

توازن برای ارائه دهندگان ویدئو در شبکه های LTE :

مصرف انرژی تلفن های هوشمند در برابر ترافیک هدررفته

چکیده

شبکه های تکامل بلند مدت (LTE) دسترسی به اینترنت پهن باند را برای کاربران موبایل فراهم می کنند. یکی از استفاده های اصلی برای LTE ویدئو موبایل ها می باشد. زمانی که یک مکانیسم انتقال ویدئویی را انتخاب می کنیم، یک ارائه دهنده ویدئو باید متریک های متفاوت و متعادل را بررسی کند. مصرف کننده ها کیفیت بالای ویدئو (QoE) و مصرف انرژی پایین در مدت زمان دانلود و پخش را تجربه کرده اند. ارائه دهندگان ویدئویی به حداقل سازی منابع و هزینه های متناظر، مانند پهنای باند و ترافیک هدررفته علاقه دارند. اگر یک کاربر به نتیجه نرسد و داده های اضافی ویدئو دانلود شوند اما پخش نمی شوند، و به طور غیرقطعی از منابع استفاده می کنند، ترافیک هدر می رود. این مسئله این سوالات را بوجود می آورد: (1) چگونه یک ارائه دهنده ویدئو محتوای ویدئویی را در حالی که هزینه های عملیاتی را کاهش می دهد و تقاضای مصرف کننده را برآورده می سازد تحویل می دهد (2) چه چیزی بر روی رفتار قطع ناگهانی مصرف کننده تاثیر گذار است.

برای پاسخ به این سوالات، ابتدا اثرگذاری انتخاب مکانیسم را بر روی مصرف انرژی و ترافیک هدررفته مطالعه می کنیم. دوم، تفاوت مدل های کار که به طور قابل توجهی بر ترافیک هدررفته اثر نمی گذارد را نشان می دهیم. سرانجام، یک راهنمایی برای انتخاب پارامتر برای مکانیزم جریان ارائه می دهیم، که برای بهتر برآورده کردن هر دو نیازمندی ها ارائه دهندگان ویدئو و نیز مصرف کنندگان، و برای بدست آوردن نتایج بهینه با توجه به مصرف انرژی تلفن های هوشمند و ترافیک هدررفته نشان داده می شوند.

1. مقدمه

در اینترنت موبایل‌های امروزه، عمده ترافیک از انتقالات ویدئویی ناشی شده است. در سال 2017، این مقدار به دو سوم کل ترافیک موبایل افزایش یافت. علاوه بر این، بکاربردن LTE یک افزایش از 0.1٪ به 10٪ در بازه زمانی یکسان منطبق با یک مطالعه یکسان انتظار می‌رود.

یک فاکتور مهم برای کسب و کارهای موفق توسط عملیات پلت‌فرم ویدئو QoE است، برای مثال، کیفیت خدماتی که توسط کاربر درک می‌شود. چندین فاکتور QoE مانند وقفه‌های ویدئویی، تاخیر، و همچنین مصرف انرژی تلفن‌های هوشمند وجود دارند. اگر پخش ویدئو با تاخیر مواجهه شود، QoE ویدئو یک کاربر تحت تاثیرات منفی قرار می‌گیرند، برای مثال به این دلیل که هنوز محتوای کافی دانلود نشده است. مصرف انرژی بالا منجر به عمر کمتر باتری می‌شود، که کاربران را با توجه به اینکه مکرراً باید تلفن همراه خود را شارژ کنند ناامید می‌کند. فاکتور دیگر برای بررسی این است که اگر کاربران پخش ویدئو را قبل از تکمیل آن متوقف کنند، از چشم‌انداز اپراتور پلت‌فرم همه محتوا دانلود شده حتی آن‌هایی که متوقف شده‌اند.

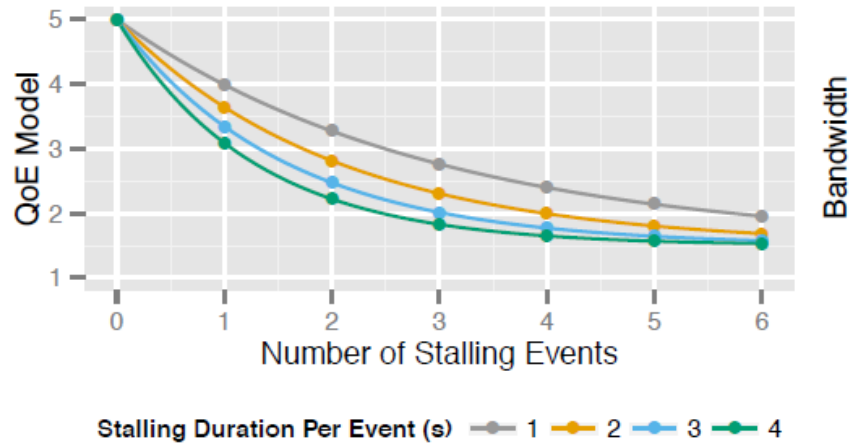
بنابراین، در زمان ارزیابی یک مکانیسم انتقال ویدئو QoE ویدئو، مصرف انرژی تجهیزات کاربر (UE) و ترافیک هدررفته باید بررسی شود. سهم این مقاله در ادامه آمده است. ما چهار مکانیسم تحویل ویدئو را با در نظر گرفتن سه متریک شناخته شده ارزیابی می‌کنیم. به منظور ارزیابی مقدار ترافیک از دست‌رفته، سه مدل کاربر معرفی شده‌اند که احتمال اینکه یک کاربر ویدئو را در هر نقطه‌ای از زمان متوقف کند مشخص می‌کنند. ما مکانیسم انتقال جریان را به عنوان یک ارائه‌دهنده نتایج خوب برای همه متریک‌ها شناسایی کردیم. سپس، یک مطالعه پارامتر را برای آستانه بافر و اندازه مکانیزم جریان اجرا کردیم، به منظور اجازه دادن به اپراتور شبکه برای انتخاب پیکربندی بهینه Pareto بر طبق توازن بین ترافیک هدررفته و مصرف انرژی مطالعه را انجام دادیم در حالی که تنها مجموعه پارامترهای مورد بررسی در QoE بیشینه نتیجه می‌دهد، برای مثال، آن‌هایی که از همه تاخیرهایی ویدئویی پیشگیری می‌کنند.

