معماری مقیاس بزرگ
خانم دکتر سحر آدابی

علیرضا سلطانی نشان

۲۶ آبان ۱۴۰۳

فهرست مطالب

مجوز

۱ پیشگفتار

اگر درس مهندسی نیازمندی‌ها را خوانده باشید، احتمالاً در جریان آن هستید که برای تولید نرم‌افزار بخش‌های زیادی درگیر هستند اما در حالت کلی در درس پیشین دانستیم که در ابتدا بایستی نیازمندی‌های مشتری یا کارفرما را از محصول نرم‌افزار بدانیم، آن را بررسی و تحلیل کنیم، سند نیازمندی آن را آماده‌سازی کنیم و سپس به دنبال طراحی معماری آن برویم. در این درس به طراحی و پیاده‌سازی سند معماری مقیاس بزرگ یک محصول نرم‌افزاری می‌پردازیم تا فرایند تولید نرم‌افزار را به طور کامل طی کرده باشیم.

۲ معرفی

۱.۲ چه زمانی یک پروژه مقیاس بزرگ است؟

برای اینکه بتوانیم بگوییم که چه پروژه‌ای مقایس بزرگ محسوب می‌شود، براساس دو استاندارد ایرانی و بین‌المللی می‌توان دو استاندارد را در اینجا مطرح کرد:

- استاندارد مقیاس بزرگ بودن پروژه از نظر دکتر شمس، آن است که پروژه بیشتر از ۶ ماه زمان پیاده‌سازی نیاز داشته باشد و تعداد درخواست‌های ارسالی به آن ۱۲ نفر به بالا باشد.
- استاندارد بین‌المللی مقیاس بزرگ بودن پروژه را زمان یک سال به بالا جهت پیاده‌سازی و تعداد درخواست‌ها را بین ۲۰ تا ۲۲ نفر تعیین می‌کند.

ابتدایی ترین فاز معماری یک محصول نرم‌افزاری مقیاس بزرگ، طراحی و بررسی و آنالیز سناریوهای آن است.
سند معماری نرم‌افزار به مجموعه‌ای از سناریوهایی گفته می‌شود که در ازای هر کدام یک راه‌حل مناسب مطرح می‌شود.
یکی از نیازمندی‌های بررسی معماری نرم‌افزار مقیاس بزرگ استفاده از متدولوژی RUP[1] می‌باشد. دلیل اصلی آن این است که می‌توان تمام فرایندهای آن را به همراه Artifactها شخصی‌سازی کرد. در معماری نرم‌افزار می‌توانیم مشخص کنیم که چه اجزایی داریم و این اجزا چگونه با یکدیگر در ارتباط هستند و شامل چه قیدهایی می‌شود. در حقیقت در سند معماری نرم‌افزار نمود خارجی المان‌ها را مطرح می‌کنیم. نحوه در کنار هم چیدن سرویس‌ها را مطرح می‌کنیم اما هیچ وقت در مورد جزئیات اینکه برای مثال از چه الگوریتم‌هایی استفاده می‌کنیم، صحبت نمی‌شود. در این سند علاوه‌بر نیازهای جاری، در مورد نیازهای آتی نیز صحبت می‌شود که در آینده چقدر باید نرم‌افزار قابلیت گسترش Expandability داشته باشد.

۲.۲ یادآوری متدولوژی RUP

این متدولوژی به عنوان یک متدولوژی توسعه نرم‌افزار اجایل، به دلیل قابل تکرار بودنش در نظر گرفته شده است. این روش مهندسی نرم‌افزار از یک سیستم انعطاف پذیر و سازگار در فرایند توسعه نرم‌افزار استفاده می‌کند که در برگیرنده انجام تنظیمات و تکرار دوره‌های مهندسی نرم‌افزار است تا زمانی که محصول به نیازمندی‌های مطرح شده و اهداف برسد [؟].

۱.۲.۲ منظور از نظم در RUP

منظور از نظم در حقیقت نمودهایی می‌باشد که در فرایند توسعه نرم‌افزار مورد استفاده قرار می‌گیرد، در حقیقت نظم، مدل‌سازی حرفه‌ای را نشان می‌دهد. این نظم‌ها به ما کمک می‌کنند که چه زمانی چه Activityهایی را باید به چه میزان در چه بازه‌هایی انجام دهیم و خروجی مورد نظر ما چیست؟
برای مثال در فرایند تحلیل نیازمندی پروژه، نظم نیازمندی، خروجی فازهای آن است که به شکل مدل‌های Usecase diagram و سند معماری نرم‌افزار کشیده و نوشته شده است.

۲.۲.۲ چهار فاز اصلی در RUP

۱. فاز آغاز یا Inception: در این فاز تمام نیازمندی‌ها جمع‌آوری می‌شود و مقیاس پروژه در آن بدست می‌آید.

۲. فاز توسعه یا Elaboration: طراحی سیستم و تحلیل دقیق‌تر نیازمندی‌ها صورت می‌گیرد.

(آ) استفاده از مدل‌سازی‌ها و کشیدن دیاگرام‌ها

(ب) کشیدن مدل usecase: کاربرد بزرگی برای مشتری (کارفرما) و طراح دارد و برای هر دو طرف قابل فهم می‌باشد. در این نوع نمودار افعال و نیازمندی‌های functional مطرح می‌شود. انتظارات در مورد سیستم در اینجا مورد بحث قرار می‌گیرند.

[1] Rational Unified Process

- اینکه کاربرد بتواند زیر ۲ ثانیه احراز هویت شود مربوط به نیازمندی‌های non-functional می‌باشد.
- شامل دو سند می‌شود:
  - سند Usecase که انتظارات سیستم را مشخص می‌کند.
  - سند معماری که function و non-functional را در بر می‌گیرد.

(ج) طراحی Class diagram

(د) طراحی Sequence diagram

۳. فاز ساخت یا Construction: در این فاز کد نویسی و ارزیابی کدهای نوشته شده صورت می‌گیرد.

۴. فاز استقرار یا Deployment: در این فاز نرم‌افزار آماده شده است و در بستری مناسب به کاربران نهایی [۲] ارائه می‌شود که نیازمند آموزش‌های لازم می‌باشد.

محبوبیت استفاده از متدولوژی RUP به خاطر آن است که کاملاً به صورت جامع سیستم را در بر می‌گیرد.

۳.۲.۲ منظور از فرسخ‌شمار چیست؟

فرسخ‌شمار یا Milestone در هر کدام از فازها مشخص می‌شود که در حقیقت در مورد تعیین یک بازه زمانی مشخص صحبت می‌کند. در آن می‌توانیم ببینیم که در فازهای قبلی چه کارهایی بایستی انجام می‌شده، آیا آن‌ها را انجام داده‌ایم و اگر انجام نداده‌ایم یا مشکلی در آن وجود دارد آن فاز را تکرار می‌کنیم تا به انتهای آن برسیم که به نحوی تسک یا وظیفه را ببندیم.

نکات

- ساده‌ترین سند در میان این ۴ فاز، سند استقرار می‌باشد.
- معماری مقیاس‌پذیر (بزرگ) یک پروژه نرم‌افزار دو بُعد پویا و ثابت دارد.
- در مورد ارزیابی کارایی و آزمون نرم‌افزار گفتنی است که هر توسعه‌دهنده مسئول Quality control بخش خودش است.
- تکرارها n تا هستند مدیر پروژه یا طراح سیستم باید به ما تعداد تکرارها را به صورت تقریبی بگوید.

۴.۲.۲ محوریت بر روی نیازمندی‌ها

متدولوژوی RUP تاکید زیادی روی شناسایی و مدیریت نیازمندی‌ها را دارد و به تیم‌ها کمک می‌کند تا نیازمندی‌های کلیدی پروژه را به خوبی درک و پیاده‌سازی کنند.

۵.۲.۲ استفاده از برنامه‌نویسی OOP

این متدولوژی به طور گسترده از ۴ اصل شیءگرایی استفاده می‌کند و به توسعه‌دهندگان اجازه می‌دهد که کدهای قابل استفاده مجدد و مدیریت فاکتورهای انعطاف پذیری را ایجاد کنند.

۳ معماری مقیاس بزرگ نرم‌افزار

۱.۳ معماری نرم‌افزار چیست؟

معماری نرم‌افزار یک تعریف واحد ندارد. معماری نرم‌افزار یک برنامه یا یک سیستم محاسباتی می‌باشد. یک ساختار یا مجموعه ساختارهایی است از سیستم مورد نظر ما که متشکل از المان‌های کامپیوتری است و نمود خارجی یک چیز (المان) می‌باشد و ارتباطات بین آن‌ها را در بر

[۲] End users

می‌گیرد. هیچ‌گاه نمی‌توان نرم‌افزاری نوشت که معماری نرم‌افزار نداشته باشد. برای مثال از معماری MVC در نرم‌افزار خود استفاده کرده‌ایم. نرم‌افزاری وجود ندارد که معماری نداشته باشد. اگر بگوییم نرم‌افزاری معماری ندارد در حقیقت علم معماری به کار گرفته شده را نمی‌دانیم که آن را بی‌معماری می‌نامیم. برای مثال معماری کلاینت سرور که براساس نیازمندی‌های نرم‌افزاری بیان می‌شود که چه بخش‌هایی سمت سرور باشد چه بخش‌هایی سمت کلاینت.

۲.۳ معمار نرم‌افزار کیست؟

معمار نرم‌افزار شخصی مدبر است که تجربه تخصصی آن در حوزه‌ای مشخص بیشتر از ۱۰ سال است که تسلط کافی در آن سیستم مشخص دارد و از ابتدا تا انتهای پروژه با فرایند توسعه و توسعه‌دهندگان همراه است.

۳.۳ المان‌ها

بخش‌های یک سیستم نرم‌افزاری را گویند برای مثال یک نرم‌افزار واحد مانیتورینگ، واحد زمان‌بندی، واحد بررسی درخواست‌ها و غیره را دارد.

۴.۳ External Feasible Properties

آن بخش چه وظیفه‌ای را باید انجام دهد و آن بخش آن وظیفه را در حال انجام است یا خیر؟ جزئیات مربوط به المان‌های درگیر در بخش معماری در External Feasible Properties مطرح نمی‌شود.

۵.۳ تفاوت کامپوننت و المان

وقتی در مورد کامپوننت می‌گوییم در حقیقت چیزی است که می‌خواهیم آن را پیاده‌سازی کنیم. المان کامپوننتی است که قسمت اجرایی را برای آن در نظر نگرفته‌ایم.

۶.۳ بخش‌هایی که معماری نرم‌افزار باید پوشش دهد

۱. المان‌هایی که در سیستم قرار است استفاده شود را مشخص می‌کند.

