KANON INFORMATYKI

Architektura oprogramowania w praktyce

Wydanie II

TWÓRZ DOSKONAŁE PROJEKTY ARCHITEKTONICZNE OPROGRAMOWANIA!

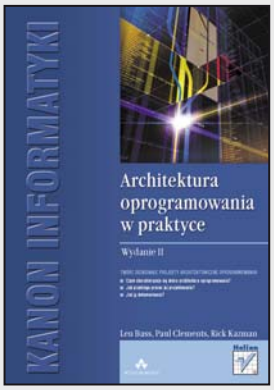
- Czym charakteryzuje się dobra architektura oprogramowania?
- Jak przebiega proces jej projektowania?
- Jak ją dokumentować?

Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman

ADDISON-WESLEY

Helion

Architektura oprogramowania w praktyce. Wydanie II



Autorzy: Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman
Tłumaczenie: Paweł Koronkiewicz, Tomasz Walczak
ISBN: 978-83-246-3302-9
Tytuł oryginału: Software Architecture in Practice, Second Edition
Format: 172×245, stron: 464

Twórz doskonałe projekty architektoniczne oprogramowania!

- Czym charakteryzuje się dobra architektura oprogramowania?
- Jak przebiega proces jej projektowania?
- Jak ją dokumentować?

Współczesne systemy informatyczne to zaawansowane, skomplikowane mechanizmy, składające się z wielu współdziałających ze sobą komponentów. Ich wyodrębnienie, a także określenie sposobu komunikacji i interakcji między poszczególnymi elementami, jest nie lada wyzwaniem dla architektów. Od ich decyzji zależy, czy system uda się zrealizować, czy będzie on efektywny, stabilny i łatwy w utrzymaniu.

Na szczęście istnieją metodologie, narzędzia oraz sposoby analizy efektów ułatwiające i porządkujące cały ten proces. W tej książce znajdziesz wszystko, o czym trzeba pamiętać przy projektowaniu oprogramowania. Poznasz sposoby projektowania z wykorzystaniem Metody Analizy Kompromisów w Architekturze (ATAM) oraz oceniania aspektów finansowych przy użyciu Metody Analizy Kosztów i Korzyści (CBAM). Autorzy przedstawią wiele studiów przypadków, które pozwolą Ci na zapoznanie się z rzeczywistymi problemami i ich rozwiązaniami. Ponadto nauczysz się stosować język UML do wizualnej reprezentacji architektury systemu oraz zobaczysz, jak przygotować dobrą dokumentację projektu. Książka ta sprawdzi się idealnie w rękach każdego architekta oprogramowania.

- Proces wytwarzania oprogramowania a cykl biznesowy architektury
- Wzorce architektury
- Struktury i perspektywy architektury
- Określenie i uzyskanie atrybutów jakościowych
- Projektowanie architektury pod kątem wysokiej dostępności
- Proces projektowania architektury
- Dokumentowanie architektury oprogramowania
- Język UML
- Metody rekonstrukcji architektury i inżynierii odwrotnej
- Metoda Analizy Kompromisów w Architekturze (ATAM)
- Metoda Analizy Kosztów i Korzyści (CBAM)
- Ponowne wykorzystanie elementów architektury
- Dokumentowanie architektury

Poznaj najlepsze metodologie projektowania architektury!

Helion SA
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel. 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl

Spis treści

Przedmowa **9**

Podziękowania **13**

Wstęp **15**

I. Wizja architektury **21**

1. Cykl biznesowy architektury **23**

1.1. Skąd się biorą architektury? 26
1.2. Proces wytwarzania oprogramowania a cykl biznesowy architektury 31
1.3. Czym się charakteryzuje dobra architektura? 33
1.4. Podsumowanie 35
1.5. Pytania do dyskusji 35

2. Czym jest architektura oprogramowania? **37**

2.1. Czym jest, a czym nie jest architektura oprogramowania? 37
2.2. Inne perspektywy 40
2.3. Wzorce architektury, modele referencyjne i architektury referencyjne 41
2.4. Dlaczego architektura jest tak ważna? 43
2.5. Struktury i perspektywy architektury 50
2.6. Podsumowanie 56
2.7. Literatura 57
2.8. Pytania do dyskusji 59

3. System awioniki A-7E — studium wykorzystania struktur architektury **61**

3.1. Położenie w cyklu biznesowym architektury 62
3.2. Wymagania i atrybuty jakościowe 62
3.3. Architektura systemu awioniki A-7E 67
3.4. Podsumowanie 78
3.5. Literatura 79
3.6. Pytania do dyskusji 79

