ارائه و پیاده سازی یک روش سنتز مبتنی بر یادگیری ماشین

دانشجو: محمد علی نیک نامیان

استاد راهنما: دکتر فتحیه فقیه خراسانی

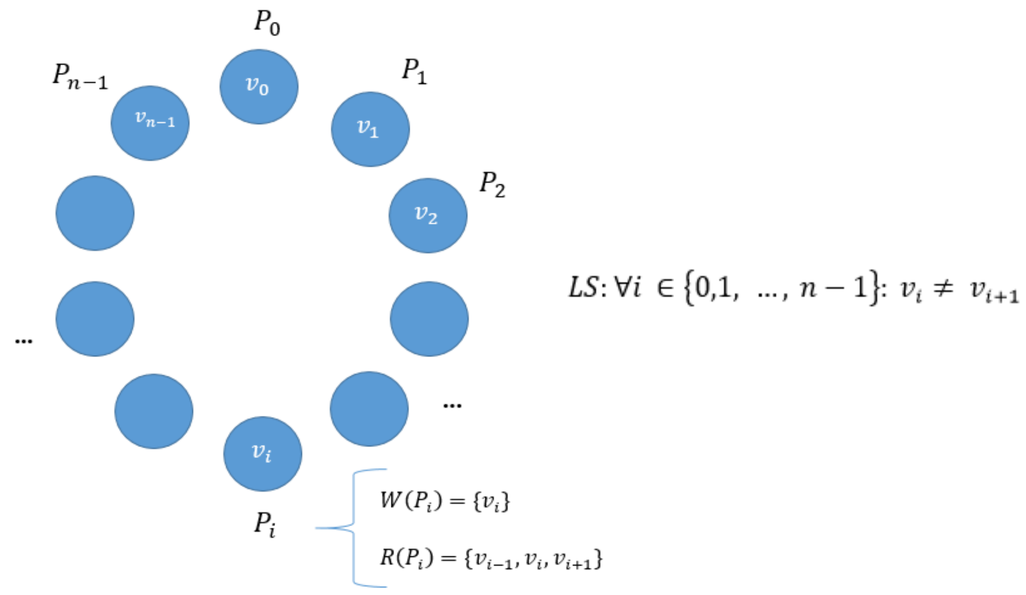
دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

مقدمه

- سیستم خود تثبیت، سیستمی از پردازه های توزیع شده است که تضمین میکند با شروع از هر حالت دلخواهی، بعد از تعداد متناهی گام به حالت های مجاز تعریف شده میرسد و در صورت عدم وجود خطا در حالت های مجاز باقی میماند.
- از انجا که سنتز مبتنی بر روش های صوری این پروتکل ها رشد نمایی با تعداد پردازه های موجود در سیستم دارند، سعی داریم از یک روش مبتنی بر یادگیری تقویتی برای سنتز یک پروتکل پارامتریک استفاده کنیم که برای هر سایزی از سیستم مناسب است.
- از جمله سیستم های خود تثبیت میتوان به پروتکل های ارتباطی و یا سیستم هایی که به شکل یک مساله نظریه گراف بیان میشوند اشاره کرد.
- نوع این پروژه ترکیبی از تحقیقاتی کاربردی و پیاده سازی است.

تعریف مساله و ایده اصلی

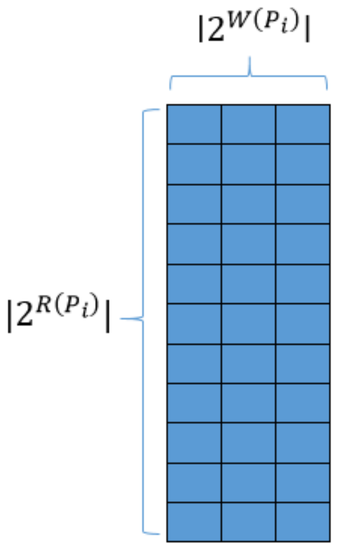
- ورودی مساله ما به شکل یک توپولوژی از پردازه ها و مجموعه ای از متغیر ها با دامنه مشخص است. هر کدام از این پردازه ها اجازه نوشتن روی تعدادی از متغیر ها و همچنین دسترسی خواندن از تعدادی از آن ها را دارند. همچنین یک مجموعه LS از حالت های مجاز سیستم روی متغیر های مساله تعریف میشود.
- برای مثال در یک توپولوژی حلقه تعداد n پردازه داریم که به صورت دوری کنار هم چیده شده اند و هر کدام دارای یک متغیر هستند که قابلیت خواندن و نوشتن روی آن را دارند. همچنین هر پردازه قبلیت خواندن متغیر های پردازه های مجاورش را نیز دارد.



- اگر فرض کنیم متغیر های v_i دارای دامنه $\{0,1,2\}$ باشند، یکی از قوانین پروتکل سنتز شده میتواند به این شکل باشد:

$$v_{i-1} = 0 \ \wedge \ v_{i+1} = 1 \rightarrow \ v_i = 2$$

- برای سنتز یک پروتکل خود تثبیت برای مجموعه LS از یادگیری Q استفاده میکنیم. به این شکل که یک عامل داریم که در هر گام روی یکی از پردازه قرار دارد و یک مشاهده جزئی از حالت کلی سیستم و روی متغیر های مجموعه $R(P_i)$ دارد. همچنین عمل های آن به شکل یک بروزرسانی روی متغیر های مجموعه $W(P_i)$ تعریف میشود. به ازای هر یک از حالات کلی سیستم یک تابع پاداش تعریف میکنیم که طبیعتا حالت هایی که درون LS هستند دارای بیشترین پاداش هستند. در انتها به ازای هر سطر از ماتریس Q، عملی که بیشترین مقدار-Q را دارد به عنوان قاعده به روز رسانی پروتکل به ازای آن شرایط از مجموعه $R(P_i)$ تعریف میشود.



