

## شبیه سازی و ارزیابی کارایی متدهای پوش و پول

### در چند پخش جریانی زنده اینترنتی در شبکه‌های نظیر به نظیر

بهزاد سلیمانی نیسیانی، گروه کارشناسی ارشد نرم‌افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ایران، SabaRG@sco.iaun.ac.ir

ناصر نعمت بخش، گروه کارشناسی ارشد نرم‌افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ایران، N.Nemat@gmail.com

کامران زمانی‌فر، گروه کارشناسی ارشد نرم‌افزار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ایران، ZamaniFar@eng.ui.ac.ir

بهرنگ برکتین، گروه کارشناسی ارشد نرم‌افزار دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، ایران، Behrang.Barekatin@gmail.com

#### چکیده

یکدیگر موجب می‌شوند که منبع ویدئویی نیازی به پشتیبانی از صدها کاربر نداشته باشد بلکه چندین کاربر را پشتیبانی کند و این کاربران نیز به عنوان منبع ویدئویی دیگر کاربران عمل کرده و جریان زنده‌ای که دریافت می‌کنند را بین دیگر کاربران شبکه پخش کنند. بنابراین سربرای منابع ویدئویی تا حد بسیار زیادی کاهش می‌یابد و نیاز به پهنای باند خیلی زیادی هم برای پیاده‌سازی چنین جریان زنده‌ای در اینترنت نمی‌باشد [۱].

شبکه‌های نظیر به نظیر نیز با مشکلاتی مواجه هستند. به طور مثال چنانچه کاربری در اواسط فیلم تمایلی به مشاهده فیلم نداشته باشد و از شبکه خارج شود و یا اتصال خود را از دست بدهد، برخی از کاربران دیگر منبع ویدئویی خود را از دست می‌دهند و ممکن است با قطع فیلم به صورت موقت مواجه شوند و یا فیلم را تکه تکه مشاهده کنند.

#### ۱-۲. متدهای چند پخش جریانی

در شبکه‌های نظیر به نظیر، نحوه‌ی ارسال فریم‌های فیلم و پخش کردن آنها در بین کاربران دیگر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. فیلم زنده با فیلم یا کلیپ‌هایی ویدئویی که در اینترنت به اشتراک گذاشته می‌شوند، تفاوت زیادی دارد. یک فیلم معمولی در اصل یک فایل می‌باشد که ارسال آن می‌تواند به راحتی از طریق پروتکل‌های ارسال فایل معمولی یا پروتکل‌های ارسال فایل شبکه‌های نظیر به نظیر به اشتراک گذاشته شود اما در یک فیلم زنده، اطلاعات دقیقی از حجم فریم‌های فیلم و کیفیت و نوع آنها در دست نیست زیرا در هر لحظه، فیلم در حال تولید شدن می‌باشد [۲].

در شبکه‌های نظیر به نظیر برای ارسال یک فایل، می‌توان از دو روش معروف پوش<sup>۱</sup> و پول<sup>۲</sup> استفاده کرد. در روش پول، هر کاربر درخواست دریافت بخشی از فایل را از سرور مربوطه می‌کند و سرور شبکه، آن بخش از فایل را برای کاربر ارسال می‌کند. سپس کاربر درخواست بخش بعدی فایل را کرده تا از طرف سرور برایش ارسال شود. در روش پوش، سرور بدون در نظر گرفتن تقاضای کاربران، بخش‌های فایل را به صورت مداوم و پشت سر هم، به کاربران ارسال می‌کند. در این روش به دلیل حذف تقاضاهای کاربران، تأخیر شبکه تا حد زیادی کاهش می‌یابد اما ممکن است این چند پخش وقتی در یک شبکه توری شکل استفاده شود که دارای حلقه‌های زیادی در ساختار توپولوژیک خود می‌باشد، باعث بروز پدیده پکت‌های تکراری شود یعنی کاربران به سرعت پکت‌های زیادی