II. Tworzenie architektury 81

4. Atrybuty jakościowe 83
4.1. Architektura a funkcje systemu 84
4.2. Architektura a atrybuty jakościowe 84
4.3. Atrybuty jakościowe systemu 85
4.4. Scenariusze atrybutów jakościowych w praktyce 89
4.5. Inne atrybuty jakościowe systemu 103
4.6. Biznesowe atrybuty jakościowe 103
4.7. Atrybuty jakościowe architektury 104
4.8. Podsumowanie 105
4.9. Literatura 105
4.10. Pytania do dyskusji 106

5. Uzyskiwanie atrybutów jakościowych 107
5.1. Taktyki atrybutów jakościowych 107
5.2. Taktyki dostępności 109
5.3. Taktyki modyfikowalności 112
5.4. Taktyki wydajności 118
5.5. Taktyki bezpieczeństwa 122
5.6. Taktyki testowalności 124
5.7. Taktyki funkcjonalności 126
5.8. Taktyki atrybutów jakościowych a wzorce architektury 128
5.9. Wzorce i style architektury 129
5.10. Podsumowanie 130
5.11. Pytania do dyskusji 131
5.12. Literatura 131

6. Kontrola ruchu lotniczego — projektowanie pod kątem wysokiej dostępności 133
6.1. Powiązania w cyklu biznesowym architektury 135
6.2. Wymagania i atrybuty jakościowe 135
6.3. Architektura systemu 138
6.4. Podsumowanie 152
6.5. Literatura 152
6.6. Pytania do dyskusji 153

7. Projektowanie architektury 155
7.1. Architektura w cyklu życia oprogramowania 155
7.2. Projektowanie architektury 157
7.3. Kształtowanie struktury zespołów 167
7.4. Tworzenie systemu szkieletowego 170
7.5. Podsumowanie 171
7.6. Literatura 172
7.7. Pytania do dyskusji 173

8. Symulator lotniczy — architektura ukierunkowana na łatwość integracji 175
8.1. Powiązania w cyklu biznesowym architektury 176
8.2. Wymagania funkcjonalne i jakościowe 177
8.3. Architektura 180

8.4. Podsumowanie 193
8.5. Literatura 195
8.6. Pytania do dyskusji 195

9. Dokumentacja architektury oprogramowania 197
9.1. Funkcje dokumentacji 198
9.2. Perspektywy architektury 200
9.3. Wybieranie perspektyw architektury 201
9.4. Opisywanie perspektywy architektury 202
9.5. Ogólna część dokumentacji 208
9.6. Zunifikowany język modelowania — UML 211
9.7. Podsumowanie 220
9.8. Literatura 221
9.9. Pytania do dyskusji 221

10. Rekonstrukcja architektury oprogramowania 223
10.1. Wprowadzenie 223
10.2. Ekstrakcja informacji 226
10.3. Budowanie bazy danych 228
10.4. Scalanie informacji 230
10.5. Rekonstrukcja 232
10.6. Przykład 237
10.7. Podsumowanie 245
10.8. Literatura 245
10.9. Pytania do dyskusji 246

III. Analiza i weryfikacja architektury 247

11. ATAM — kompleksowa metoda analizy architektury 253
11.1. Uczestnicy procesu ATAM 253
11.2. Materiały wyjściowe procesu ATAM 255
11.3. Fazy procesu ATAM 256
11.4. Studium przypadku — weryfikacja metodą ATAM systemu Nightingale 267
11.5. Podsumowanie 281
11.6. Literatura 282
11.7. Pytania do dyskusji 282

12. CBAM — ilościowe podejście do decyzji konstrukcyjnych 283
12.1. Kontekst podejmowania decyzji 284
12.2. Podstawy metody CBAM 285
12.3. Stosowanie metody CBAM 289
12.4. Studium przypadku — projekt ECS w agencji NASA 291
12.5. Rezultaty analizy CBAM 298
12.6. Podsumowanie 299
12.7. Literatura 299
12.8. Pytania do dyskusji 299

13. Współdziałanie w World Wide Web — studium przypadku 301
13.1. Powiązania z cyklem biznesowym architektury 301
13.2. Wymagania funkcjonalne i atrybuty jakościowe 303
13.3. Architektura 307
13.4. Nowy cykl ABC — ewolucja architektur handlu elektronicznego w WWW 313

13.5. Wymagania jakościowe 317
13.6. Współczesny cykl biznesowy architektury 318
13.7. Podsumowanie 319
13.8. Literatura 320
13.9. Pytania do dyskusji 321

