



دانشگاه جامع امام حسین (ع)
دانشکده و پژوهشکده مهندسی فناوری اطلاعات و ارتباطات
گروه مهندسی کامپیووتر
عنوان درس:

معماری نرم افزار

Software Architecture (SA)

فصل ۸: شبیه‌سازی پرواز - مطالعه موردی در معماری برای دستیابی به قابلیت تجمیع‌پذیری
(Flight Simulation: A Case Study in an Architecture for Integrability)

مدرس:

علی کریمی

(Ali Karimi)

نیمسال: ۱۴۰۰-۱

a.karimi@ihu.ac.ir

فهرست مطالب

- مسئله شبیه‌سازی پرواز
- چرخه کسب‌وکار معماری
- نیازمندی‌ها و خصوصیات کیفی
- راه حل معمارانه

مقدمه

- در این فصل:
 - یک مطالعه موردی به نام **شبیه‌ساز پرواز** مورد بررسی قرار می‌گیرد.
 - هدف:
 - آشنایی با نحوه طراحی معماری یک سیستم است.
 - چگونگی تقسیم یک سیستم به بخش‌های مختلف مد نظر است.
 - تخصیص وظیفه‌مندی به آن بخش‌ها جهت برآوردن نیازمندی‌های سیستم.

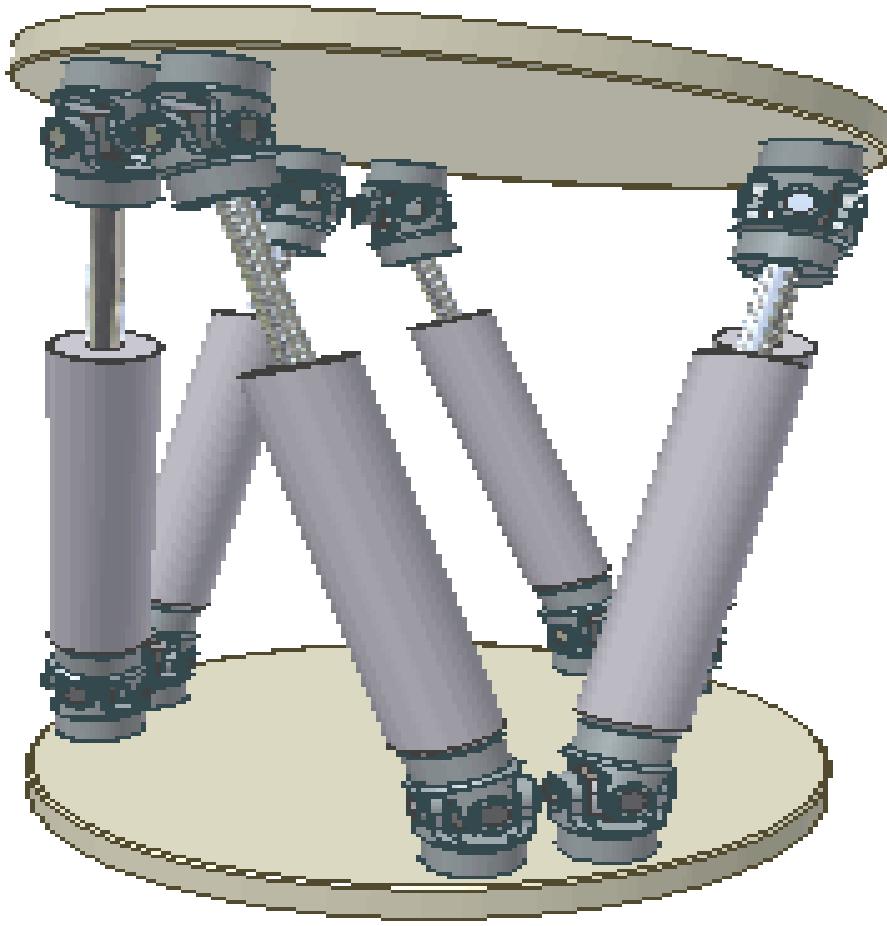
شبیه‌ساز پرواز ایرباس A320 و بوئینگ 737



نمونه‌ای دیگر از یک شبیه‌ساز پرواز



نمونه‌ای از سکوی متحرک یک شبیه‌ساز پرواز



مسئله شبیه‌سازی پرواز

- فلسفه طراحی و ساخت شبیه‌سازهای آموزش خلبانان، این است که: ب
- آموزش بر روی وسایل واقعی بسیار پرهزینه و خطرناک است. □
- برای فراهم کردن یک تجربه پرواز واقعی، ب
- شبیه‌ساز پرواز باید مانند یک وسیله پرواز واقعی عمل کند. □
- شبیه‌سازها به طور پیوسته در حال گسترش هستند تا: □
- از مسائل و مشکلات احتمالی برای هوایپیماها پشتیبانی کنند. □
- همچنین، هوایپیماهای نظامی و شخصی پیوسته در حال تغییر و به روزرسانی هستند لذا: □
- نرم‌افزارهای شبیه‌سازی نیز باید به طور مداوم در حال اصلاح و به روزرسانی باشند. □

مسئله شبیه‌سازی پرواز (ادامه)

- شبیه‌سازی پرواز یکی از پیچیده‌ترین مسائل موجود است.
- ایجاد و نگهداری چنین سیستم‌های بزرگی، چالش‌های توسعه نرم‌افزاری مهمی را در بر دارد.