۲. نمود خارجی المان‌های سیستم مورد نظر را مشخص می‌کند و تعیین می‌کند هر المانی در سیستم چه وظیفه‌ای را انجام دهد.

۳. ارتباطات بین المان‌ها را به روشنی مشخص می‌کند.

در کنار تمامی موارد بالا، بخش‌هایی که یک معماری نرم‌افزار پوشش نمی‌دهد شامل ذات المان‌ها می‌باشد.

۷.۳ قابلیت اطمینان یا Reliability

یک سیستمی که در زمان مشخص درست کار کند به شرطی که در زمان $T - x$ درست کار کرده باشد.

۸.۳ قابلیت استفاده یا Useability

سیستمی که کارآمد باشد برای آن دسته از افرادی که سیستم را حاضر و آماده کرده‌ایم. به گونه‌ای که با ظاهر مناسب کار کردن با آن نیز آسان باشد.

۹.۳ ارائه سریع محصول یا Short time to market

قابلیت یا Feature مجموعه‌ای از توابع نرم‌افزاری است که وقتی در بازار ارائه می‌شود، واقعاً کار می‌کند.

نکات

- تا آنجایی که می‌شود هزینه‌ها را باید کاهش بدهیم و بیشترین هزینه‌ها را ما در بخش توسعه نرم‌افزار خواهیم داشت. همیشه باید کارمندان را مشغول توسعه نگهداریم تا باعث از دست رفتن هزینه‌ها نشود.
- مشکل معمار آن است که حجم زیادی از نیازمندی‌های نرم‌افزاری را در حال بررسی است که نسبت به هم در تضاد هستند.
- بخشی از وظایف اصلی معماری نرم‌افزار مشخص کردن استک‌های نرم‌افزاری می‌باشد. بخش دیگری از آن این است که بررسی کند این موارد توسط تیم اجرا و استفاده می‌شود یا خیر (Follow up)

۱۰.۳ تفاوت معماری سازمانی و معماری نرم‌افزار

معماری سازمانی و معماری نرم‌افزار با یکدیگر متفاوت است. در معماری سازمانی، چارت سازمانی آن مشخص‌کننده محدوده و کلیت هر قسمت آن سازمان می‌باشد.

۱۱.۳ جزئیات فعالیت‌های معماری نرم‌افزار

۱.۱۱.۳ ساخت Business case برای سیستم

یادآوری Business plan

بیزینس پلن سندی است که چهارچوب سیستم ما را در بر می‌گیرد و آن را نسبت به سیستم مشابه مقایسه می‌کند و آن را به چالش می‌کشد. نسبت به هر چالشی که در سیستم ما وجود دارد بایستی پاسخی مطرح شده باشد.

سند Business case سندی از جنس مالی است که در آن برآورد هزینه و توجیهات اقتصادی بیان شده است. در این سند، درگیر بودن نیروها بررسی می‌شود و در نهایت توجیهات اقتصادی را از نظر کاهش هزینه‌ها مطرح می‌کند. برای مثال ممکن است بیشتر اوقات بهره‌وری سیستم را افزایش داده باشیم که نسبت به این افزایش باید توجیهی وجود داشته باشد.

از ابتدا تا انتهای پروژه دائماً در حال تخمین قیمت پروژه به عنوان معمار نرم‌افزار هستیم که در آن هزینه‌ای را مطرح می‌کنیم که بررسی کرده‌ایم در توسعه نرم‌افزار نیاز خواهد شد. در این حین اگر هزینه توسعه بیشتر شود باعث ضرر ما و اگر کمتر شود باعث سود ما خواهد شد. پس به همین دلیل سعی می‌کنیم سند Business case را از ابتدا تا انتهای فرایند پروژه توسعه دهیم و توجیه اقتصادی به روزی در آن داشته باشیم که موجب ضرر از سمت پیمانکار نشود.

نقطه سر به سر یا Break event point

وضعیتی است که در آن هزینه‌هایی که ما برآورد کرده‌ایم در بازه زمانی مشخص، برابر با صفر شده است. برای مثال اگر مبلغ ۵۰۰ میلیون تومان را به عنوان هزینه نرم‌افزار محاسبه کرده باشیم و طی یک سال دیگر سازمان دقیقاً همان مبلغ را بدون کاهش یا افزایش پرداخت می‌کند این وضعیت نقطه سر به سر خواهد شد. زمان نقطه سر به سر معمولاً در بازه ۲ تا ۵ سال تعریف می‌شود که در واقعیت زمان خیلی طولانی برای تخمین هزینه توسعه نرم‌افزار محسوب می‌شود.

۲.۱۱.۳ فهمیدن نیازمندی‌های پروژه

نیازمندی‌ها تنها متغیر ثابت هستند. همانطور که پیش‌تر اشاره شد non-functionalها در قالب سند معماری نرم‌افزار دیده می‌شوند. همچنین اگر نیازمندی functional وجود نداشته باشد non-functionها معنایی ندارند. برای مثال می‌گوییم که نرم‌افزارمان بایستی امن باشد، یعنی Usecase diagram داریم که ازای آن نیازمندی non-function تعریف کرده‌ایم.

نکته مهم آن است که مهمار نرم‌افزار تنها نیازمندی‌های جاری را در نظر نمی‌گیرد بلکه نیازمندی‌های آتی را هم در سند پیشبینی می‌کند تا بتواند یک جریان را کامل کند و به نوعی Proof of concept داشته باشد.

۳.۱۱.۳ ایجاد یا انتخاب یک معماری نرم‌افزار

معمار نرم‌افزار معمولاً یا یک معماری را انتخاب می‌کند یا آن را از نو می‌سازد. ممکن است در تزهای آکادمیک معماری جدیدی را ایجاد کرده باشیم زیرا ممکن است صورت مسئله‌های جدیدی پدید آمده باشند یا نیازمندی‌های non-function جدیدی یافت شده باشد. در حالت کلی معماری‌ها را یا باید بهینه‌سازی کنیم یا اجرا و در پروژه نرم‌افزاری پیاده کنیم.

۴.۱۱.۳ دنبال کردن معماری یا Communicating the architecture

چیزی که در معماری نرم‌افزار بیان شده است را دنبال کنیم و بررسی کنیم که تمام آن فرایندهای مهندسی توسعه نرم‌افزار را توسعه‌دهنده‌ای دنبال می‌کند یا خیر. بیان این مسئله طرف معمار و اجرای آن در طرفی دیگر است. خیلی با بخش Implementing based on the architecture ارتباط دارد.

۵.۱۱.۳ بررسی و ارزیابی معماری

نکته مهم آن است که در حوزه معماری نرم‌افزار چیزی به نام شبیه‌سازی نداریم چرا که قدم ابتدایی هر پروژه‌ای تعیین معماری آن است. اینکه از ما سوال شود که معماری نرم‌افزارتان را با چه شبیه‌سازی اجرا کردین یا با چه فاکتورهای شبیه‌سازی آن را ارزیابی کرده‌اید، بحث کاملاً غلطی می‌باشد. مقایسه بین الگوریتم‌ها امکان‌پذیر می‌باشد زیرا داریم شبیه‌سازی ورکلودها را انجام می‌دهیم.

در این خصوص روشی را داریم به نام ATAM که ارزیابی معماری نرم‌افزار را می‌توان از طریق آن انجام داد. یک استاندارد مشابه با ISO می‌ماند که نیازمندی‌های non-functional را در نظر می‌گیرد. یک تیم مستقل با آن همراه است که بررسی کند ما از راه درستی استفاده کرده‌ایم یا خیر. در نهایت به ما نشان می‌دهد که نسبت به آن سناریو می‌توانیم این معماری را پوشش دهیم یا خیر.

برای بررسی و ارزیابی معماری راه‌های مختلفی وجود دارد:

۱. مدل‌سازی صوری، فرمال و رسمی: برای اینکه ثابت کنیم چیزی که داریم می‌نویسم قابل تایید است و درست می‌باشد. به دلیل آن که ریاضی هستند می‌توانند مفید و رویکردی مناسب باشند.

۲. استفاده از ADL: Architecture Definition Language

۳. استفاده از Prototypeها: اگر یک سیستم کوچک درست کنیم که به صورت صحیح کار کند می‌تواند نشان دهنده آن باشد که سیستم اگر بزرگتر شود هم صحیح کار خواهد کرد.

۴. ۸۰ درصد نیازمندی‌ها و دامنه‌های مسئله با نرم‌افزاری که در حال کار است که با این معماری انطباق دارد پس قطعاً معماری با کارهای آینده ما نیز منطبق خواهد بود.

نکته

دامنه مسئله مثل دامنه سیستم‌های مالی، دامنه سیستم‌های آموزشی و غیره یک تعریف مسئله مخصوص و واحد دارد که در سیستم‌های گوناگون مشابه یکدیگر هستند و دقیقاً نیازمندی‌های آن‌ها نیز مشابه هستند. اگر یک سیستم مشابه را پیدا کردیم، معماری انتخابی ما می‌تواند با سیستم مشابه نیز کار کند.

۶.۱۱.۳ پیاده‌سازی مبتنی بر معماری

بررسی اینکه آیا تمام فرایندهایی که در فازهای توسعه نرم‌افزار شروع می‌شود با بیانات و نقشه‌راه معمار نرم‌افزار مطابقت دارد یا خیر؟

۷.۱۱.۳ اطمینان از انطباق نسبت به یک معماری

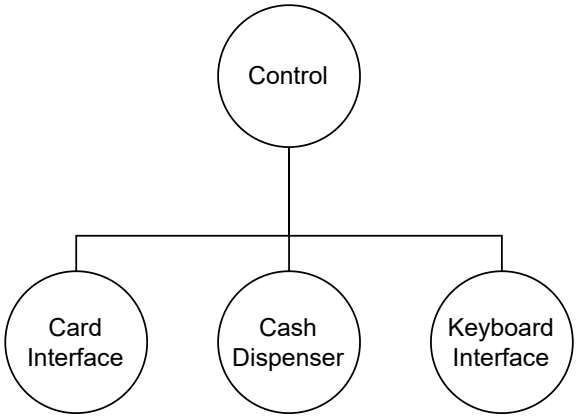
در این بخش بررسی می‌کنیم که فرایندها تماماً تابعی از معماری هستند یا خیر؟ در انتهای کار، تمام اسناد را در کنار هم قرار می‌دهیم و به تطبیق اسناد با سند معماری می‌پردازیم. برای مثال تمام Usecase diagramها مطابق با سند معماری Usecaseها بوده‌اند؟ طبق استاندارد طراحی شده‌اند؟ اگر هر کدام مطابقت نداشت بایستی سریعاً اصلاح شود تا از ایجاد هزینه‌های آینده جلوگیری به عمل آورد. ما بایستی مطمئن باشیم که تمام اسنادی که به معمار نرم‌افزار تحویل می‌دهیم مطابق با سند معماری باشد که شامل چندین بخش خواهد شد.