IV. Od jednego systemu do wielu 323

14. Rodziny produktów — ponowne użycie elementów architektury 325
14.1. Wprowadzenie 325
14.2. Co sprawia, że linia oprogramowania jest udana? 326
14.3. Określanie zakresu 328
14.4. Architektury linii produktów 331
14.5. Co sprawia, że rozwijanie linii oprogramowania jest trudne? 334
14.6. Podsumowanie 337
14.7. Literatura 337
14.8. Pytania do dyskusji 337

15. CelsiusTech — studium przypadku rodziny produktów 339
15.1. Związki z cyklem ABC 339
15.2. Wymagania i atrybuty jakościowe 355
15.3. Rozwiązanie architektoniczne 357
15.4. Podsumowanie 364
15.5. Literatura 365
15.6. Pytania do dyskusji 365

16. J2EE/EJB. Studium przypadku — standardowa dla branży infrastruktura obliczeniowa 367
16.1. Związki z cyklem biznesowym architektury 368
16.2. Wymagania i atrybuty jakościowe 368
16.3. Rozwiązanie architektoniczne 371
16.4. Decyzje związane z wdrażaniem systemu 383
16.5. Podsumowanie 388
16.6. Literatura 388
16.7. Pytania do dyskusji 388

17. Architektura Luther. Studium przypadku — aplikacje przenośne oparte na J2EE 389
17.1. Związki z cyklem ABC 390
17.2. Wymagania i atrybuty jakościowe 393
17.3. Rozwiązanie architektoniczne 396
17.4. Jak w architekturze Luther zrealizowano cele z obszaru jakości? 410
17.5. Podsumowanie 410
17.6. Literatura 411
17.7. Pytania do dyskusji 411

18. Budowanie systemów z gotowych komponentów 413
18.1. Wpływ komponentów na architekturę 415
18.2. Niedopasowanie architektury 416
18.3. Budowa z gotowych komponentów jako proces poszukiwań 421

18.4. Przykład — system ASEILM 424
18.5. Podsumowanie 433
18.6. Literatura 433

19. Przyszłość architektury oprogramowania 435
19.1. Cykl biznesowy architektury 436
19.2. Budowa architektury 437
19.3. Architektura w cyklu życia oprogramowania 438
19.4. Wpływ komponentów komercyjnych 439
19.5. Podsumowanie 441

Skróty 443

Bibliografia 449

Skorowidz 455

5

Uzyskiwanie atrybutów jakościowych

Felix Bachmann, Mark Klein i Bill Wood[1]

W pewnym stężeniu każda dobra jakość staje się szkodliwa.
— Ralph Waldo Emerson

W rozdziale 4. omówiliśmy różne atrybuty jakościowe systemu. Naszym podstawowym narzędziem były scenariusze. Dokładne zrozumienie znaczenia każdego z atrybutów pozwala formułować praktyczne wymagania jakościowe. Wciąż nie jest to jednak rozwiązaniem problemu tego, jak zapewnić, by system faktycznie posiadał tę czy inną cechę. Temu właśnie poświęcony jest niniejszy rozdział. Dla każdego z sześciu atrybutów jakościowych opisywanych w rozdziale 4. przedstawimy praktyczne wskazówki, które mogą być istotną pomocą w odpowiednim konstruowaniu architektury. Nie próbujemy przy tym odnieść się do wszystkich możliwych cech systemu. Warto zwrócić uwagę, że analogiczne porady dotyczące zapewniania łatwości integracji zostaną przedstawione w rozdziale 8.

W tym rozdziale interesuje nas to, w jaki sposób architekt zapewnia uzyskanie różnych cech jakościowych. Wymagania jakościowe opisują reakcje oprogramowania niezbędne do realizacji celów biznesowych. W centrum naszego zainteresowania są techniki, z których może skorzystać architekt, by utworzyć odpowiedni projekt, stosując pewne wzorce konstrukcyjne, wzorce architektury i strategie architektury — będziemy nazywać je **taktykami atrybutów jakościowych**. Przykładowo celem biznesowym może być przygotowanie linii produktów. Środkiem do osiągnięcia tego celu jest zapewnienie wymienności pewnych klas funkcji.

Przed podjęciem decyzji o zastosowaniu pewnego systemu wzorców architekt powinien rozważyć pożądane taktyki modyfikowalności. Stają się one podstawą podejmowanych wyborów. Wzorzec lub strategia architektury to zbiór pewnych taktyk. Temat tego rozdziału to powiązania między wymaganiami jakościowymi (opisanymi w rozdziale 4.) a decyzjami dotyczącymi architektury.

