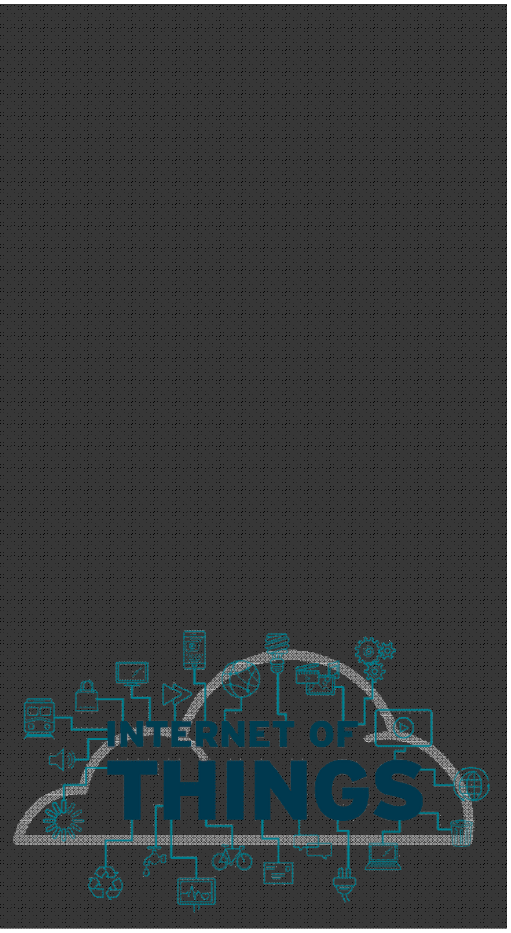


An SDN architecture for time sensitive industrial IoT

محمد سعید انصاری

دانشجوی دکتری معماری کامپیوتر

استاد گرامی: خانم دکتر جاسبی

تعریف مسئله

- برنامه‌های اینترنت اشیا صنعتی (IIoT)، نیازهای متعددی در ارتباطات شبکه‌ای دارند.
- برنامه‌های مهمی مانند، رله هشدار اضطراری، خروج اضطراری صنعتی و سیستم‌های نظارتی نیازمند بروزرسانی‌های متعدد و تازه جهت نگه داشتن بسته‌های جدید هستند.
- بنابراین نیاز است بر اساس رخدادها، شبکه مجدد تنظیم شده و عکس‌العمل مناسب را انجام دهد.
- روش‌های زیادی برای انتقال اطلاعات با دقت بالا و تاخیر محدود ارایه شده‌اند.