این مقاله سازمان یافته‌است. در بخش 2 یک مرور کلی از کارهای مرتبط با انتقال ویدئویی در شبکه‌های LTE ارائه می‌کنیم. بخش 3 بر روی فرضیات مدل بحث می‌کند، و مکانیسم انتقال ویدئو را معرفی می‌کند، و مدل انرژی LTE را نشان می‌دهد. علاوه بر این، متریک‌های استفاده شده در باقی مقاله تعریف می‌شوند. در بخش مکانیسم‌های بحث شده را با استفاده از یک شبیه‌ساز رخداد گسسته قطعی ارزیابی می‌کند. ما اثرات مکانیسم انتخاب شده را بر روی مصرف انرژی، ترافیک هدررفته، و ارائه یک تحلیل مبادله برای مکانیسم جریان مطالعه می‌کنیم. سرانجام در بخش 5 نتیجه‌گیری می‌کنیم.

2. پیش‌زمینه و کارهای مرتبط

به منظور تطبیق درخواست انتقال ویدئو بر روی اینترنت، راه‌حل‌های متعددی وجود دارند. پایه‌ترین رویکرد، دانلود است، که ویدئو را به طور کامل به یکباره اتخاذ می‌کند، و هر محتوای در دسترس را در صورت لزوم پخش می‌کند. با توجه به ماهیت انتقال ویدئوهای زنده تنها ارسال محتواهای در دسترس کنونی ممکن است. علاوه بر این، از تاخیر در جریان زنده باید اجتناب شود، چرا که به موقع بودن ویدئو را کاهش می‌دهد. رویکردهای متفاوتی برای محتوای جریان ویدئو برای یک کاربر وجود دارد. در راه‌حل‌های مبتنی بر سرور، یک مثال از همچنین رویکردهای مبتنی بر سروری پروتکل جریان بلادرنگ (RTSP) است که به طور گسترده به عنوان یک راه‌حل استاندارد شده برای جریان ویدئو موبایل‌ها مورد بحث قرار گرفته‌است.

در سال‌های اخیر، رویکردهای مبتنی بر کلاینت مورد بحث قرار گرفتند. در این رویکردها کلاینت دانلود و پخش محتوا را کنترل می‌کند.



شکل 1: اثرگذاری تعداد رخ داده‌های تاخیر و طول تاخیر بر روی QoE

نویسندگان [4] QoE رویکرد جریان‌های تطبیقی HTTP (HAS) مطالعه کردند، اگر محتوی با شبکه LTE مصرف شود. آن‌ها تفاوت‌های را برای رویکردهای سمت سرور برجسته کردند و مطالعات رویکردهای بهینه‌سازی لایه‌های متقابل را به منظور بهبود QoE بیان کردند. یک رویکرد برای تحویل MPEG-DASH HAS است، که جریان ویدئو را بر روی HTTP فعال می‌سازد. محتوای ویدئو و نیز منابع در دسترس با استفاده از یک پروکسی بیان شده برای بهبود QoE کاربران بررسی کنید. در [7] نویسندگان استفاده از استراتژی ذخیره، دانلود کردن ویدئو بر طبق بررسی سوابق کاربر و شرایط شبکه را بیان کردند.

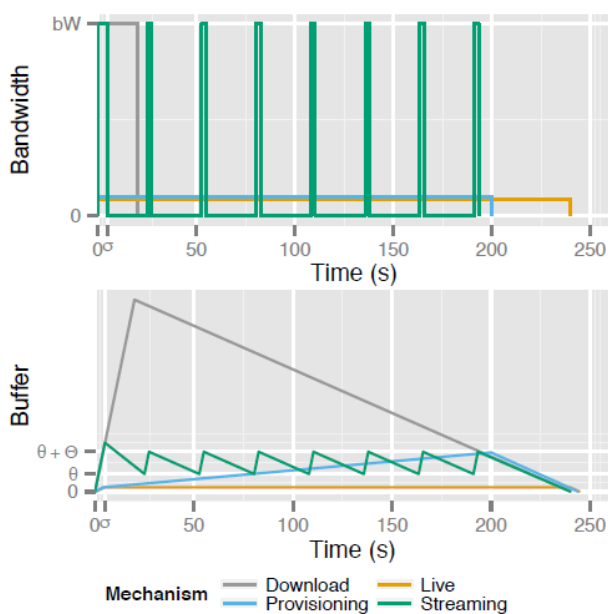
نویسندگان [8] سنجش مصرف توان و سیگنالینگ شبکه دسترسی رادیویی (RAN) را در مدت زمان پخش ویدئوی YouTube (ایلت) اجرا می‌کنند. آن‌ها پروکسی سرور را به منظور تضمین ترافیکی که در ازدحام زیاد ارسال می‌شود بکار می‌گیرند، بنابراین مصرف توان در هزینه ترافیک سیگنالینگ مازاد را کاهش می‌باید.

3. مدل

در این بخش ابتدا فرضیات مدل خود را شرح می‌دهیم. سپس یک مدل را برای مکانیسم انتقال ویدئو بررسی شده معرفی می‌کنیم. سرانجام، مدل کنترل منابع رادیویی (RRC) و توان را برای یک LTE UE نشان می‌دهیم.

A. فرضیات مدل

برای اپراتورهای پلت فرم ویدئو حفظ QoE در سطح بالا برای بازدیدکنندگان یک هدف مهم است. نویسندگان [9] دریافته‌اند که QoE به‌طور اصلی تعداد رخداد‌های تاخیری و مدت زمان رخداد‌های تاخیر را تحت تاثیر قرار می‌دهند. همانطور که در شکل 1 نشان داده شده است، مدل QoE، در جایی که 5 بالاترین QoE ممکن است و 1 پایین‌ترین است، اگر تعداد یا مدت زمان تاخیر رخدادها افزایش یابد، به سرعت کاهش می‌یابد. مدل QoE ارائه شده بین تاخیر و QoE نشان می‌دهد که تاخیر به‌طور قابل توجهی QoE را بدتر می‌کند. بنابراین، یک اپراتور باید در هر موردی از تاخیر اجتناب کند. در نتیجه، در این مقاله، ما تنها سناریویی را بررسی می‌کنیم که در آن هیچ تاخیری رخ نمی‌دهد، برای مثال، پهنای باند تحویل بزرگتر از میزان ارسال بیت ویدئویی برای تضمین پخش هموار ویدئو است. به عبارت دیگر، اپراتورها از رویکردهای مدیریت QoE برای غلبه بر محدودیت‌های منابع استفاده کرده‌اند، برای مثال، با کاهش نیازمندی‌های اپلیکیشن‌ها با DASH/SVC با از پیش بافر کردن داده.