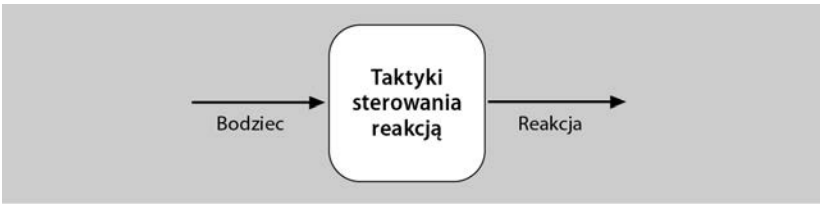
5.1. Taktyki atrybutów jakościowych

Co daje projektowi przenośność, dużą wydajność czy łatwość integracji? Każda z tych cech ma swoje źródło w kluczowych decyzjach konstrukcyjnych. W tym rozdziale przyjrzymy się dokładniej tym decyzjom. Będziemy operować pojęciem **taktyk atrybutów jakościowych** (ang.

[1] Pracownicy Instytutu Inżynierii Oprogramowania Carnegie Mellon University.

quality attribute tactics). Taktyka pewnej cechy to pewien wybór o znaczącym wpływie na kontrolę uzyskiwaną nad danym atrybutem. Zbiór taktyk nazywamy **strategią architektury** (ang. *architectural strategy*). Zajmiemy się nimi w rozdziale 12. Z kolei **wzorzec architektury** (ang. *architectural pattern*) to połączenie taktyk w sposób, który opiszemy dokładniej w podrozdziale 5.8.

Projekt systemu to zbiór decyzji konstrukcyjnych. Niektóre z nich pozwalają uzyskać wpływ na poziom, w jakim system uzyskuje pewne atrybuty jakościowe. Inne prowadzą do uzyskania funkcji systemu. W tym rozdziale sprowadzamy decyzje dotyczące atrybutów jakościowych do pojęcia taktyk. Ich rolę ilustruje rysunek 5.1. Taktyki te nie są bynajmniej nowością. Architekci stosują je od lat, a my podejmujemy jedynie próbę ich identyfikacji i opisu. Nie jest naszym celem prezentowanie nowych metod pracy, a jedynie systematyzacja działań znanych z praktyki.



Rysunek 5.1. *Taktyki wyznaczają kontrolę nad reakcją na bodziec*

Każda taktyka jest dla architekta pewną możliwością. Przykładowo jedna z taktyk wiąże się z wprowadzeniem redundancji w celu zwiększenia dostępności systemu. Jest to jedna z możliwości zwiększenia dostępności, ale w żadnym wypadku jedyna. Zwiększanie dostępności drogą redundancji wiąże się zazwyczaj z koniecznością wprowadzenia mechanizmów synchronizacji (by kopia nadawała się do użytku w przypadku zakłócenia dostępności oryginału). W tym prostym przykładzie widać dwie podstawowe zależności:

1. Taktyka ogólniejsza podlega specjalizacji. Zidentyfikowaliśmy ogólną taktykę redundancji. Można jednak mówić o nadmiarowości danych (w bazie) lub nadmiarowości obliczeń (w osadzonym systemie sterowania). Każde z tych podejść jest pewną taktyką. Każde z nich można uściślać dalej, definiując precyzyjniej określone taktyki. Dla każdego atrybutu jakościowego można wskazać pewną hierarchię taktyk.

2. Wzorce to praktyczne zbiory taktyk. Sięgnięcie po wzorzec zapewniający dostępność będzie prawdopodobnie równoznaczne z połączeniem zastosowania taktyki redundancji i taktyki synchronizacji. Co więcej, we wzorcu pojawią się zapewne jeszcze precyzyjniej określone wersje tych taktyk. Na końcu tego rozdziału przedstawimy przykładowy opis wzorca projektowego w kategoriach taktyk.

Opis taktyk porządkujemy jako hierarchie powiązane z kolejnymi atrybutami jakościowymi. Należy pamiętać, że żadna z tych hierarchii nie jest kompletna. Możliwość stworzenia nowych taktyk istnieje zawsze, można więc jedynie mówić o pewnych przykładach. Dla każdego z sześciu atrybutów opisanych w rozdziale 4. (dostępność, modyfikowalność, wydajność, bezpieczeństwo, testowalność i funkcjonalność) przedstawiamy zbiór typowych rozwiązań. Dla każdego proponujemy pewną hierarchię taktyk, która — w połączeniu z krótkim omówieniem zagadnienia — powinna być dla architekta znaczącą pomocą w poszukiwaniu własnej ścieżki.

5.2. Taktyki dostępności

Przypomnijmy słownictwo związane z dostępnością, którym operowaliśmy w rozdziale 4. Awaria następuje wtedy, gdy system przestaje zapewniać usługę wynikającą z jego specyfikacji; jest to widoczne dla użytkowników. Awarię może spowodować uszkodzenie (lub pewne połączenie uszkodzeń). Ważnym aspektem dostępności jest przywrócenie funkcjonowania systemu, czyli jego naprawa. Taktyki opisywane w tym podrozdziale mają zabezpieczyć przed awarią systemu w przypadku uszkodzenia, a przynajmniej ograniczyć jego skutki i umożliwić naprawę. Ilustruje to rysunek 5.2.