۱۲.۳ چه چیزی یک معماری خوب را تحویل می‌دهد؟

هیچ چیز ذاتاً خوب یا بد نیست بلکه واسبتگی بسیار زیادی به کاربرد آن در سیستم مورد نظر دارد. معماری کنترل دمای یک نیروگاه تولید برق را نمی‌توان در کنترل دمای خانه استفاده کرد چون استفاده نادرست و نا به جایی بوده است. ذاتاً نمی‌توانیم بگوییم که کدام معماری خوب است کدام معماری بد بلکه انتخاب ما نسبت به سیستم خوب و بد دارد.

معماری قابل ارزیابی است پس باید براساس اهدافی که داریم فرایند ارزیابی را انجام دهیم تا در نهایت ببینیم که این ارزیابی چقدر می‌تواند معماری را با اهداف ما Match کند. برای مثال ممکن نیست که یک سامانه‌ای که امنیت ندارد را الهام بگیریم برای سامانه‌ای که یکی از اهداف اصلی آن امنیت است.

نمودار زیر را از معماری سطح بالای ATM را در نظر بگیرید:



شکل ۱: نمایش معماری سطح بالا دستگاه ATM

شکل شماره ۱ ساختار کلی از دستگاه ATM را نمایش می‌دهد. درست است که در مطالب بالاتر گفتیم که معماری یک چکیده از ساختار سیستم می‌باشد اما در این نمودار ارتباطات بین المان‌ها کاملاً همراه با ابهام می‌باشد و تمام معماری دستگاه ATM را پوشش نمی‌دهد. در این نمودار ذات المان‌ها مشخص نیست. برای مثال مشخص نیست که واحد Card interface ممکن است هم کارت را دریافت کند هم اعتبار کارت ورودی را بسنجد؟ پس می‌توان گفت وظیفه المان Card interface در این نمودار اصلاً مشخص نیست و در این نمودار دقیقاً ماهیت ارتباطات بین المان‌ها مشخص نیست. همچنین لایه‌بندی در این نمودار به صورت واضح کشیده نشده است. در لایه‌بندی همواره منطق وجود دارد مانند لایه‌بندی استاندارد OSI که جانمایی المان‌ها در این نمودار کامل کشیده نشده است. برای مثال بحث امنیت و کارایی و تعامل‌پذیری اصلاً وجود ندارد. لایه‌بندی یک معماری تماماً توسط معمار نرم‌افزار مشخص خواهد شد.

۱۳.۳ تفاوت Fault با Failure

Fault یعنی یک نقضی بالقوه در سیستم وجود دارد تا زمانی که سیستم بدون مشکل کار کند آن نقض خودش را نمایان نمی‌کند اما در شرایط خاصی ممکن است برنامه به این Falut برخورد کند و بالفعل موجب از کار افتادن نرم‌افزار شود. در حقیقت بعد از برخورد نرم‌افزار با Fault

پدیده‌ای به نام Failure رخ می‌دهد. در حقیقت Fault در نرم‌افزار وجود داشته است که در شرایط خاص با ورودی خاص کاربر برنامه با شکست یا Failure رو به رو می‌شود و باعث کار نکردن درست نرم‌افزار خواهد شد.

همواره Fault از سمت طراحی نرم‌افزار همراه خواهد بود زیرا بایستی در اسناد طراحی به آن نگاه مهندسی شود. زمانی که پیاده‌سازی می‌شود اگر در شرایط آزمون بتوانیم آن Faultها را شناسایی کنیم و آن‌ها را رفع کنیم سیستم را از Failureهای آینده نجات خواهیم داد.

نکته: Fault موجب Failure می‌شود.

اگر ما یک حافظه USB داشته باشیم و در هنگام انتقال اطلاعات ناگهانی فلش را از سیستم خارج کنیم، در حقیقت نه Fault نه Failure و نه Error رخ داده است. بلکه سیستم توسط عامل خارجی دستکاری شده است. اگر Fault در سیستم داشته باشیم بایستی توانایی هندل کردن آن را در نرم‌افزار داشته باشیم.

نکات

- معماری نرم‌افزار المان‌های نرم‌افزاری را مشخص می‌کند.
- Mapping تسک‌ها به منبع مشخص تعریف زمانبندی است.
- تسک‌ها در حقیقت کارهایی هستند که در سیستم تعریف می‌شوند.
- ورکفلو مجموعه‌ای از تسک‌های وابسته به هم می‌باشد.
- Bag of tasks عموماً وابستگی ندارند.
- Multiple workflow scheduling به معنای زمانبندی چند ورکفلو می‌باشد.
- همیشه یک زمانبندی بهینه نداریم بلکه باید در شرایط مناسب از زمانبندی مناسبی استفاده کنیم.
- در هنگام مهندسی نرم‌افزار باید تا آنجایی که می‌شود نرخ موفقیت یک تسک را بالا ببریم.

۱۴.۳ منابع همگن و ناهمگن

- منابع همگن به منابعی گفته می‌شود که همه المان‌ها در آن دقیقاً یک چیز هستند یا به عبارتی همه منابع به صورت Clone از یکدیگر هستند. برای مثال همه از یک سخت‌افزار استفاده می‌کنیم بدون هیچ تفاوتی.
- منابع ناهمگن به متفاوت بودن سیستم‌ها نسبت به یکدیگر اشاره دارد.

۱۵.۳ تعریفی دیگر برای معماری نرم‌افزار

یک معماری نرم‌افزار مجموعه‌ای از کامپوننت‌ها، ارتباطات بین آن‌ها و قید و بندهایی است که در سند مناسب تعریف می‌شود. در حقیقت در اینجا تعریف مورد نظر تعریف 3C می‌باشد:

۱. Components

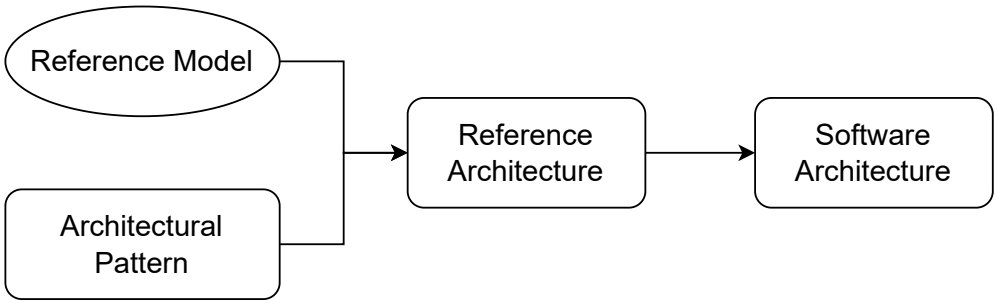
۲. Connectors

۳. Constraints

در پروژه‌های حقیقی خواهیم داشت:

چند تا کلاینت داریم که توسط چند تا سرور به صورت متناسب سرویس دریافت می‌کنند. هر کدام از سرویس‌ها نیز برای ارتباط با یکدیگر و ارسال داده‌های اصلی مانند توکن احراز هویت کاربر، در تاپیکی مشخص در Broker اطلاعات را ارسال می‌کنند و برای حفظ امنیت هم سرورها در بستر پروتکل Https مستقر شده‌اند.

۱۶.۳ مفاهیم مفید و کارآمد معماری نرم‌افزار



شکل ۲: ارتباط بین مدل‌های مرجع، الگوهای مربوط به معماری، معماری‌های مرجع و معماری‌های نرم‌افزار

۱.۱۶.۳ Architectural patterns یا الگوهای معماری

الگو راه‌حلی برای خانواده‌ای از مشکلات می‌باشد. در حقیقت به الگو ممکن است Style هم گفته شود.

وابسته به دامنه کاری نمی‌باشد؛ وقتی در مورد الگوی معماری کلاینت سرور صحبت می‌کنیم می‌تواند شامل دامنه‌های مختلفی مانند نانوایی تا سیستم‌های بزرگ‌تر شود.

برای مثالی دیگر می‌توان به الگوی Black board اشاره کرد که هر آن چیزی که قرار است خوانده و نوشته شود در این الگو مشخص می‌گردد. از مهم‌ترین کاربردهای این الگو نیز می‌توان به حافظه‌های مشترک در معماری کامپیوتر نیز اشاره کرد.

۲.۱۶.۳ Layering pattern یا الگو لایه‌بندی کردن

در روش لایه‌بندی کردن، هر لایه نسبت به لایه‌های دیگر کاملاً متمایز است و زمانی که نیازمند ایجاد لایه‌ای جدید مانند امنیت هستیم می‌توانیم از این الگو استفاده کنیم.

برای مثال، لایه‌بندی برای مسئولین یک دانشگاه را در نظر بگیرید، مسئولینی که سمتی بالایی دارند عموماً در طبقات بالاتر ساختمان دانشگاهی هستند.

۳.۱۶.۳ کاربرد الگو

الگوها روی ویژگی‌های کیفی کار می‌کنند و می‌توان گفت الگوها به طور مستقیم روی ویژگی‌های کیفی [۳] ارتباط دارند. براساس ویژگی‌های کیفی، الگوها را انتخاب می‌کنیم. برخی عملکرد مناسب را پوشش می‌دهند و برخی دیگر امنیت و دسترس‌پذیری بالا را. اگر بخواهیم ویژگی کیفی جدیدی را ایجاد کنیم بایستی الگو مورد نظر را تغییر دهیم. الگوها عموماً به صورت ترکیبی استفاده می‌شوند.

- الگوها تحلیل فضای مسئله را مشخص می‌کنند. در تحلیل سیستم، سیستم را به طور واضح خواهیم شناخت. ارتباطات آن را بیشتر می‌توان درک کرد و مشکلی را متوجه شد که برای پاسخ به آن در طراحی وارد عمل می‌شویم. تمام نمودارها و نیازمندی‌ها در این مرحله مطرح می‌شوند.
- طراحی راه‌حل مورد نیاز برای فضای مسئله را بررسی می‌کند. ما نمی‌توانیم در فاز طراحی بپرسیم که آیا این کامپوننت با کامپوننت دیگر بایستی ارتباط داشته باشد زیرا در فاز فضای مسئله تمام این موارد و ارتباطات بایستی مشخص می‌شد.

سوال (کنکوری)

۱. آیا هر معماری یک طراحی است؟

۲. آیا هر طراحی یک معماری است؟

[۳] Quality properties

پاسخ سوال اول

بله هر معماری شامل طراحی می‌باشد که در آن به صورت صریح و مشخص به همراه جزئیات تمام سیستم مورد بررسی قرار گرفته است و می‌توان از آن‌ها برای پیاده‌سازی محصول نرم‌افزاری مورد نظر استفاده کرد. همانطور که پیش‌تر گفته شد هر معماری شامل تجرید کلی از یک سیستم است اما در طراحی ما سطح تجرید را به شدت کم می‌کنیم و در آن وضعیت المان‌ها، روابط و نمود خارجی آن‌ها را به صورت صریح به همراه جزئیات مطرح می‌کنیم. پس در هر معماری می‌تواند طراحی وجود داشته باشد.