شکل 2: رفتار مکانیزم انتقال. زمان نهایی متفاوت پخش‌ها با توجه به شروع پخش‌های متفاوت

علاوه بر این، فرض می‌کنیم که همه ویدئوها با نسبت ثابت b_R پخش می‌شوند. بنابراین، هر ثانیه ویدیو، مستقل از محتوای آن، نیازمند تعداد یکسانی بیت است.

ما انتقال ویدیویی را بین یک سرور و یک کاربر تجهیز شده با یک تلفن هوشمند LTE فعال شده را بررسی می‌کنیم. پهنای باند در دسترس UE به فاکتورهای بسیاری بستگی دارد، مانند موقعیت، تعداد کاربران در سلول، فعالیت دیگر کاربران، و خط دید. برای ساده‌سازی سناریوی ارزیابی فرض می‌کنیم که ثابت پهنای باند حداکثر bw برای کاربر ارائه شده است. فرض می‌کنیم که گلوگاه ارتباطی واسط هوا است، بنابراین کل پهنای باند bw در دسترس برای دانلود ویدئو استفاده می‌شود. به منظور پیشگیری از تاخیر سناریو را در جایی که پهنای باند در دسترس UE بالاتر از نسبت ارسال بیت ویدئو است بررسی می‌کنیم. اگرچه فرضیات نسبت بیت ثابت و پهنای باند در محیط واقعی صدق نمی‌کند، هدف همچنین بررسی‌هایی دوبرابر است. ابتدا، آن‌ها برای دانستن عملکرد مکانیسم‌های بحث شده در شرایط بهینه بدون هر اثر دیگری که می‌تواند نتایج را تخریب کند سودمند شناخته شده‌اند، و، دوم، آن‌ها به عنوان یک مبنا برای مقایسه با متغیرهای تصادفی متناسب برای هم پهنای باند و هم نسبت بیت بکار گرفته می‌شوند که در بخش 5 بحث می‌شوند.

B. مدل ترافیک ویدئو

در مطالعه، بر روی چهار مکانیسم انتقال تمرکز کردیم که در حال حاضر مورد استفاده هستند. شکل 2 پهنای باند استفاده شده و ثانیه در دسترس برای پخش یک ویدئوی که برای همه مکانیسم‌های انتقال بررسی شده قابل مشاهده است را نشان می‌دهد. برای هر نقطه در زمان t مقدار ویدئو در کنونی پخش با $t_p(t)$ داده می‌شود.

اگر کاربران بخواهند که ویدئویی از قبل کدگذاری شده را ببینند T مکانیسم دانلود می‌تواند استفاده شود. بنابراین ویدئویبه محض اینکه کاربر انتقال را شروع کند، انتقال داده می‌شود.

جدول I: پارامترهای RRC و DRX [16]

Symbol	Full Name	Measured Value
T_{ON}	مدت زمان فعال‌بودن RRC Connected	1 ms
T_I	تایمر غیرفعال DRX	100 ms
T_S	مدت زمان DRX کوتاه	20 ms
T_L	تایم‌اوت RRC Connected	40 ms
T_{Idle}^{ON}	مدت زمان فعال‌بودن RRC Idle	11.576 s
T_{Idle}^{DRX}	مدت زمان DRX RRC Idle	43 ms
D_P	ترویج تاخیر	1.28 s
		260 ms

زمان مورد نیاز دانلود تنها توسط پهنای باند در دسترس در شبکه کران‌بندی شده است.

ویدئوی مشاهده‌شده در طول انتقال زنده همانطور که ثبت می‌شوند کدگذاری می‌شوند. بنابراین، پهنای باند استفاده‌شده برای انتقال ویدئو همیشه به نسبت بیت b_R محدود می‌شود.

در [12] نویسنده اثر درخواست ویدئو را نشان داده‌است، برای مثال، نسبت پهنای باند در دسترس و پهنای باند ویدیویی مورد نیاز، بر روی فرکانس تاخیری را نشان داده‌است. به منظور کاهش تاخیر، پهنای باند استفاده‌شده برای دانلود ویدئو باید مشروط باشد لذا پهنای باند در دسترس از پهنای باند ویدئو از فاکتور به اندازه کافی بالا تجاوز می‌کند. در مکانیسم Provisioning، پهنای باند دانلود انتخاب می‌شود لذا هیچ تاخیری رخ نمی‌دهند. به منظور کاهش تاخیر و بهبود QoE ویدئو، پهنای باند در دسترس باید حداقل 120٪ نسبت بین b_R ویدئو باشد.

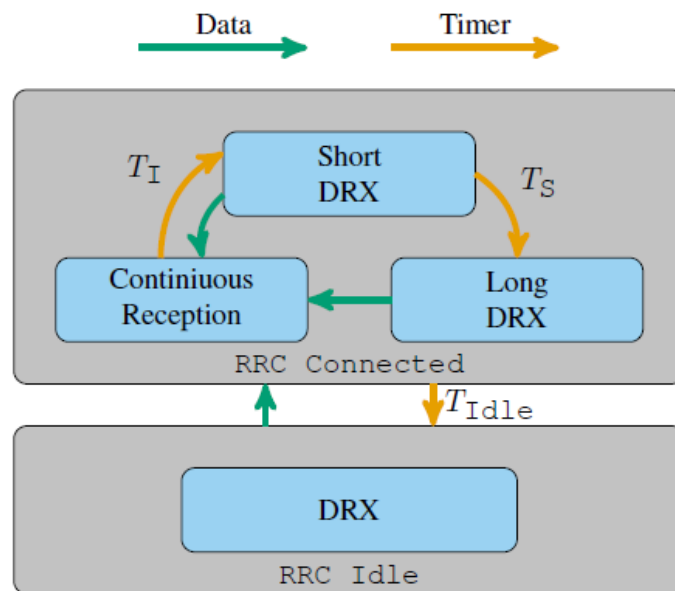
مکانیزم‌های جریان ویدیویی کامل از پیش کدگذاری شده‌است، برای پهنای باند کامل UE استفاده‌شده برای دانلود مجاز است. ویدئو با پهنای باند کامل برای یک زمان از پیش بافر کردن σ به منظور تضمین یک شروع مستقل از تاخیر پخش دانلود می‌شود. بعد از σ ثانیه دانلود متوقف می‌شود و پخش شروع می‌شود. دانلود فقط از سرگرفته می‌شود اگر ثانیه‌های موجود ویدئویی برای پخش زیر یک آستانه توقف θ باشند. دانلود تا زمانی که بافر شامل اندازه آستانه Θ باشد ادامه می‌یابد، در مجموع طول بافر $\theta + \Theta$ نتیجه می‌شود. تا زمانی که دانلود کامل شود ادامه می‌یابد.

