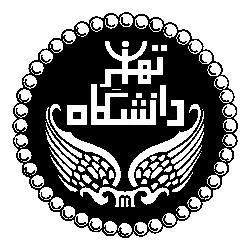
****

**دانشگاهتهران**

**پرديس دانشکده هاي فني**

**دانشکده مهندسي برق و کامپیوتر**

**پيشنهاد پروژه­ی درس سیستم­های بیدرنگ نهفته پیشرفته**

**استاد مربوطه: مهدی کارگهی**

**ایمان جهاندیده**

**810194108**

**زمستان 95**

## تعريف مسأله و هدف

شاید به جرات بتوان گفت سیستم­های سایبر-فیزیکی[[1]](#footnote-1) توانایی این را دارند که بر انقلاب فناوری اطلاعات در قرن بیستم، سایه بیفکنند. از کاربردهای مهم و اساسی این سیستم­ها می­توان به کنترل ترافیک در سطح شهرها و کشورها، هواپیماهای کاملا خودکار و جراحی­های از راه­دور اشاره کرد.

سیستم­های سایبر-فیزیکی از ادغام فرایندهای محاسباتی و فیزیکی ایجاد می­شوند. در این سیستم­ها، رایانه­های نهفته[[2]](#footnote-2) از طریق شبکه­ها، فرآیندهای فیزیکی را کنترل می­کنند که معمولا همراه با حلقه­ی بازخورد[[3]](#footnote-3) است، به این معنی که فرآیندهای فیزیکی بر فرآیند­های محاسباتی تاثیر می­گذارند و بلعکس. به همین خاطر برای تحلیل و توسعه­ی این سیستم­ها نیاز به آگاهی از تعامل و اشتراک بین سیستم­ رایانه­ای، نرم­افزار­، شبکه و فرایند­های فیزیکی است.

سیستم­های سایبر-فیزیکی چند تفاوت کلیدی با سیستم­های نرم­افزاری دارند. در سیستم­های نرم­افزاری زمان اجرای یک دستور تنها مرتبط با کارایی سیستم است و نه درستی آن ولی در مقابل در سیستم­های سایبر-فیزیکی زمان اجرای یک دستور می­تواند برای درستی سیستم حیاتی باشد. همچنین فرآیند­های فیزیکی ترکیب رخداد چندین رویداد همزمان هستند، بر خلاف فرایندهای نرم­افزاری که به صورت گام­ها­ی متوالی اجرا می­شوند.

با توجه به کاربرد سیستم­های سایبر-فیزیکی در زمینه­های ایمنی-­مهم[[4]](#footnote-4) ،ارزیابی و بررسی این سیستم­ها به شدت حیاتی است. روش­های مبتنی بر مدل، یکی از روش­های اصلی در طراحی چنین سیستم­هایی است. این مدل­ها علاوه­ بر تعیین مشخصات سیستم، توانایی شبیه­سازی و بررسی آن را فراهم می­کنند.

استفاده از روش­های مبتنی بر مدل یک مزیت مهم دارد. مدل­ها می­توانند دارای ویژگی­های صوری باشند به این معنی که می­توان وجود یا عدم وجود یک ویژگی در مدل را اثبات کرد. اگر مدل ایجاد شده یک انتزاع مناسب از سیستم باشد، این ویژگی­های اثبات شده یک درجه­ی اطمینان نسبت به سیستم واقعی می­دهند که با توجه به کاربرد حیاتی این سیستم­ها، این اطمینان بسیار پرارزش است.

یکی از پایه­ای­ترین زبان­های مدل­سازی برای سیستم­های سایبر-فیزیکی، خودکاره­های ترکیبی[[5]](#footnote-5) است. این مدل می­تواند رفتارهای پیوسته (فیزیکی) و رفتارهای گسسته (سایبری) را توصیف کند. به طور خلاصه یک خودکاره­ی ترکیبی دارای چندین مکان برای مدل­کردن حالات گسسته سیستم و دارای چندین متغیر پیوسته و معادلات زمانی­ آن­ها برای بیان رفتار پیوسته­ی سیستم است.