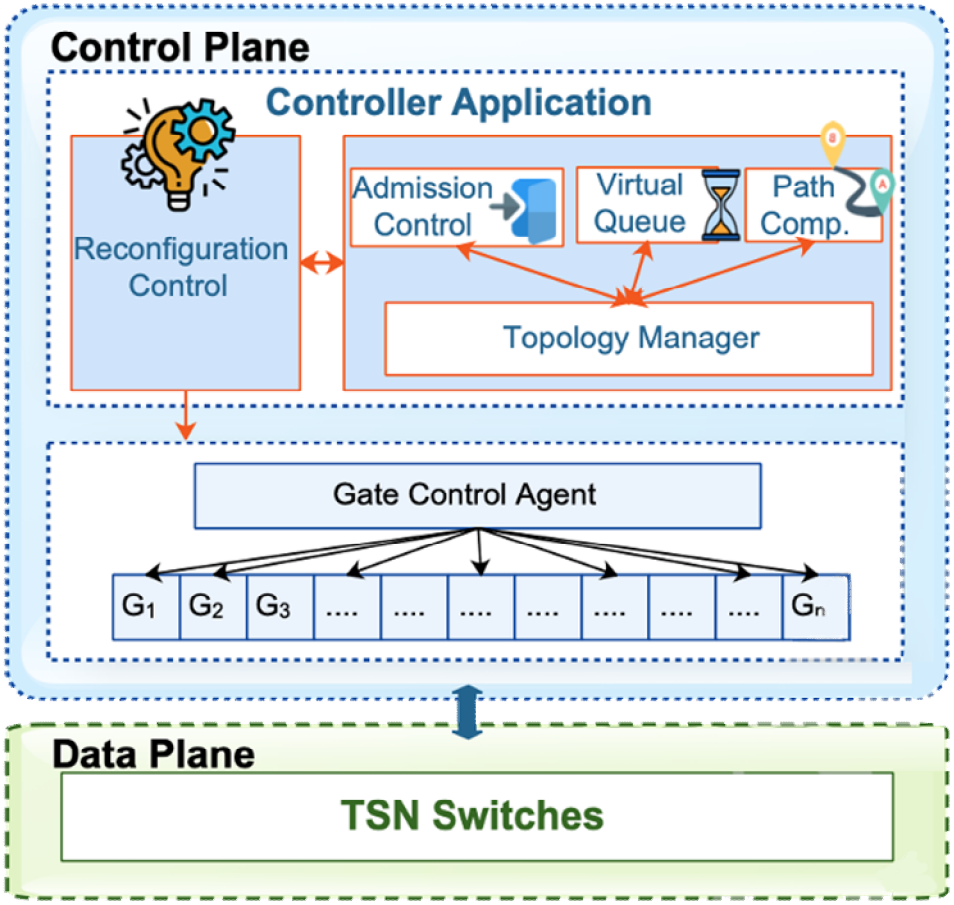
تعریف مسئله

- یکی از راه‌حل‌های برجسته در این زمینه شبکه‌های نرم‌افزارمحور (SDN) هستند که مشکلات مربوط به تاخیر مثل ازدحام را در انتقال اطلاعات در کارخانه، حل و فصل می‌کنند.
- رویکردهای موجود راه‌حل‌های آفلاین که با محاسبات فشرده به دست می‌آیند را ارائه می‌کنند.
- در این مقاله روشی برپایه استراتژی‌های آنلاین و ساده با استفاده از کنترلر SDN، ارائه شده است.

تحقیقات مرتبط

کار مرتبط	شرح، محدودیت‌های اصلی و تفاوت با کار این مقاله
Farzaneh et al. [1,2]	- ارائه یک مدل شبیه‌سازی برای خودکارسازی برنامه‌ریزی TSN - محدودیت‌های دروازه کلیدی در نظر گرفته نشده است.
Stanton et al. [3]	- روال‌های رایج برای چگونگی استفاده از اشتراک زمانی در سناریوهای Industry 4.0 را نمایش می‌دهد. - راه‌کار آنلاینی برای پیکربندی مجدد آنلاین ارائه نمی‌کند.
Zhao et al. [4]	- حداکثر تاخیر برای جریان‌های حساس یا فعال شونده با زمان را محاسبه کرده و روش بهینه‌ای برای مدیریت آن‌ها ارائه می‌کند. - پیچیدگی و میزان عملیات برای رسیدن به Gate control list (GCL) زیاد است.
Boehm et al. [5]	- کنترلر یکتا برای شبکه‌های حساس به زمان و SDN طراحی می‌کند. - با سوییچ‌های SDN، همگام‌سازی زمانی انجام نمی‌دهد که به معنای عدم مدیریت بر پارامترهای Gate control (GC) است.
Said et al. [6]	- مدل IEEE 802.1Qcc را به صورت ثابت با رویکرد SDN را ارائه کرده است. - بهینه‌سازی کنترل جریان‌های ورودی، مسیریابی و برنامه‌ریزی، نادیده گرفته شده است.
Nayak et al. [7]	- ارائه معماری Time Sensitive Software Defined Network (TSSDN)، که نزدیک‌ترین راه‌کار به این مقاله است. - استفاده از دید کلی کنترلر برای مسیریابی و برنامه‌ریزی با پیش‌فرض ورودی‌ها

راه‌کار پیشنهادی



راه‌کار پیشنهادی

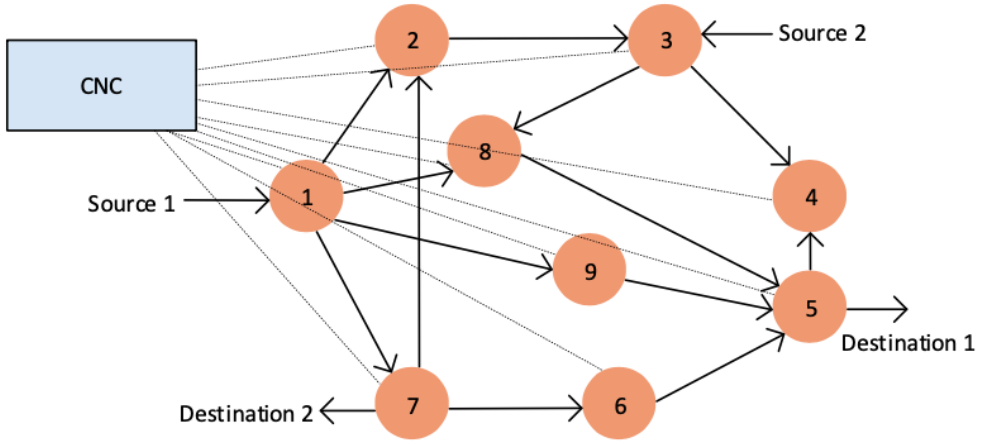
- Reconfiguration Control: این مولفه اطلاعات حداکثر تعداد هاپ مورد نیاز جهت دستیابی به یک تنظیم مجدد را از Topology manager و فرجه زمانی‌ای که در آن رخ می‌دهد را از Gate control engine دریافت کرده و بر اساس آن مسیر جایگزین را در مواقعی مانند از دست رفتن یک مسیر، اجرایی می‌کند.
- Topology Manager: این مولفه مدیریت سوییچ‌ها و کاربران نهایی را برعهده دارد.
- Admission Control: این مولفه بر اساس اطلاعات و متغیرهای لازم، جریان ورودی را رد یا تایید می‌کند.