یک ارائه‌دهنده ویدئو نیز پهنای باندش را به عنوان یک منبع که باید حفظ شود می‌بینید. باین حال، در زمان مقایسه پهنای باند در دسترس در LTE با شبکه‌های سیم‌دار، می‌توانیم واسطه هوا را به عنوان یک گلوگاه فرض کنیم. علاوه بر این، پهنای باند به عنوان یک هدف بهینه‌سازی متریک‌های اضافی ساده‌سازی نمی‌شود.

C. مدل شبکه LTE

به منظور کمیت‌سنجی مصرف انرژی در طول مدت انتقال بی‌سیم، رفتار LTE RRC تعریف شده در [14] را مدل کردیم. برای کاهش مصرف انرژی، مفاهیم پذیرش ناپیوسته (DRX) در [15] معرفی شده است. نویسندگان [16] معیار خوبی از اهمیت پارامترهای RRC و DRX را ارائه کردند که در مدل‌های بعدی استفاده شود و در جدول 1 دوباره ایجاد شده است.

پروتکل RRC برای LTE شامل دو حالت است، همانطور که در شکل 3 نشان داده شده است و حالت RRC Idle، UE در حالت DRX است. در اینجا، UE کانال کنترلی downlink فیزیکی (PDCCH) برای T_{ON}^{Idle} در هر بازه DRX مدت زمان T_{DRX}^{Idle} را بررسی می‌کند.



شکل 3: مدل RRC LTE

زمان ارتقا به حالت RRC Connected با ارتقای تاخیر D_p داده شده است و به محض اینکه بسته ارسال یا دریافت می شود رخ می دهد. اگر بسته ارسال یا دریافت شود در حالی که در RRC Connected باشد، شامل یک بسته اولیه است که باعث ارتقای RRC Connected می شود، تایمر T_I و T_{Idle} شروع می شوند. تا زمانی که T_I منقضی شود، UE حالت پذیرش پیوسته (CRX) را تکرار می کند. بعد از آن تایمر T_{Idle} UE به حالت RRC Idle کاهش می یابد. پس از انقضای تایمر T_I ، UE به Short DRX وارد می شود. در اینجا، تایمر T_s شروع می شود و PDCCH UE را برای T_{on} مانیتور می کند. اگر یک بسته ارسال یا دریافت شد در حالی که در Short DRX بود، CRX شروع می شود و تایمر T_s غیرفعال می شود. زمانی که تایمر T_s منقضی می شود، به Long DRX وارد می شود و T_L شروع می شود، دوباره UE، PDCCH را برای T_{ON} مانیتور می کند. این تا زمانی که یک بسته ارسال یا دریافت می شود و حالت CRX وارد می شود یا تا زمانی که تایمر T_{Idle} منقضی می شود و به RRC Idle وارد می شود، تکرار می شود.

پهنای باند دانلود را در هر زمان t به عنوان $b_d(t)$ ارائه می دهیم. علاوه بر این، به طول ویدئوی کنونی دانلود شده در هر زمان t اشاره می کنیم:

$$t_d(t) = \frac{1}{b_R} \int_{\tau=0}^t b_d(\tau) d\tau. \quad (1)$$

D. متریک های ارزیابی برای مصرف انرژی تلفن های هوشمند و ترافیک هدررفته

مصرف انرژی UE را با توجه به انتقالات بی سیم در هر لحظه داده شده توسط حالت کنونی UE و پهنای باند استفاده شده محاسبه می کنیم. تنها مصرف انرژی را با توجه به انتقالات بی سیم بررسی می کنیم، همانطور که این آفستی برای مصرف انرژی ناشی شده از پخش ویدئو است. خود پخش ویدئو تحت تاثیر انتخاب های مکانیزم انتقال قرار نمی گیرند. بنابراین مکانیزم انتقال انتخاب شده تنها مصرف انرژی انتقالات بی سیم را تحت تاثیر قرار

می‌دهد. در [16] نویسندگان معیارهایی را برای مصرف انرژی در هر حالت ارائه کردند (جدول 2) اگر UE هیچ داده‌ای را دریافت نکند.

Description	Paper
RRC Idle (base)	11.4 mW
DRX during RRC Idle Promotion	594.3 mW
RRC Connected (base)	1210.7 mW
DRX during Short DRX	1060.0 mW
DRX during Long DRX	1680.2 mW
α	1680.1 mW
β	51.97 mW/Mbit/s
	1288.04 mW

جدول 2: مصرف توان به ازای هر حالت سیستم

علاوه براین، یک تقریب از مصرف در هر زمان t اگر دانلود رخ دهد $\hat{P}(t) = \alpha \cdot b_d(t) + \beta$ ارائه شده است. به منظور محاسبه مصرف انرژی سراسری E در مدت زمان انتقال و پخش ویدئو، توان مصرف شده را در هر حالتی که UE چیزی دریافت نمی‌کند، و توان مصرف شده در مدت دریافت درحالی که پهنای باند استفاده شده در هر لحظه را بررسی می‌کنیم، را باهم جمع می‌کنیم.