Rysunek 5.2. *Cel taktyk dostępności*

Wiele omawianych taktyk zapewnianych jest przez standardowe środowiska wykonawcze, takie jak system operacyjny, serwer aplikacji lub system zarządzania bazami danych. Nie umniejsza to znaczenia dobrego zrozumienia stosowanej taktyki, ponieważ efekty każdej z nich mają istotne znaczenie przy projektowaniu i ocenie projektu. Każda technika związana z dostępnością wiąże się z pewnym rodzajem redundancji, monitorowaniem stanu w celu wykrycia awarii i schematem przywracania stanu systemu. Monitorowanie i przywracanie mogą być zautomatyzowane lub nie.

Rozpoczniemy od omówienia zagadnień związanych z trzema podstawowymi składnikami dostępności: **wykrywaniem uszkodzeń**, **przywracaniem stanu** i **zapobieganiem uszkodzeniom**.

Wykrywanie uszkodzeń

Trzy szeroko stosowane taktyki wykrywania uszkodzeń to: ping/echo, puls i wyjątki.

- **Ping/echo.** Pewien komponent wysyła specjalny komunikat i oczekuje, że komponent monitorowany odeśle w predefiniowanym czasie „echo” jego sygnału. Mechanizm taki można zastosować w grupie komponentów wspólnie odpowiadających za pewne zadanie w systemie. Jest też często wykorzystywany przez klienty do monitorowania parametrów wydajnościowych serwera i ścieżki komunikacyjnej. Mechanizmy wykrywania uszkodzeń można łączyć w hierarchie, w których mechanizm najniższego poziomu monitoruje procesy pracujące na tym samym procesorze, a mechanizm na wyższym poziomie monitoruje stan kontrolerów na niższym poziomie. Pozwala to uniknąć obciążania kanału komunikacyjnego komunikacją zdalnego monitora z wszystkimi procesami.
- **Puls.** Komponent monitorowany wysyła regularnie komunikat pulsu do komponentu monitorującego. Gdy komunikat pulsu nie zostaje odebrany, następuje powiadomienie komponentu odpowiedzialnego za usunięcie uszkodzenia. Komunikaty pulsu mogą zawierać dane. Rolę pulsu może pełnić na przykład przesyłany okresowo dziennik pracy bankomatu. Komunikat taki jest jednocześnie komunikatem zawierającym przekazywane do przetwarzania dane.
- **Wyjątki.** Jedną z metod monitorowania uszkodzeń jest przechwytywanie wyjątków, jak te zgłaszane przy wystąpieniu błędów należących do klas wymienionych w przykładzie w rozdziale 4. Procedura obsługi wyjątku jest zazwyczaj wykonywana w tym samym procesie, w którym został on wygenerowany.

Taktyki ping/echo i pulsu bazują na odrębnych procesach, mechanizm wyjątków działa w obrębie jednego procesu. Procedura obsługi wyjątku przeprowadza zazwyczaj transformację semantyczną uszkodzenia do postaci umożliwiającej jego przetwarzanie.

Przywracanie stanu systemu

Na przywracanie stanu systemu składa się przygotowanie do przywracania i właściwa naprawa. Poniżej przedstawiamy wybór taktyk przygotowania do przywracania i naprawy systemu.

- **Głosowanie.** Procesy pracujące na nadmiarowych procesorach przyjmują takie same dane wejściowe i obliczają prostą wartość wyjściową, która jest przekazywana do mechanizmu głosowania. Jeżeli mechanizm ten wykryje, że zachowanie jednego procesora odbiega od większości, proces ten zostaje uznany za uszkodzony. Przy głosowaniu może być stosowany algorytm „rządów większości", „komponentu preferowanego" lub inny. Jest to metoda stosowana do wykrywania niepoprawnego działania algorytmów i uszkodzeń procesorów, często spotykana w systemach sterowania. Jeżeli wszystkie procesory pracują według tych samych algorytmów, redundancja pozwala wykryć jedynie uszkodzenie procesora, ale nie chroni przed błędami algorytmów. Jeżeli konsekwencje awarii są dotkliwe (na przykład utrata życia), zróżnicowanie nadmiarowych komponentów może być bardzo duże.