- کاملاً توزیع شده است.
- از نظر کارایی، Hard Real-Time (HRT) است.
- قابلیت تغییرپذیری دارد.
- به منظور تطبیق با تغییرات در نیازمندی‌ها، هواپیماها و محیط شبیه‌سازی
- قابلیت مقیاس‌پذیری در وظایف دارد.
- به منظور گسترش سیستم، حمایت بیشتر از شبیه‌سازی محیط‌های واقعی

مسئله شبیه‌سازی پرواز (ادامه)

■ از نظر کارایی، Hard Real-Time (HRT) است.

□ همچنین به عنوان بلاذرنگ فوری (Immediate Real-Time) شناخته می‌شود.

□ سخت‌افزار یا نرم‌افزاری است که باید در محدوده یک ضرب‌الاجل دقیق عمل کند (رعایت مجموعه‌ای از ضرب‌الاجل‌های سخت‌گیرانه).

□ اگر برنامه در بازه زمانی تعیین‌شده عملکرد خود را کامل نکند، ممکن است ناموفق و شکست‌خورده تلقی شود.

□ مثال: سنسورهای هوایی، سیستم‌های خلبان خودکار، فضایی‌پیماها و مریخ‌نوردان سیارهای.

مسئله شبیه‌سازی پرواز (ادامه)

- خصوصیت کیفی مهمی که در «سیستم شبیه‌سازی پرواز» مد نظر است:
 - دستیابی به قابلیت تجمع‌بندیری (یکپارچه‌سازی) است.
- هدف از دستیابی به این قابلیت عبارت است از: ملیت - گلوبال.
- توسعه مولفه‌های نرم‌افزاری توسط تیم‌ها و شرکت‌های مختلف.
- خصوصیت کیفی «تجمع‌بندیری» به این موضوع اشاره دارد که:
 - با چه سهولتی مولفه‌های توسعه‌یافته جزا، جهت برآوردن نیازمندی‌های نرم‌افزار می‌توانند با یکدیگر کار کنند.

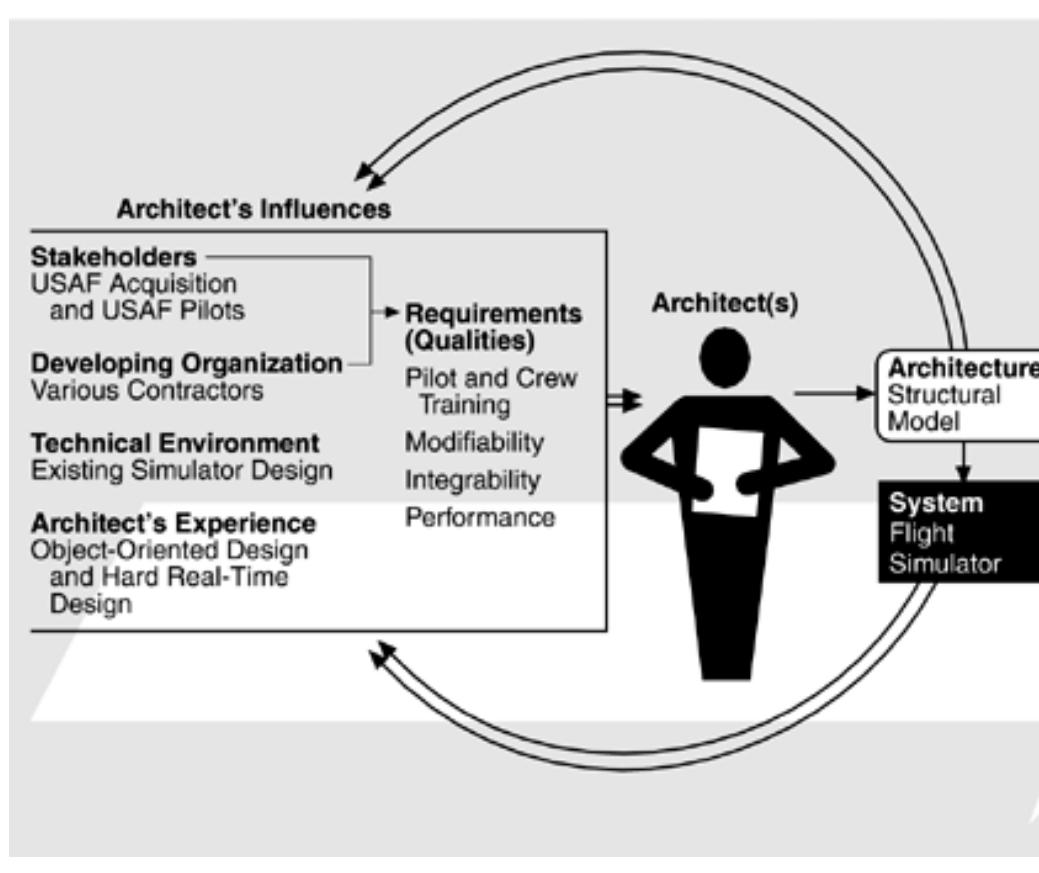
یک نمونه از شبیه‌سازهای پرواز مدرن (متعلق به شرکت بوئینگ)



