مدل‌های سمعی و بصری فعلی مورد توجه قرار نمی‌گیرد [۲۶].

در [۱] دو مدل با کیفیت شامل مدل G و مدل GRF ارائه شده است. هر دو مدل برای بازی‌های تیراندازی اول شخص (FPS[۱]) اعمال می‌شوند، زیرا این سبک به شرایط مختلف شبکه بسیار حساس است.

۳-۳-۳- دستورالعمل برای استفاده از ابزار نظارت

ارزیابی عینی QoE امکان نظارت خودکار سطوح QoE را فراهم می‌کند. نظارت QoE به دلیل ارتباط آن با معیارهای QoE، رضایت مشتری و اهداف تجاری ارائه‌دهندگان، بیش از پیش مهم‌تر می‌شود.

براساس طبقه‌بندی مدل‌ها در بخش‌های قبل، اکنون موارد استفاده معمولی برای انواع مختلف مدل شناسایی می‌شود:

۱) **مدل‌های مرجع کامل**: تأیید کیفیت محتوای ارائه شده در محیط آزمایشگاه، ارزیابی کیفیت عملکرد کدک/سرور.

۲) **مدل‌های مرجع کاهش‌یافته:** معیارهای کیفیت بین مکان‌های مختلف راه دور برای ارزیابی کیفیت شبکه و برنامه، نظارت بر کیفیت مداوم.

۳) **مدل‌های بدون مرجع:** نظارت مستمر کیفیت و ارزیابی کیفیت در سمت مشتری

در سناریوهای واقعی، اضافه کردن اطلاعات اضافی به جریان داده‌های ارسالی برای پیاده‌سازی معیارهای RR دشوار است، زیرا به پهنای باند اضافی و همچنین اصلاح اجرای سرویس‌های پیش‌فرض نیاز دارد. بنابراین، برای نظارت در سطح سرویس، معمولاً معیارهای NR در نظر گرفته می‌شود. بسته به نقطه‌ای از شبکه که قرار است اندازه‌گیری‌ها در آن انجام شود و قابلیت‌های پردازش تجهیزات مورد استفاده، نوع متریک NR مناسب باید انتخاب شود. در صورت وجود یک نقطه میانی در شبکه -که یک رویکرد شبکه‌محور است - معیارهای مبتنی بر جریان بیت/پارامتری برای تخمین کیفیت ممکن است رویکردی کارآمد برای ارزیابی کیفیت باشد، به خصوص اگر قرار باشد جریان‌های متعددی نظارت شوند. در مورد نظارت سمت مشتری، معیارهای مبتنی بر سیگنال نیز می‌توانند برای تخمین کیفیت استفاده شوند، زیرا آنها قادر به دسترسی به ویدئوی رمزگشایی شده در خروجی گیرنده هستند. با این حال، در بسیاری از موارد (به عنوان مثال، زمانی که مصرف انرژی یا CPU مرتبط است، و زمانی که نظارت نمی‌تواند بر عملکرد تجهیز نهایی تأثیر بگذارد)، اجرای یک متریک مبتنی بر سیگنال امکان پذیر نیست. در اینجا، معیارهای مبتنی بر بیت جریان/ پارامتریک ترجیح داده می‌شوند.

همانطور که ابزارهای نظارت QoE گسترده‌تر می‌شوند، باید از صحت و اعتبار داده‌های جمع‌آوری شده (به عنوان مثال، از پروب‌ها و سایر تجهیزات) اطمینان حاصل شود. به عنوان مثال، استفاده از معیارهای کیفیت ویدئویی که برای سیستم‌های IPTV در یک سیستم VoD توسعه داده شده‌اند، ممکن است پیش‌بینی دقیقی از کیفیت درک شده ارائه

[۱] First Person Shooting

نکند. به عبارت دیگر: یک ابزار ممکن است یک مقدار MOS را خروجی دهد، اما کاربرد آن مقدار برای یک سرویس معین باید با مقایسه محدوده مدل زیربنایی با دامنه کاربردی واقعی بررسی شود.