پخش فیلم زنده در اینترنت برای جشنواره‌ها، مسابقات ورزشی و یا شبکه‌های تلویزیونی از اهمیت زیادی برخوردار است. از طرفی به دلیل حجم زیاد اطلاعاتی که باید در اینترنت تبادل شود، متدها و ساختارهایی برای این منظور معرفی شده است که مهم‌ترین ساختارهای معرفی شده درختی و توری شکل برای توپولوژی شبکه می‌باشند. همچنین متدهای پوش و پول و یا ترکیب آنها برای پخش جریان زنده استفاده می‌شود. این مقاله به بررسی کارایی این متدها برای توپولوژی‌های مختلف می‌پردازد که با توجه به شبیه‌سازی‌های انجام شده، کارایی هر متد در ساختارهای مختلف نشان می‌دهد متد پول در ساختار توری همچنان کارایی نسبتاً خوبی نسبت به دیگر ساختارها دارد اما در شرایط خاص، روش‌های دیگر نیز می‌توانند کارایی بیشتری داشته باشند.

#### کلمات کلیدی

ارزیابی کارایی، شبکه نظیر به نظیر، ساختار درختی و توری، متد پوش و پول، جریان زنده اینترنتی.

Communication Networks, Internet Technologies, peer to peer networks, live video stream, push/pull method, mesh/tree topology.

#### ۱. مقدمه

با توجه به پیشرفت‌های اخیر اینترنت و استفاده بسیاری از کاربران از این شبکه بزرگ، اهمیت پخش فیلم زنده در اینترنت از چشم کاربران این شبکه پوشیده نیست. مسئله مهمی که در پخش فیلم زنده وجود دارد، محدودیت‌های فراوانی می‌باشد که سرورهای پخش فیلم با آن مواجه هستند. این سرورها که منابع ویدئویی فیلم زنده می‌باشند، باید بتوانند در یک بازه زمانی مشخص، فریم‌های زیادی از فیلم را به صدها یا هزاران کاربر در سراسر دنیا ارسال کنند. به دلیل محدودیت پهنای باند، امکان ارسال این حجم اطلاعات برای منابع ویدئویی ممکن نمی‌باشد. همچنین به دلیل اینکه فیلم به صورت زنده باید پخش شود، فرصتی برای بافر کردن فیلم وجود ندارد و نمی‌توان تأخیری در پخش فیلم ایجاد کرد. به همین دلیل از شبکه‌های نظیر به نظیر به عنوان ابزاری برای تعدیل شرایط پیچیده پخش فیلم زنده در اینترنت استفاده می‌شود.

#### ۱-۱. شبکه‌های نظیر به نظیر

شبکه‌های نظیر به نظیر با ایده‌ی اشتراک گذاری منابع کاربران برای

<sup>۱</sup> Push

<sup>۲</sup> Pull

را به دیگر کاربران ارسال می‌کنند ولی برخی از این پکت‌ها تکراری می‌باشد و یک کاربر، چندین بار یک پکت مشخص را دریافت کند که این کار باعث اتلاف منابع می‌شود [۳].

در پخش فیلم زنده نیز می‌توان از هر دو روش پوش و پول استفاده کرد. در روش پوش، منبع ویدئویی به محض دریافت هر فریم، بلافاصله آن را به همسایگان خود ارسال می‌کند. در روش پول، هر گره شبکه به همسایگان خود بسته‌ای به نام بافرمپ<sup>۳</sup> ارسال می‌کند که در این بسته مشخص می‌کند که کدام فریم‌های فیلم را در اختیار دارد. کاربران دیگر بر حسب نیاز خود، از گره‌های همسایه درخواست فریم‌های مورد تقاضای خود را می‌کنند.

تا کنون بحث‌های زیادی درباره بهبود این روش‌ها شده است که هر کدام در شرایط خاص کارایی خوبی نشان داده‌اند اما بهترین شیوه‌ای که تا کنون پیشنهاد شده است، استفاده ترکیبی از این دو روش می‌باشد به این صورت که هر گره شبکه از متد پوش استفاده کند اما فریم‌های دریافتی را به همه همسایه‌های خود ارسال نکند بلکه فقط به عده‌ی مشخصی ارسال کند. به طور مثال به نیمی از همسایه‌های خود ارسال کند و این همسایگان در هر ارسال به صورت تصادفی انتخاب شوند. همچنین هر گره مشابه روش پول، بافرمپ نیز به همسایگان خود ارسال می‌کند. حال ممکن است گره‌ای در شبکه، فریم خاصی را دریافت نکند که برای جبران آن می‌تواند با توجه به بافرمپ‌های دریافت شده، از گره‌های همسایه خود تقاضای آن فریم را نماید.

