

تقاضا نامه همکاری پژوهشی

متقاضی (مجری) طرح: سپیده صفری

عنوان طرح: مدیریت توان/انرژی، دما و منابع مشترک در سامانه‌های نهفته‌ی تحمل‌پذیر اشکال

نوع همکاری: پسادکتر 2

چکیده طرح: در طراحی و پیاده‌سازی سامانه‌های نهفته‌ی بی‌درنگ¹ و همچنین نسل جدید سامانه‌های مهندسی یعنی سامانه‌های رایا فیزیکی²، به‌منظور کاهش هزینه‌ی ساخت، مساحت، وزن و توان مصرفی، یک روش شناخته‌شده و معمول مجتمع‌سازی³ وظایف محاسباتی متعدد با عملکردهای⁴ مختلف و سطوح متفاوت ایمنی⁵ بر روی یک بستر سخت‌افزاری مشترک است. به چنین سامانه‌هایی که در آنها وظایف متفاوت با درجه‌ی بحرانی مختلف در کنار هم قرار می‌گیرند، سامانه‌های بحرانی-مختلط⁶ گفته می‌شود. در طراحی سامانه‌های بحرانی-مختلط، وظایفی از دو یا تعداد بالاتری درجه‌ی بحرانی، یک بستر را به اشتراک می‌گذارند که این مسئله اخیراً در صنایع خودرو و هوایی مورد استفاده قرار گرفته است. به عنوان مثال سامانه‌های دوسطحی یکی از انواع سامانه‌های بحرانی-مختلط هستند که از دو نوع وظایف با درجه‌ی بحرانی کم⁷ و وظایف با درجه‌ی بحرانی زیاد⁸ تشکیل شده‌اند. با کوچک شدن ابعاد ترانزیستورها بسترهای چند هسته‌ای جایگاه مهمی در طراحی سامانه‌های بحرانی-مختلط پیدا کرده‌اند. امروزه تضمین موعدهای زمانی وظایف در تمام حالات عملیاتی سامانه‌های بحرانی-مختلط، مدیریت توان/انرژی، دما، دسترسی به منابع مشترک، تضمین قابلیت اطمینان موردنیاز برای وظایف با درجه‌ی بحرانی زیاد و تضمین سطح کیفیت خدمات برای وظایف با درجه‌ی بحرانی کم از جمله چالش‌های اصلی طراحی سامانه‌های نهفته‌ی بحرانی-مختلط چند هسته‌ای به شمار می‌روند.

کوچک شدن ابعاد فناوری ساخت ترانزیستورها در کنار مزایای فراوان از قبیل افزایش بهره‌وری پردازنده، منجر به تأثیر نامطلوب بر روی قابلیت اطمینان پردازنده شده است. از طرف دیگر کاهش ابعاد فناوری ساخت ترانزیستورها، میزان تراکم توان را افزایش داده و در نتیجه‌ی آن دمای سطح تراشه افزایش می‌یابد. دمای زیاد از یک طرف منجر به افزایش نرخ سالخوردگی⁹ تراشه شده که این مسئله نیز منجر به افزایش نرخ بروز اشکالات دائمی می‌شود. در نتیجه به منظور اطمینان از عملکرد قابل اطمینان سامانه، روش‌های تحمل‌پذیری اشکال ظهور یافتند که از انواع افزودنی‌های سخت‌افزاری، نرم‌افزاری، زمانی و اطلاعات به منظور تأمین قابلیت اطمینان سامانه استفاده می‌کنند. به کارگیری روش‌های تحمل‌پذیری اشکال در سامانه‌های نهفته‌ی بی‌درنگ در عین حال که منجر به دستیابی به قابلیت اطمینان بالا می‌شوند، از یک سو سربار توان/انرژی مضاعفی را برای سامانه به همراه دارد که ممکن است تضمین موعدهای زمانی وظایف با درجه‌ی بحرانی زیاد را پیچیده کند؛ و از سوی دیگر باعث می‌شود تا زمان‌هایی که تمامی هسته‌های تراشه با حداکثر توان فعال هستند افزایش یابد که این امر نیز منجر به نقض توان حرارتی و عبور از دمای امن تراشه می‌شود. این اتفاق منجر به فعال شدن سامانه‌ی مدیریت پویای دمای سطح تراشه و کاهش قابل توجه عملکرد تراشه می‌شود. نکته‌ی حائز اهمیت دیگر که در سامانه‌های نهفته‌ی بحرانی-مختلط باید در نظر گرفت این است که وظایف با درجه‌ی بحرانی زیاد،

¹ Real-Time Embedded Systems

² Cyber-Physical Systems (CPS)

³ Integration

⁴ Functionality

⁵ Safety

⁶ Mixed-Criticality Systems (MCSs)