برای نتیجه‌گیری این بخش، در جدول زیر مقایسه‌ای بین رویکردهای پایش QoE موجود بر اساس نقاط پایش کیفیت، نقطه تخمین، محیط اندازه‌گیری آن‌ها (محیط واقعی یا آزمایشگاه)، نوع خدمات و پارامترهای مورد استفاده ارائه شده است. این نکته باید به عنوان یک دستورالعمل کلی برای انتخاب مدل مناسب بر اساس الزامات سطح بالا در نظر گرفته شود.

جدول ۲- مروری بر رویکردهای نظارتی ارائه شده QoE/QoS

Model	QoS/ QoE Monit-oring Point	QoS/ QoE Estimat-ion Point	Measurem-ent environm-ent	Service type	Network Planning / Monitoring	Parameters
E-model [22]	*n/a*	*n/a*	Laboratory	VoIP	Network Planning	Network, Equipment impairment (+noise and loudness)
G-model [45]	Passive	Network	Laboratory	Gaming (FPS)	Network Planning	Delay, Jitter
PESQ [26]	Client	Network	Laboratory, Real Life	VoIP	Monitoring	Various signal characteristics (FR approach)
POLQA [27]	Client	Network	Laboratory, Real Life	VoIP	Monitoring	Various signal characteristics (FR approach)
P.563 [28]	Client	Client	Laboratory, Real Life	VoIP	Monitoring	Various signal characteristics (naturalness, noise, interruptions)
ITU.T G.1070 [34]	*n/a*	Network	Laboratory	Video Telephony	Network Planning	Has been described in Table 3
PSQA [39]	*n/a*	Network	Laboratory (Could be done in Real life)	Generic Model	Network Planning / Monitoring	Depends on the application
ITU-T P.1201 Amd. 2, App. III ("P.NAMS-PD")	Client	Network, Client	Real Life	VoD	Monitoring	Video, audio codec parameters, stalling times
ITU-T P.1201 [30] ITU-T P.1202 [31]	Client, Network	Client, Network	Real Life	IPTV	Monitoring	Video, audio codec parameters, packet loss information
ITU-T J.247	Client	Client , Network	Laboratory, Real Life	IPTV, VoD	Monitoring	Video signals
ITU-T J.341 [47]	Client	Client, Network	Laboratory, Real Life	IPTV, VOD	Monitoring	Video signals
ITU-T J.343	Client	Client, Network	Laboratory, Real Life	IPTV, VOD	Monitoring	Video signals

۳-٤- چالش‌های آینده ابزارهای نظارتی QoE/QoE

هر کجا به دنیای امروزی که خدمات چندرسانه‌ای به سرعت در حال تکامل است نگاه کنیم، اهمیت در نظر گرفتن کیفیت خدمات چندرسانه‌ای جدید آشکار می‌شود. این موارد شامل خدماتی می‌شود که قبلاً حتی به طور گسترده در دانشگاه مورد مطالعه قرار نگرفته بودند، به عنوان مثال بازی و واقعیت مجازی. در اینجا، هنوز تعیین کمیت کیفیت تجربه، حتی برای کاربران دشوار است.

در همان زمان، انتظارات کاربران از خدمات موجود و شناخته شده (مانند تلویزیون و سخنرانی) در حال تغییر است. ابزارهای نظارتی نه تنها برای برآورده کردن انتظارات کاربران، بلکه شامل عوامل کاربردی جدید نیز پیچیده‌تر می‌شوند.

پیشرفت‌های اخیر در سیستم‌های ارتباطی، شبکه‌های بهتری را برای کاربران از نظر افزایش پهنای باند، کاهش تأخیر و بهبود قابلیت اطمینان فراهم کرده است. بنابراین، محتوا و برنامه‌های کاربردی با کیفیت بالا و بسیار پیچیده ارسالی از طریق اینترنت، در دسترس‌تر می‌شوند. این امر نه تنها شامل سرویس‌های سنتی است که اکنون از پهنای باند بیشتری استفاده می‌کنند (مثلاً ویدئوی ٤K) بلکه انواع سرویس‌های جدید (مانند واقعیت مجازی) را نیز شامل می‌شود. این واقعیت ابزارهای نظارتی QoS فعلی را تهدید می‌کند، زیرا آن‌ها کمتر مفید می‌شوند، چرا که تنها از پارامترهای شبکه برای اهداف نظارت استفاده می‌کنند. نشان داده شده است که این پارامترها ارتباطی جدی با درک کاربر ندارند.