گام بعدی

- مسئله شبیه‌سازی پرواز
- چرخه کسبوکار معماری
- نیازمندی‌ها و خصوصیات کیفی
- راه حل معمارانه

چرخه کسب و کار معماری شبیه ساز پرواز



کاربران
خلبانان نیروی هوایی
مشتری
نیروی هوایی آمریکا
سازمان توسعه دهنده
شرکت های مختلف
محیط فنی
طراحی شبیه ساز موجود
تجربیات معمار
طراحی شی گرا
طراحی سیستم های HRT

چرخه کسبوکار معماری (ادامه)

- برخی شبیه‌سازها برای استفاده یک کاربر طراحی می‌شوند، اما غلب برای استفاده همزمان توسط چندین کاربر طراحی می‌شوند.
- سیستم‌های شبیه‌ساز بزرگ در حدود ۱/۵ میلیون خط برنامه دارند.
- غلب شبیه‌سازها دارای عمر طولانی هستند و در این مدت تغییر می‌یابند (۴۰ سال و بیشتر).
- شبیه‌سازها می‌بایست دقیقاً همانند هوایپیمای واقعی رفتار کنند. به عنوان مثال:
 - ۱ در حالت عادی،
 - ۲ در حالت مانورهای هوایی
 - ۳ و یا حالتی که نقصی در تجهیزات ایجاد می‌شود.

چرخه کسبوکار معماری (ادامه)

این شبیه‌ساز توسط نیروی هوایی امریکا ساخته شده است.

مشکلات ساخت سیستم‌های شبیه‌ساز (فاز استقرار) با بزرگتر و پیچیده‌تر شدن سیستم به‌طور نمایی افزایش می‌یابد و هزینه برخی تغییرات در سیستم برابر با هزینه ساخت کل سیستم است.

نیروی هوایی امریکا برای پوشش مسئله تجمیع‌پذیری و بودجه موردنیاز تغییرات، از الگویی به‌نام مدل ساختاریافته (Structural Model) استفاده می‌کند. این الگو:

- ابتدا در سال ۱۹۸۷ مورد استفاده قرار گرفت.
- در این سال، نیروی هوایی امریکا تحقیق پیرامون کاربرد فنون طراحی شیء‌گرا را آغاز کرد (جهت رفع مشکلات شبیه‌سازهای قبلی).
- نشان داده است که می‌تواند دو مسئله ذکر شده را پوشش دهد.
- در توسعه چند سیستم شبیه‌سازی جنگ مورد استفاده قرار گرفته است.
- خصوصیات زمانبندی Real-Time را به شیء‌گرایی اضافه می‌کند تا بتواند ترتیب اجرای صحیح زیرسیستم‌های شبیه‌سازی را تضمین کند (طراحی شیء‌گرا، دربردارنده قابلیت‌های ماژولاریتی برای توسعه سیستم است. افزودن ویژگی زمانبندی RT، سبب می‌شود هر یک از زیرسیستم‌های شبیه‌سازی، در زمانبندی تعیین شده فراخوانی و اجرا شوند).

گام بعدی

- مسئله شبیه‌سازی پرواز
- چرخه حرفه معماری
- نیازمندی‌ها و خصوصیات کیفی
- راه حل معمارانه

مشکلات شبیه‌سازهای فعلی

- ۱

هزینه بسیار زیاد اشکال‌زدایی، آزمون و اصلاحات.

□ پیچیدگی نرم‌افزار شبیه‌ساز پرواز

□ ماهیت Real-Time بودن آن

□ اصلاحات بیش از اندازه برای تطبیق با محیط‌های واقعی

سبب شده است که هزینه اشکال‌زدایی، آزمایش، اصلاح و یکپارچه‌سازی نرم‌افزار بیش از هزینه توسعه سیستم جدید شود.

مشکلات شبیه‌سازهای فعلی (ادامه)

۲

- عدم وجود نگاشت شفاف بین ساختار نرم افزاری و ساختار هواپیما.
- ساختارهای اصلی نرم افزار از ایده‌های قدیمی و با محدودیت‌های گذشته طراحی شده‌اند.
- برخی مازول‌ها هنگام افزودن اصلاحات جدید، تکرار شده‌اند و شفافیت ارتباطات بین مازولی از بین رفته است.
- برخی محدودیت‌ها همانند میزان حافظه بر طرف شده‌اند.

نقش‌های سیستم شبیه‌ساز

■ افرادی که در این سیستم آموزش می‌بینند (خلبانان و کارکنان)،

□ چگونگی کنترل هواپیما توسط خلبانان، چگونگی مانورهای هوایی و چگونگی عکس العمل در موقعیت‌هایی مثل حمله.

شبیه‌ساز محیط پرواز،

□ محیط، معمولاً یک مدل کامپیوتری است که بر حسب نوع تمرین و آموزش خلبانان تغییر می‌کند.

□ محیط، در برگیرنده وضعیت هوا، زمین، اسلحه و چیزهای دیگری که در یک هواپیمای واقعی وجود دارد.