پاسخ به سوال دوم

خیر هر طراحی یک معماری محسوب نمی‌شود زیرا طراحی به صورت دقیق و با جزئیات کل سیستم را مورد بررسی قرار می‌دهد اما در معماری سطح تجرید بالا می‌باشد و ما قادر نخواهیم بود که در آن جزئیات را مطرح کنیم.

- گام اول طراحی معماری می‌باشد.
- در RUP فرایند تشریح اولین قدم می‌باشد.
- سند معماری باید به صورت نهایی شده باشد تا بتوان وارد فاز طراحی شد.
- سند نیازمندی‌ها نیز باید ۸۰ درصد نیازها را برآورد و نهایی کرده باشد تا بتوان وارد فاز طراحی شد.

۴.۱۶.۳ Reference models یا مدل مرجع

مدل مرجع تقسیم وظیفه‌مندی یک سیستم همراه با جریان داده آن قسمت می‌باشد.

- در مدل مرجع OSI هر لایه وظیفه آن به صورت دقیق مطرح شده است.
- در امور مالی هیچ وقت انتخاب واحد را انجام نمی‌دهیم.
- واحد زمان‌بندی یک Borker دارد، یک واحد Score و یا واحد Periority. به طور کل یک پکیج است که تمام موارد گفته شده در آن موجود می‌باشد.

۵.۱۶.۳ Reference architecture یا معماری مرجع

همانطور که از نامش پیداست مانند الگوهای معماری، اگر بخواهیم سیستم را راه‌اندازی کنیم که در دامنه آن دقیقاً همان سیستم به شکل دیگر وجود داشته باشد می‌توانیم از آن سیستم به عنوان مرجع معماری نرم‌افزار خود استفاده کنیم. برای مثال اگر بخواهیم یک نرم‌افزار دانشگاهی جهت مدیریت دانشجویان بسازیم می‌توانیم از مدل‌های مرجع دانشگاه‌های دیگر نیز استفاده کنیم.

نکات

۱. گام اول طراحی، معماری نیازمندی‌های سطح بالای سیستم است که در همان لحظه باید متوجه شویم.

۲. روش تخمین هزینه و زمان انجام کار در معماری مشخص می‌شود.

(آ) استفاده از روش COCOMO: روش کوکومو که از سرکلمات Constructive Cost Model گرفته شده است در آن میزان تلاش، زمان صرف شده و هزینه‌های مربوط به پروژه نرم‌افزاری به صورت کامل برآورد شده است. معیارهای مهم در کوکومو شامل، اندازه پروژه، پیچیدگی انجام پروژه، تجربه اعضای تیم و محیط توسعه می‌باشد [؟].

(ب) استفاده از روش LoC یا Line of Code: این روش هیچ خلاقیتی در تخمین هزینه‌ها ندارد ولی یکی از روش‌های اولیه و مبتدیانه برآورد هزینه یک پروژه نرم‌افزار براساس تعداد خط کدهای زده شده می‌باشد.

۳. در برخی پروژه‌ها گاهی معمار و طراح می‌توانند یک نفر باشند.

۴. یک معمار دائماً ویژگی‌های کیفی را در طراحی و پیاده‌سازی مد نظر دارد.

۵. از یک معماری نرم‌افزاری می‌توانیم اسفاده مجدد کنیم به شرط آن که ویژگی‌های کیفی یکسانی داشته باشند.

۶. معماری یک دید ایستا نمی‌باشد.

۱۷.۳ دلیل اهمیت معماری چیست؟

۱. معماری نرم‌افزار ارتباطات بین ذینفعان را مشخص می‌کند که هر کدام از آن‌ها مجموعه‌ای از نیازمندی‌ها را دارد که حتی بین نیازمندی هر ذینفعی تضادی نیز وجود دارد. معماری نرم‌افزار تصمیم اولیه طراحی می‌باشد و تمام ارتباطات را به صورت کامل پوشش می‌دهد.

۲. تصمیمات اولیه طراحی: ابتدایی‌ترین نقطه‌ای که می‌توان تصمیم را در آن گرفت نیز تحلیل و بررسی می‌شود. Early design decisions:

(آ) معمار قید و بندها را در طراحی تعریف می‌کند.

(ب) معمار ساختار سازمانی را به ما دیکته می‌کند.

(ج) معمار تسلط کاملی روی ویژگی‌های کیفی دارد.

(د) معمار می‌تواند نیازهای آتی را پیشبینی کند.

(ه) معمار می‌تواند به آسانی تغییرات را مدیریت کند.

(و) معمار می‌تواند در کامل کردن پروتوتایپ کمک کند.

(ز) معمار کسی است که با دقت بیشتر می‌تواند هزینه‌ها و زمانبندی را برآورد کند.

۳. تجرید قابل انتقال از یک سیستم: از سیستم‌های مقیاس بزرگ می‌توان بارها استفاده کرد (به عنوان Reference architecture). معماری نرم‌افزار یک مدل قابل فهم و نسبتاً ساده ایجاد می‌کند تا به وسیله آن مشخص شود چگونه یک سیستم ساخته می‌شود و چگونه عناصر آن با یکدیگر کار می‌کنند.

۴. نه فقط کد می‌تواند قابل استفاده مجدد باشد بلکه حتی نیازمندی‌های موجود در معماری در مراحل اولیه نیز می‌تواند قابل استفاده مجدد باشد.

۵. عموماً معماری، خط تولید یک معماری مشترک را به اشتراک می‌گذارد.

۱۸.۳ تفاوت معماری سیستم و معماری نرم‌افزار

در معماری یک نرم‌افزار ملاحضات سیستم نادیده گرفته می‌شود. برای مثال اگر می‌خواهیم قدرت پردازشی سرورها بیشتر باشد اصلاً در معماری نرم‌افزار آن را مطرح نمی‌کنیم. در معماری نرم‌افزار در مورد چگونگی ساخت نرم‌افزار از اجزای آن، ارتباطات و وظایف آن‌ها صحبت می‌کنیم. سرعت‌ها، هزینه‌ها، پهنای باند، ارسال تراکنش در ثانیه و غیره هیچ وقت در معماری نرم‌افزاری دیده نمی‌شود بلکه در معماری سیستم تعریف می‌شود. به طور کلی ذهن معمار از کلیه ملاحضات سخت‌افزاری به دور است. زیرا در سخت افزار نمی‌توانیم قدرت انعطاف‌پذیری که در نرم‌افزار داریم را داشته باشیم ولی به گونه‌ای است که ویژگی‌های کیفی ما کاملاً با سخت‌افزار در ارتباط می‌باشد.

۱۹.۳ دیدگاه و ساختار یا View and Structure

دیدگاه و ساختار هر دو کاملاً روی یک سکه هستند:

- یک دیدگاه نمایشی از مجموعه‌ای منسجم از معماری المان‌ها می‌باشد که شامل المان‌ها و روابط بین آن‌ها می‌شود.
- یک ساختار مجموعه‌ای از المان‌ها می‌باشد که یا در سخت‌افزار یا در نرم‌افزار وجود دارد.

۲۰.۳ سه نوع ساختارها

۱.۲۰.۳ Module یا ساختارهای ماژول

ماژول‌ها یک روش مبتنی بر کد برای بررسی سیستم هستند و به بخش‌های وظیفه‌مندی سیستم اشاره دارند. این بخش یک دید ثابت دارد. معمولاً سوالات زیر در ماژول‌ها بیان می‌شود:

- Uses: در این قسمت مشخص می‌شود که ارتباطات بین عناصر و المان‌ها به چه صورتی است.
- Layered: مشخص می‌شود که هر کدام از المان‌ها در چه لایه‌ای قرار می‌گیرند.
- Class: کلاس‌ها و مدل‌های نرم‌افزاری (موجودیت‌ها) در این قسمت تعریف می‌شوند و چون کلاس‌ها به صورت ثابت می‌باشند برخی از اعضای تیم نرم‌افزار سه نوع ساختار معماری را ثابت می‌بینند.
- Decomposition: ماژول‌ها می‌توانند متشکل از چندین زیر ماژول باشند که در تمیزی کد و توسعه و دیباگینگ مناسب کمک بسیار زیادی کند. در اینجا مشخص می‌شود که چگونه ماژول‌های بزرگ‌تر به ماژول‌های کوچک‌تر جهت مدیریت کد بهتر تقسیم می‌شوند.

۲.۲۰.۳ Component-and-Connector

اجزای این ساختار کامپوننت‌ها در زمان اجرا و اتصال‌هایشان می‌باشد. یک دید پویا دارد برای تغییرات در حین اجرا.

- Client-Server نرم‌افزار از چه الگویی استفاده می‌کند.
- Concurrency: بحث همزمانی تراکنش‌ها و درخواست‌ها در اینجا مطرح می‌شود. کدام بخش‌های سیستم می‌توانند به صورت همزمان اجرا شوند؟
- Process: بحث فرایندها را با استفاده از نمودارهای Activity نمایش می‌دهند تا بتوانند فرایند را از صفر تا صد تعریف کنند. چگونه داده‌ها در سرتاسر سیستم حرکت می‌کنند؟
- Shared Data: مخزن داده مشترک اصلی چه چیزی است؟
- کدام بخش از سیستم تکرار شده است؟
- چگونه می‌توان ساختار سیستم را زمانی که در حال اجرا است تغییر داد؟

۳.۲۰.۳ Allocation یا اختصاص منابع

- Work assignment: این ساختار در مورد اختصاص کارها و اسناد مربوط به استقرار صحبت می‌کند. اختصاص منابع نرم‌افزاری به سخت‌افزار و برعکس می‌باشد.
- سند استقرار یا Deployment document
- سند Activity و Business Processing Model Notation
- Deployment: استقرار در حقیقت، تحلیل کارایی، قابلیت دسترس‌پذیری و امنیت را مطرح می‌کند.
- Assigned to: انتساب کار، مدیریت پروژه، استفاده بهتر از تجارب، مدیریت بهتر دارایی‌ها

نیازهای N-FR را نمی‌توان خارج از نیازهای FR سیستم در نظر بگیرم. نیازهای عملیاتی را با استفاده از Usecaseها نمایش می‌دهیم که در حقیقت سناریوهای سیستم را مطرح می‌کند.

۴ اندازه‌گیری کارایی نرم‌افزار

۱.۴ Responsiveness یا پاسخگویی

در پاسخگویی مطرح می‌شود که یک تسک چقدر سریع می‌تواند توسط یک سیستم تمام شود. معمولاً با Waiting time و Queue length می‌توان اندازه‌گیری کرد.

