

به نام خدا

موضوع پيشنهادي پروژه

ارزيابي كارآيي و بررسي تحليلي سيستم هاي توزيعی

***Performance Evaluation and Analysis of
Distributed Systems***

احمد خونساري

دانشيار دانشكده فني، دانشگاه تهران

e-mail: ak@ipm.ir

فهرست مطالب

چکیده	3
1- مقدمه	4
2- مجازی سازی توابع شبکه (NFV) network function virtualization شبکه های نرم افزار محور (SDN) Software Defined Networking	5
3- بررسی و تحلیل کارایی شبکه های میان ارتباطی نوظهور بر تراشه	7
4- شبکه های اطلاعات محور Information Centric محتوی محور Content-Centric و داده-نام Named-Data	8
5- زنجیره بلوکی	18
6- همکاران پروژه	18
7- فهرست منابع و مراجع	18

چکیده:

در ادامه ی پژوهش های سالهای قبل و اهمیت خودکار سازی سرویس در رویکرد جدید فناوری اطلاعات موسوم به انتقال دیجیتال در سال جدید، پژوهش هایی در ارتباط با خود پیکربندی و خود درمانی در رایانش ابری را به پژوهش های گذشته می افزاییم. بنابراین شبکه های ناحیه گسترده نرم افزاری را بررسی خواهیم کرد و از روش های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی در راستای خودکار سازی الگوریتم های ارائه شده استفاده خواهیم کرد.

1- مقدمه

معماری سیستم های توزیعی یک طرح پژوهشی اساسی است که به طور گسترده ای در مجامع علمی مطرح شده و در واقع چتری است که چندین موضوع مهم را در بر میگیرد. در ادامه ی پژوهش های سالهای قبل و اهمیت خودکار سازی سرویس در رویکرد جدید فناوری اطلاعات موسوم به انتقال دیجیتال در سال جدید، پژوهش هایی در ارتباط با خود پیکربندی و خود درمانی در رایانش ابری را به پژوهش های گذشته می افزاییم. بنابراین شبکه های ناحیه گسترده نرم افزاری را بررسی خواهیم کرد [24-26]. از جمله می توان به زیر شاخه های مهم نظیر رایانش ابر، زنجیره های بلوکی، رایانش لبه، اینترنت اشیا، مجازی سازی توابع شبکه و شبکه های نرم افزار-محور و به طور خاص شبکه های ناحیه گسترده نرم افزاری را اشاره کرد. بنابراین در همین راستا پژوهش ادامه داری را انجام میدهیم که در زمینه ی ساختارهای بنیادینی همچون شبکه های نرم افزار محور، شبکه های اطلاعات - محور / محتوی - محور / شبکه های داده-نام named data، شبکه های بی سیم و کاربردهای روزافزون آن، رایانش ابری، رایانش لبه و مراکز داده، شبکه های چند رسانه ای و مباحث امنیتی درگیر در این شبکه ها که سنگ بنای سیستم های توزیعی نسل آینده است، متمرکز خواهند بود. به طور اخص معماری اینترنت آتی (Future Internet Architecture-FIA) یک طرح پژوهشی اساسی است که در سالهای اخیر در مجامع علمی مطرح شده و در واقع چتری است که چند موضوع مهم شبکه را در بر میگیرد. یکی از زیر شاخه های مهم FIA مجازی سازی توابع شبکه و شبکه های نرم افزار می باشد که در واقع قرار است نسل پنجم شبکه های سلولی هم از ایده های FIA استفاده کنند. بنابراین در همین راستا پژوهش ادامه داری را انجام میدهیم که در زمینه ی ساختارهای بنیادینی همچون شبکه های نرم افزار محور، شبکه های اطلاعات - محور / محتوی - محور / شبکه های داده-نام named data، شبکه های بی سیم و کاربردهای روزافزون آن، رایانش ابری و مراکز داده، شبکه های چند رسانه ای و مباحث امنیتی درگیر در این شبکه ها که سنگ بنای شبکه های نسل آینده است، خواهند بود. بدیهی است در این راستا از ابزار های نظری و عملی استفاده خواهیم نمود.