□ مثال: اگر هدف از آموزش، تمرین فرایند سوخت‌گیری هوایی باشد، شبیه‌ساز در جریان هوا تلاطم ایجاد می‌کند تا فرایند سوخت‌گیری واقعی در هوا را شبیه‌سازی کند.

شبیه‌ساز آموزش‌دهنده پرواز (تعلیم‌دهنده)،

□ کار هدایت خلبان را انجام می‌دهد.

□ کنسول جداگانه‌ای برای نظارت بر نحوه عملکرد خلبانان و شروع موقعیت‌های آموزشی دارد.

□ تعلیم‌دهنده توسط این کنسول، می‌تواند عملکردهای نامناسب را به شبیه‌ساز وارد کرده و محیط را کنترل کند (عملکردهای نامناسب مانند عملکرد نادرست تجهیزات مثل چرخ‌های فرود که به درستی عمل نمی‌کنند- حمله دشمن به هواپیما- شرایط آب و هوایی مانند تلاطم ناشی از رعد و برق).

استفاده از مدل‌های سیستم شبیه‌ساز



- شبیه‌ساز پرواز می‌تواند از مدل‌های مختلف استفاده نماید.
 - مدل‌های مربوط به محیط‌ها و هواپیماها تقریباً واقعی هستند.
 - هدف این مدل‌ها آموزش خلبانان نیروی هوایی است.
 - مدل‌ها باید توانایی شبیه‌سازی حالت‌های مختلف را داشته باشند.
 - به عنوان مثال، مدل‌سازی فشار هوا:
 - تحت تأثیر تغییر ارتفاع هواپیما
 - تحت تأثیر تغییر ارتفاع و الگوهای آب و هوای محلی
 - تحت تأثیر تغییر ارتفاع، الگوهای آب و هوا و عبور هواپیماهای دیگر در مسیر هوایی هواپیما
 - واقعی بودن این مدل‌ها به خاطر دقیق و کیفیت آنها است.
 - بنابراین کارآیی، یکی از مهمترین نیازمندی‌های کیفی شبیه‌سازهای پرواز است.

نمایی از شبیه‌سازهای مختلف



حالات اجرا

شبیه‌ساز در چندین **حالت** زیر می‌تواند اجرا شود :

- ۱ - **عملیات** - حالت طبیعی شبیه‌ساز و به عنوان یک ابزار آموزشی است.
- ۲ - **پیکره‌بندی** - حالتی که نیاز است تغییراتی روی نحوه آموزش انجام شود (مثلًا تغییر محیط به حالت سوختگیری در حال پرواز).
- ۳ - **توقف** - شبیه‌سازی در حال اجرا را متوقف می‌کند.
- ۴ - **پخش مجدد** - برای اجرای شبیه‌سازی بدون تعامل با خلبان و بوسیله کارهای ضبط شده قبلی
- این کار اجازه می‌دهد، خلبان با دیدن دوباره پرواز، اشتباهات خود را مشاهده و اصلاح کند.

خصوصیات کیفی سیستم شبیه‌ساز

- محدودیت‌های کارایی بلاذرنگ (Real-time performance constraints)

□ فریم‌ها باید از نظر نمایش، واقعی به نظر برسد.

□ به طور معمول نرخ نمایش، شبیه‌سازها، بین 30 Hz تا 60 Hz است.

□ نرخ نمایش، تعداد مناسب از نمایش‌ها در یک بازه زمانی مشخص است.

- توسعه و تغییرات مستمر (Continuous development and modification)

□ شبیه‌ساز باید محیط واقعی هواپیما را شامل شود،

■ بنابراین با تغییر هواپیماها و افزوده شدن انواع جدید، نرم‌افزار شبیه‌سازی نیز باید

مرتب به روزرسانی و اصلاح شود.

خصوصیات کیفی سیستم شبیه‌ساز (ادامه)

- اندازه بزرگ و پیچیدگی زیاد (Large size and high complexity)
 - شبیه‌سازهای پرواز معمولاً از ده‌ها هزار خط برنامه برای شبیه‌سازهای آموزشی ساده و میلیون‌ها خط برنامه برای شبیه‌سازهای آموزشی پیچیده و چند نفره تشکیل تسدۀ‌اند.
- توسعه در مکان‌های مختلف (Developed in geographically distributed areas)
 - شبیه‌سازهای پرواز به دلایل فنی (افراد متخصص در مکان‌های مختلف هستند) و سیاسی (هر سیاستمدار فعالی می‌خواهد قسمتی از کار را در حوزه خود داشته باشد) در مکان‌های مختلف توسعه می‌یابند.
 - توسعه در مکان‌های مختلف و توسط تیم‌های مختلف سبب شده است:
 - خصوصیت کیفی تجمعی‌پذیری (Integrability) در توسعه شبیه‌سازها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار باشد.

خصوصیت کیفی «تجمیع پذیری»

■ این قابلیت در **سیستم‌های بزرگ** بیشتر نمایان می‌شود.

□ در سیستم‌هایی که بوسیله تیم‌های مختلف توسعه می‌یابند، **مسئله**

تجمیع پذیری و دستیابی به سیستم بزرگ اساسی خواهد بود.

■ **تعریف تجمیع پذیری:**

□ **میزان راحتی** که عناصر توسعه یافته توسط تیم‌های مختلف و بسته‌های

نرم افزاری خریداری شده می‌توانند با یکدیگر همکاری کنند و **نیازمندی‌های**

سیستم را برآورده سازند.