۲.۴ Usage level یا سطح استفاده

به چه اندازه‌ای می‌توانیم به صورت مناسب و مطلوب از المان‌های مختلف در سیستممان استفاده کنیم. معیارهای اندازه‌گیری آن Throughput یا گذردهی و Utilization می‌باشد.

۳.۴ Waiting time

مدت زمان بین رسیدن تسک به سرویس و شروع ارائه سرویس به آن تسک (درخواست) را می‌گویند.

۴.۴ Queue length

تعداد تسک‌ها (درخواست‌ها) در صف انتظار برای سرویس‌گیری.

۵.۴ Task length or Service time

به هر درخواست درون صف چقدر طول می‌کشد که سرویس‌دهی انجام شود. عموماً وابسته به میزان پردازشی سرور و محاسبه درخواست می‌باشد.

۶.۴ Utilization

مدت زمانی که یک قطعه از تجهیزات در حال استفاده است نسبت به کل زمان استفاده از آن، محاسبه می‌شود.

۷.۴ Throughput

نرخ کامل شدن تسک‌ها در سیستم می‌باشد.

۸.۴ Good-put

داده‌ای است که باز ارسال نشده باشد. یک بسته سالم بدون هیچ باز ارسالی از سمت مبدا به سمت مقصد را گویند.

۹.۴ Missionability یا ماموریت‌پذیری

ماموریت‌پذیری نشان می‌دهد که سیستم مورد نظر در آن بازه زمانی که عملیاتی را انجام می‌داده است چقدر رضایت در کارایی و گذردهی داشته است. چقدر در آن زمانی که در دسترس بوده است تسک‌هایی را رد کرده و تسک‌هایی را با موفقیت انجام داده است.

Dependability ۱۰.۴

این اندازه‌گیری مشخص می‌کند که چقدر یک سیستم در طول اجرا قابل اطمینان می‌باشد. فرمول‌هایی را مطرح می‌کند که همگی از نوع زمان هستند. نکته آن است که تعداد شکست‌ها در سیستم باید کم باشد و همچنین زمانی که در وضعیت شکست قرار داریم بایستی سریع ریکاوری انجام شود تا دوباره سیستم به حالت صحیح قبلی خود بازگردد.
ابزارهای اندازه‌گیری آن عبارت‌اند از:

- Number of failures per day
- MTTF (Mean Time to Failure)
- MTTR (Mean Time to Recovery or Repair)
- Long Term Availability
- Cost of Failure

Productivity ۱۱.۴ یا معیار بهره‌وری

این معیار مشخص می‌کند که یک کاربر چقدر بهینه می‌تواند کار خود را با محصول مورد نظر انجام دهد.
ابزارهای اندازه‌گیری آن عبارت‌اند از:

- User Friendliness
- Understandability

برای مثال، User Interface (UI) یک اپلیکیشن موبایل چقدر خوب طراحی شده است که کاربر می‌تواند در سریع‌ترین حالت ممکن گزینه‌های مدنظر خود را پیدا کند؟

دسترس‌پذیری، قابلیت اعتماد و قابلیت اطمینان ۱۲.۴

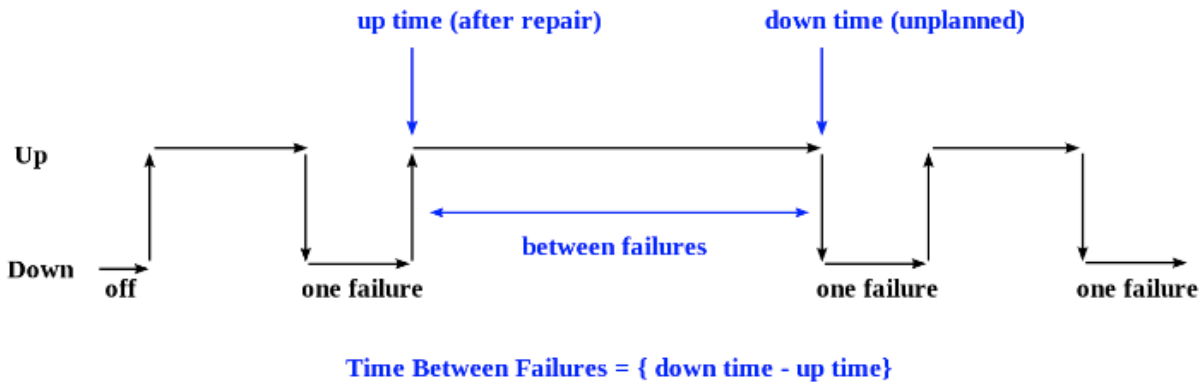
Mean Time Between Failures (MTBF) ۱.۱۲.۴

زمان سپری شده پیشبینی شده بین خرابی‌های یک سیستم در حین کار است. MTBF می‌تواند زمان بین خرابی‌های یک سیستم را محاسبه کند.

MTBF Defined as: total time in service / number of failures

$$MTBF = \frac{\sum(X - Y)}{Z} \quad (۱)$$

- X: Start of downtime
- Y: Start of uptime
- Z: Number of failures



شکل ۳: Mean Time Between Failures (MTBF)

۲.۱۲.۴ Mean Time to Failures (MTTF)

طول زمانی که انتظار داریم یک دستگاه یا هر چیزی در مدار باقی بماند. MTTF معیاری است که در سخت‌افزار استفاده می‌شود. مدت زمانی که انتظار داریم یک دستگاه یا محصول کار کند. MTTF یکی از هزاران راه‌یی است که می‌توان قابلیت اعتماد و پایداری سخت‌افزار یا بقیه تکنولوژی‌ها را با آن اندازه‌گیری کرد.

۳.۱۲.۴ Mean Time to Repair or Recovery (MTTR)

مدت زمانی که طول می‌کشد تا سیستم به مدار برگردد. یا به عبارتی دیگر میانگین زمانی که نیاز است تا یک کامپوننت شکست خورده تعمیر و ریکاوری شود.

۴.۱۲.۴ تفاوت میان MTTF و MTBF

- معیار MTBF برای محصولاتی است که می‌توان آن‌ها را در حین خرابی تعمیر کرد تا سریعاً به مدار بازگردد.
- معیار MTTF برای محصولاتی که قابل تعمیر نیستند استفاده می‌شود. زمانی از این معیار استفاده می‌کنیم که به دنبال تعمیرپذیری محصول نباشیم.

نکته

- بازه‌های زمانی بررسی سیستم در سازمان بایستی به صورت مشخص باشد (ساعتی، روزانه، هفتگی، ماهانه، سالانه).
- یک قطعه (دستگاه، نرم‌افزار و هر چیزی) می‌تواند Available باشد ولی Reliable نباشد.
- نرخ خرابی: $\frac{NumberOfFailures}{TotalTimeInService}$

۵ دسترس‌پذیری

دسترس‌پذیری یا Availability یعنی زمانی که می‌خواهیم از چیز استفاده کنیم و آن چیز بایستی ارائه سرویس را انجام دهد.

$$Availability = \frac{uptime}{TotalServiceTime} \quad (۲)$$

مثال

یک ماشین هر یک ساعت، ۶ دقیقه داون است. مطلوب است محاسبه Availability و Reliability:

$$Uptime = 60 - 6 = 54 \tag{۳}$$

$$Availability = \frac{Uptime}{TotalServiceTime} = \frac{54}{60} = 0.9 or 90\% \tag{۴}$$

برای محاسبه قابلیت اطمینان می‌توان گفت که وقتی در یک ساعت ۶ دقیقی با قطع کارکرد خودرو همراه هستیم، پس قابلیت اطمینان زیر یک ساعت یا کمتر از ۵۴ دقیقه است.

۱.۵ بازه زمانی یا Total time

در دسترس‌پیذیرپذیری بررسی Total time بسیار مهم است، چرا که سرویس در آن زمان بایستی بدون مشکل در دسترس باشد و به صورت صحیح تا انتهای بازه مشخص Total time به کار خودش ادامه دهد. برای مثال سیستم آموزشیار بایستی در ابتدای ترم جهت اخذ واحد درسی دانشجویان، در یک بازه یک ماهه به طور مثال کاملاً در دسترس و قابل اطمینان باشد. اما با تغییر دامنه از سیستم انتخاب واحد دانشگاه به دامنه بانکی این گفته صادق نیست، زیرا محصولات و سرویس‌های بانکی بایستی ۲۴ ساعته ۷ روز هفته در دسترس باشند و کاملاً قابلیت اطمینان را به همراه داشته باشند.

۲.۵ ارتباط میان Availability با Reliability

عموماً وقتی سیستمی Reliable است یعنی دارای Availability بالایی است اما وقتی سیستمی Available است ممکن است آن سیستم قابل اطمینان باشد و ممکن است قابل اطمینان نباشد. زمانی کاملاً قابل اطمینان است که تمام آن سیستم با آزمون‌ها و ارزیابی‌ها پوشش داده شده باشد و فاقد هر گونه Fault باشد و از سمتی در هنگام استقرار نیز تمام نکات Availability به عنوان ویژگی کیفی رعایت و پیاده‌سازی شده باشند. به این صورت هم دسترس‌پذیری بالایی خواهد داشت هم از قابلیت اطمینان بالایی برخوردار خواهد بود.

نکته

در قابلیت اطمینان وابستگی به موقعیت می‌تواند عامل مشخص‌کننده‌ای باشد. برای مثال با استفاده از یک موتور شارژی می‌توان درون شهر فعالیت کرد، اما با همان موتور شارژی نمی‌توان به جنوب کشور سفر کرد.

$$Availability = Reliability + Repair \tag{۵}$$

۳.۵ Mean Down Time (MDT)

میانگین زمانی که یک سیستم قابل استفاده نباشد. MDT با فاکتورهای زیر همراه است:

- System failure:
  - سیستم به طور کلی فاقد هر گونه Fault باشد.
  - منتظر تامین قطعات نباشد
  - سیستم نیاز به تعمیر داشته باشد.

- Scheduled downtime:
  - نگهداری پیشگیرانه
  - به روزرسانی سیستم
  - کالیبراسیون
  - سایر اقدامات اداری (Administrative)

مقدار MDT هر چقدر کمتر باشد دسترس‌پذیری نیز بیشتر خواهد بود.