نسل بعدی خدمات چندرسانه‌ای شامل مفاهیم جدیدی مانند کدگذاری متن آگاه، تولید و استقرار به منظور برآوردن نیازهای کاربر محور خواهد بود. با این حال، معرفی رویکردهای آگاه از زمینه منجر به الزامات جدیدی برای نظارت بر کیفیت چندرسانه‌ای می‌شود. در غیر این صورت، کیفیت پیش‌بینی شده ممکن است با آنچه کاربر درک کرده است متفاوت باشد.

۳-٤-۱- فضاهای پارامتر بزرگ و خدمات جدید

نظارت QoE ممکن است شامل یک فضای پارامتر زمینه بزرگ شامل چندین عامل کاربر مانند عوامل محیط فیزیکی (خانه، دفتر، تلفن همراه یا استفاده عمومی، فضا، شرایط صوتی و نور، کانال‌های انتقال درگیر، فعالیت‌های موازی بالقوه کاربر، حریم خصوصی و مسائل امنیتی)، ویژگی‌های ثابت کاربر (مانند سن، جنسیت، زبان مادری)، و عوامل پویای کاربر (مانند انگیزه، وضعیت عاطفی) باشد. تأثیر هر عامل هنوز برای چندین سرویس ناشناخته است، به ویژه در مناطقی که هیچ مدل QoS/QoE وجود ندارد (به عنوان مثال، خدمات بازی یا واقعیت مجازی). اگرچه برخی از محققان مدل‌های QoE مفهومی مختلفی را معرفی می‌کنند، اما آن‌ها فقط پارامترها و روابط آنها را طبقه‌بندی می‌کنند. به عنوان مثال - اگرچه برای بازی مقالات متعددی در مورد تأثیر عوامل مختلف وجود دارد - هیچ مدل کیفی برای بازی وجود ندارد [۲۶]. در واقع مکانیزم یکپارچه و کلی برای نظارت یا پیش‌بینی کیفیت وجود ندارد. بنابراین، اولین

قدم برای توسعه اشکال جدید ابزارهای نظارت QoE، جستجوی عوامل QoE جدید در هر برنامه و اندازه‌گیری تأثیر عوامل QoE با استفاده از آزمایش‌های ذهنی اختصاصی است.

برنامه‌ها و خدمات جدیدی در سال‌های گذشته معرفی شده‌اند که نیازمند راه‌حل‌های نظارتی پیچیده‌تر QoE هستند. به عنوان مثال، QoE در برنامه‌های کاربردی تعاملی مانند بازی تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد که در سرویس‌های کلاسیک مانند IPTV وجود ندارند. QoE به طور قابل توجهی تحت تأثیر تعامل کاربر است. بنابراین، ظهور خدمات جدید چالش‌های جدیدی را برای آن سرویس یا برنامه به همراه دارد. به خصوص خدمات تعاملی مانند خدمات بازی، تلویزیون اجتماعی و واقعیت مجازی نیاز به توجه بیشتری برای استخراج عوامل تأثیرگذار QoE دارند. بنابراین، پیش‌بینی و نظارت QoE ممکن است در این سرویس‌ها در مقایسه با سایر سرویس‌هایی که عمدتاً غیرفعال هستند و بر فناوری‌هایی که برای مدت طولانی وجود داشته‌اند، پیچیده‌تر شود.

۳-٤-۲- جنبه‌های حریم خصوصی

مسائل مربوط به حریم خصوصی در نظارت بر متن آگاه را می‌توان در دو دیدگاه مورد بحث قرار داد. اول، حریم خصوصی در سال‌های اخیر به یک موضوع مهم برای کاربران و ارائه‌دهندگان اینترنت تبدیل شده است. پس از سه نشت اطلاعات عمده از جمله افشای اسناد طبقه‌بندی شده NSA [۲۷]، نشت عکس‌های افراد مشهور از iCloud [۲۸] و افشای اسناد پاناما [۲۹]، نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی کاربران بیش از پیش حیاتی می‌شود. بنابراین، کاربران ترجیح می‌دهند به ارائه‌دهندگان اجازه ندهند اطلاعات شخصی آن‌ها را به دست آورند، که به نوبه خود نظارت QoE را دشوار می‌کند. با این حال، کاربرانی که انتظار کیفیت بالاتری دارند ممکن است مجبور شوند اجازه دسترسی به برخی اطلاعات شخصی را به ارائه‌دهندگان بدهند. دیدگاه دوم به ارزیابی فعلی به منظور کاهش نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی مرتبط است. امروزه، اکثر ارائه‌دهندگان OTT به رمزگذاری در سطح برنامه مانند SSL/TLS به عنوان مثال از طریق HTTPS روی می‌آورند. بنابراین، اکثر عوامل زمینه کاربر را نمی‌توان با پروب‌های شبکه محور اندازه‌گیری کرد.