چالش‌های دیگری نیز در این رابطه وجود دارد که مروری بر مباحث مهم و مطرح این زمینه در [۳] انجام شده است.

## ۲. ارزیابی متدهای مختلف

با توجه به مقدمات بیان شده، جهت بررسی کارایی این متدها در ساختارهای مختلف نیاز به انجام آزمایش می‌باشد. با توجه به اینکه در اختیار گرفتن منابع شبکه‌های نظیر به نظیر نیاز به تجهیزات زیادی داشته و آزمایش این شبکه‌ها نیاز به هزینه‌های مالی فراوانی دارد، جهت ارزیابی این شبکه‌ها از شبیه‌سازی استفاده شده است. شبیه‌سازی توسط یک برنامه‌ی رویدادگرا با استفاده از زبان C# انجام شده است. این برنامه شبیه‌ساز برای اولین بار از پایه طراحی و پیاده‌سازی شده است که دارای محیط گرافیکی می‌باشد. جهت استفاده از برنامه ابتدا پارامترهای شبیه‌سازی را در رابط گرافیکی برنامه وارد کرده و سپس کلید شبیه‌سازی زده می‌شود. پس از خاتمه شبیه‌سازی، شاخص‌های آن توسط برنامه محاسبه می‌شود و به صورت یک فایل متنی ذخیره می‌گردد که به راحتی می‌توان این فایل را در برنامه‌هایی مانند متلب یا اکسل وارد کرده و داده‌های آن را تحلیل نمود. همچنین در کنار فایل خروجی شاخص‌های شبیه‌سازی، فایل ثبت رویدادهای شبیه‌سازی نیز تولید می‌شود که می‌توان تمام رویدادهای زمانی برنامه را مشاهده نمود و جهت استخراج اطلاعات بیشتر و یا بررسی صحت عملکرد نرم‌افزار آنها را مورد ارزیابی قرار داد.

### ۲-۱. پارامترهای شبیه‌سازی

جهت واقعی بودن این ارزیابی با شرایط فعلی جامعه اینترنتی داخل کشور،

پارامترهای شبکه پس از ارزیابی‌های مختلف طبق جدول ۱ در نظر گرفته شده‌اند. ستون درصد میزان گره‌های شبکه را مشخص می‌کند که دارای ویژگی‌های سطر مربوطه می‌باشند. همچنین برای هر گره ترافیک غیر قابل استفاده‌ای جهت آپلود در نظر گرفته شده است که کاربر از این ترافیک جهت انجام کارهای دیگر استفاده کند.

جدول ۱- توزیع پهنای باند گره‌های شبکه

درصد	پهنای باند دانلود	پهنای باند آپلود	حداقل ترافیک غیرقابل مصرف آپلود	حداکثر ترافیک غیرقابل مصرف آپلود
20	1 Mbps	512 Kbps	4	8
40	1 Mbps	256 Kbps	3	6
25	512 Kbps	192 Kbps	2	4
15	256 Kbps	128 Kbps	1	2

شرایط شبیه‌سازی شبکه در جدول ۲ آمده است. جهت ارزیابی تأثیر پارامترهای مختلف بر روی شبکه، زمان بافر اولیه‌ای که هر گره قبل از شروع پخش فیلم انجام می‌دهد، تعداد همسایه‌هایی که هر گره می‌تواند داشته باشد و همچنین تعداد گره‌های شبکه در حالات مختلف ارزیابی می‌شوند.