با این همه مدل سازی یک سیستم سایبر-فیزیکی توسط این روش بسیار سخت،پیچیده و انعطاف­ناپذیر است. سیستم­های سایبر-فیزیکی بنا به تعریف دارای کامپونت­های (فیزیکی و سایبری) مختلفی هستند ولی در خودکاره­های ترکیبی نمی­توان این کامپونت­ها را به صورت پیمانه­ای[[6]](#footnote-6) به راحتی بیان کرد. همچنین برای مدل­سازی بخش محاسباتی به طور معمول از زبان­های امری[[7]](#footnote-7) استفاده می­شود که در خودکاره­های ترکیبی پشتیبانی نمی­شود (تمام متغیرها در این زبان اعداد حقیقی هستند ولی در محاسبات سایبری از متغیرهای گسسته استفاده می­شود). در نهایت سیستم­های سایبر-فیزیکی دارای بخش شبکه هستند که در خودکاره­های ترکیبی مدل کردن مفاهیمی چون صف، تاخیر در ارسال و تعریف ضرب­الاجل[[8]](#footnote-8) بسیار پیچیده است.

هدف از این پژوهش ارائه­ی یک چارچوب مناسب برای مدل­سازی سیستم­های سایبر-فیزیکی است به نحوی که بتوان تاثیرات شبکه و فرایند­های محاسباتی را به راحتی توصیف کرد. این چارچوب علاوه بر این لازم است قابلیت تحلیل مبتنی بر ریاضی را فراهم کند. همان­طور که گفته شد سیستم­های سایبر-فیزیکی از تعدادی مولفه محاسباتی تشکیل شده‌اند که از طریق شبکه با یکدیگر تعامل دارند. برای طراحی و درستی­یابی این سیستم نیاز به مدلی است که بتوان مفاهیم مربوط به بخش­های محاسباتی، شبکه و فیزیکی سیستم را به راحتی در آن تعریف کرد و همچنین این مدل ساختاری پیمانه­ای داشته باشد تا بتوان در طول فرایند طراحی و توسعه، با توجه به نیازمندی­ها جدید و بررسی­های انجام شده به راحتی مدل را تغییر داد.

**روشها و فنون اجرايي طرح**

* ارائه­ی مدل معنایی مبتنی بر اکتور بر پایه­ی خودکاره­های ترکیبی به منظور پشتیبانی از مدل­سازی بخش­های محاسباتی، شبکه و فیزیکی به صورت پیمانه‌ای
* انجام مطالعه­ی موردی برروی یک سیستم نظارت بر سلامت ساختمانی [[9]](#footnote-9)

**پيشينه تحقيق**

برای مدل­سازی، شبیه­سازی ویا درستی­یابی سیستم­های ترکیبی ابزار­ها و چارچوب­ها مختلفی در [1, 2, 3, 4, 5, 6] ارائه شده است. Simulink [5] محیطی برای طراحی و شبیه­سازی سیستم­های نفهته است. این محیط دارای یک ویرایشگر برای طراحی و مدیریت نمودار­های بلاکی است. Simulink اجازه­ی ترکیب نمودار­ها به صورت سلسله مراتبی را می­دهد. همچنین این محیط امکان مشاهده­ی نتیجه­ی شبیه­سازی در طول اجرا را فراهم می­کند.LabVIEW [6] یک محیط توسعه­ی یکپارچه برای ساده­سازی و افزایش سرعت پروسه­ی طراحی و توسعه­ است. این محیط دارای یک زبان بصری و از مدل جریان­داده استفاده می­کند.