به نظر می‌رسد که راه‌های کمی برای غلبه بر این مسائل مانند قرار دادن پروب در پایانه کاربر یا همکاری بین OTT و ISPها برای دستیابی به ابزارهای نظارت QoE وجود دارد. هر دوی این راه‌حل‌ها بر نگرانی‌های کاربر در مورد حفظ حریم خصوصی که ممکن است در آینده اهمیت بیشتری پیدا کند، تأثیر می‌گذارد.

۳-٤-۳- اندازه‌گیری کیفیت در طول زمان و برای کاربران خاص

نظارت بر کیفیت مناسب و پیش‌بینی تعامل کاربر را نمی‌توان با اندازه‌گیری کیفیت در یک مکان واحد، در یک نقطه از زمان به دست آورد. در واقع، کیفیت باید در طول زمان، برای یک کاربر معین از یک سرویس اندازه‌گیری و پیش‌بینی شود. با نگاهی به استفاده مکرر از یک سرویس یا برنامه، یک کاربر ممکن است راضی باشد یا نباشد [۳۰]، در نهایت اگر انتظارات کاربر برآورده نشود، منجر به ریزش می‌شود. همانطور که در [۳۰] ذکر شد، نیاز به توسعه

ابزارهای نظارتی جدیدی وجود دارد که کیفیت را در طول زمان - به جای اینکه بر اساس یک جلسه واحد - برای هر کاربر خاص اندازه‌گیری کنند. این امر باعث می‌شود دید بهتری در مورد میزان مشارکت یا احتمال جذب مشتری خاص داشته باشید. با این حال، جمع‌آوری اندازه‌گیری‌های کیفیت و اتصال آن‌ها به یک کاربر خاص همیشه بی‌اهمیت نیست - چه رسد به نگرانی‌های مربوط به حریم خصوصی. حتی اگر بتوان داده‌ها را نقشه‌برداری کرد، آموزش و اعتبارسنجی مدل‌ها (به عنوان مثال با استفاده از رویکردهای یادگیری ماشین) برای پیش‌بینی تعامل یا انحراف کاربر، چالشی است. این امر مستلزم همکاری نزدیک‌تر بین بخش‌ها یا گروه‌های کاری مختلف در اپراتورهای بزرگ‌تر، به عنوان مثال، بین تحلیلگران شبکه (معمولاً فناوری محور) و بخش‌های ارتباط با مشتری (کاربر محور) است.

۳-۵- وضعیت کنونی پایش کیفیت خدمات و تجربه در کشور و پیشنهادات

با توجه به راه اندازی مرکز رصد و پایش شبکه ملی اطلاعات در سطح کشور، انتظار می‌رود که سامانه‌های تحلیل و مصورسازی داده‌های ترافیکی شبکه ملی اطلاعات، در این مرکز، راه اندازی گردیده و به تحلیل و مصورسازی برخط کیفیت انتها-به-انتهای خدمات دریافتی کاربران شبکه (اعم از ثابت و سیار) بپردازند. در حال حاضر، سامانه جمع آوری و ارسال دادگان ترافیکی خدمات کاربران مختلف، بصورت انتها-به-انتها در شبکه راه اندازی نشده است و تنها اطلاعات ترافیکی برخی از مسیریاب‌های لایه‌های هسته و تجمیع شبکه بصورتی محدود و با ابزارهای نمایشی ساده (مانند سامانه Cacti) در مرکز عملیات شبکه، نمایش داده می‌شوند که مسلماً تعیین‌کننده کیفیت خدمات و تجربه دریافتی کاربران شبکه نخواهند بود. در مرکز رصد و پایش شبکه ملی اطلاعات نیز، دریافت اطلاعات از متولیان در قالب‌های سنتی (مانند فایل‌های اکسل) انجام می‌شود که عمدتاً این داده‌ها از سامانه‌های قدیمی مانند فرادید، به این مرکز، ارسال می‌شوند. بنابراین، راه اندازی روش‌ها و پروب‌های اندازه‌گیری کیفیت برخط و نهایی ادراکی کاربران شبکه باید بصورت جدی در دستور کار متولیان شبکه ملی اطلاعات، قرار گیرد.