جدول ۲: پارامترهای شبیه‌سازی

پارامتر	مقدار
بازه زمانی ارسال بافرمپ	1 sec
تعداد منابع ویدئویی اصلی	1
نرخ پخش فیلم	25 fps
مدت زمان پخش فیلم	~ 3 minutes
فیلم استفاده شده	Lord of the Rings II, G12B2, QP = 104
تعداد کاربران شبکه	{50, 75, 100}
زمان بافر اولیه	{10, 20} sec
تعداد همسایگی گره‌ها	{2,3}
نحوه تبادل اطلاعات	{Push Tree, Push Mesh, Flooding Mesh, Pull Mesh}
تعداد دفعات شبیه‌سازی	3th

با توجه به جدول فوق، ۳ دقیقه از فیلم ارباب حلقه‌های ۲ که از سایت آریزونا تهیه شده است جهت شبیه‌سازی استفاده گردیده است. مشخصات فیلم در سایت مربوطه به صورت کامل آمده است. این فیلم با فرمت MPEG4 فشرده‌سازی شده است و بین فریم‌های آن وابستگی وجود دارد یعنی برای کدگشایی یک فریم، نیاز به چندین فریم دیگر داریم که از قاعده G12B2 پیروی می‌کند [۴].

در جدول ۲، شرایط مختلف داخل آکولاد نشان داده شده است یعنی شبکه برای حالات مختلف داخل آکولادها تست و شبیه‌سازی گردیده است.

حالت طوفانی<sup>۵</sup> مشابه روش پوش در درخت می‌باشد که هر گره به محض دریافت فریمی، آن را به تمام همسایگان خود ارسال می‌کند. روش پوش استفاده

<sup>4</sup> [http://trace.eas.asu.edu/mpeg4/single/LotR2CIF\\_G12B2Mp/LotR2CIF\\_G12B2Mp10/verbose.data](http://trace.eas.asu.edu/mpeg4/single/LotR2CIF_G12B2Mp/LotR2CIF_G12B2Mp10/verbose.data)

		Neighbors	2	3
10	50		0	0
	75		0	0
	100		0	0
20	50		0	0
	75		0	0
	100		0	0

این متد در ساختار توری به راحتی از عهده انجام کار بر آمده است. دقت کنید که در ساختار توری حتی وقتی همسایگی ۳ استفاده می‌شود، یکی از همسایه‌ها ارسال کننده فریم می‌باشد و فقط ۲ همسایه گیرنده می‌باشند بنابراین با پدیده کمبود پهنای باند مواجه نشدیم.

جدول ۵- نتایج متد پوش تصادفی در ساختار توری

Buffer	Peers	Method	Push-Mesh	
		Neighbors	2	3
10	50		0.13	0.10
	75		0.24	0.03
	100		0.15	0.01
20	50		0.06	0.13
	75		0	0.02
	100		0.12	0.01

بر خلاف تصویری که ممکن است در نگاه اول به این روش پیدا کنیم و به آن اعتماد نکنیم؛ همانطور که در جدول فوق مشاهده می‌کنیم، این روش نیز به خوبی از عهده پخش فیلم بر آمده است و کیفیت نسبتاً خوبی عرضه کرده است.

جدول ۶- نتایج متد پول در ساختار توری

Buffer	Peers	Method	Pull-Mesh	
		Neighbors	2	3
10	50		0.81	1.78
	75		1.44	3.68
	100		1.54	3.05
20	50		1.39	3.13
	75		2.26	3.05
	100		3.15	4.86

متد پول با توجه به انتظاری که داشتیم، به دلیل تأخیر درخواست‌های کاربران برای فریم‌های مورد نیاز خود، دارای کیفیت پایین‌تری می‌باشد و این روند با افزایش تعداد گره‌های شبکه، بیشتر هم شده است زیرا تأخیرهای بوجود آمده در شبکه افزایش پیدا کرده است.

خلاصه‌ای از نتایج شبیه‌سازی را می‌توان در شکل ۱ مشاهده نمود. در این شکل به دلیل وضوح بیشتر داده‌ها، مقیاس محور عمودی یکسان نمی‌باشد و داده‌های بین صفر تا ۰.۳ با یک اندازه نشان داده شده‌اند در صورتی که داده‌های بین ۰.۳ تا ۱۴ با اندازه متفاوتی ترسیم شده‌اند. محور افقی این نمودار دارای سه سطح می‌باشد که از پایین، سطح اول نشان‌دهنده‌ی تعداد گره‌های داخل شبکه، سطح دوم نشان‌دهنده‌ی حداکثر تعداد همسایگی گره‌ها و سطح سوم (سطح بالا) نشان‌دهنده‌ی مدت زمان بافرینگ فریم‌ها می‌باشد.

