معماری مقیاس بزرگ
خانم دکتر سحر آدابی

علیرضا سلطانی نشان

۱۷ 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].

[1] Rational Unified Process

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.

- 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.

[۲] End users

۴.۲.۲ محوریت بر روی نیازمندی‌ها

متدولوژی 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 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

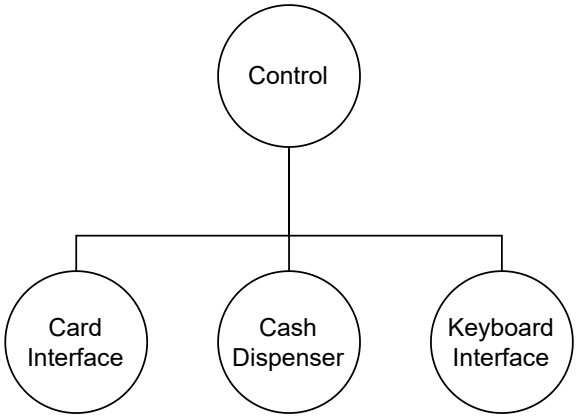
در این بخش بررسی می‌کنیم که فرایندها تماماً تابعی از معماری هستند یا خیر؟ در انتهای کار، تمام اسناد را در کنار هم قرار می‌دهیم و به تطبیق اسناد با سند معماری می‌پردازیم. برای مثال تمام Usecase diagramها مطابق با سند معمعاری Usecaseها بوده‌اند؟ طبق استاندارد طراحی شده‌اند؟ اگر هر کدام مطابقت نداشت بایستی 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:

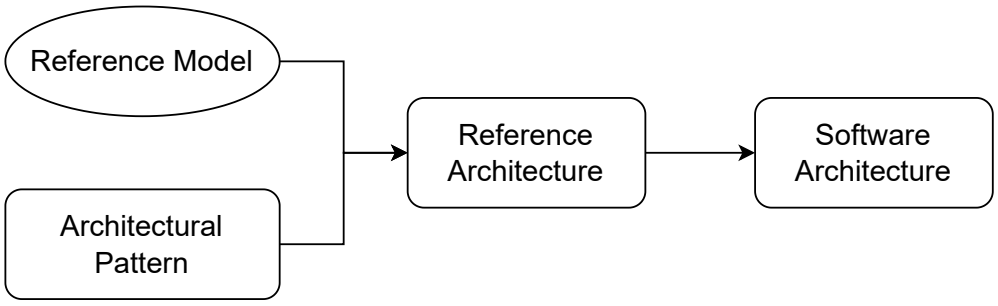
۱. Components

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؟

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.

[۳] Quality properties

- 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 [۲].

(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.

Component-and-Connector ۲.۲۰.۳

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؟

Allocation یا اختصاص منابع ۳.۲۰.۳

- 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

Responsiveness یا پاسخگویی ۱.۴

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.

Usage level یا سطح استفاده ۲.۴

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.

Waiting time ۳.۴

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

Queue length ۴.۴

تعداد تسک‌ها (درخواست‌ها) در صف انتظار برای سرویس‌گیری.

Task length or Service time ۵.۴

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

Utilization ۶.۴

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

Throughput ۷.۴

نرخ کامل شدن تسک‌ها در سیستم می‌باشد.

Good-put ۸.۴

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

Missionability یا ماموریت‌پذیری ۹.۴

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

۱۱.۴ Productivity 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؟

۱۲.۴ دسترس‌پذیری، قابلیت اعتماد و قابلیت اطمینان

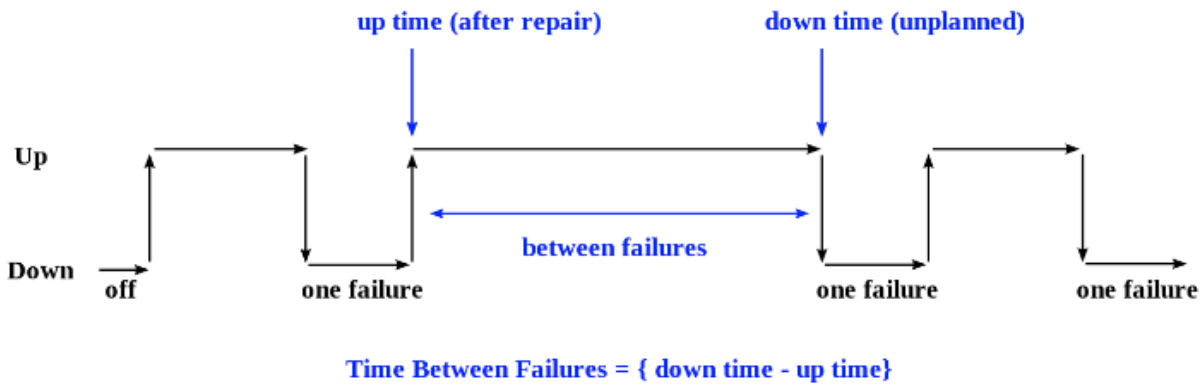
۱.۱۲.۴ Mean Time Between Failures (MTBF)

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

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

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



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.

Mean Time to Repair or Recovery (MTTR) ۳.۱۲.۴

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.

$$Availability = \frac{uptime}{TotalServiceTime} \tag{۲}$$

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.

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:

$$(Availability - 1) * TotalTime = DownTime \quad (۵)$$

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

$$(0.9999 - 1) * 365D = DownTime \quad (۶)$$

$$(0.0001) * 8760Hr = 0.876Hr \quad (۷)$$

$$0.876Hr \rightarrow 52.56Min \tag{۸}$$

$$52.56Min \rightarrow 52Min \rightarrow 0.56Min \tag{۹}$$

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

مراجع

[1] Study.com. Rational unified process | rup definition, methodology & examples. https://study.com/academy/lesson/what-is-the-rational-unified-process-methodology-tools-examples.html#:~:text=Rational%20Unified%20Process%20(RUP)%20is,requirements%20and%20objectives%20are%20met., 11/21/2023.

[2] LinuxFoundation. Cocomo: Cost estimation simplified. https://docs.linuxfoundation.org/lfx/insights/v3-beta-version-current/getting-started/landing-page/cocomo-cost-estimation-simplified, 2024.