٤- نتیجه‌گیری

در دهه گذشته، استفاده و تنوع برنامه‌های چندرسانه‌ای به شدت گسترش یافته است. رویکردهای سنتی برای نظارت QoS/QoE ممکن است در برخی مواقع دیگر، برای مثال به دلیل محدودیت‌های معماری قابل اجرا نباشند. همچنین، درک شده است که پیش‌بینی واقعی QoE تنها با دسترسی به شاخص‌های دقیق از برنامه‌های ارسال شده از طریق شبکه امکان‌پذیر است، که همیشه در دسترس نیستند.

در این گزارش توضیح داده شد که چگونه QoE به طور معمول - هم به صورت ذهنی و هم به صورت ابزاری - ارزیابی می‌شود. وضعیت حوزه ابزارهای نظارت QoS/QoE و همچنین عوامل تأثیرگذار و پارامترهای در نظر گرفته شده در این ابزارها ارائه شدند. پس از آن، مجموعه‌ای از ابزارهای نظارت بر کیفیت فعلی در زمینه‌های مختلف کاربردی (مانند VoIP، IPTV و VoD) توضیح داده شدند. در نهایت، چشم‌اندازی به آینده ابزارهای نظارت QoS/QoE با مهم‌ترین چالش‌هایی که باید در نظر گرفته شوند، به همراه وضعیت فعلی کشور و پیشنهادات آتی، ارائه شده‌اند.

با توجه به مطالعات صورت گرفته و مشکلات کنونی موجود در کشور بمنظور تعیین کیفیت انتها-به-انتهای سرویس، موارد زیر بمنظور بهبود وضعیت موجود پیشنهاد می‌شوند:

- بکارگیری ابزار سمت کاربر بمنظور ارزیابی توافقنامه سطح سرویس در سمت کاربران ثابت و سیار (مشابه کشور آلمان)
- ایجاد مکانیزم پیگیری قضایی اپراتور توسط کاربران در صورت عدم تمکین به SLA توافق شده (مانند کشور ایتالیا)
- طبقه بندی خدمات ارائه شده به کاربران بر اساس کلاس‌های سرویس مختلف و تعیین سازوکار ارزیابی کیفیت سرویس دریافتی در هر کلاس (همانند آلمان و لهستان)
- طراحی و بکارگیری روش‌های تعیین کیفیت تجربه کاربران براساس مکانیزم‌های مبتنی بر جمع سپاری
- از جمله مهمترین خدماتی که ارزیابی کیفیت تجربه کاربران باید در آن مورد ارزیابی قراربگیرد، خدمات جاری سازی ویدئو می‌باشند که پیشنهاد می‌شود سامانه‌های ارزیابی بدون مرجع برای اینگونه خدمات، مورد طراحی و بکارگیری واقع شوند.

مراجع

[۱] QoE-Net, innovative Quality Of Experience maNagement in Emerging mulTimedia services, D۵،۱ QoS/QoE Monitoring Tools, ۲۰۱۶.

[۲] ITU-T, "Rec. E.۸۰۰: Definitions of terms related to quality of service," ۲۰۰۸.

[۳] S. Möller, P. Le Callet and A. Perkis, "Qualinet White Paper on Definitions of Quality of Experience," European Network on Quality of Experience in Multimedia Systems and Services (COST Action IC ۱۰۰۳), ۲۰۱۳.

[٤] U. Reiter, K. Brunnström, K. De Moor, M.-C. Larabi, M. Pereira, A. Pinheiro, J. You and A. Zgank, "Factors influencing Quality of Experience," in *Quality of Experience*, Springer, ۲۰۱٤.

[٥] M. Alreshoodi and J. Woods, "Survey on QoE/QoS correlation models for multimedia services," *arXiv*, ۲۰۱۳.

[٦] "Deliverable ۲،۱ – Test Method Compendium," QoE-Net, ۲۰۱۵.