اگر یک کاربر نگاه کردن ویدئویی که در حال حاضر در حال دانلود است، قبل از اینکه به خاتمه برسد متوقف کند، منجر به ترافیک هدررفته می‌شود، این ترافیک هدررفته متریکست که بر روی ارائه‌دهندگان ویدئو اثرگذار است، اما تحت تاثیر توقف ناگهانی کاربران ویدئو است. به دلیل اینکه این تصمیم تواند ارائه‌دهنده ویدئو را تحت تاثیر قرار دهد، یک مدل کاربر باید توسط یک ارائه‌دهنده ویدئو به منظور ارائه یک تحلیل عملکردی از مکانیسم‌های تحویل ویدئو متفاوت فرض شود.

با بررسی داده‌های انتقال داده شده به یک هزینه تلفن هوشمند از لحاظ هم پول هم ترافیک، یک مکانیسم انتقال باید برای کاهش مقدار ویدئویی که باید انتقال داده شود تلاش کند، اما هنوز زمان t به عنوان $t_u(t) = t_d(t) - t_p(t)$ دیده نشده است. اگر کاربران پخش را منطبق با یک متغیر تصادفی A با تابع تراکم احتمال (PDF) متوقف کنند، می‌توانیم ترافیک هدررفته W را به عنوان مقدار مورد انتظار t_u تحت A انتظار داشته باشیم:

$$W = E [t_u] = \int_{t=0}^{\infty} a(t)t_u(t)dt. \quad (2)$$

مقدار بالای W نشان می‌دهد که سرور و منابع شبکه برای ترافیک استفاده شده‌اند که توسط کاربر دیده نمی‌شود. سه نوع رفتار کاربر را بررسی کردیم، هر یک با یک متغیر تصادفی شرح‌دهنده زمان توقف ناگهانی مدل شده است، برای مثال، زمانی که کاربر نگاه کردن ویدئو را متوقف می‌کند. ابتدا یک توزیع یکنواخت مدل توقف ناگهانی کاربر را بررسی می‌کنیم، در جایی که کاربر می‌تواند در هر زمانی ویدئو را متوقف کند. با توجه به توزیع یکنواخت ویدئو در زمان توقف و طول ویدئو، که برابر 1600 ثانیه است (تقریباً 27 دقیقه)، میانگین زمان توقف در 800 ثانیه (تقریباً 13 دقیق) رخ می‌دهد. دوم، ما نوع کاربری را که بخشی از ویدئو را قبل از اینکه تصمیم بگیرد پخش را متوقف کند نگاه می‌کند. بعد از اینکه بخش اصلی ویدئو مشاهده شد، کاربر بیشتر احتمال دارد که آن را به طور ناگهانی متوقف کند. برای مدل کردن این نوع رفتار ما از توزیع نرمال قطع بر روی زمان پخش ویدئو استفاده کردیم، و یک تقارن شدت توقف ناگهانی را در نقاط نیمه راه ویدئو فرض می‌کنیم. از میانگین یکسان استفاده می‌کنیم و انحراف استاندارد 400 ثانیه‌ای (7 دقیقه) را مشخص می‌کنیم. سومین و آخرین، فرض می‌کنیم که کاربر بیشتر در آغاز ویدئو احتمال دارد که آن را به طور ناگهانی متوقف کند. این رفتار کاربر را با استفاده از یک توزیع لگاریتم نرمال قطع با میانگین یکسان انحراف استاندارد 0.8 ثانیه برای توزیع نرمال در بایاس توزیع لگاریتم نرمال مدل می‌کنیم.

توجه داشته باشید که ترافیک هدررفته W تحت تاثیر مدل توقف ناگهانی کاربر است چرا که هدررفت ترافیک تنها به این دلیل که کاربر به طور ناگهانی جریان ویدئو را متوقف می‌کند اتفاق می‌افتد. حتی اگر ممکن باشد که تنها زیرمجموعه‌ای از همه ویدئوهای مشاهده شده را تحت تاثیر قرار دهد، این هنوز منابع عدم قطعی را استفاده می‌کند و باید توسط ارائه‌کننده ویدئو بررسی شود. با این حال، دانلود ویدئو همیشه انرژی را مصرف می‌کند و بزرگترین مقدار انرژی مصرف می‌شود، اگر کاربران ویدئو را متوقف نکنند. بنابراین برای بدترین حالت مصرف انرژی آن را بهینه می‌کنیم. هر هدف دیگر بهینه‌سازی انگیزه‌ای را به کاربران ارائه‌دهد که در اوایل مشاهده ویدئو آن را متوقف کنند، که در ترافیک از دست‌رفته بیشتر برای ارائه‌دهندگان نتیجه می‌دهد.

4. ارزیابی عددی

در این بخش پاسخ‌هایی را برای سوال‌های مطرح‌شده در چکیده مقاله ارائه می‌دهیم :

1) در بخش IV-A و بخش IV-B اثرات مکانیسم انتقالات بررسی‌شده را مطالعه کردیم. دریافتیم که مکانیسم جریان نتایج قابل قبولی را برای هر دو متریک‌ها ارائه می‌دهد. در بخش IV-C اثرات انتخاب پارامترها را برای آستانه توقف θ و اندازه آستانه Θ ارزیابی می‌کنیم.

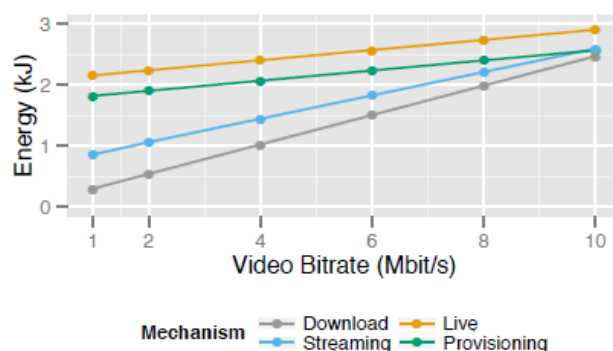
2) در بخش IV-B اثر رفتار کاربر را بر روی ترافیک هدررفته با ارزیابی مدل رفتاری متفاوت بررسی می‌کنیم. ما یک ویدئوی حدود 27 دقیقه‌ای را ($l = 1600$ s) بررسی می‌کنیم که در یک UE یا دسترسی LTE دیده می‌شود. متوسط توان عملیاتی downlink در دسترس در شبکه LTE کنونی برابر $bw = 12.74$ Mbit/s است. مجموعه وسیع از نسبت بیت بین 1 و 50 M bit/s استفاده می‌شود. به منظور پیشگیری از تاخیر، نسبت بیت را بین 1 و 10 Mbit/s بررسی می‌کنیم، در زیر پهنای باند شبکه موجود فعالیت می‌کنیم. برای مکانیسم جریان، آستانه $\theta = 4$ s و $\Theta = 32$ s انتخاب شده‌اند. علاوه بر این، یک مدت زمان از پیش بافرکردن $\sigma = 5$ s را مشخص می‌کنیم. اثرات تنظیمات آستانه‌های متفاوت در Sec. IV-C مطالعه شده‌اند.