۴.۵ بدست آوردن مدت زمان Down time

برای محاسبه مدت زمان قطع سرویس یک سیستم از فرمول زیر استفاده کنیم:

$$(Availability - 1) * TotalTime = DownTime \quad (۶)$$

اگر یک سیستم در یک سال 99.99% دسترس‌پذیری داشته باشد چند دقیقه Down time خواهد داشت:

$$(0.9999 - 1) * 365D = DownTime \quad (۷)$$

$$(0.0001) * 8760Hr = 0.876Hr \quad (۸)$$

$$0.876Hr \rightarrow 52.56Min \quad (۹)$$

$$52.56Min \rightarrow 52Min \rightarrow 0.56Min \quad (۱۰)$$

در نهایت پاسخ ۵۲ دقیقه و ۳۴ ثانیه قطعی سرویس با 99.99% دسترس‌پذیری می‌باشد.'

۵.۵ تعریف کیفیت

در استاندارد IEEE 1990 کیفیت به دو صورت تعریف می‌شود:

۱. چقدر یک سیستم، یک مولفه یا یک فرایند در برابر رویارویی با نیازمندی‌های پروژه موفق بوده است.

۲. چقدر یک سیستم، یک مولفه یا یک فرایند در برابر با رفع نیازهای کاربران موفق بوده است.

۶.۵ خصوصیات کیفی قابل مشاهده در زمان اجرای نرم‌افزار

۱. کارایی

۲. امنیت

۳. قابلیت استفاده

۴. قابلیت دسترسی

۷.۵ خصوصیات کیفی غیرقابل مشاهده در زمان اجرای نرم‌افزار

۱. قابلیت اصلاح

۲. قابلیت آزمانیش

۳. قابلیت استفاده مجدد

۴. قابلیت یکپارچگی

۵. قابلیت حمل

۸.۵ سناریوهای خصوصیات کیفی

۱.۸.۵ Source of Stimulus یا منبع تحریک

منبع تحریک شامل بعضی از موجودیت‌ها از قبیل، انسان، سیستم کامپیوتری، نرم‌افزارها و هر محرک دیگری است که یک تحریک را در سیستم ایجاد می‌کند یا به بیانی دیگر موجود تولید یک تحریک می‌شود.

- در درخواست کارنامه توسط دانشجو، دانشجو منبع تحریک می‌باشد.
- در چاپ شهریه منبع تحریک کسی است که درخواست آن را ارسال می‌کند.

۲.۸.۵ Stimulus یا محرک

محرک وضعیتی است که درسیستم ایجاد شده است و لازمه مورد بررسی قرار گرفتن (باید به آن پاسخ داده شود) می‌باشد.

۳.۸.۵ Environment یا محیط

محیطی که در آن منبع تحریک یک وضعیتی یا محرکی ایجاد کرده است. برای مثال زمانی که یک تحریک رخ می‌دهد ممکن است سیستم در حال اجرا باشد، یا هر وضعیت دیگری مانند Shotdown یا Standby.

۴.۸.۵ Artifacts یا فرآورده‌ها

موجودیتی است که روی آن تحریکی انجام شده است. فرآورده ممکن است کل سیستم یا بخشی از آن باشد.

۵.۸.۵ Response یا پاسخ

پاسخ فعالیتی است که سیستم بعد از تحریک شدن انجام می‌دهد.

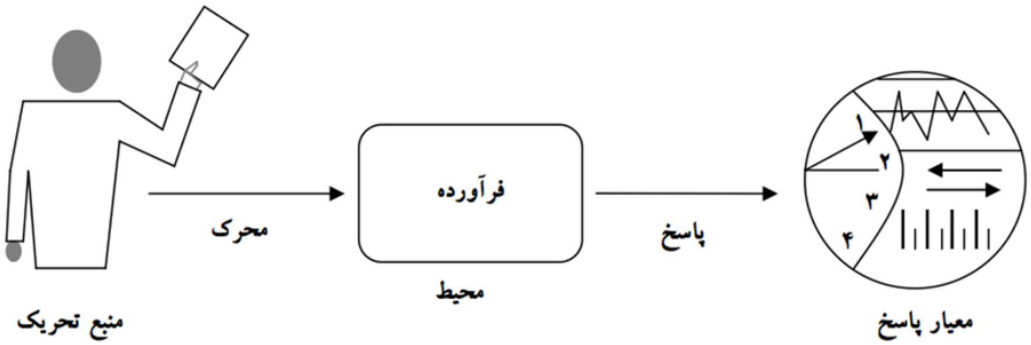
- پیام مناسبی را به کاربر نشان بدهد.
- سیستم زیر بار محاسباتی شدید است، در زمانی مشخص پیام دهد که «چند دقیقه بعد برای ورود تلاش کنید».

۶.۸.۵ Response Measure یا معیار پاسخ

وقتی که پاسخی بعد از تحریک شدن داده می‌شود باید بتوان آن را به روشی مناسب و مشخص اندازه‌گیری کرد تا نیازمندی‌های مورد نظر بتواند مورد آزمایش قرار بگیرند.

نکته

- تمامی منابع تحریک و محرک‌ها قابل بررسی نیستند.
- محیط همیشه بار کاری نیست.



شکل ۴: بخش‌های اصلی سناریو خصوصیات کیفی

۹.۵ General scenario یا سناریو عمومی

سناریو عمومی برای هر ویژگی کیفی [۴] یک معیار می‌باشد و فاقد از ویژگی‌های دامنه هر جایی یک سناریو دارد. یا به عبارتی دیگر، سناریوهای عمومی مستقل از سیستم هستند و در ارتباط با هر سیستمی می‌توانند باشند.

۱۰.۵ Concrete scenario یا سناریو عینی

سناریوهای عینی براساس ویژگی‌های دامنه هر پروژه‌ای متفاوت می‌باشند یا به عبارتی دیگر برای سیستم‌های خاص مشخص می‌شوند.

نکته

- خصوصیات کیفی در سناریوهای عمومی و عینی دقیقاً مانند هم هستند فقط موارد آن‌ها نسبت به دامنه متفاوت مطرح می‌شوند.
- هر Fault که شناسایی نشده باشد در محرک خواهد بود.
- طبق قانون تنزل آبرومندانه کل سیستم همگی همزمان کرش نمی‌کند بلکه تکه تکه این کرش رخ می‌دهد. همچنین در اجرای مجدد سیستم نیز این قانون وجود دارد، کل سیستم همزمان با هم بالا نمی‌آید بلکه تکه تکه بایستی روی سیستم‌ها کار شود تا بالا آید.
- Fault محرکی برای ویژگی کیفی دسترس‌پذیری می‌باشد زیرا سیستم را می‌تواند از دسترس خارج کند.

۱۱.۵ مثال سناریو عینی

پایش ضربان قلب تعین می‌کند که سرور در شرایط نورمال پاسخگو نیست. سیستم به اوپراتور اطلاع می‌دهد و فرایندهای خود را بدون داون‌تایم انجام می‌دهد [۵].

[۴] Quality attributes

[۵] The heatbeat monitor determines that the server is nonresponsive during normal operations. The system informs the operator and continues to operate with no downtime.

۱. عامل تحریک: عامل خارجی پایش ضربان قلب

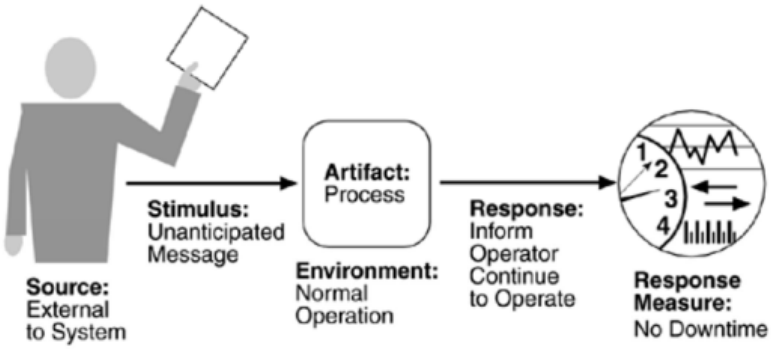
۲. محرک: ارسال پیام از کلاینت به سرویس برای بررسی دریافت پیام به صورت صحیح

۳. محیط: محیط انجام این عملیات کاملاً نورمال است.

۴. فرآورده: سرور در حقیقت مورد بررسی قرار گرفته است.

۵. پاسخ: اطلاع به اوپراتور که سرور کار نمی‌کند.

۶. معیار پاسخدهی: بدون داون تایم



شکل ۵: سناریو عینی برای قابلیت دسترسی در مثال بالا

۱۲.۵ سناریو عمومی برای ویژگی کیفی دسترس‌پذیری

Portion of Scenario	Possible Values
Source	Internal/external: people، hardware، software، physical infrastructure
Stimulus	Fault: omission، crash، incorrect timing، incorrect response
Artifact	System's processors، communication channels، persistent storage، processes
Environment	Normal operation، startup، shutdown، repair mode، degraded operation، overloaded operation
Response	Prevent the fault from becoming a failure **Detect the fault:** • Log the fault • Notify appropriate entities (people or systems) **Recover from the fault:** • Disable source of events causing the fault • Be temporarily unavailable while repair is being effected • Fix or mask the fault/failure or contain the damage it causes • Operate in a degraded mode while repair is being effected
Response Measure	Time or time interval when the system must be available Availability percentage e.g.، 99.999% Time to detect the fault Time to repair the fault Time or time interval in which system can be in degraded mode Proportion e.g.، 99% or rate e.g.، up to 100 per second of a certain class of faults that the system prevents، or handles without failing

Table :۱ Scenario Portions and Their Possible Values

۱۳.۵ تاکتیک‌ها

برای هر ویژگی کیفی مجموعه‌ای از تاکتیک‌ها را می‌توانیم داشته باشیم. هر تاکتیک روی یک ویژگی کیفی مشخص اعمال می‌شود. اگر چند ویژگی کیفی در سیستم داریم بایستی Architectural patterns را مورد نظر قرار بگیریم.

ویژگی کیفی کارایی را در نظر داشته باشید، برای اینکه بتوانیم به عدد بالایی در کارایی برسیم باید تاکتیک زمانبندی را انتخاب کنیم که در هر تاکتیک مجموعه‌ای از استراتژی‌هایی وجود دارد که می‌توان با استفاده از آن‌ها به ویژگی کیفی مورد نظر رسید. برای مثال در تعیین استراتژی در تکنیک زمانبندی می‌توانیم از الگوریتم Shortest Job First (SJF) استفاده کنیم.

تاکتیک‌ها معمولاً به صورت ترکیبی مورد استفاده قرار می‌گیرند. اینکه ما به چهع صورت از Monitoring استفاده می‌کنیم بستگی به سناریو مطرح شده در ویژگی کیفی مورد نظر دارد.

۱۴.۵ ۴ نوع Fault نرم‌افزاری

۱.۱۴.۵ Omission

زمانی رخ می‌دهد که یک کامپوننتی نسبت به یک ورودی پاسخ نمی‌دهد.

Crash ۲.۱۴.۵

اگر تمام کامپوننت‌ها از Omission رنج ببرند سیستم به Crash بر می‌خورد.