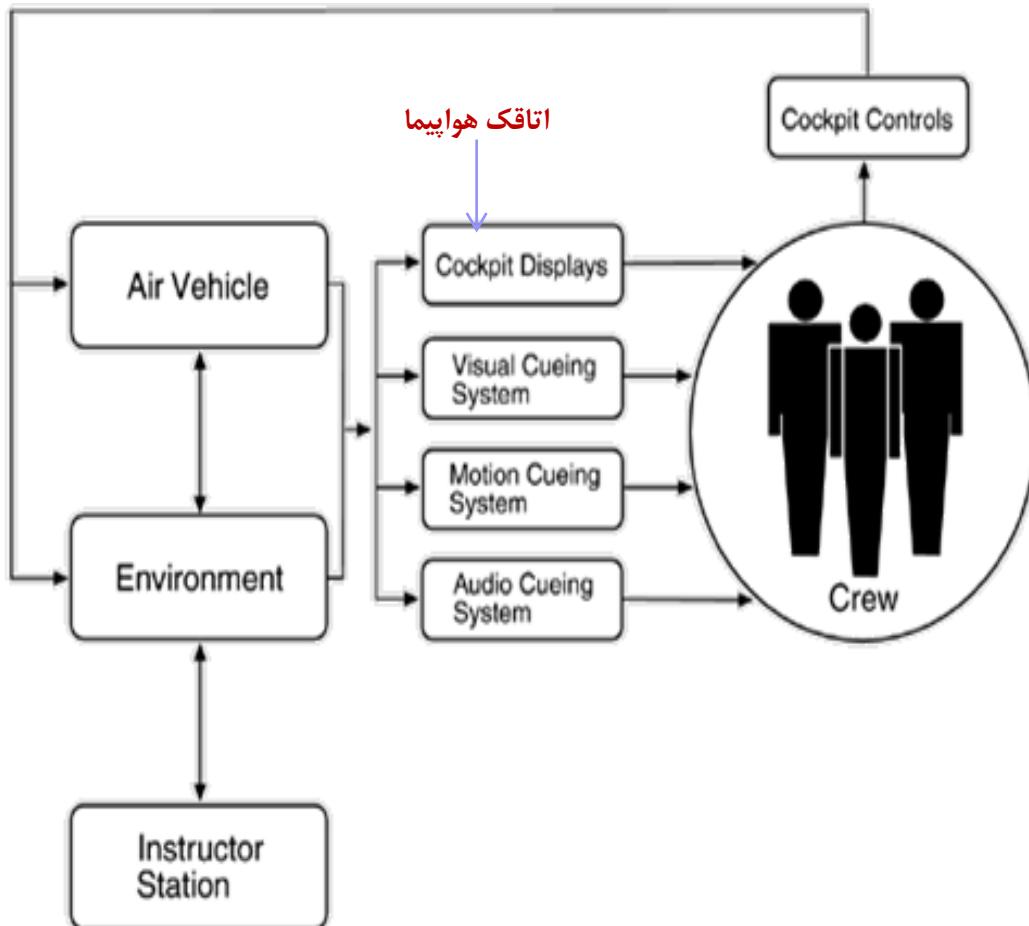
گام بعدی

- مسئله شبیه‌سازی پرواز
- چرخه حرفه معماری
- نیازمندی‌ها و خصوصیات کیفی
- راه حل معمارانه

مدل مرجع معماری

- مدل مرجع معماری، ساختار پایه معماری سیستم را نشان می دهد.
- مدل مرجع معماری، عملیات سیستم را تقسیم‌بندی می کند.
- مدل مرجع معماری برای سیستم شبیه‌ساز پرواز:
 - سه نقش اصلی شامل: وسیله هوایی، محیط و تعلیم‌دهنده (تعاملات بین خلبان و سیستم‌های مختلف آموزش) را نشان می دهد.
 - ۱ □ تعلیم‌دهنده معمولاً دارای سیستم مجزا با سخت‌افزاری متفاوت است.
 - این سیستم قابلیت کنترل سیستم شبیه‌ساز و عملیات خلبان را دارد.
 - ۲_ وسیله هوایی و محیط تعامل زیادی با یکدیگر دارند که نمی‌توان آنها را به سادگی از هم جدا نمود.
 - به عنوان مثال: وقتی خلبان اسلحه‌ای را پرتاب می کند، اسلحه منطقاً بخشی از وسیله هوایی است و سپس به محیط اضافه شده و جزوی از آن حواهد شد.
 - با شلیک اسلحه، آیرودینامیک سلاح در ابتدا تحت تأثیر مجاورت هواییما قرار می گیرد.
 - بنابراین، اگر اسلحه به عنوان بخشی از وسیله نقلیه هوایی مدل شود و سپس هنگام شلیک به محیط منتقل شود، لازم است کنترل سلاح از یکی به دیگری انجام شود.