  Skrajnym przykładem zróżnicowania jest przekazanie pracy nad każdym z nadmiarowych komponentów innemu zespołowi ze wskazaniem innej platformy. Nieco mniej wyszukanym podejściem jest opracowywanie wersji tego samego składnika pracujących na różnych platformach. Wprowadzanie zróżnicowań tego rodzaju jest zawsze kosztowne — zarówno na początku, jak i przy późniejszej konserwacji systemu, więc stosuje się je tylko w wyjątkowych przypadkach, na przykład w mechanizmach awioniki. Mechanizm głosowania jest zazwyczaj stosowany w systemach sterowania, w których porównywane wyjścia są proste i łatwe w klasyfikacji jako zgodne lub nie, obliczenia mają charakter cykliczny, a wszystkie nadmiarowe komponenty mogą otrzymywać równoważne dane wejściowe z czujników. Taktyka ta nie wiąże się z przerwą w pracy, ponieważ system głosowania może działać także po wykryciu awarii. Znaną odmianą tego podejścia jest metoda Simplex, polegająca na korzystaniu z wyników komponentu „preferowanego", dopóki nie odbiegają one od przesyłanych przez komponent „zaufany". W przypadku awarii następuje przełączenie na dane z komponentu zaufanego. Synchronizacja nadmiarowych komponentów następuje automatycznie, ponieważ zakłada się, że wszystkie pracują jednocześnie z tym samym zespołem wejść.
- **Redundancja aktywna (gorący restart).** Wszystkie nadmiarowe komponenty reagują na zdarzenia jednocześnie. Są więc w tym samym stanie. Wykorzystywana jest odpowiedź jednego komponentu (zazwyczaj pierwszego, który odpowie), a pozostałe są odrzucane. W przypadku wystąpienia uszkodzeń przerwa w pracy systemów stosujących tę taktykę trwa zazwyczaj milisekundy, ponieważ komponent zapasowy jest aktywny, a jedyny potrzebny czas to czas przełączania. Redundancja aktywna to metoda często stosowana w konfiguracjach klient-serwer, takich jak systemy zarządzania bazami danych, gdzie szybkie reakcje na wystąpienie uszkodzenia są niezbędne. W systemie rozproszonym o wysokiej dostępności nadmiarowość może dotyczyć ścieżek komunikacyjnych. Przykładowo pożądane może być zastosowanie sieci LAN o wielu równoległych ścieżkach i umieszczenie każdego nadmiarowego komponentu na odrębnej ścieżce. Wówczas pojedyncza awaria mostu lub ścieżki nie powoduje, że wszystkie składniki systemu stają się niedostępne.

  Synchronizacja polega na zapewnieniu, że wszystkie komunikaty przesyłane do komponentu z redundancją są przesyłane do wszystkich jego nadmiarowych wersji. Jeżeli komunikacja może ulec zakłóceniu (ze względu na przeciążone lub zawodne łącza), przywraca-

nie stanu może umożliwiać niezawodny protokół transmisji. Protokół taki wprowadza wymóg przesłania potwierdzenia przez wszystkich odbiorców. Towarzyszy temu pewna forma kontroli integralności komunikacji, na przykład suma kontrolna. Jeżeli nadawca nie może stwierdzić, że wszyscy odbiorcy otrzymali komunikat, to ponawia on próbę przesłania do komponentów, które nie potwierdzają odbioru. Ponowne wysyłanie nieodebranych komunikatów (czasem z użyciem różnych ścieżek komunikacji) jest kontynuowane do chwili, gdy algorytm nadawcy pozwoli uznać odbiorcę za wyłączonego.

- **Redundancja pasywna (ciepły restart, podwójna redundancja, potrójna redundancja).** Jeden komponent (komponent główny) reaguje na zdarzenia i informuje pozostałe komponenty (komponenty awaryjne) o wymaganych aktualizacjach stanu. Gdy następuje awaria, system musi przede wszystkim zweryfikować, czy kopia zapasowa jest wystarczająco aktualna, by można było wznowić udostępnianie usług. To podejście także stosuje się w systemach sterowania, przede wszystkim wtedy, gdy dane wejściowe są pobierane z kanałów komunikacyjnych lub czujników, które muszą zostać przełączone w przypadku awarii na korzystanie z komponentów awaryjnych. W rozdziale 6., w którym jest omawiany przykład systemu kontroli ruchu lotniczego, spotkamy się z tą taktyką w praktyce. W tym przypadku komponent pomocniczy decyduje o tym, kiedy przejąć zadania komponentu głównego, ale często można spotkać się z tym, że za tę decyzję odpowiadają inne składniki. O tym, czy taktyka spełnia swoje zadanie, w dużej mierze decyduje zdolność komponentów awaryjnych do poprawnego przejęcia pracy. Okresowe wymuszanie przełączania — na przykład raz na dobę lub raz na tydzień — zwiększa dostępność systemu. Niektóre systemy baz danych wymuszają przełączenie pamięci masowej dla każdego nowego elementu danych. Nowy element jest zapisywany w stronie *shadow*, a jej wcześniejsza wersja staję się kopią zapasową. W takich rozwiązaniach przerwa w pracy może zostać skrócona do kilku sekund.