[۷] A. Raake, J. Gustafsson, S. Argyropoulos, M.-N. Garcia, D. Lindegren, G. Heikkilä, M. Pettersson, P. List and B. Feiten, "IP-based mobile and fixed network audiovisual media services.," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. ۲۸, no. ٦, pp. ٦۸-۷۹, ۲۰۱۱.

[۸] "SDN & NFV OpenFlow and ForCES IETF--۹۳," [Online]. Available: https://www.ietf.org/edu/tutorials/sdn-nfv-openflow-forces.pdf. [Accessed ۱۸ ٤ ۲۰۱٦].

[۹] " OpenFlow," [Online]. Available: https://www.opennetworking.org/sdn-resources/openflow. [Accessed ۱۸ ٤ ۲۰۱٦].

[۱۰] S. Baraković and L. Skorin-Kapov, "Survey and challenges of QoE management issues in wireless networks," *Journal of Computer Networks and Communications*, ۲۰۱۳.

[۱۱] ITU-T, "ITU-T Recommendation G.۱۰۸۱ - Performance Monitoring points for IPTV," ITU-T, ۲۰۰۸.

[۱۲] ITU-T, "ITU-T Recommendation Y.۱٥٤۰: Internet protocol data communication service and Availability Performance parameters," ۲۰۱۱.

[۱۳] ITU-T, "ITU-T Recommendation Y.۱٥٤٤: Multicast IP Network Performance Parameters," ITU-T, ۲۰۰۸.

[۱٤] M. Mu, R. Gostner, A. Mauthe, G. Tyson and F. Garcia, "Visibility of individual packet loss on H. ۲٦٤ encoded video stream: a user study on the impact of packet loss on perceived video quality," *IS&T/SPIE Electronic Imaging*, ۲۰۰۹.

[۱٥] Y. Alahari and P. Buddhiraja, "Analysis of packet loss and delay variation on QoE for H. ۲٦٤ and WebM/VP۸ Codecs," ۲۰۱۱.

[۱٦] F. Liu, T. H. Luan, X. S. Shen, and C. Lin,, "“Dimensioning the packet loss burstiness over wireless channels: a novel metric, its analysis and applications," *Wireless Communications and Mobile Computing*, vol. ۱٤, no. ۱۲, p. ۱۱٦۰–۱۱۷٥, ۲۰۱۲.

[۱۷] T. Hoßfeld, S. Egger, R. Schatz, M. Fiedler, K. Masuch, and C. Lorentzen, "Initial Delay vs. Interruptions:
Between the Devil and the Deep Blue Sea," in *Fourth International Workshop on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)* , Yarra Valley,Australia, ۲۰۱۲.

[۱۸] P. Casas, et al., "On the quest for new KPIs in mobile networks: The impact of throughput-fluctuations on QoE," in *IEEE ICC 2015 - Workshop on Quality of Experience-based Management for Future Internet Applications and Services (QoE-FI)*, London, ۲۰۱۵.

[۱۹] A. Sackl, P. Casas, S. Raimund, L. Janowski and R. Irmer, "Quantifying the impact of network bandwidth fluctuations and outages on Web QoE," in *Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*, ۲۰۱۵ .

[۲۰] D. Soldan, "QoS and QoE Monitoring and Data analyses," ۲۰۰٦. [Online]. Available: http://www.netlab.tkk.fi/opetus/s۳۸۳۲۱۵/۲۰۰٦/QoE۸.pdf. [Accessed ۲۰۱٦].

[۲۱] R. Birke, M. Mellia, M. Petracca and D. Rossi, "Experiences of VoIP traffic monitoring in a commercial ISP," *International Journal of Network Management*, vol. ۲۰, no. ٥, pp. ۳۳۹-۳٥۹, ۲۰۱۰.

[۲۲] S. Möller, W.-Y. Chan, N. Côté, T. H. Falk, A. Raake and M. Wältermann, "Speech quality estimation: Models and trends," *Signal Processing Magazine, IEEE*, vol. ۲۸, no. ٦, pp. ۱۸-۲۸, ۲۰۱۱.