مدل مرجع معماری (ادامه)



Key: Data Flow →

- تقسیم‌بندی منطقی بین **ایستگاه تعلیم‌دهنده** و دو بخش دیگر شبیه‌ساز کاملاً آشکار است.
- بخش تعلیم‌دهنده (مربی) در برگیرنده **بخش کنترل‌کننده و ناظر کنش‌های کارکنان** است.
- دو بخش دیگر عمل شبیه‌سازی را انجام می‌دهند.
- تقسیم‌بندی وظایف بین **وسیله هواپی** و **محیط** کاملاً واضح نیست.
- مدل محیطی ممکن است در یک سکوی سخت‌افزاری جداگانه یا با **ایستگاه مربی** میزبانی شود.

رفتار زمان در شبیه‌سازهای پرواز

- مدیریت منابع یکی از تاکتیک‌های دستیابی به **کارآیی** است (فصل ۵).
- **زمان** نیز به عنوان یک **منبع** برای دستیابی به **کارآیی** مطرح است.
- در **سیستم شبیه‌ساز پرواز**، بخاطر واکنش‌های Real-Time نیاز است به **زمان** به عنوان یک منبع نگریسته شود.
- واکنش باید به موقع باشد، نه خیلی سریع و نه خیلی کند (مشابه پاسخ دنیای واقعی).
- روش‌های مدیریت زمان:
 - ۱ مدیریت دوره‌ای
 - ۲ مدیریت غیردوره‌ای (مبتنی بر رویداد)

روش‌های مدیریت زمان

۱

- مدیریت دوره‌ای زمان:

□ این روش دارای برش/کوانتم زمانی ثابت و براساس نرخ نمایش است
(به عنوان اساس و پایه زمانبندی فرایندهای سیستم).

□ از نوع زمانبندی چرخشی غیرانحصاری (round robin) است.

□ زمان کوانتم توسط طراح به گونه‌ای تنظیم می‌شود تا فرایندها در برش اختصاص یافته اجرا شده و تکمیل شوند.

□ این کار با تنظیم وظایف فرایندها مدیریت می‌شود تا آنها به اندازه کافی کوچک باشند تا در کوانتوم اختصاص یافته محاسبه شده و کامل شوند.

□ این مسئولیت طراح است که تعداد پردازنده‌های مورد نیاز برای اطمینان از توان محاسباتی کافی را فراهم کند تا همه فرایندها بتوانند کوانتوم محاسبه خود را دریافت کنند.

۲

- مدیریت غیردوره‌ای زمان (مبتنی بر رویداد)

□ همانند روش‌های مبتنی بر وقفه در سیستم عامل است.

الگوی معماری مدل ساختاری

- مدل ساختاری شامل مجموعه‌ای از انواع عناصر و پیکربندی برای هماهنگی آنها در زمان اجرا است.
- مدل وسیله هوایی می‌تواند روی چندین پردازنده توزیع شده باشد، بنابراین:
- عناصر مدل ساختاری وسیله هوایی، باید به صورت داخلی در میان پردازنده، مدل محیط و بخش‌های تعلیم‌دهنده شبیه‌ساز که بر روی پردازنده‌های مختلف اجرا می‌شوند، هماهنگ شوند.

الگوی معماری مدل ساختاری (ادامه)

■ الگوی معماری مدل ساختاری در بالاترین سطح، از بخش‌های زیر تشکیل شده است:

■ **☒ بخش اجرایی (Executive)** – مدیریت پیامدهای مربوط به هماهنگ‌سازی. این پیامدها عبارتند از:

■ زمانبندی بلاذرنگ زیرسیستم‌ها، هماهنگ‌سازی بین پردازنده‌ها، مدیریت رویدادها از ایستگاه تعلیم‌دهنده، اشتراک‌گذاری و یکپارچه‌سازی داده‌ها.

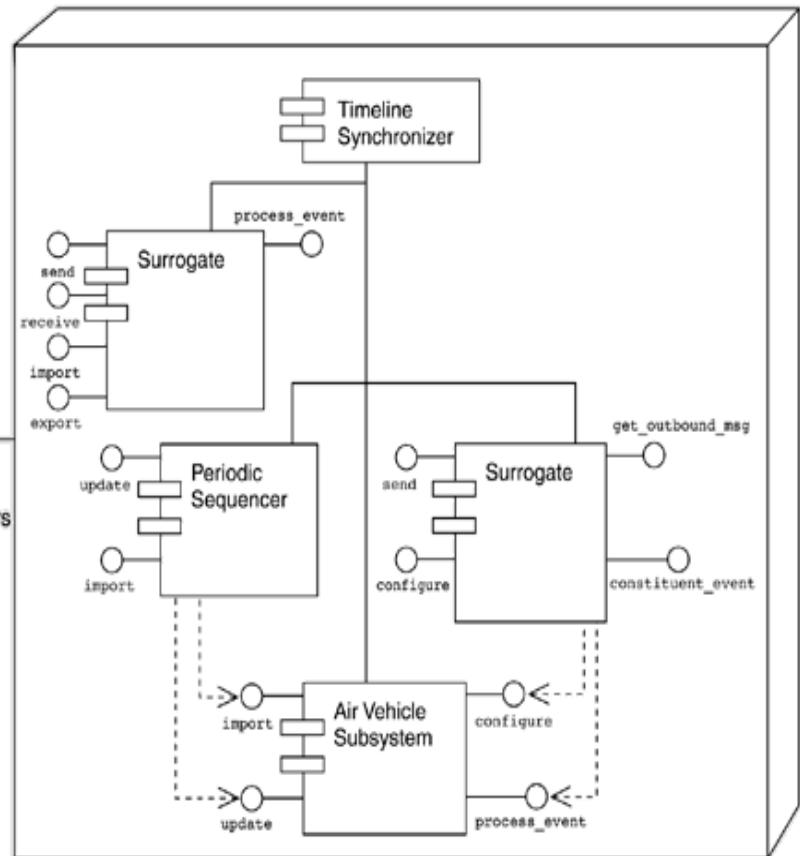
■ **☒ بخش کاربرد (Application)** – محاسبات مربوط به عملیات شبیه‌سازی پرواز.