⁷ Low-Criticality Tasks

⁸ High-Criticality Tasks

⁹ Aging

دارای محدودیت زمانی هستند که باید حتی در صورت بروز اشکال یا رخداد سرریز در سامانه، نیازمندی‌های صدور گواهی^{۱۰} آنها تأمین شود. به این ترتیب امروزه با رشد و توسعه‌ی پردازنده‌های چند هسته‌ای، کارایی توان/انرژی مصرفی و قابلیت اطمینان به چالش‌های حیاتی در طراحی این سامانه‌ها تبدیل شده‌اند. یکی دیگر از مسائل حائز اهمیت در طراحی سامانه‌های بحرانی-مختلط، فراهم نمودن سطح کیفیت خدمات^{۱۱} تضمین‌شده‌ای برای وظایف با درجه‌ی بحرانی کم است؛ زیرا معمولاً در زمان‌بندی‌هایی که برای این سامانه‌ها ارائه می‌شوند، تضمین اجرای به‌موقع وظایف با درجه‌ی بحرانی زیاد در ازای مصالحه بر روی سطح کیفیت خدمات وظایف با درجه‌ی بحرانی کم انجام می‌شود. تاکنون عمده‌ی تحقیقات انجام شده در این زمینه، هریک از نیازمندی‌های فوق را به‌صورت جداگانه مورد مطالعه قرار داده‌اند. حال آنکه پشتیبانی از تمام موارد فوق در کنار یکدیگر دارای اثرات متقابل نامطلوبی است که باید در طراحی زمانبند سامانه در نظر گرفته شوند. به این ترتیب روش‌های نگاشت و زمان‌بندی متعددی به منظور تضمین موعد زمانی و مدیریت توان/انرژی در سامانه‌های نهفته‌ی تحمل‌پذیر اشکال ظهور یافتند. اخیراً نیز روش‌های زمان‌بندی ارائه شده‌اند که به مدیریت دمای تراشه می‌پردازند.

نکته حائز اهمیت دیگر این است که این سامانه‌ها اغلب با محدودیت دسترسی به منابع مشترک روبرو هستند که در طراحی سامانه‌های بحرانی-مختلط به اهمیت این موضوع توجه چندانی نشده است. عدم مدیریت مناسب دسترسی به منابع مشترک ممکن است زمان‌بندی‌های مرسوم موجود را با مشکل مواجه کند و منجر به از دست رفتن موعد زمانی شود. استفاده مستقیم از ابزارهای همگام‌سازی رایج مانند سمافورها^{۱۲} نیز ممکن است باعث بروز پدیده‌هایی همچون وارونگی الویت^{۱۳} به‌صورت نامحدود و یا انسداد زنجیره‌وار^{۱۴} و یا حتی منجر به بروز بن‌بست^{۱۵} شود که می‌تواند الزامات زمان‌بندی و رعایت قیود بی‌درنگی سامانه را متزلزل نماید. بنابراین باید بتوان از طریق به‌کارگیری پروتکل‌های کارآمد (جهت مدیریت منابع مشترک در سامانه‌های بحرانی-مختلط) از وقوع بن‌بست به‌طور کامل جلوگیری نمود و همچنین علی‌رغم محدود کردن انسدادهای زنجیره‌وار، میزان زمان مسدود شدن وظایف در سطوح بحرانی متفاوت را نیز به‌صورت کنترل‌شده‌ای کاهش داد و درعین حال نیازمندی‌های رعایت موعد زمانی و تضمین کیفیت خدمات را نیز فراهم نمود.

در این پژوهش، هدف ارائه‌ی سیاست‌های نگاشت و زمان‌بندی است که بتواند در مقایسه با کارهای پیشین بر اساس تمام مدل‌های مختلف وظایف و روش‌های مختلف تحمل‌پذیری اشکال، زمان‌بندی ارائه دهد که محدودیت زمانی وظایف با درجه‌ی بحرانی زیاد را در تمام حالات عملیاتی سامانه تضمین کند و به مدیریت توان/انرژی مصرفی، دمای تراشه و قابلیت اطمینان بپردازد و درعین حال سطح کیفیت خدمات مطلوبی را برای وظایف با درجه‌ی بحرانی کم فراهم نماید و همچنین دسترسی تمام وظایف به منابع مشترک را به نحوی مدیریت نماید که هیچ‌یک از محدودیت‌های موردنیاز سامانه متزلزل نشود. برای ارزیابی روش‌های پیشنهادی، از شبیه‌سازهای gem5، McPAT، HotSpot استفاده خواهد شد. بسته‌های محک Mibench و PARSEC نیز به‌عنوان محک‌های استاندارد در این پژوهش مورد استفاده قرار خواهند گرفت.

کلمات کلیدی: زمان‌بندی، توان، دما، قابلیت اطمینان، منابع مشترک، کیفیت خدمات، بسترهای چند هسته‌ای

¹⁰ Certification

¹¹ Quality of Service (QoS)

¹² Semaphore

¹³ Priority Inversion

¹⁴ Chained Blocking

¹⁵ Deadlock