[۲۳] J. Skowronek, K. Schoenenberg and A. Raake, Experience with and insights about the new ITU-T standard on quality assessment of conferencing systems, Fortschritte der Akus-tik (AIA/DAGA'۱۳), ۳۹. Jahrestagung für Akustik, IT-Meran, ۱۸-۲۱ March, Deutsche Ge-sellschaft für Akustik e.V. (DEGA), D-Berlin.

[۲٤] "Deliverable ۳،۱ – Review of content and context-ware coding strategies in the envisaged application scenarios," QoE-Net, ۲۰۱٦.

[۲٥] ITU-T, *ITU-T Recommendation G.1071: Opinion model for network planning of video and audio streaming applications*, ۲۰۱٥.

[۲٦] S. Moller, S. Schmidt and J. Beyer, "Gaming taxonomy: An overview of concepts and evaluation methods for computer gaming qoe," in *Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*, ۲۰۱۳.

[۲۷] G. Greenwald, *No place to hide: Edward Snowden, the NSA, and the US surveillance state*, Macmillan, ۲۰۱٤.

[۲۸] C. Arthur, "Naked celebrity hack: security experts focus on iCloud backup theory," ۱ September ۲۰۱٤. [Online]. Available: https://www.theguardian.com/technology/۲۰۱٤/sep/۰۱/naked-celebrity-hack-icloud-backup-jennifer-lawrence.

[۲۹] J. Garside, H. Watt and D. Pegg, "The Panama Papers: how the world's rich and famous hide their money offshore," [Online]. Available: http://www.theguardian.com/news/۲۰۱٦/apr/۰۳/the-panama-papers-how-the-worlds-rich-and-famous-hide-their-money-offshore. [Accessed ۳ April ۲۰۱٦].

[۳۰] K. Mitra, A. Zaslavsky and C. Åhlund, *QoE modelling, measurement and prediction: A review*, arXiv preprint arXiv, ۲۰۱٤.

[۳۱] گزارش «بررسی فعالیت کشورها و روندهای جدید در زمینه خدمات چندرسانه‌ای»، پروژه «بررسی وضع موجود و تدوین الزامات دربخش بهینه‌سازی کیفیت سرویس شبکه و خدمات چندرسانه‌ای»، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، زمستان ۱۴۰۰.

[۳۲] Kaveh Hushyar, Harald Braun, Hossein Eslambolchi - Telecom Extreme Transformation_ The Road to a Digital Service Provider-CRC Press

[۳۳] Tsolkas, D.; Tsolkas, D.; Liotou, E.; Passas, N.; Merakos, L. A Survey on Parametric QoE Estimation for Popular Services. J. Netw. Comput. Appl. ۲۰۱۷, ۷۷, ۱–۳۰.

[۳٤] Raida, V.; Svoboda, P.; Rupp, M. Real World Performance of LTE Downlink in a Static Dense Urban Scenario—An Open Dataset. In Proceedings of the GLOBECOM ۲۰۲۰—۲۰۲۰ IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM'۲۰), Taipei, Taiwan, ۷–۱۱ December ۲۰۲۰; pp. ۱–٦.

[۳۵] Wassermann, S.; Seufert, M.; Casas, P.; Gang, L.; Li, K. ViCrypt to the Rescue: Real-Time, Machine-Learning-Driven Video-QoE Monitoring for Encrypted Streaming Traffic. *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.* ۲۰۲۰, *17*, ۲۰۰۷–۲۰۲۳.

[۳٦] Schwind, A.; Wamser, F.; Hossfeld, T.; Wunderer, S.; Tarnvik, E.; Hall, A. Crowdsourced Network Measurements in Germany: Mobile Internet Experience from End-User Perspective. In Proceedings of the Broadband Coverage in Germany: ۱٤. ITG Symposium, Berlin, Germany, ۲۳–۲٤ March ۲۰۲۰; pp. ۱–۷. Available online: https://ieeexplore.ieee.org/document/۹۱٦۷۳۳۲ (accessed on ٦ March ۲۰۲۱).

[۳۷] Raca, D.; Quinlan, J.; Zahran, A.H.; Sreenan, C.J. Beyond Throughput: A ٤G LTE Dataset with Channel and Context Metrics. In Proceedings of the ۹th ACM Multimedia Systems Conference (MMSys '۱۸), Amsterdam, The Netherlands, ۱۲–۱۵ June ۲۰۱۸; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, ۲۰۱۸; pp. ٤٦۰–٤٦۵.