در پروژه ای که پیش روی ما قرار دارد بسیاری از جنبه های اساسی ساختارهای بنیادین در شبکه های کامپیوتری مورد پژوهش قرار می گیرند. از جمله این ساختارهای بنیادین می توان به شبکه های

موردی خودرو ، شبکه‌های بی‌سیم و کاربردهای روزافزون آن ، رایانش ابری، رایانش لبه و مراکز داده، شبکه‌های چند رسانه‌ای و در نهایت مباحث امنیتی درگیر در این شبکه‌ها اشاره نمود. در این راستا از ابزارهای و دانش‌های مرتبط بهره خواهیم جست. مهمترین دانش مورد استفاده مدلسازی ریاضی برای ارزیابی کارایی، تحلیل عملکردی و ارائه رژیم مطلوب در شبکه‌های کامپیوتری می‌باشد که به نوبه خود در بردارنده دانش بهینه‌سازی¹ و برنامه‌ریزی ریاضی²، نظریه صف³ و تحلیل مدل‌های زنجیره مارکوف⁴، نظریه گراف⁵، نظریه بازی⁶ و رهیافت‌های اقتصادی نظیر طراحی مکانیزم⁷ و نیز یادگیری می‌باشند.

با توجه به اینکه شبکه‌های مورد بررسی، انتزاعی نبوده و وجود خارجی دارند، مطالعات و پژوهش‌های انجام شده در این پروژه از طریق مدلسازی کامپیوتری قابل پیاده‌سازی بوده و به این ترتیب درستی سنجی خواهند شد. ابزارهای مدلسازی کامپیوتری به صورت نرم‌افزارهای شبیه-سازی استاندارد و مورد تأیید جامعه علمی بوده که برخی از مهمترین آنها عبارتند از: Ximulator، ns-2، OMNeT++، JSIM DiskSim، Cloudsim، MATLAB.

در ادامه، هر یک از بخش‌های مورد بررسی به طور دقیق‌تر معرفی گردیده و رهیافت‌های پژوهشی مدنظر در آن بررسی خواهد شد.

2- شبکه‌های نرم افزار محور (SDN) Software Defined Networking

در سال‌های اخیر شبکه نرم‌افزار محور یا شبکه نرم‌افزاری تعریف شده **Software Defined Networking (SDN)** به عنوان رویکردی مطرح در شبکه‌های کامپیوتری مورد بررسی و پژوهش قرار گرفته است . این رویکرد در واقع خیلی جدید نمی باشد و حاصل گرد اوری خیلی از ایده های گذشته نظیر شبکه های فعال **Active Networks** در دهه 90 میلادی بوده است . خیلی ساده این رویکرد جدید ، مدیران شبکه را قادر به مدیریت خدمات شبکه از طریق انتزاع سطح بالاتر

1 Optimization
2 Mathematical Programming
3 Queueing Theory
4 Markov Chain
5 Graph Theory
6 Game Theory
7 Mechanism Design

می‌نماید. در واقع این مهم از طریق جداسازی سیستم تصمیم گیرنده در مورد نحوه هدایت ترافیک (صفحه کنترل) Control Plane از سیستم زیرین که وظیفه هدایت بسته‌ها به مقصد انتخابی دارد (صفحه داده) Data Plane انجام می‌شود.

در این رویکرد تازه با استفاده از لایه‌های مجازی، سویچ‌های مجازی، کنترلر مرکزی، استانداردهای ارتباطی و API های سطح بالا سعی می‌کنند برخی از کارهای کنترلی و مدیریتی سویچ‌ها و روترهای شبکه را در لایه‌های بالاتر به صورت نرم‌افزاری انجام دهند. به عبارت دیگر دیگر SDN وابستگی به سخت‌افزار را کاهش داده و قابلیت‌های نرم‌افزاری و هوشمندی شبکه را افزایش می‌دهد.