راه‌کار پیشنهادی

- Virtual Queue Database: این مولفه پارامترهای لازم جهت برنامه‌ریزی انتقال اطلاعات را دارد که تمامی منابع را به صورت صف‌ها در می‌آورد.
- Path Computation Element and Gate Control Engine: این دو مولفه با هم در سناریوهای پویا و ایستا، نقش اساسی دارند. پس از پذیرش یک جریان ورودی، Path computation element مسیرهای هم وزن را در زمان یک شکست یا ازدحام، محاسبه می‌کند. فرجه‌های زمانی لازم توسط Gate control agent از میان ورودی‌های Gate control که به عنوان G1,...,Gn تعریف شده‌اند، انتخاب می‌شوند با در نظر گرفتن این‌که کل مسیری که برای یک جریان رزرو می‌شود نباید با یک جریان ترافیک فعال شدنی با زمان، تداخل داشته باشد.

ارزیابی راه‌کار پیشنهادی

- تنظیمات کلی ارزیابی
  - لینک‌های ارتباطی دارای ظرفیت 1Gbps هستند
  - از یک نمودار جهت‌دار پیروی می‌کنند



ارزیابی راه‌کار پیشنهادی

- مقایسه TSNu با non-TSNu و صف مجازی پایه

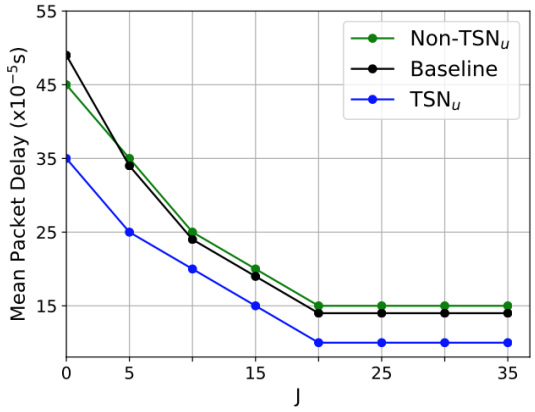


Figure 5: Mean packet delay with respect to number of switching nodes J; for fixed traffic load $\lambda = 0.6$.

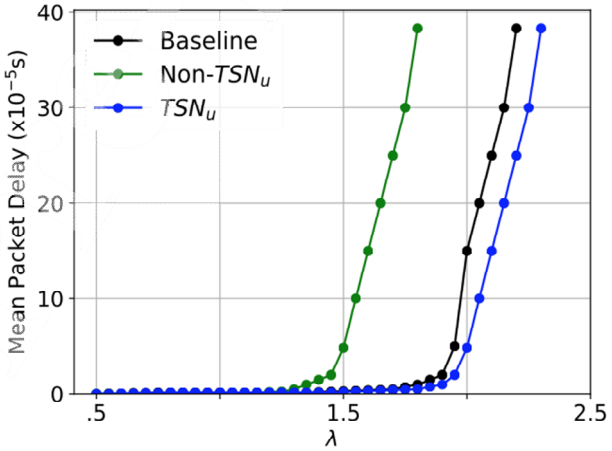


Figure 8: Mean packet delay as a function of traffic load.

ارزیابی راه‌کار پیشنهادی

- مقایسه TSNu با TSSDN
  - TSNu حدود 15٪ بیشتر جریان برنامه‌ریزی شده پذیرفته شده برای تعداد زیادی فرجه زمانی در هر دوره پایه نسبت به TSSDN به دست می‌آورد.
  - TSNu به دلیل طول صف کمتر در شبکه، به یک کارایی بالاتر دست می‌یابد.
  - مزیت کلی TSNu ناشی از بهینه‌سازی مشترک کنترل پذیرش، مسیریابی و برنامه‌ریزی است.

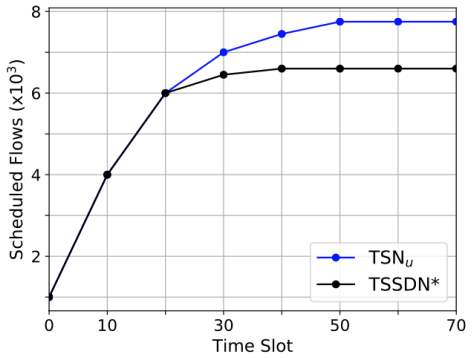


Figure 10: Number of admitted scheduled flows for proposed TSN_u and TSSDN* [23] as a function of number of time-slots per scheduling cycle (base period); fixed parameters: $J = 9$ TSN switches, traffic load $\lambda = 0.6$.