شده در ساختاری توری، روش پوش رندم می‌باشد بدین صورت که هر گره به محض دریافت فریمی، آن را به ۵۰ الی ۷۰ درصد همسایه‌های اطراف خود ارسال می‌کند. بدین صورت کمی از سربار اضافی تحمیلی بر شبکه کاسته شده و باعث کاهش پدیده فریم‌های تکراری در شبکه می‌شویم اما ممکن است در حالات استثنایی، فریمی به یک گره خاص ارسال نشود. متد ترکیبی از روش پوش توری و پول بهره می‌گیرد تا کمبودهای پیش آمده در فریم‌ها را جبران نماید.

با توجه به اینکه در هر اجرای شبیه‌سازی ساختار شبکه و نحوه اتصال گره‌ها به صورت تصادفی انتخاب شده است، جهت تعدیل نتایج، هر حالت ۳ بار به صورت مجزا اجرا شده است و از نتایج آنها میانگین‌گیری به عمل آمده است تا نتایج مستندتر باشند.

## ۲-۲. شاخص‌های مورد ارزیابی

در جریان‌های زنده اینترنتی، درصد فریم‌هایی که امکان پخش ندارند از اهمیت خاصی برخوردار است به همین منظور با در نظر گرفتن تأخیر شبکه در ارسال بسته‌ها و همچنین عدم امکان کدگشایی یک فریم با توجه به فقدان فریم‌هایی که جهت کدگشایی نیاز دارد، پارامتر درصد فریم‌های رد شده به عنوان مهم‌ترین شاخص کارایی این شبکه‌ها مطرح است.

شاخص‌های دیگری مانند سربار شبکه، زمان سر به سر ارسال یک بسته اطلاعاتی، زمان انتشار کل جریان و شاخص‌های متنوع دیگری نیز در مقالات ارزیابی می‌شوند که با توجه به حجم آنها، در این مقاله از بررسی آنها صرف نظر شده است اما در نتایج نهایی شبیه‌سازی از آنها برای ارزیابی کارایی شبکه استفاده شده است.

## ۳. نتایج شبیه‌سازی

با توجه به اینکه در برخی موارد تفاوت زیادی بین نتایج آزمایشات مشاهده شد، برخی از نتایج به صورت جدول در ادامه آمده است و علت رویداد این پدیده‌ها بررسی شده است.

جدول ۳- نتایج متد پوش در درخت

Buffer	Peers	Method	Push-Tree	
		Neighbors	2	3
10	50		0	13.46
	75		0	11.12
	100		0	10.14
20	50		0	1.18
	75		0	1.48
	100		0	1.40

با توجه به نتایج فوق مشاهده می‌کنیم که تعداد فریم‌هایی که امکان پخش نداشته‌اند در حالتی که تعداد همسایه‌ها ۳ در نظر گرفته شده و مدت زمان بافر ۱۰ ثانیه بوده است، بسیار زیاد می‌باشد. پس از بررسی‌های انجام شده علت این پدیده، کمبود پهنای باند تشخیص داده شد. در این حالت هر گره باید بتواند فریم‌های دریافتی را به ۳ گره‌ی دیگر ارسال کند. با توجه به اینکه حجم فریم‌های ارسال شده بسیار زیاد می‌باشد و پهنای باند هر گره محدود می‌باشد، در چنین حالتی با کمبود پهنای باند مواجه شده و فریم‌ها دیر تر از زمان مورد انتظار به دست گیرنده‌ها خواهند رسید و موجب فقدان فریم می‌شوند.

جدول ۴- نتایج متد طوفانی در ساختار توری

Buffer	Peers	Method	Flooding-Mesh	
--------	-------	--------	---------------	--

با توجه به کاهش تأخیر شبکه، این روش اهمیت فراوانی دارد اما دارای سربار شبکه می‌باشد. گرچه هنوز باید بر روی پارامترهای این رویکرد بررسی‌های دقیقی انجام شود تا بتوان در حد ممکن، سربار شبکه را کاهش داد. همچنین روش ترکیبی باید استفاده شود تا تأثیر آن بر میزان فریم‌های از دست رفته سنجیده شود.