در شبکه‌های IP سنتی، شبکه از تعداد زیادی سویچ و روتر تشکیل شده‌اند. این سویچ و روترها توسط شرکت‌های سازنده سویچ و روتر سیسکو بزرگ مثل سیسکو جونیپر، ردبک، هواوی ساخته می‌شوند. این شرکت‌ها با استفاده از تسلط علمی و ساختاری که بر تجهیزات ساخت دارند بسادگی می‌توانند این تجهیزات را تحت کنترل خود در آورده یا بکلی از کار بیندازند. به بیان دیگر عدم تولید تجهیزات سویچ و روتر این محصولات در داخل و پیچیدگی‌های آنها از نظر کنترل موارد امنیتی باعث می‌گردد که شرکت‌ها و کشورهای سازنده بتوانند از این جنبه سواستفاده کرده و از نظر امنیتی کشورهای استفاده کننده را در معرض خطر قرار دهند. خصوصا اینکه ترافیک تمام شبکه‌های کشور از این تجهیزات عبور خواهند کرد. بنابراین بومی سازی این تجهیزات در داخل یکی از نیازهای کشور است.

در SDN تجهیزات سویچ و روتر به یک تجهیز تبدیل می‌گردند. سویچ SDN تجهیز معادل در SDN است. به این سویچ، سویچ OpenFlow enabled نیز می‌گویند. با اینحال نگرانی‌های امنیتی از ساختار این سویچ‌ها (که در شبکه‌های SDN نقش سویچ و روتر را دارند) بقوت خود باقی می‌ماند. همچنین با توجه به شرایط خاص کشور، یکی از مهم‌ترین اهداف در صنعت بومی‌سازی تجهیزات می‌باشد، که این موضوع شامل تجهیزات حوزه ICT نیز می‌باشد. این پژوهش روی مسایل مربوط به سویچ و روتر کردن آنها تمرکز دارد.

۳- بررسی و تحلیل کارایی شبکه‌های میان ارتباطی نوظهور بر تراشه

شبکه بر تراشه سنتی، پیوندهای موجود در شبکه از نوع رشته سیم‌های مسی است. با زیاد شدن تعداد هسته‌های پردازشی و اجزای مختلف موجود در تراشه و همزمان با کاهش در اندازه تراشه‌ها، پیچیدگی پیاده‌سازی شبکه‌های بر تراشه مبتنی بر رشته سیم‌های مسی به دلیل محدودیت فضای موجود، افزایش و کارایی آن‌ها به دلیل اتلاف انرژی، تاخیر زیاد و پهنای باند کم، کاهش یافته است. برای غلبه بر این محدودیت‌ها، تلاش‌هایی به منظور ارایه شبکه‌های میان ارتباطی نوظهور بر تراشه صورت گرفته است. شبکه‌های میان ارتباطی بر تراشه نوری و بی‌سیم دو نمونه از این نوع شبکه‌ها می‌باشند.

شبکه‌های نوری به عنوان یک راه حل به منظور کاهش توان مصرفی شبکه میان ارتباطی-که 70% از مصرف توان کل تراشه را در بر می‌گیرد- مطرح می‌باشند. به دلیل نرخ پایین اتلاف در پیوندهای نوری، پس از برپایی یک مسیر، می‌توان بدون نیاز به تکرار، تولید مجدد، و یا بافر کردن، داده‌ها را از مبدا به مقصد منتقل نمود. این در حالی است که در شبکه‌های مبتنی بر سیم‌های مسی، هر پیام در مسیر یاب‌های موجود در مسیر، بافر شده و سپس مجدداً تولید و ارسال می‌گردد. این امر علاوه بر افزایش تاخیر، مصرف توان را نیز افزایش می‌دهد و این افزایش بگونه‌ای است که رابطه مستقیم با نرخ ارسال داده‌ها دارد. در حالی که در شبکه‌های نوری، مصرف توان مستقل از نرخ ارسال داده‌ها است. به این ترتیب می‌توان با بکارگیری شبکه‌های نوری، مصرف توان و تاخیر را کاهش داده و شبکه‌ای با پهنای باند بالا بدست آورد.