■ مانند **مدل‌سازی وسیله هوایی** یا **مدل‌سازی محیط**.

■ **عملکردهای کاربرد** بوسیله **زیرسیستم‌ها** و **فرزندانشان** پیاده‌سازی می‌شوند.

مدل‌های اجرایی وسیله هوایی

■ شکل زیر مدل ساختاری یک پردازنده سیستم وسیله هوایی با تمرکز بر روی بخش اجرایی را نشان می‌دهد (مدل وسیله هوایی می‌تواند روی چندین پردازنده توزیع شده باشد).



■ مازول‌ها در این بخش:

□ همگام‌ساز خط زمانی (Timeline Synchronizer)

□ مرتب‌کننده دوره‌ای (Periodic Sequencer)

□ اداره‌کننده رویدادها (Events Handler)

□ جانشین‌ها (Surrogates)

ماژول‌های بخش اجرایی وسیله هوایی

- همگام‌ساز خط زمانی (Timeline Synchronizer) :
- ۱ - مکانیزم زمانبندی اصلی برای مدل وسیله هوایی.
- ۲ - نگهدارنده حالت جاری شبیه‌سازی (حالت عادی، مانور هوایی، سوخت‌گیری و غیره).
- ۳. داده و کنترل را به سه ماژول دیگر ارسال و از آنها دریافت می‌کند.
- ک - یک سیاست زمانبندی برای هماهنگی پردازش‌ها پیاده‌سازی می‌کند.

ماژول‌های بخش اجرایی (ادامه)

■ مرتب‌کننده دوره‌ای (Periodic Sequencer)

- هماهنگی همه پردازش‌های انجام شده توسط زیرسیستم‌های شبیه‌ساز.
- انجام فراخوانی زیرسیستم‌ها (برای انجام عملیات دوره‌ای مبتنی بر زمانبندی ثابت).
- این ماژول برای انجام عملیات خود نیاز به دو قابلیت دارد:
 - ۱- سازمان‌دهی دانش مربوط به یک زمانبند.
 - ۲- فراخوانی واقعی زیرسیستم‌ها برای انجام عملیات.

ماژول‌های بخش اجرایی (ادامه)

■ اداره‌کننده رویداد (Event Handler) : **۶ ظایر**

۱ مسئول هماهنگی همه پردازش‌های غیردوره‌ای زیرسیستم‌ها.

۲ مسئول فراخوانی عملیات غیردوره‌ای زیرسیستم‌ها.

□ این ماژول برای انجام عملیات خود نیاز به دو قابلیت دارد:

۱ ■ قابلیت تعیین اینکه اداره‌کننده کدام زیرسیستم، رویداد را دریافت می‌کند.

۲ ■ فراخوانی زیرسیستم برای پاسخ به رویداد.

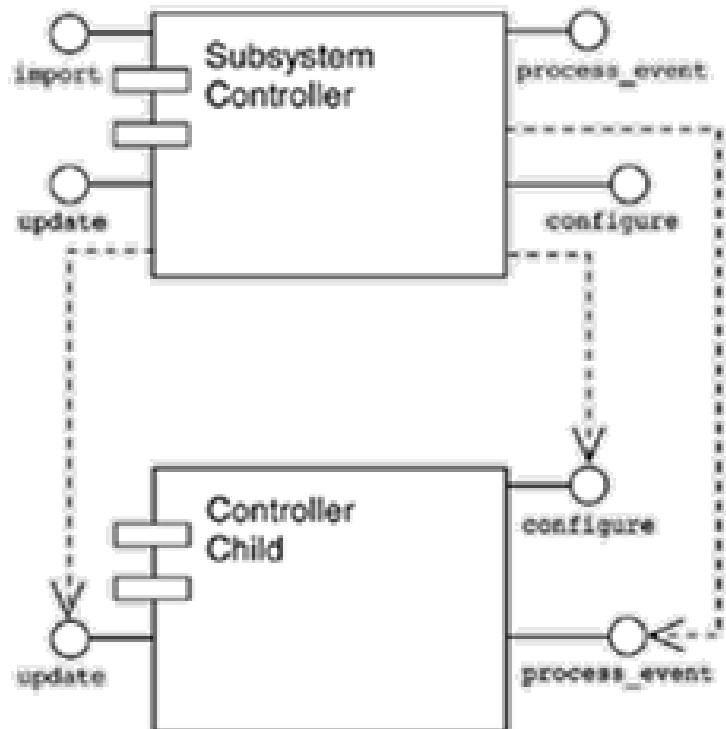
ماژول‌های بخش اجرایی (ادامه)

■ جانشین (Surrogate) ■

- جانشین‌ها یک کاربرد از تاکتیک «استفاده از میانجی» هستند.
- مسئول ارتباطات سیستمی بین:
 - مدل وسیله هوایی و مدل محیط یا ایستگاه تعلیم دهنده هستند.
- این ماژول، میانجی بین ماژول‌های مختلف است.
- تمام اطلاعات سیستم در این ماژول نگهداری می‌شود (اطلاع از تمام جزئیات فیزیکی سیستم).