ابزار SpaceEx [2] یک ابزار درستی­یابی برای سیستم­های ترکیبی است. هدف در این ابزار اثبات یک ویژگی ایمنی در مدل سیستم است. SpaceEx دارای سه بخش ویرایشگر مدل برای ویرایش مدل­ سیستم به صورت بصری، هسته­ی آنالیز برای بررسی مدل با توجه به پارامتر­های ورودی و رابط وب، یک رابط گرافیکی برای استفاده آسان از هسته­ی آنالیز و مشاهده نتیجه خروجی است. مدل پایه­ی این ابزار خودکاره­ی ترکیبی است و برای ماژولار کردن مدل، مفاهیم مولفه­ی پایه و مولفه­ی شبکه در این ابزار وجود دارد. مولفه­ی پایه در واقع یک خودکاره­ی ترکیبی است و مولفه­ی شبکه، از اتصال چند مولفه­ (پایه یا شبکه) ایجاد می­شود. ارتباط بین مولفه­ها به صورت برچسب­های همگام­سازی روی گذارهای مولفه­ی پایه بیان می­شود. برای درستی­یابی مدل چند الگوریتم دسترسی­یابی در ابزار تعبیه شده است.

چارچوب Ptolemy [7] در پاسخ به چالش­های [8] توسعه یافته است که این چارچوب مبتنی بر اکتور است. در این چارچوب از مفهوم مدل محاسباتی استفاده شده است که به معنی مجموعه قوانین مربوط روی اجرای همروند مولفه­ها و طریقه­ی ارتباط بین آن­ها است. در Ptolemy مدل­های محاسباتی مختلفی از جمله ماشین­ حالت متناهی[[10]](#footnote-10)، زمان پیوسته، واکنشی-سکنرون[[11]](#footnote-11)، گسسته رخداد[[12]](#footnote-12) و جریان داده­ای[[13]](#footnote-13) گنجانده شده است. برای ایجاد مدل­های ناهمگون، از اکتورهای سلسله مراتبی استفاده می­شود که هر اکتور مرکب شامل یک کارگردان[[14]](#footnote-14) و چندین اکتور دیگر است. کارگردان در مدل، درواقع همان مفهوم مدل محاسباتی است که با تغییر کارگردان می­تواند رفتار مدل را تغییر داد. تمرکز اصلی این چارچوب برمدل­سازی و شبیه­سازی سیستم­های ناهمگون است و مدل معنایی صوری برای Ptolemy تعریف نشده است. در [9] یک مدل معنایی صوری پیمانه­ای برای Ptolemy ارائه شده است. ولی این مدل معنایی برای رفتار اجرایی (شبیه­سازی) Ptolemy است و به طور مستقیم برای استفاده در اثبات­های مبتنی بر ریاضی مناسب نیست. با توجه به پشتیبانی از مدل­های محاسباتی متعدد و دانه­ریز بودن اکتور­های پایه، ارائه یک مدل معنایی صوری که بتوان تمام مدل­های محساباتی را به طور یکپارچه بیان کرد، کاری بسیار پیچیده­ای است.

Timed Rebeca [10] یک نسخه­ی گسترش­یافه­ی [11] برای مدل­سازی و شبیه­سازی سیستم­های غیرسکنرون بی­درنگ گسسته است. این زبان مبتنی بر اکتور است و علاوه بر مفاهیم ایجاد اکتور، ارسال پیغام و پردازش پیغام دارای مفاهیم زمانی چون زمان پردازش،تاخیر در دریافت پیغام و زمان انقضای پیغام می­باشد.در این زبان هر پیغام دارای دو برچسب زمان و ضرب­الاجل است. برچسب زمان، مقدار زمان ارسال پیغام بعلاوه­ی مقدار تاخیر پیغام (در صورت وجود) است. برچسب ضرب­الاجل نیز مشخص­کننده­ی حداکثر زمان معتبر بودن پیغام است. این زبان مدل مناسبی برای توصیف بخش­های محاسباتی و شبکه­ی سیستم­های سایبر-فیزیکی ارائه می­کند، به خصوص مبتنی بر اکتور بودن این زبان توانایی بازاستفاده­ی بالایی به مدل ساخته شده می­دهد. با این حال این زبان برای مدل­سازی رفتار پیوسته، مفهومی ارائه نمی­دهد.