راستای نوظهور دیگر برای شبکه‌های بر تراشه، استفاده از فناوری بی‌سیم می‌باشد که با بکارگیری آنتن‌های بسیار کوچک بر تراشه، می‌توان یک شبکه میان ارتباطی بی‌سیم بر تراشه طراحی نمود. استفاده از پیوندهای بی‌سیم در شبکه‌های بر تراشه، این امکان را فراهم می‌آورد تا بتوان داده‌ها را مابین دو گره که از یکدیگر دور هستند، در یک گام منتقل نمود و به این ترتیب گام‌های لازم در انتقال داده‌ها بین اجزای سیستم بر تراشه را کاهش داد. این ویژگی علاوه بر کاهش تاخیر، از طریق حذف پیوندهای چندگامی سیمی، منجر به کاهش در اتلاف توان نیز خواهد شد. از طرف دیگر افزایش پیچیدگی و چگالی در سیستم‌های بر تراشه، دسترسی به اجزای تراشه با سیم را به منظور تست، مشکل نموده است. با استفاده از فناوری بی‌سیم در سیستم‌های بر تراشه، می‌توان مشکل

دسترس‌ی به نقاط مختلف تراشه را از طریق بکارگیری پیوندهای بی‌سیم به عنوان شبکه‌ای برای ارسال داده‌های تست به نقاط مختلف تراشه، حل نمود.

در این تحقیق بر آنیم تا این دو نمونه از شبکه‌های میان ارتباطی نوظهور را بررسی نموده و به تحلیل کارایی آنها پرداخته و با بکارگیری روش‌های شبیه‌سازی و تحلیل ریاضی عملکرد آنها را بایکدیگر مقایسه نماییم. به طور خاص در مورد شبکه‌های نوری در پی آنیم تا یک مدل تحلیلی برای ارزیابی کارایی این شبکه‌ها ارائه نماییم. در مورد شبکه‌های بی‌سیم نیز به تحلیل کارایی این شبکه‌ها در قالب تاخیر ارسال و احتمال از دست رفتن بسته‌ها با توجه به اینکه در این شبکه‌ها هر گره بی‌سیم محدوده معینی از فضای اطراف خود را می‌بیند، خواهیم پرداخت.

۴- شبکه‌های اطلاعات محور *Information Centric* محتوی محور *Content-Centric* و داده-*Named-Data*

با رشد ارتباطات بی‌سیم و تجهیزات همراه و مطرح شدن اینترنت اشیا، پیش‌بینی از حجم بزرگ داده‌های موجود، به خصوص در مقیاس اینترنت، یک چالش اساسی به شمار می‌رود. پاسخ معماری فعلی اینترنت به این نیاز، با پیچیدگی‌های زیاد و عدم انعطاف‌پذیری کافی روبرو بوده‌است. شبکه‌ی (CCN/NDN-ICN) یکی از معماری‌های پیشنهادی برای شبکه‌های نسل جدید است که در آن تمرکز بر توزیع محتوا است، نه برقرار ارتباط بین گره‌های انتهایی. در شبکه‌ی محتوامحور، نظر به وجود لایه‌ی ارسال که وضعیت یا حالت را حفظ می‌کند state-full و بهره‌گیری از حافظه‌ی درون‌شبکه‌ای، تحرک جویندگان محتوا به راحتی پشتیبانی می‌شود. اما مسئله‌ی اساسی دیگر پویایی تولید محتوی توسط تولیدکنندگان و انتشاردهندگان محتوا می‌باشد که همچنان موضوعی چالش برانگیز، به خصوص از لحاظ مقیاس‌پذیری و همسانی حافظه‌های میانی درون اینترنت است. با توجه به مدل شبکه‌های اطلاعات محور، این مدل پتانسیل لازم برای تأمین بسیاری از نیازهای کاربردهای شبکه‌ی اینترنت نسل آینده را دارا است. بازیابی اطلاعات با استفاده از نام‌گذاری آنها، کشف، مسیریابی و ارسال اطلاعات بر مبنای نام آن و همچنین قابلیت ذخیره‌سازی موقت محتوا در شبکه از جمله امکاناتی است که با بهره‌گیری از آنها می‌توان بر محدودیت‌ها و کاستی‌های راهکارهای متداول میزبان-محور برای شبکه‌های موجود فائق آمد.