Timing ۳.۱۴.۵

اگر یک کامپوننت بعد از دریافت ورودی، هنگام تولید خروجی زمان غیرمنطقی را سپری کند با Fault مربوط به زمان رو به رو خواهد بود.

Response ۴.۱۴.۵

اگر کامپوننت بعد از دریافت ورودی، خروجی که تولید می‌کند پاسخ مناسب و صحیح نباشد در حقیقت Response fault رخ می‌دهد. که خطرناک‌ترین حالت ممکن این Fault نرم‌افزاری است و باید از تکنیک‌هایی استفاده کنیم که این نوع از Fault را در نرم‌افزار خود تشخیص دهیم.

۱۵.۵ مهم‌ترین هدف تاکتیک دسترس‌پذیری

یکی از مهم‌ترین اهداف دسترس‌پذیری شناسایی تمام Faultها پوشش آن‌ها می‌باشد. حتی زمانی که سیستم به Fault بر خورد کرد بتوان خیلی سریع آن را Repair کرد و سیستم را به مدار بازگردانیم.

۱۶.۵ دسته‌بندی تاکتیک‌های دسترس‌پذیری

تاکتیک‌های ویژگی کیفی «دسترس‌پذیری» ۳ دسته زیر هستند:

Detect Faults ۱.۱۶.۵

۱. Ping/echo: یک پیام به عنوان Async Request/Response بین نودها ارسال می‌شود برای اینکه دریابیم نودی در دسترس است یا خیر. یک پیام می‌فرستد تا ACK از مقصد دریافت کند و اگر نود مقصد جواب دهد یعنی نود در دسترس است. بیشتر برای بدست آوردن Delay در شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲. Monitor: پایش وضعیت سلامت یک کامپوننت (سیستم، نرم‌افزار، سخت‌افزار، شبکه و هر چیزی). اکثراً از این استراتژی برای پیدا کردن حملات DDoS استفاده می‌شود تا بتوانیم ببینیم منبع حمله از کجا شروع شده است.

۳. Heartbeat: برای بررسی صحت ارتباط با نودهای شبکه مورد استفاده قرار می‌گیرد. به صورت دوره‌ای به نودهای شبکه پیام ارسال می‌کند و دقت نمی‌کند که نودهای مقصد پیام را دریافت کرده‌اند یا خیر.

۴. Timestamp: برای متوجه شدن از توالی اشتباه در Eventها مورد استفاده قرار می‌گیرد. در بحث Distributed Message Passing مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۵. Sanity check: بررسی سلامت؛ عملیات یک کامپوننت یا Output را از نظر منطقی و قابل تایید بودن بررسی می‌کند. ذات و ماهیت اطلاعاتی که دریافت کرده‌ایم را با دقت بررسی می‌کنیم. که معمولاً بر اساس دانش طراحی داخلی، وضعیت سیستم و یا طبیعت دادها می‌باشد. (مثال ارتفاع اندازه‌گیری شده اشتباه در هواپیما با استفاده از این تاکتیک قابل بررسی می‌باشد)

۶. Condition Monitoring: چک کردن شرایطی که سیستم مورد نظر در آن قرار می‌گیرد که بررسی کنیم آیا مفروضات در طول طراحی حفظ شده‌اند یا خیر. برای مثال یخچالی که به تازگی خریداری شده است داغ می‌شود. باید بررسی کنیم که براساس مفروضات محصول، آیا فاصله مشخصی را با دیوار دارد یا خیر. زمانی که سیستم‌ها ناهمگن هستند مفروضات بایستی رعایت شوند.

۷. Voting: این تاکتیک برای بررسی کامپوننت‌هایی مورد استفاده قرار می‌گیرد که نتایج یکسانی را تولید می‌کنند. مهم‌ترین نکته این تاکتیک آن است که تعداد سیستم‌هایی که در آن در نظر می‌گیریم باید فرد باشند به همین خاطر به آن TMR یا Triple Modular Redundency می‌گویند. دلیل استفاده از ۳ ماژول آن است که بیشتر از ۳ ماژول مانند ۵ و ۷ ماژول هزینه بیشتری را تولید می‌کند. به عبارتی ساده‌تر زمانی از این سیستم استفاده می‌کنیم که نیاز به سرویس‌های بک‌آپ داریم و جوابی که بدست می‌آید درست و غلط آن را نمی‌دانیم. این تاکتیک در ۳ روش مختلف می‌تواند بکار گرفته شود:

(آ) Replication: در این حالت هر کامپوننت دقیقاً کلون کامپوننت اول می‌باشد. پس ورودی و تابع یکسانی دارند و حتی دقیقاً یک خروجی را تولید می‌کنند. اگر در سخت افزار باشد باید جایگزینی نسبت به هم وجود داشته باشد. فرمی از تنوع تابع و ورودی و خروجی وجود ندارد. هیچ واگرایی نسبت بهم ندارند و از نظر ماهیتی یک چیز هستند.

(ب) Functional redundancy: در این روش ورودی‌ها یکسان هستند حتی خروجی‌ها هم یکسان هستند ولی توابع و الگوریتم‌هایی که در آن‌ها استفاده می‌شود متفاوت است. این روش برای زمانی مناسب است که اگر خطایی در یک تابع وجود داشته باشد در تابع کامپوننت‌های دیگر نباشد زیرا روش‌های محاسبه در کامپوننت‌های دیگر با توابع دیگر متفاوت است اما در انتها همه سیستم‌ها یک خروجی را تولید می‌کنند. استفاده از این روش نسبت به Replication بهتر است زیرا اگر یک تابع کار نکند توابع دیگر ما را به خروجی می‌رسانند.

(ج) Analytic redundancy: در این روش، ورودی، خروجی، و توابع پیاده‌سازی شده کاملاً متفاوت هستند و هر سیستمی براساس ورودی مشخص (متفاوت) خروجی (متفاوت و متناسب با ورودی) تولید می‌کند. برای مثال در هواپیما وقتی فشارسنج و سیستم ارتفاع‌سنج بررسی می‌شود که وضعیت هواپیما را ایمن اعلام کنند دقیقاً دو ابزار سیستم استفاده شده حاوی Workload متفاوت و پردازش متفاوت و خروجی متفاوت با یکای مختلف هستند، اما از این سیستم‌ها استفاده می‌شود تا ارتفاع درست هواپیما را اطمینان حاصل کنند. در حقیقت این روش در کنار Sanity checking بکار می‌رود که بخاطر حیاتی بودن مسئله، خلبان از نتیجه‌ای که باید بعد از ۱۵ دقیقه بدست آید، اطمینان حاصل کند.

۸. Exception detection: وقتی که یک سیستم از فرایند و عملیات نرمالی که انتظار داریم در حال خارج شدن است که می‌توان در برنامه‌نویسی آن را با استفاده از `try-catch` شناسایی نمود و سیستم را در حالت کارکرد درست برای کاربر قرار دهیم.

۹. Self-test: در حقیقت در این تاکتیک یک مولفه قصد آزمون خودش را دارد که از صحت عملکرد خودش تایید را دریافت کند. این تاکتیک در کنار تاکتیک Condition monitoring می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. این ترکیب در سیستم عامل وجود دارد. برای مثال زمانی که رم را داخل کامپیوتر نباشد قبل از بوت شدن سیستم عامل، در فرایندهای BIOS بررسی می‌شود و صدایی از نوع خطر را پخش می‌کند و می‌تواند پیامی را در آن بابت در صفحه نمایش مشاهده کرد. نکته مهم آن است که Self-monitoring را در کنار آزمون استفاده می‌کنیم تا مطمئن شویم عامل خارجی در جهت ایجاد fault وجود نداشته باشد.

نکات

- در تاکتیک Voting بخش Replication تنوعی ندارد و در سیستم‌های سخت‌افزاری و نرم‌افزاری مورد استفاده قرار می‌گیرد.
- یکی از استراتژی‌هایی که در Availability وجود دارد تعدیل بار کاری در سیستم می‌باشد.

۲.۱۶.۵ Recover from Faults

۱. Preparation and Repair: آماده‌سازی و تعمیر

(آ) Protection group: در حقیقت در گروهی از گره‌های در شبکه اشاره دارد که برخی دائماً Active هستند و برخی دیگر به عنوان یدکی یا Spare استفاده می‌شوند. یکسری از منابع در سیستم فعال هستند و در حال انجام تسک‌ها می‌باشند و یکسری از سیستم‌ها در این گروه حکم دستگاه‌های پشتیبان یا Backup را دارند. اگر گره‌ای که Active بوده است از کار بیوفتد سریعاً باید دستگاه یدکی به عنوان جایگزین گره قبلی آماده‌سازی شود تا سرویس قطع نشود که یکی از شرایط منفی در Availability

محسوب می‌شود. Faultهای نرم‌افزار دلیل اصلی از کار افتادن گره‌های Active هستند که در نهایت تبدیل به Failure شده‌اند. پس بایستی دستگاه‌هایی وجود داشته باشند که بجای دستگاه‌های اصلی وارد مدار شوند تا سیستم را ریکاور کنند.

i. Active redundancy or Hot spare (1+1 redundancy): در این تکنیک تمام سیستم‌های حاضر در شبکه در حال کار می‌باشند و تمام این گره‌ها کلونی از یکدیگر هستند تماماً اطلاعات را بین خودشان Sync و هماهنگ می‌کنند تا اگر سیستمی از کار افتاد سیستم بعدی‌ای که در مدار بوده است و باقی مانده است بتواند ادامه آن کار را بدون وقفه و قطعی سرویس انجام دهد. هزینه در این تاکتیک زیاد است اما قدرت Availability بسیار زیاد است که می‌توان از این نوع تاکتیک‌ها در باتک‌ها نیز استفاده کرد چرا که دائماً نیازمند دردسترس بودن هستند. در این تاکتیک به ازای هر گره یک گره به عنوان گره Redundent وجود دارد که وقتی گره Active از کار افتاد گره Spare که دائماً در حال Sync شدن بوده است وارد مدار می‌شود.

ii. Passive redundancy or Warm spare: در این تاکتیک گره‌های موجود در شبکه در حال کار می‌باشند اما تنها در بازه معینی از هفته یا یک زمانبندی مشخص داده‌ها را بین خودشان Sync و هماهنگ می‌کنند.

iii. Spare or Cold spare: در اصل گره‌های یدکی Out of the service هستند. اصلاً به صورت Active یا Passive اطلاعات و وضعیت آن‌ها Sync نمی‌شود، تا زمانی که یک Fault در گره Active رخ دهد و تبدیل به Failure شود. به محض این اتفاق، گره‌هایی که خاموش بوده‌اند بایستی سریعاً وارد محیط عملیاتی شوند و تنها بتوانند عملیات محدود و اولیه و ضروری که در سیستم تعریف شده است را به صورت کامل انجام دهد. برای مثال سیستم اسنپ فود اگر به مشکلی برخورد کند و از دسترس خارج شود، سریعاً باید سیستم‌های یدکی آماده شوند و وارد مدار شوند تا مشتریانی که در هنگام پرداخت پول از حساب آن‌ها پرداشت شده اما محصول انتخاب شده از لیست پاک شده‌است سریعاً پول به حساب آن‌ها برگردد تا مجدداً در زمان مناسب اقدام به سفارش خود کنند. در این لحظه یعنی سرویس payment سعی شده است که کامل در دسترس اما با قابلیت حیاتی اصلی خودش و محدود در مدار باشد. یعنی نمی‌توان در این سناریو از Cold spare انتظار داشته باشیم که لیست سفارش انتخاب کاربر نیز ریکاور شود.