  Za synchronizację odpowiada komponent główny, który może zagwarantować ją poprzez atomowe emisje do komponentów awaryjnych.

- **Zapas.** Przygotowanie zapasowej platformy obliczeniowej przeznaczonej do całościowego zastępowania grupy zróżnicowanych komponentów. Po awarii musi ona zostać uruchomiona, a jej stan zainicjalizowany. Uzyskanie właściwego stanu zapasu umożliwia regularne zapisywanie punktów kontrolnych systemu i zmian stanu z użyciem urządzenia zapewniającego trwałe składowanie danych. Praktyczną formą zastosowania tej taktyki jest zapewnianie zapasowej stacji roboczej, z której może korzystać użytkownik w przypadku awarii jego głównego stanowiska pracy. Przerwę w pracy mierzy się zazwyczaj w minutach.

  Niektóre taktyki uwzględniają wznawianie pracy komponentu — naprawiony po awarii komponent może zostać ponownie wprowadzony do systemu. Przykłady takich taktyk to: powielanie, resynchronizacja stanu i odwoływanie.

- **Powielanie** (ang. *shadow operation*). Komponent, który wcześniej uległ awarii, może przez pewien czas pracować w „trybie powielania" w celu weryfikacji, że jego działanie jest zgodne z działaniem komponentów, których praca nie uległa zakłóceniu.

- **Resynchronizacja stanu.** Taktyki redundancji aktywnej i pasywnej wymagają, by przywracany komponent został przed włączeniem do usługi odpowiednio zaktualizowany. Podejście do aktualizacji zależy od dopuszczalnego czasu przerwy w pracy, rozmiaru aktualizacji i liczby niezbędnych do jej przeprowadzenia komunikatów. O ile to możliwe, najlepszym rozwiązaniem jest pojedynczy komunikat opisujący stan. Przyrostowe aktualizowanie stanu łączone z okresami aktywności komponentu prowadzi do znacznego wzrostu złożoności.

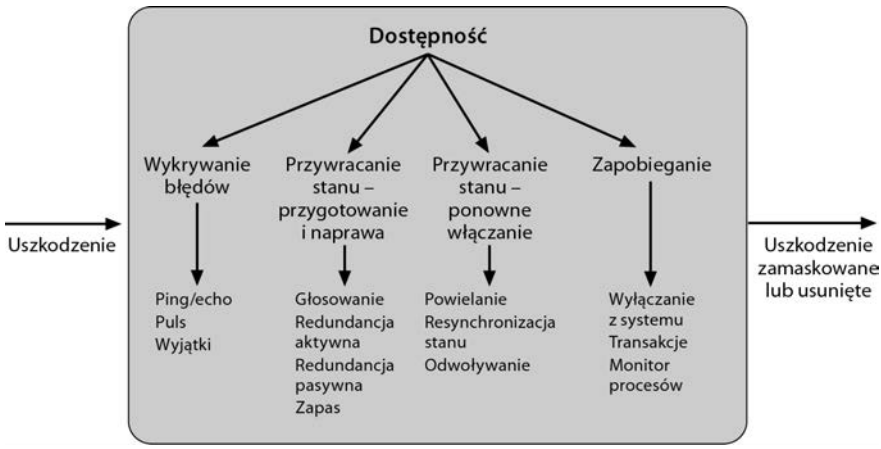
- **Punkty kontrolne i odwoływanie** (ang. *rollback*). Punkt kontrolny to zapis spójnego stanu, który tworzy się okresowo lub w reakcji na pewne zdarzenia. Zdarza się, że system ulega nietypowej awarii i w zauważalny sposób traci integralność. W takiej sytuacji funkcjonowanie systemu można przywrócić, używając wcześniejszego punktu kontrolnego oraz dziennika transakcji wykonanych od czasu jego zapisania.