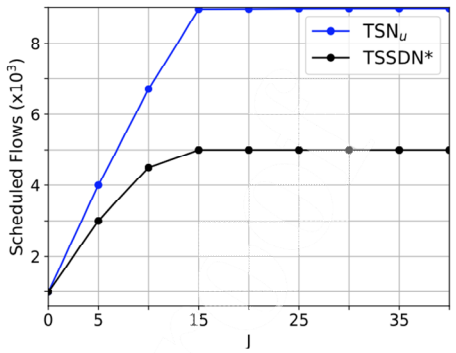


Figure 11: Number of admitted scheduled flows as a function of the number J of nodes (TSN switches); fixed parameters: traffic load $\lambda = 0.9$, 70 time-slots per base period.

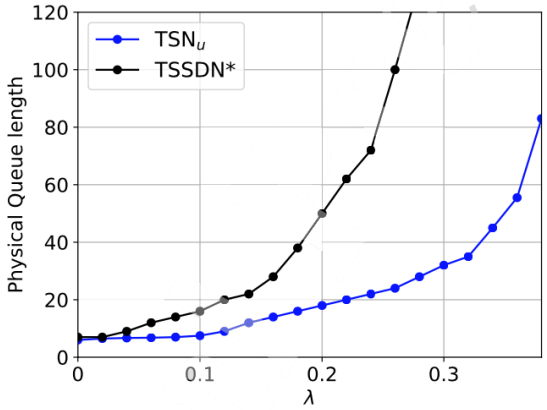


Figure 12: Physical queue length as a function of traffic load ; fixed parameters: J = 40 nodes, 70 time-slots per base period.

ارزیابی راه‌کار پیشنهادی

جمع‌بندی و کارهای آتی

- در این مقاله
  - چارچوب TSNu برای بهینه سازی مشترک کنترل پذیرش، مسیریابی و برنامه‌ریزی در شبکه‌های حساس به زمان (TSN) ارائه شد. چارچوب TSNu می‌تواند کنترل بهینه را در تنظیمات اینترنت اشیا صنعتی (IIoT) فراهم کند. هم‌چنین برتری و کارایی این روش در مقایسه با دیگر روش‌ها ارزیابی و نشان داده شد.
- کارهای آتی:
  - افزودن تکنیک‌های یادگیری ماشین و هوش مصنوعی برای بهینه‌سازی
  - ترکیب راه‌کار پیشنهادی با NFV برای ارائه سرویس مقیاس‌پذیر و قابل انعطاف
  - کاهش پیچیدگی زمانی روش پیشنهادی

مرجع

- Balasubramanian, Venkatraman, Moayad Aloqaily, and Martin Reisslein, "An SDN architecture for time sensitive industrial IoT", Computer Networks, 2020

مراجع مطالعات پیشین

- [1] M.H. Farzaneh, S. Shafaei, A. Knoll, “Formally verifiable modeling of in-vehicle time-sensitive networks (TSN) based on logic programming”, Proc. IEEE Vehicular Net. Conf. (VNC), pp. 1–4, 2016
- [2] M.H. Farzaneh, A. Knoll, “Time-sensitive networking (TSN): An experimental setup”, Proc. IEEE Vehicular Net. Conf. (VNC), pp. 23-26, 2017
- [3] K. B. Stanton, “Distributing deterministic, accurate time for tightly coordinated network and software applications, IEEE 802.1 AS, the TSN profile of PTP”, IEEE Communications Standards Magazine 2 (2), pp. 34-40, 2018
- [4] L. Zhao, P. Pop, S. S. Craciunas, “Worst-case latency analysis for IEEE 802.1 Qbv time sensitive networks using network calculus”, IEEE Access 6, pp. 41803–41815, 2018

مراجع مطالعات پیشین

- [5] M. Boehm, J. Ohms, M. Kumar, O. Gebauer, D. Wermser, “Time-sensitive software-defined networking: A unified control-plane for TSN and SDN”, Proc. VDE ITG-Symp. Mobile Commun.-Techno. and Appl., pp. 1–6, 2019
- [6] S. B. H. Said, Q. H. Truong, M. Boc, “Sdn-based configuration solution for IEEE 802.1 time sensitive networking (TSN)”, ACM SIGBED Review 16 (1), pp. 27–32, 2019
- [7] N. G. Nayak, F. Durr, K. Rothermel, “Incremental flow scheduling and routing in time-sensitive software-defined networks”, IEEE Transactions on Industrial Informatics 14 (5), pp. 2066–2075, 2017

با تشکر از توجه شما