(ب) Exception handling: استراتژی مناسب بعد از تشخیص Exception در مرحله قبلی را انتخاب می‌کند. برای مثال اگر درخواست از کلاینت به سرور با شکست رو به رو شد در قسمت Exception پیام مناسبی را به کاربر نشان دهد که شاید ممکن است اینترنت کاربر دچار مشکل شده باشد.

(ج) Rollback: بازگشت به منطقه امن قبلی در نرم‌افزار می‌باشد. وضعیت خوب شناخته شده در نرم‌افزار. تمام تراکنش‌ها خاصیت Rollback را ندارند. برای مثال از حساب بانکی ۵۰ تومان کم شده است و به سیستم دیگری هنگام انتقال قطع شده است، باید پول به مبدا برگردد. در حقیقت طراح مشخص می‌کند که منطقه و وضعیت امن نرم‌افزار کجا قرار دارد.

(د) Software upgrade: وقتی می‌خواهیم Faultی که در سیستم وجود دارد را ریکاور کنیم بایستید سیستم را آپگرید کنیم که به وضعیت مطلوب خودش برسد.

(ه) Retry: مهم‌ترین استراتژی تاکتیک Recovery from Fault می‌باشد. جایی که Failure رخ داده‌است را قطع می‌کنیم و دوباره اجرا می‌کنیم که به موفقیت برسد. آنقدر Retry یا اصطلاحاً تلاش مجدد می‌کند تا به موفقیت برسد. برای مثال در سیستم‌آموزشیار، اگر در کلاینت مشکلی مشاهده شود، کاربر آنقدر تلاش می‌کند که دوباره بتواند صفحه انتخاب واحد را ببیند.

(و) Ignore faulty behavior: نسبت به رفتارهایی که به نظر Faulty به نظر می‌رسند آن‌ها را نادیده می‌گیرد. سیستم نبت به پیام‌های مشکوک هیچ واکنشی نشان نمی‌دهد. منبع مشکوک منبعی است که در سیستم ناشناخته می‌باشد و احتمالاً سیستم را به سمت Failure می‌برد.

(ز) Degradation یا تنزل: زمانی که یک مولفه در سیستم نرم‌افزاری دچار مشکل می‌شود به خاطر آن کل سیستم را Out of the service نمی‌کنیم بلکه تنها آن قسمت را از دسترسی خارج می‌کنیم که مشکلش را پیدا کنیم و آن را حل کنیم. برای مثال زمانی که سینک آشپزخانه یک خانه خراب است کل خانه را به خاطر آن نمی‌بندیم که هیچ کس نتواند در آن زندگی کند. اگر به یاد داشته باشید نرم‌افزار Gmail گوگل یک آیتم در اختیار کاربر قرار می‌داد که آن آیتم این امکان را داشت کاربر بتواند با کندترین اینترنت ایمیل‌هایش را در محیطی بسیار ساده و ابتدایی دریافت کند. اگر سیستم اصلی گوگل با امکان زیاد از کار می‌افتاد این با این آیتم کاربر همیشه در شبکه با امکانات محدودتر حاضر بود.

(ح) Reconfiguration: واگذاری و اختصاص مجدد وظایف به منبع باقی مانده. در حقیقت همانند رفتار در Spare را دارد، زمانی که یک گره هیچ وقت زیر بار نبوده و یک گره Active از کار بیوفتد، از گره‌ای که به عنوان یدکی در سیستم معرفی شده بود می‌توانیم استفاده کنیم و ادامه کارها را در آن ارجاع بدهیم. هر کدام از گره‌ها هنگام واگذاری و اختصاص مجدد وظایف ممکن است تنها یکسری کارهای محدودی را انجام دهند.

۲. Re-introduction: باز معرفی مولفه در سیستم

(آ) حالت Shadow: مولفه‌ای که از دسترسی ما خارج شده است را در یک بازه زمانی در حالت Shadow قرار می‌دهیم که ورودی‌های جدید از این به بعد در این سیستم نیز وارد شوند و بررسی کنیم که آیا آن گره Activeی که به خروجی مورد نظر رسیده است این گره نیز به آن خروجی می‌رسد یا خیر؟ کاربرد بسیار زیادی برای سیستم‌هایی که در دامنه‌های بحرانی و Critical استفاده می‌شوند دارد با اینکه هزینه زیادی بابت روشن بودن چندین گره دارد اما Availability بالایی را نیز همراه خواهد داشت.

(ب) State resync: این تاکتیک زمانی استفاده می‌شود که سیستم‌هایمان در Protection group در حالت‌های Active و Passive redundent هستند. این تاکتیک می‌تواند به Monitoring وابسته باشد که در ابتدا اطلاعات را بررسی کند و سپس بعد از آن عمل Resync را انجام دهد.

(ج) Non Stop Forwarding (NSF): اگر بخواهیم یک سیستمی را بررسی کنیم که الگوریتم آن به واسطه ورودی‌هایی که روی آن انجام می‌شوند، فعال می‌شود از این تاکتیک استفاده می‌کنیم. برای مثال زمانی که یک مسیریاب الگوریتمش به درستش کار نکند و به هر دلیلی الگوریتم مسیریابی آن با شکست مواجه شود سیستم باید سعی کند با جدول همسایگی که از گره‌ها دارد از یک الگوریتم جایگزین استفاده کند که بسته را از مبدا به مقصد برساند. نکته مهم در NSF آن است که سعی شود هیچ وقت ارتباطات از بین نرود و گره اگر هر اتفاقی برایش افتاد مسیر جدیدی را پیدا کند.

(د) Escalating restart: به معنای بالا آوردن سیستم یا اضافه کردن می‌باشد. عموماً در سیستم با سلسله مراتب مواجه می‌شویم که والد فرزندی هستند. طراح تصمیم می‌گیرد که وقتی یک سیستم تنزل آبرومندانه کرده باشد باید سلسله مراتبی Up & Running شود که مولفه به مولفه صورت می‌گیرد. یعنی اول بچه‌ها و بعد والد و به ترتیب به بالاترین عضو درخت یا root. این اصطلاح را معمولاً به Graceful degradation می‌شناسند.

نکات

- هزینه‌ها در Protection group به ترتیب گفته شده از زیاد به کم است.
- عموماً در سیستم یک تاکتیک استفاده نمی‌شود بلکه مجموعه‌ای از تاکتیک‌ها می‌توانند در کنار هم دیگر قرار گیرند تا از بروز Fault و تبدیل شدنش به Failure جلوگیری کنند. سیستم هر موقع به آن آستانه رسید باید استراتژی مناسبی را آماده داشته باشیم که سیسیتم را از آن شلوغی و اختلالی که رخ داده است آزاد کنیم. آستانه‌ها کاملاً وابسته به مشاهدات و تجربه مهندس است.
- کاملاً به سیستم وابسته است، هیچ وقت Single criteria عمل نمی‌کنیم.

Prevent Faults ۳.۱۶.۵

۱. Removal from service: این بخش با جوان‌سازی نرم‌افزار یا Software rejuvenation ارتباط دارد. برای مثال وقتی یک مولفه‌ای دچار Memory leak می‌شود سریعاً عامل نشتی آن شناسایی شود سپس هر مشکلی که دارد را حل کنیم تا نرم‌افزار به حالت سالم و برنای خودش برسد.

۲. Transactions: مباحثی در مورد مسابقه بر سر رسیدن به منابع وجود دارد که بتوان به صورت بهینه دو یا چند تراکنش همزمان روی یک منبع عملیات مختلف خواندن و نوشتن را انجام دهند. پس بایستی از استراتژی‌های مناسب همروندی و مباحث مهم مدیریت توزیع شده تراکنش‌ها مانند 2PC و 3PC در موقعتی مناسب استفاده شود.

۳. Predictive model: مدل‌های پیش‌بینی در هر سیستم کاملاً براساس داده‌ها امکان پذیر می‌باشد. این داده‌ها از طریق Monitoring مولفه‌ها در هر بخشی حاصل می‌شود. اگر ما داده‌های پایش سیستم را بررسی کنیم می‌توانیم تصمیم مناسبی را برای مقابله از وقوع هر Fault داشته باشیم. برای مثال نرخ ورودی داده‌های درخواستی زیاد می‌شود که می‌توانیم از Prediction + Monitoring استفاده کنیم که از حمله‌های DDoS جلوگیری به عمل آوریم.

۴. Exception prevention: پرهیز از هر گونه Exception در کل حاصل می‌شود. وقتی ما از Smart pointerها در زبان برنامه نویسی خود استفاده کنیم یا از رپرها برای کاهش پیچیدگی کد و Abstract Data Type (ADT)ها جهت معرفی عملکرد هر کلاس به صورت چکیده استفاده کنیم می‌توانیم سطح پیچیدگی سیستم را به شدت کاهش دهیم و از بروز هر گونه Exceptionهای ناگهانی در کد جلوگیری کنیم.

۵. Increase competence set: افزایش مجموعه شایستگی‌ها، در این حالت مولفه‌ها را طوری طراحی می‌کنیم که مجموعه شایستگی آن‌ها از حوزه رفتاریشان بیشتر شده باشد. فرض می‌کنیم که یک مولفه داریم و می‌خواهیم به آن دسترسی پیدا کنیم. در خواست را به مولفه ارسال می‌کنیم که به هر دلیلی Accept نمی‌شود. برای مثال درخواست قابل انجام نبوده است و دسترسی لغو شده است. مقداری صبر می‌کند و مجددا تلاش می‌کند که این درخواست را داشته باشد. در این حالت نرخ عدم دسترس‌پذیری مولفه کمتر می‌شود که در فرصتی مناسب دوباره تلاش کرده تا به مدار برگشته است. به عبارتی مولفه‌ای داشته باشیم که برای ۲ ثانیه دیگر با تلاش مجدد بتواند دسترسی پیدا کند. یعنی طراحی یک مولفه‌ای که بتواند کیس‌هایی مانند Faultها را مانند بخش عادی و نرمال سیستم هندل کند.