ما مطالعات خود را با استفاده از یک شبیه‌سازی رخداد گسسته قطعی انجام می‌دهیم که از هیچ متغیر تصادفی استفاده نمی‌کند. ترافیک هدررفته به‌طور تحلیلی با استفاده از مدل رفتار توقف ناگهانی بدست آمده است. بنابراین، همه نتایج دقیقاً تحت فرضیات بیان‌شده قبلی هستند.

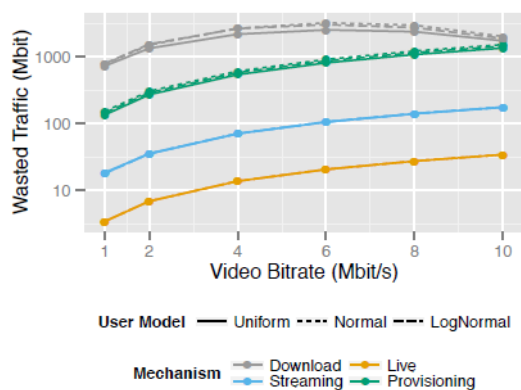
A. مصرف انرژی

ابتدا، اثرگذاری نسبت بیت ویدئویی و نیز مکانیسم دانلود انتخاب‌شده را بر روی مصرف انرژی در شکل 4 مطالعه می‌کنیم. ما مکانیسم دانلود را بررسی می‌کنیم و مشاهده می‌کنیم که حداقل مقدار انرژی را بررسی می‌کند. در اینجا ویدئو با پهنای باند کامل دانلود می‌شود، همانطور که در شکل 2 می‌بینید، در هر مرحله دانلود فشرده‌سازی انرژی بسیار کوتاه و در فاز پخش غیرفشرده انرژی بیشتری را نتیجه می‌دهد. برای مکانیسم زنده مخالف این مسائل

را دیدیم، برای مثال بالاترین مصرف انرژی را برای همه پهنای باند دیدیم. اگر این مکانیزم استفاده شود، پهنای باند استفاده شده برابر نسبت بیت ویدئویی است. بنابراین، دانلود نیازمند مقدار مشابه زمان پخش است، که در بالاترین مصرف انرژی ممکن نتیجه می‌دهد. روش Provisioning از پهنای باند بالاتر استفاده می‌کند، بنابراین زمان دانلود سراسری را کاهش می‌دهد. این زمان دانلود کاهش یافته مصرف انرژی را در زمان مقایسه با مکانیزم زنده کاهش می‌دهد، حتی اگر پهنای باند استفاده شده برای دانلود به 120٪ افزایش یابد. برای مکانیزم جریان مایک مصرف انرژی را به طور واضحی بیشتر از مکانیزم دانلود می‌بینیم.



شکل 4: اثرگذاری نسبت بیت و مکانیزم دانلود بر روی مصرف انرژی



شکل 5: اثرگذاری نسبت بیت، مکانیزم دانلود و مدل کاربر بر روی ترافیک هدررفته

همانطور که نسبت بیت ویدئو افزایش می‌یابد، مصرف انرژی نیز افزایش می‌یابد. این با توجه به این حقیقت است که نسبت بالاتر بیت ویدئو نیازمند دانلود بزرگتر است. برای نزدیک شدن نسبت بیت ویدئو به پهنای باند در دسترس مکانیزم جریان برای مکانیزم زنده تخریب می‌شود، همانطور که هیچ از پیش بافر کردنی ممکن

نمی‌باشد. نتیجه گرفتیم که مکانیزم جریان و دانلود بهتر از مکانیزم زنده و Provisioning با توجه به مصرف انرژی عمل می‌کنند.

B. ترافیک هدررفته

بعد، یک ترافیک هدررفته را به عنوان متریکی از کیفیت مکانیسم انتقال بررسی می‌کنیم. اگر یک کاربر به‌طور کاملی یک ویدئو را نگاه‌کند، هیچ ترافیکی هدر نمی‌رود. بنابراین، ما تنها مواردی را که کاربر پخش را قبل از اینکه ویدئو به خاتمه رسد متوقف می‌کند بررسی کردیم. در شکل 5 ترافیک هدررفته را برای نسبت بیت ویدئویی متفاوت مطالعه کردیم. یک مکانیزم دانلود متفاوت معرفی شده در بخش III-B و نیز مدل‌های کاربر قبلاً معرفی شده را نیز بررسی کردیم. انتخاب مدل‌های کاربر که هیچ تاثیر مهمی بر روی ترافیک هدررفته ندارد را بررسی کردیم. برای مکانیسم دانلود، مقدار ترافیک هدررفته تا نسبت بیت ویدئو 6Mbit/s افزایش می‌یابد، سپس ترافیک هدررفته شده کاهش می‌یابد چرا که تنها داده ویدئو که از قبل بافر شده است می‌تواند گم شود اگر کاربر به‌طور ناگهانی ویدئو را متوقف کند. همانطور که یک پهنای باند در دسترس 12.74Mbit/s را فرض می‌کنیم، پهنای باند موجود برای پیش‌بافر کردن با افزایش نسبت بیت کاهش می‌یابد. مقدار پایین‌تر ترافیک هدررفته در نسبت بیت ویدئویی بالا نتیجه می‌دهد. برای مکانیسم زنده، می‌بینیم که ترافیک هدررفته برای همه کاربران خیلی پایین است، اما ترافیک هدررفته وجود دارد. این با توجه به ترافیک‌هایی است که در حال حاضر توسط سرور ارسال می‌شوند در حالی که UE هنوز منتظر ارتقا از RRC Idle به RRC Connected است، برای مثال، یک فاز پیش‌بافر کوتاه وجود دارد. همانطور که پهنای باند با نسبت بیت ویدئو افزایش می‌یابد، ترافیک از دست‌رفته افزایش می‌یابد. بعد، رویکرد Provisioning را بررسی می‌کنیم و یک افزایش را در ترافیک‌های هدررفته با افزایش نسبت بیت ویدئو می‌بینیم چرا که پهنای باند استفاده‌شده برای دانه‌های مستمر فاکتوری از نسبت بیت ویدئو است. یک نسبت بیت ویدئویی بالاتر در دانلود ویدئویی کامل شده سریع‌تر نتیجه می‌دهد، که به ترافیک هدررفته بیشتر منجر می‌شود. نتایج مشابه می‌توانند برای مکانیسم جریان دیده شوند، که در