[۳۸] Meixner, B.; Kleinrouweler, J.W.; Cesar, P. ٤G/LTE channel quality reference signal trace data set. In Proceedings of the ۹th ACM Multimedia Systems Conference (MMSys'۱۸), Amsterdam, The Netherlands, ۱۲–۱۵ June ۲۰۱۸; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, ۲۰۱۸; pp. ۳۸۷–۳۹۲.

[۳۹] Bokani, A.; Hassan, M.; Kanhere, S.S.; Yao, J.; Zhong, G. Comprehensive Mobile Bandwidth Traces from Vehicular Networks. In Proceedings of the ۷th International Conference on Multimedia Systems (MMSys'۱٦), Klagenfurt, Austria, ۱۰–۱۳ May ۲۰۱٦; Association for Computing Machinery: New York, NY, USA, ۲۰۱٦; pp. ۱–٦.

[٤۰] Xiao, Q.; Xu, K.; Wang, D.; Li, L.; Zhong, Y. TCP performance over Mobile Networks in High-speed Mobility Scenarios. In Proceedings of the ۲۲nd IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP'۱٤), Raleigh, NC, USA, ۲۱–۲٤ October ۲۰۱٤; pp. ۲۸۱–۲۸٦.

[٤۱] Lorenc, A.; Kuźnar, M.; Lerher, T.; Szkoda, M. Predicting the Probability of Cargo Theft for Individual Cases in Railway Transports. Ehnicki Vjesn.-Tech. Gaz. ۲۰۲۰, ۲۷, ۷۷۳–۷۸۰.

[٤۲] Amour, L. and Dandoush, A.; Crowdsourcing Based Performance Analysis of Mobile User Heterogeneous Services. Electronics, ۱۱(۷), ۲۰۲۲; p.۱۰۱۱.

[٤۳] Pan, W.; Cheng, G.; Wu, H.; Tang, Y. Towards QoE assessment of encrypted YouTube adaptive video streaming in mobile networks. In Proceedings of the ۲۰۱٦ IEEE/ACM ۲٤th International Symposium on Quality of Service (IWQoS), Beijing, China, ۲۰–۲۱ June ۲۰۱٦; pp. ۱–٦.

[٤٤] Orsolic, I.; Pevec, D.; Suznjevic, M.; Skorin-Kapov, L. YouTube QoE Estimation Based on the Analysis of Encrypted Network Traffic Using Machine Learning. In Proceedings of the ۲۰۱٦ IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), Washington, DC, USA, ٤–۸ December ۲۰۱٦; pp. ۱–٦.

[٤٥] Mangla, T.; Halepovic, E.; Ammar, M.; Zegura, E. eMIMIC: Estimating HTTP-Based Video QoE Metrics from Encrypted Network Traffic. In Proceedings of the ٢٠١٨ Network Traffic Measurement and Analysis Conference (TMA), Vienna, Austria, ٢٦–٢٩ June ٢٠١٨; pp. ١–٨.

[٤٦] De Vriendt, J.; De Vleeschauwer, D.; Robinson, D.C. QoE Model for Video Delivered Over an LTE Network Using HTTP Adaptive Streaming. Bell Lab. Tech. J. ٢٠١٤, ١٨, ٤٥–٦٢.

[٤٧] Moura, D.; Sousa, M.; Vieira, P.; Rodrigues, A.; Queluz, M.P. A No-Reference Video Streaming QoE Estimator based on Physical Layer ٤G Radio Measurements. In Proceedings of the ٢٠٢٠ IEEE Wireless Communications and Networking Conference (WCNC), Seoul, Korea, ٢٥–٢٨ May ٢٠٢٠; pp. ١–٦.

[٤٨] Amour, L.; Dandoush, A. Mobile Measurments Dataset—Paris (Ile-De-France): Traces Data Files. GitLab Repository. ٢٠٢١. Available online: https://gitlab.com/esme-sudria/mobile-cellular-dataset-_-crowdsourced-network-measurements (accessed on ٦ November ٢٠٢١).

نشانی: تهران، انتهای کارگر شمالی، پژوهشگاه ارتباطات و فناوری اطلاعات، معاونت پژوهش و توسعه ارتباطات علمی

تلفن: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۳۵۵

نمابر: ۰۲۱-۸۸۶۳۰۳۵۶