در این پژوهش قصد داریم، مسئله‌ی اساسی پویایی تولید محتوی توسط تولیدکنندگان و انتشاردهندگان محتوا (مثلا تولید کننده محتوی سیار را از نظر چالش اساسی همسانی حافظه‌های میانی درون اینترنت بررسی کنیم و به کمک مدل‌های انتشار بررسی کنیم چه مقدار طول می‌کشد که داده‌های حافظه‌های میانی برای یک تولید کننده محتوی پویا همسان شوند.

4- شبکه‌های لبه⁸ و چالش‌های ذخیره‌سازی موقت در آن

در معماری سنتی ابر، داده‌ها برای پردازش باید در ابر بارگذاری شوند، که این مساله باعث تاخیر در انتقال و پاسخ‌دهی در معماری سنتی ابر می‌شود. پررنگ شدن نقش زمان و تاخیر سبب به وجود آمدن شبکه لبه شد. پردازش داده‌ها در گره لبه تاخیر محاسبات و پاسخ‌دهی را کاهش داده و سرعت را بهبود بخشید. همچنین، این شبکه با فراهم‌سازی امکان ذخیره‌سازی لبه، به عنوان راهکاری تضمین شده در کاهش ترافیک، با انتقال محتوا به دستگاه‌های لبه، تاخیر دسترسی به داده‌ها را به میزان قابل توجهی کاهش داده و کیفیت خدمات سرویس‌ارایه دهندگان محتوای دیجیتال را بهبود بخشید. با توجه به فراوانی سرویس‌های مبتنی بر داده، نیاز به دقت بالا و تاخیر کم از مهمترین ویژگی‌های این سرویس‌هاست که سبب می‌شود تا فرایندهای ذخیره‌سازی داده⁹ (CP) و بروزرسانی داده¹⁰ (CR) با چالش روبرو شود (برای مثال بروزرسانی منظم داده به گونه‌ای که کارآمدی ذخیره‌سازها حفظ شده و تازگی داده‌های ذخیره‌سازی بهینه شود).

در این پژوهش برآنیم تا شبکه‌های توزیع شده لبه با قابلیت ذخیره‌سازی را بررسی نموده و به تحلیل کارایی آنها پرداخته و با به کارگیری روش‌های شبیه‌سازی و تحلیل ریاضی عملکرد آنها با استفاده از تئوری اطلاعات و تئوری صف به بهبود کارایی آنها از منظر حفظ حریم خصوصی اطلاعات حساس و همچنین ارائه الگوریتم زمانبندی بروزرسانی داده در حافظه‌های موقت توزیع شده، بپردازیم. شنودگرها و موجودیت‌های مجاز با سو استفاده از نشت اطلاعات حاشیه‌ای¹¹ به اطلاعات حساس که منجر به نقض حریم خصوصی تولیدکننده محتوا و کاربر نهایی و گاهی

⁸ Edge Network

⁹ Content Placement

¹⁰ Content Replacement

¹¹ Side-information leakage

اطلاعات شبکه می شوند. در نظر داریم با تمرکز بر این موضوع فرایندهای چیدمان داده و روزرسانی داده را به گونه انجام دهیم که علاوه بر بیشینه سازی کارامدی ذخیره ساز و بهبود پارامترهای ارزیابی شبکه لبه، درجاتی از حفظ حریم خصوصی در شبکه را تضمین کنیم.

5- زنجیره بلوکی

زنجیره بلوکی پایگاه داده توزیع شده و مبتنی بر اجماع است. زنجیره بلوکی گونه ای از معماری های داده مورد استفاده در فناوری دفاترکل توزیع شده است که در آن سوابق تراکنش ها در زنجیره های متصل به یکدیگر ذخیره می شوند. از این تکنولوژی برای صرفه جویی در منابع اب و برق استفاده کرده ایم و بدنبال کاربردهای جدید آن هستیم.