مراجع

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | D. A. van Beek, W. Fokkink, D. Hendriks, A. Hofkamp, J. Markovski, J. M. van de Mortel-Fronczak and M. A. Reniers, "CIF 3: Model-Based Engineering of Supervisory Controllers," in *Tools and Algorithms for the Construction and Analysis of Systems - 20th International Conference, {TACAS} 2014, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2014, Grenoble, France, April 5-13, 2014. Proceedings*, 2014. |
| [2] | G. Frehse, C. L. Guernic, A. Donzé, S. Cotton, R. Ray, O. Lebeltel, R. Ripado, A. Girard, T. Dang and O. Maler, "SpaceEx: Scalable Verification of Hybrid Systems," in *Computer Aided Verification - 23rd International Conference, CAV 2011, Snowbird, UT, USA, July 14-20, 2011. Proceedings*, 2011. |
| [3] | A. Platzer and J.-D. Quesel, "KeYmaera: A Hybrid Theorem Prover for Hybrid Systems (System Description)," in *Automated Reasoning, 4th International Joint Conference, IJCAR 2008, Sydney, Australia, August 12-15, 2008, Proceedings*, 2008. |
| [4] | M. Althoff, "An Introduction to CORA 2015," in *1st and 2nd International Workshop on Applied veRification for Continuous and Hybrid Systems, ARCH@CPSWeek 2014, Berlin, Germany, April 14, 2014 / ARCH@CPSWeek 2015, Seattle, WA, USA, April 13, 2015.*, 2015. |
| [5] | C.-M. Ong, Dynamic simulation of electric machinery: using MATLAB/SIMULINK, vol. 5, Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, 1998. |
| [6] | L. K. Wells and J. Travis, LabVIEW for everyone: graphical programming made even easier, Prentice-Hall, Inc., 1996. |
| [7] | C. Ptolemaeus, System Design, Modeling, and Simulation: Using Ptolemy II, Ptolemy. org Berkeley, 2014. |
| [8] | P. Derler, E. A. Lee and A. L. Sangiovanni-Vincentelli, "Modeling Cyber-Physical Systems," *Proceedings of the IEEE,* vol. 100, pp. 13-28, 2012. |
| [9] | S. Tripakis, C. Stergiou, C. Shaver and E. A. Lee, "A modular formal semantics for Ptolemy," *Mathematical Structures in Computer Science,* vol. 23, pp. 834-881, 2013. |
| [10] | A. H. Reynisson, M. Sirjani, L. Aceto, M. Cimini, A. Jafari, A. Ingólfsdóttir and S. H. Sigurdarson, "Modelling and simulation of asynchronous real-time systems using Timed Rebeca," *Science of Computer Programming,* vol. 89, pp. 41-68, 2014. |
| [11] | M. Sirjani, A. Movaghar, A. Shali and F. S. de Boer, "Modeling and Verification of Reactive Systems using Rebeca," *Fundamenta Informaticae,* vol. 63, pp. 385-410, 2004. |

1. Cyber-Physical System [↑](#footnote-ref-1)
2. Embedded [↑](#footnote-ref-2)
3. Feedback Loop [↑](#footnote-ref-3)
4. Safety-Critical [↑](#footnote-ref-4)
5. Hybrid Automata [↑](#footnote-ref-5)
6. Modular [↑](#footnote-ref-6)
7. Imperative [↑](#footnote-ref-7)
8. Deadline [↑](#footnote-ref-8)
9. Structural Health Monitoriy [↑](#footnote-ref-9)
10. Finite Transition System [↑](#footnote-ref-10)
11. Synchronous-Reactive [↑](#footnote-ref-11)
12. Discrete Event [↑](#footnote-ref-12)
13. Data Flow [↑](#footnote-ref-13)
14. Director [↑](#footnote-ref-14)