مدل‌های بخش کاربرد وسیله هوایی

- شکل زیر مازول‌های بخش کاربرد مدل ساختاری وسیله هوایی را نشان می‌دهد.
- مازول‌های این بخش:



۱ کنترل کننده زیرسیستم (Subsystem Controller)

۲ کنترل کننده فرزند (Controller Child)

ماژول‌های بخش کاربرد

Subsystem Controller

- این کنترل‌کننده‌ها، برای تخصیص مجموعه‌ای از عملکردها به فرزندان استفاده می‌شوند.
- داده‌ها را به دیگر کنترل‌کننده‌های زیرسیستم و همچنین کنترل‌کننده‌های فرزندان خودش انتقال می‌دهند.

Controller Child

- این کنترل‌کننده‌ها، شبیه‌سازی واقعی مولفه‌های هوایپیما (پمپ هیدرولیک، تقویت‌کننده الکتریکی، مخزن بنزین) را انجام می‌دهند.
- داده‌ها و کنترل را تنها از والدین خود دریافت و به والدین خود باز می‌گردانند.
- این محدودیت روی ارسال داده‌ها و کنترل، از ارسال داده یا کنترل به دیگر کنترل‌کننده‌های فرزند جلوگیری می‌کند.
- این محدودیت به تجمیع‌پذیری و تغییرپذیری کمک می‌کند زیرا فرزند به جز پدر، با ماژول دیگری تجمیع نمی‌شود (حالی است که در آن از تاکتیک «ارتباطات محدود» (Restrict Communication) استفاده می‌شود).

تخصیص وظیفه‌مندی به Controller Children



■ تخصیص وظیفه‌مندی اصلی بستگی به موارد زیر دارد:

۱ سیستم روی هواپیما

۲ پیچیدگی هواپیما

۳ نوع آموزشی که شبیه‌ساز برای آن طراحی شده است.

تخصیص وظیفه‌مندی به Controller Children (ادامه)

- تخصیص وظیفه‌مندی بر اساس یک تقسیم‌بندی ساده و مبتنی بر ساختار فیزیکی هواپیما، میان کنترل‌کنندگان فرزندان تقسیم می‌شود.
- برای تخصیص از روش تجزیه شی گرا استفاده می‌شود که دارای خصوصیات زیر است:
 - تطابق بین بخش‌های هواپیما و شبیه‌ساز را حفظ می‌کند.
 - تجربیات نشان داده است که تغییرات روی هواپیما با روش بخش‌بندی، بهتر شناسایی می‌شود (محلى کردن تغییرات در شبیه‌ساز).
 - تعداد و اندازه رابطه‌های شبیه‌ساز کاهش می‌یابد (ناشی از انسجام معنایی قوى در تقسیم‌بندی است).
 - محلى نمودن تغییرات با این روش ممکن می‌شود.
 - امکان کنترل زمان و هزینه پیاده‌سازی تغییرات فراهم می‌شود.

تخصیص وظیفه‌مندی به Controller Children (ادامه)

- با توجه به تقسیم‌بندی انجام گرفته برای سیستم هوایی می‌توان عناصر زیر را معرفی نمود:
 - ۱- عناصر وابسته به حرکت (Kinetics) – عناصری که با اعمال نیروهای واردہ بر بدن
هوایپیما سروکار دارند.
 - ۲- سیستم‌های هوایپیما (Aircraft Systems) – بخشی که با سیستم‌های مشترک در ارتباط است که برای هوایپیما توانایی‌های گوناگونی فراهم می‌کند یا انرژی را درون بدن هوایپیما توزیع می‌کند (مثل سیستم‌های راداری برای توانایی و سیستم‌های آیرودینامیکی برای توزیع انرژی).
 - ۳- سیستم‌های هوانوردی (Avionics) – اشیایی که یک سری کمک‌های فرعی برای پشتیبانی از هوایپیما فراهم می‌کنند.
 - ۴- محیط (Environment) – اشیاء مرتبط با محیط که مدل وسیله هوایی در داخل آنها عمل می‌کند.

خلاصه

■ چگونه الگوی معماری مدل ساختاری به اهداف خود خود دست می‌یابد؟

تکنیک مورد استفاده	چگونه انجام می‌شود	هدف
Static Scheduling	زمانبندی دوره‌ای با استفاده از برش زمانی	کارایی
Restrict Communication	جداسازی محاسبات از هماهنگ‌سازی‌ها	قابلیت تجمعی
Use Intermediary	جداسازی کنترل و داده	
Restrict Communication	تعداد کم مازول	قابلیت تغییر
Semantic Coherence	تجزیه فیزیکی	
Interface Stability		

پایان فصل هشتم