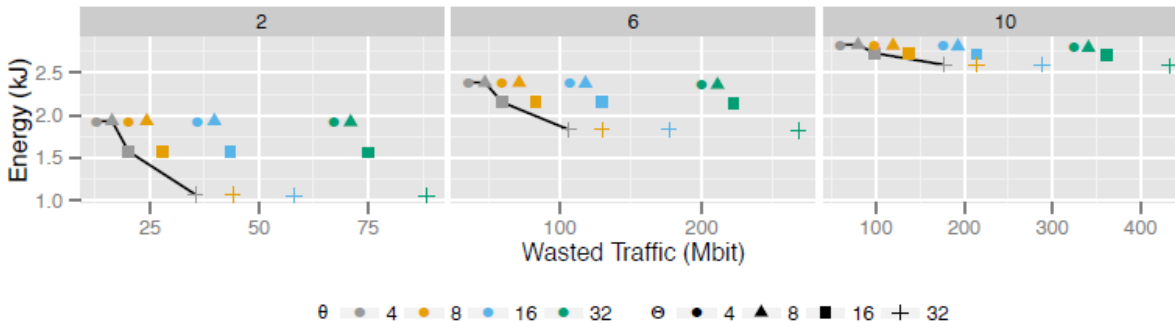
ترافیک هدررفته بیشتر نسبت به مکانیسم زنده نتیجه می‌دهد، اما به‌طور قابل توجهی ترافیک کمتری را نسبت به مکانیسم Provisioning هدرمی‌دهد. این با توجه به این حقیقت است که اگر کاربر به‌طور ناگهانی پخش را متوقف کند؛ حداقل مقدار ویدئوی ارائه شده توسط آستانه توقف θ در بیشتر بافرهای تکمیل شده است، که توسط آستانه توقف ارائه می‌شود و اندازه آستانه افت می‌یابد. ما انتخاب مدل کاربر نتیجه شده را در یک تغییر کیفی در ترافیک از دست‌رفته مشاهده می‌کنیم. همانطور که دیدیم، مکانیسم دانلود و جریان بهترین نتایج را با توجه به مصرف انرژی ارائه می‌کند. با این حال با توجه به ترافیک هدررفته، مکانیسم جریان و زنده مناسبترین هستند. بنابراین، مکانیسم جریان به نظر یک سازش خوب می‌رسد. اپراتور شبکه می‌تواند یک تبادل را بین مصرف انرژی و ترافیک هدررفته همانطور که در بخش بعدی بحث می‌شود، انتخاب کند. از حالا، ما تنها مدل کاربر توزیع شده یکنواخت و مکانیسم جریان را بررسی می‌کنیم.

C. اثرگذاری انتخاب آستانه بافر

در این بخش، بررسی اثرگذاری آستانه پایین‌تر بافر θ و اندازه بافر θ بر روی هم مصرف انرژی P و هم ترافیک هدررفته W برای یک مدل کاربر توزیع شده یکنواخت همانطور که در شکل 6 نشان داده شده است بحث می‌کنیم. آستانه توقف در محدوده 4 تا 32 ثانیه را بررسی کنید. مقدار آستانه توقف پایین‌تر در تاخیر نتیجه می‌دهد، همانطور که بافر خالی اجرا می‌شود در حالی که UE هنوز منتظر ارتقای تاخیر برای کامل شدن و مقدار کافی داده‌ای که باید برای پخش مداوم دانلود شود، است. به منظور قابلیت خوانایی، تنها نسبت ویدئویی 2،6 و 10 Mbit/s و مرز Pareto را نشان می‌دهیم. برای مثال مجموعه همه پارامترهای ترکیب شده، در جایی که هیچ ترکیب پارامتر دیگری نتایج بهتری را برای هر دو متریک‌ها، پارامترهای ارزیابی شده به عنوان خط ارتباط حاصل نکند.

ما مشاهده می‌کنیم که، مستقل از نسبت بیت ویدئویی، مقادیر پیدا شده در مرزهای Pareto می‌تواند برای کوچکترین مقدار آستانه بافر مشاهده شده بررسی شود. اندازه بافر و کاهش مصرف انرژی در هزینه‌های بالاتر

ترافیک هدررفته افزایش می‌یابد. یک آستانه بافر پایین‌تر کوچکتر θ مقدار حداقل ترافیک از دست‌رفته را کاهش می‌دهد اگر کاربران نگاه کردن ویدئو را متوقف کنند، همانطور که بیشتر ویدئو دانلود می‌شود داده هدر می‌رود.



شکل 6: مصرف انرژی و ترافیک از دست‌رفته برای نسبت بیت ویدئویی متغیر برای مکانیسم جریان

بافزایش اندازه بافر θ مصرف انرژی کاهش می‌یابد، چرا که اندازه بافر طولانی‌تر برای ویدئویی که باید در حجم کمتر دانلود شود مجاز است و هریک از آن‌ها توسط تایمر T_{Idle} دنبال می‌شود در جایی که UE هنوز فشرده‌ترین انرژی حالت RRC Connected است.

برای مکانیسم جریان، توصیه می‌کنیم که همیشه از کوچکترین آستانه‌های توقف ممکن بدون ایجاد تاخیر استفاده کنید. انتخاب اندازه بافر به انتخاب توازن مصرف انرژی و پهنای باند هدررفته، با اندازه آستانه کوچکتر نیازمند انرژی بیشتر و اندازه آستانه بالاتر ناشی شده از ترافیک هدررفته بالاتر بستگی دارد. ارائه دهنده ویدئو توان و متریک‌های ترافیک هدررفته را به ازای هر ویدئو ارزیابی می‌کند، و اندازه ویدئو و متغیر نسبت بیت ویدئویی را بررسی می‌کند که اثرات آن در کارهای آینده مطالعه می‌شود.