نتایج

مسائلی که مورد بررسی قرار گرفتند همگی دارای توپولوژی دوری و مجموعه های $R(P_i)$ و $W(P_i)$ در آن ها مشابه آنچه که در مثال ذکر شد میباشند.

مساله رنگ آمیزی با ۳ رنگ: در این مساله دامنه متغیر ها به صورت مجموعه $\{0,1,2\}$ تعریف میشود و LS مجموعه ای از حالات است که در آن متغیر های هیچ دو پردازه ی مجاوری برابر نباشند.

مساله تطابق حداکثری: در این مساله دامنه متغیر ها به صورت مجموعه $\{n,l,r\}$ تعریف میشود و LS مجموعه ای از حالات است که در آن هر پردازه با همسایه ی راست یا چپ خود جور شود و یا متغیر آن مقدار n داشته باشد.

مساله مجموعه مستقل حداکثری: در این مساله دامنه متغیر ها به صورت مجموعه $\{F,T\}$ تعریف میشود و LS مجموعه ای از حالات است که در آن ها هیچ ۲ پردازه ی مجاوری مقدار متغیر هایشان برابر T نباشد.

جواب سنتز شده برای این مسائل در جداول روبرو آورده شده است.
درستی این جواب ها با استفاده از ابزار چک مدل SMV بررسی و خود تثبیتی آن ها برای مجموعه LS تعریف شده در هر مساله تایید شده است.

$v_{i-1}v_iv_{i+1} \rightarrow next\ v_i$
$FFF \rightarrow T$
$FFT \rightarrow F$
$FTF \rightarrow T$
$FTT \rightarrow F$
$TFF \rightarrow F$
$TFT \rightarrow F$
$TTF \rightarrow F$
$TTT \rightarrow F$

$v_{i-1}v_iv_{i+1} \rightarrow next\ v_i$
$nnn \rightarrow r$
$nnl \rightarrow r$
$nnr \rightarrow l$
$nln \rightarrow r$
$nll \rightarrow r$
$nlr \rightarrow l$
$nrn \rightarrow r$
$nrl \rightarrow r$
$nrr \rightarrow l$
$lnn \rightarrow r$
$lnl \rightarrow r$
$lnr \rightarrow r$
$lln \rightarrow r$
$lll \rightarrow r$
$llr \rightarrow r$
$lrn \rightarrow r$
$lrl \rightarrow r$
$lrr \rightarrow r$
$rnn \rightarrow l$
$rnl \rightarrow n$
$rnr \rightarrow l$
$rln \rightarrow l$
$rll \rightarrow n$
$rlr \rightarrow l$
$rrn \rightarrow l$
$rrl \rightarrow n$
$rrr \rightarrow l$

$v_{i-1}v_iv_{i+1} \rightarrow next\ v_i$
$000 \rightarrow 2$
$001 \rightarrow 2$
$002 \rightarrow 1$
$010 \rightarrow 2$
$011 \rightarrow 2$
$012 \rightarrow 1$
$020 \rightarrow 2$
$021 \rightarrow 2$
$022 \rightarrow 1$
$100 \rightarrow 2$
$101 \rightarrow 0$
$102 \rightarrow 0$
$110 \rightarrow 2$
$111 \rightarrow 0$
$112 \rightarrow 0$
$120 \rightarrow 2$
$121 \rightarrow 0$
$122 \rightarrow 0$
$200 \rightarrow 1$
$201 \rightarrow 0$
$202 \rightarrow 0$
$210 \rightarrow 1$
$211 \rightarrow 0$
$212 \rightarrow 1$
$220 \rightarrow 1$
$221 \rightarrow 0$
$222 \rightarrow 0$

جمع بندی

- در این پروژه بر خلاف روش هایی که در [۱] و [۲] ارائه شده اند که عمدتا بر پایه روش های صوری هستند، از یک روش مبتنی بر یادگیری تقویتی استفاده کردیم.
- ویژگی مثبت این روش نسبت به روش های صوری مقیاس پذیری بالاتر آن با توجه به تعداد پردازه های سیستم است. از این رو ما معتقدیم که این ایده در ادامه می‌تواند به عنوان یک پایه برای سنتز پروتکل های خود تثبیت در مسائل و توپولوژی های پیچیده تر که روش های صوری از سنتز الگوریتم های آن ها ناتوانند، مفید واقع شوند. از جمله این مسائل می‌توان به پیدا کردن زیر درخت ماکسیمال در توپولوژی درخت اشاره نمود.

مراجع اصلی

[1] F. Faghih and B. Bonakdarpour, "SMT-Based Synthesis of Distributed Self-Stabilizing Systems %J ACM Trans. Auton. Adapt. Syst," vol. 10, no. 3, pp. 1-26, 2015.

[2] N. Mirzaie, F. Faghih, S. Jacobs, and B. Bonakdarpour, "Parameterized Synthesis of Self-Stabilizing Protocols in Symmetric Rings," presented at the 22nd International Conference on Principles of Distributed Systems, OPODIS 2018, December 17-19, 2018, Hong Kong, China, 2018. Available: https://publications.cispa.saarland/2805/

شماره پوستر: ۴۵