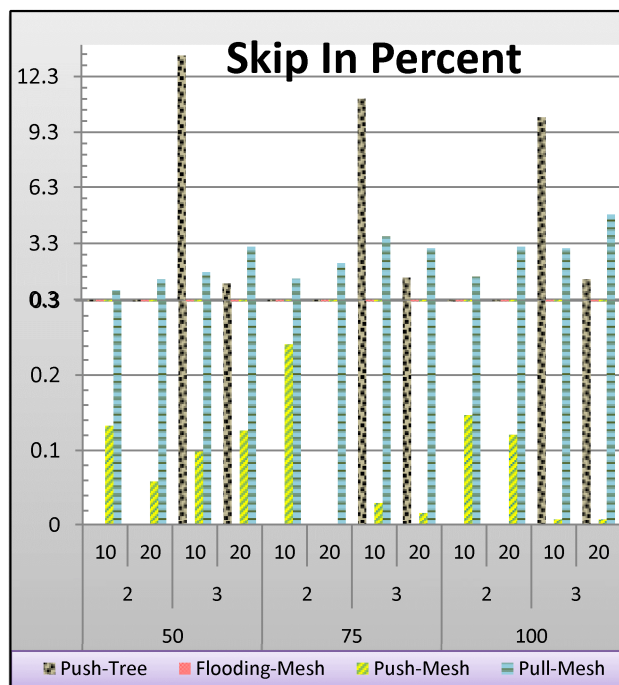
در این شبیه‌سازی ساختار شبکه به صورت ثابت در نظر گرفته شده است در صورتی که در شرایط واقعی، شبکه در حال تغییر می‌باشد و گره‌های شبکه در حال رفت و آمد هستند.

امید است که در آینده بتوان با ارزیابی دقیق‌تر این شبکه‌ها و کاربردی نمودن آنها، کیفیت خدمات اینترنتی کشور را ارتقاء داده و از مزایای این شبکه‌های پرکاربرد بهره‌مند شویم. قابل ذکر است که هم‌اکنون به دلیل محدودیت‌های متعددی که وجود دارد، از شبکه‌های نظیر به نظیر جهت پخش زنده فیلم در کشور استفاده نمی‌شود بلکه به صورت سنتی یعنی از روش‌های خدمتگذار-مشتری استفاده می‌گردد.

### سپاسگزاری

### ۵. مراجع

- [1] Yong, L., Yang, G., Chao, L., "A Survey on Peer-to-Peer Video Streaming Systems", Peer-to-peer Networking and Applications, Springer, 2008.
- [2] Gustavo, M., Giovanni, P., Paolo Di, R., Mario, G., "P2P Streaming Systems: A Survey and Experiments", Proceedings of the Streaming Day, 2007.
- [3] سلیمانی نیسیانی، ب.، نعمت بخش، ن.، زمانی فر، ک.، "مروری بر ارزیابی کارایی روش‌های چند پخش جریانی‌های ویدئویی زنده در شبکه‌های نظیر به نظیر"، دومین همایش ملی مهندسی کامپیوتر-برق و فناوری اطلاعات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خمین، خرداد ۱۳۹۱.
- [4] Richardson, I. E., *The H.262 Advanced video compression standard*, Wiley, 2<sup>nd</sup>, pp. 101-107, 2010.



شکل ۱- نمودار فریم‌های پخش نشده در حالات مختلف شبکه

همانطور که بیان شد و از شکل نیز پیداست، روش پوش درختی بیشترین میزان درصد فریم غیر قابل پخش را داشت است و روش پوش طوفانی در مش کمترین میزان را در این حالات داشته است. البته چنانچه پهنای باند کافی برای روش پوش طوفانی وجود نداشته باشد، روش پول و پوش تصادفی عملکرد بهتری خواهند داشت.

### ۴. نتیجه‌گیری و پیشنهادات آینده

انجام این تحقیق و پیاده‌سازی شبیه‌سازی‌های مربوط به آن و اطمینان از صحت نتایج خروجی تولیدی، بیش از یک سال زمان صرف کرده است اما همانطور که مشاهده شد، تا کنون ارزیابی حالات مختلفی از شبکه با پارامترهای مختلف به صورت واقعی انجام شده است. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که طبق مفروضات اولیه، روش پوش در ساختار توری می‌تواند به خوبی عمل کند و