5. نتیجه

تفاوت‌ها را در هر مصرف انرژی و ترافیک هدررفته برای مکانیسم انتقال ویدئویی مقایسه کردیم. با توجه به فرضیات نسبت بیت ویدئویی ثابت و پهنای باند در دسترس، اگر یک کاربر ویدئو را بر طبق مدل‌های متفاوت متوقف کند، نتایج دقیقی را برای انرژی‌های مصرف شده و ترافیک‌های هدررفته ارائه می‌کند.

ابتدا، نشان می‌دهیم که مدل کاربر دارای اثرات قابل توجهی بر روی داده‌های هدر گرفته نیست. علاوه بر این، مشاهده می‌کنیم که در میان همه مکانیسم‌های بررسی شده، مکانیسم جریان بهترین توازن را بین مصرف انرژی و داده‌های هدر گرفته ارائه می‌دهد. سرانجام نشان دادیم که مکانیسم جریان بهینه است اگر کوچکترین آستانه بافر θ که منجر به هیچ تاخیری نمی‌شود انتخاب شود. مکانیسم جریان می‌تواند متناسب با نیازهای خاص با دستکاری اندازه بافر دالود شده Θ باشد، و برای یک توازن بیت مصرف انرژی و ترافیک هدر گرفته مجاز است.

ارائه‌دهنده ویدئو می‌تواند مصرف منابع را در مرکز داده کاهش دهد و رضایت مشتری را با ایمن‌سازی یک مصرف توان پایین تر با توجه به داده‌های ترافیکی و QoE بالای ویدئو یا انتخاب مکانیسم انتقال ویدئوی مناسب و پارامترهای مناسب افزایش دهد. در حال حاضر چارچوب شبیه‌سازی خود را برای پهنای باند پشتیبانی مدل شده با استفاده از یک متغیر تصادفی متناسب، نسبت بیت ویدئوی متغیر بر اساس یک مجموعه نمایشی ویدئوهای YouTube و QoE ویدئو به عنوان متریک بهینه‌سازی اضافی نمایش می‌دهیم. ارائه‌دهندگان ویدئو قادر به استفاده از این ابزارها برای انتخاب پارامترهای مناسب بلا درنگ هستند، که به خصیصه‌های شبکه و ویدئو، بهینه‌سازی مصرف انرژی، ترافیک هدر گرفته و QoE ویدئو بستگی دارد.

REFERENCES

- [1] Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2012-2017," White Paper, Feb. 2012.
- [2] A. Begen, T. Akgul, and M. Baugher, "Watching Video Over the Web: Part 2: Applications, Standardization, and Open Issues," *Internet Computing*, vol. 15, no. 3, 2011.
- [3] I. Elsen, F. Hartung, U. Horn, M. Kampmann, and L. Peters, "Streaming technology in 3G mobile communication systems," *Computer*, vol. 34, no. 9, 2001.
- [4] O. Oyman and S. Singh, "Quality of Experience for HTTP Adaptive Streaming Services," *Communications Magazine*, vol. 50, no. 4, 2012.
- [5] I. Sodagar, "The MPEG-DASH Standard for Multimedia Streaming Over the Internet," *MultiMedia*, vol. 18, no. 4, 2011.
- [6] A. E. Essaili, D. Schroeder, D. Staehle, M. Shehada, W. Kellerer, and E. Steinbach, "Quality-of-Experience driven Adaptive HTTP Media Delivery," in *International Conference on Communications*, Jun. 2013.
- [7] X. Li, M. Dong, Z. Ma, and F. C. Fernandes, "Greentube: power optimization for mobile videostreaming via dynamic cache management," in *Conference on Multimedia*. ACM, 2012.
- [8] M. Siekkinen, M. Ashraful, J. K. N. Hoque, and M. Aalto, "Streaming over 3G and LTE: How to Save Smartphone Energy in Radio Access Network-Friendly Way," in *Workshop on Mobile Video*, Feb. 2013.
- [9] T. Hoßfeld, R. Schatz, E. Biersack, and L. Plissonneau, "Internet Video Delivery in YouTube: From Traffic Measurements to Quality of Experience," in *Data Traffic Monitoring and Analysis: From measurement, classification and anomaly detection to Quality of experience*. Springer's Computer Communications and Networks series, 2012.
- [10] T. Hoßfeld, F. Liers, R. Schatz, B. Staehle, D. Staehle, T. Volkert, and F. Wamser, "Quality of Experience Management for YouTube: Clouds, FoG and the AquareYoum," *PIK - Praxis der Informationverarbeitung*
- [11] C. Sieber, T. Hoßfeld, T. Zinner, P. Tran-Gia, and C. Timmerer, "Implementation and User-centric Comparison of a Novel Adaptation Logic for DASH with SVC," in *International Workshop on Quality of Experience Centric Management*, Ghent, Belgium, May 2013.
- [12] T. Hoßfeld, T. Zinner, R. Schatz, M. Seufert, and P. Tran-Gia, "Transport Protocol Influences on YouTube QoE," University of Würzburg, Tech. Rep. 482, Jul. 2011.
- [13] T. Hoßfeld, D. Strohmeier, A. Raake, and R. Schatz, "Pippi Longstocking Calculus for Temporal Stimuli Pattern on YouTube QoE," in *Workshop on Mobile Video*, Feb. 2013.
- [14] *TS 25.331, Radio Resource Control (RRC); Protocol specification*, 3GPP Std., 2012.
- [15] *TS 36.321, Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification*, 3GPP Std., 2013.
- [16] J. Huang, F. Qian, A. Gerber, Z. M. Mao, S. Sen, and O. Spatscheck, "A Close Examination of Performance and Power Characteristics of 4G LTE Networks," in *Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, 2012.
- [17] YouTube, "Advanced encoding settings - Recommended bitrates, codecs, and resolutions, and more," 2013. [Online]. Available: <http://support.google.com/youtube/bin/answer.py?hl=en&hlrm=de&answer=1722171>