6- همکاران پروژه

- 1- احمد خونساری (دانشیار دانشکده فنی، دانشگاه تهران)
- 2- باهره حسن پور (دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران)
- 3- دکتر مهدی دولتی (پژوهشگاه دانش های بنیادی)
- 4- کامیار گیوه کی (دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران)

7- فهرست منابع و مراجع

- [1] Steven H. Low and David E. Lapsley, "Optimization Flow Control, I: Basic Algorithm and Convergence," IEEE/ACM Transactions on Networking 7(6) pp. 861-874, Dec. 1999.
- [2] F. P. Kelly, A. Maulloo, and D. Tan, "Rate control for communication networks: Shadow prices, proportional fairness, and stability", Operational Research Society, vol. 49, no. 3, pp. 237-252, 1998.
- [3] W. J. Dally, B. Towles, "Route packets, not wires: on-chip interconnection networks," Proc. of DAC, 2001, pp. 683-689.
- [4] L. Benini, G. de Micheli, "Networks-on-Chip: A new paradigm for System on Chip Design," Design Automation and Test in Europe Conf. and Exhibition, 2002, pp. 418-419.
- [5] Anurag Kumar, D. Manjunath, Joy Kori. Wireless Networking. Elsevier, 2008.
- [6] David G. Lunberger. Linear and Nonlinear Programming. Kluwer Academic Publisher, 2003.
- [7] Dimitri Bertsekas, Nonlinear Programming, Athena Scientific. 1999.
- [8] Stephen Boyd, L. Vandenberghe, Convex Optimization. Cambridge University Press. 2004.
- [9] NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>

- [10] Video Traces, <http://trace.eas.asu.edu>
- [11] W. J. Dally and B. Towles, "Principles and Practices of Interconnection Networks, Morgan Kaufmann Publishers", 2004.
- [12] J. Duato, S. Yalamanchili, and L. Ni, "Interconnection Networks: An Engineering Approach, Morgan Kaufmann", 2002.
- [13] U. Y. Ogras, R. Marculescu, P. Choudhary, and D. Marculescu, "Voltage-frequency island partitioning for GALSbased networks-on-chip," in 44th annual Design Automation Conference DAC, San Diego, CA, USA, Jun. 2007, pp. 249–262.
- [14] W. Jang, D. Ding, and D. Z. Pan, "A voltage-frequency island aware energy optimization framework for networks-on-chip," in Computer-Aided Design ICCAD, San Diego, CA, USA, Nov. 2008, pp. 264–269.
- [15] S. K. Garg, C. S. Yeo, A. Anandasivam, and R. Buyya, "Environment-conscious scheduling of HPC applications on distributed cloud-oriented data centers," Journal of Parallel and Distributed Computing.
- [16] K. H. Kim, A. Beloglazov, and R. Buyya, "Power aware provisioning of virtual machines for real time Cloud services," Concurrency and Computation: Practice and Experience.
- [17] L. Wang, S. U. Khan, and J. Dayal, "Thermal aware workload placement with task-temperature profiles in a data center," The Journal of Supercomputing, pp. 1-24.
- [18] Q. Tang, S. K. S. Gupta, and G. Varsamopoulos, "Energy-efficient thermal-aware task scheduling for homogeneous high-performance computing data centers: A cyber-physical approach," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, pp. 1458-1472, 2008.
- [19] A. C. J. Luo. Nonlinear Physical Science: Long-Range Interactions, Stochasticity and Fractional Dynamics. 2010.
- [20] P. Whittle, "Estimation and information in stationary time series," Arkiv för Matematik, vol.2, pp.423–434, Aug. 1953.
- [21] G. Chen and B. Abraham, "Lag window estimation of the degree of differencing in fractionally integrated time series models," Journal of Time Series, 1994.
- [22] J. Beran, R. Sherman, M. Taqqu, and W. Willinger, "Long-range dependence in variable-bit-rate video traffic," IEEE Transactions on Communications, vol.43, no.2, pp.1566–1579, 1995.
- [23] R. Madan, D. Shah, and O. Leveque, "Product Multicommodity Flow in Wireless Networks," IEEE Transactions on Information Theory, vol. 54, no. 4, pp. 1460–1476, Apr. 2008.
- [24] <https://en.wikipedia.org/wiki/SD-WAN> ; last accessed: Feb 2021
- [25] <https://carrier.huawei.com/en/adn> ; last accesses : Feb 2021
- [26] https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_transformation : Feb 2021