Zapobieganie uszkodzeniom

Oto taktyki zapobiegania uszkodzeniom:

- **Wyłączanie z systemu.** Taktyka polegająca na usuwaniu z systemu wybranych komponentów w celu poddania ich pewnym działaniom mającym zapobiec typowym awariom. Przykładem może być reinicjalizowanie komponentu w celu zabezpieczenia systemu przed katastrofalnymi skutkami potencjalnych „wycieków" pamięci. Jeżeli wyłączanie z pracy następuje automatycznie, można zaprojektować odpowiednią strategię architektury. Jeżeli wyłączanie ma być ręczne, również należy zadbać o to w konstrukcji systemu.
- **Transakcje.** Transakcja to połączenie sekwencji kroków, które zapewnia, że sekwencja ta będzie mogła zostać wycofana jako całość. Transakcje wykorzystuje się w celu zabezpieczenia przed wpływem na jakiekolwiek dane, w sytuacji gdy jeden z kroków procesu nie zostaje poprawnie wykonany, a także by zapobiegać kolizjom wątków korzystających z tych samych danych.
- **Monitor procesów.** Po wykryciu uszkodzenia w jednym z procesów proces monitorujący może go usunąć i utworzyć nowy o odpowiednio zainicjalizowanym stanie.

Rysunek 5.3 podsumowuje omówione taktyki.

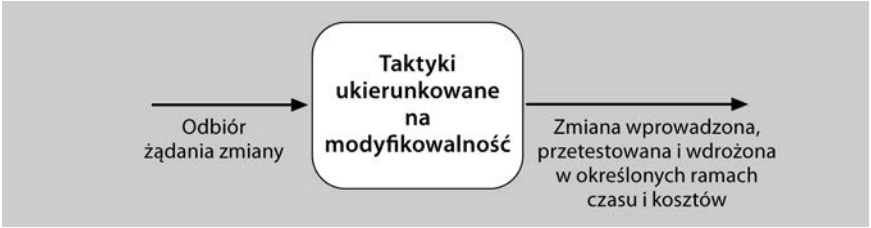


Rysunek 5.3. *Taktyki dostępności*

5.3. Taktyki modyfikowalności

Przypomnijmy z rozdziału 4. — taktyki modyfikowalności mają na celu uzyskanie wpływu na czas i koszty implementacji, testowania i wdrażania. Relację tę ilustruje rysunek 5.4.

Taktyki modyfikowalności łączymy w grupy według ich celów. Pierwszy zbiór łączy cel zmniejszenia liczby modułów, na które zmiana bezpośrednio wpływa. Jest to nazywane **lokalizowaniem modyfikacji**. Drugi zbiór taktyk ma na celu ograniczenie zakresu zmian w modułach, które nie mogą pozostać nienaruszone. Są to taktyki, które **zapobiegają efektowi domina** — powstawaniu łańcucha zależności, w którym zmiany w jednym miejscu prowadzą do zmian w innym. Operujemy przy tym istotnym rozróżnieniem na moduły, na które zmiana wpływa



Rysunek 5.4. *Cel taktyk modyfikowalności*

bezpośrednio (pewnej modyfikacji ulega ich zakres odpowiedzialności), i takie, na które zmiana wpływa pośrednio (zakres odpowiedzialności pozostaje, ale modyfikacja jest konieczna ze względu na moduły pod bezpośrednim wpływem zmiany). Trzecia grupa taktyk ukierunkowana jest na czas i koszty wdrażania. W tym przypadku chodzi przede wszystkim o **opóźnienie czasu wiązania**.

Lokalizowanie modyfikacji

Choć nie można ogólnie mówić o ścisłej relacji między liczbą modułów, na które wpływa pewien zespół zmian, a kosztami wprowadzenia tych zmian, nie ulega wątpliwości, że ograniczanie zakresu koniecznych modyfikacji do jak najmniejszej liczby modułów jest skuteczną metodą zmniejszania kosztów. Celem taktyk z opisywanej tu grupy jest uzyskanie takich przypisań zakresów odpowiedzialności modułów, by zakres przewidywanych zmian był jak najmniejszy. Prezentujemy pięć takich taktyk.

- **Utrzymywanie spójności semantycznej.** Spójność semantyczna odnosi się do relacji między zakresami odpowiedzialności w module. Celem jest zapewnienie, że wszystkie te zakresy współdziałają bez nadmiernego uzależnienia od innych modułów. Środkiem do osiągnięcia tego celu jest przestrzeganie w formułowaniu tych zakresów zasad spójności semantycznej. Są w tym pewną pomocą różne miary siły powiązań i poziomu spójności. Brakuje im jednak odniesienia do kontekstu zmian. Spójność semantyczną należy oceniać w perspektywie pewnego zbioru zmian przewidywanych w przyszłości. Szczególnie ważną taktyką w tej grupie jest **tworzenie abstrakcji wspólnych usług**. Zapewnianie wspólnych usług poprzez wprowadzenie wyspecjalizowanych modułów jest zazwyczaj postrzegane jako skuteczny środek ułatwiający ponowne wykorzystywanie elementów. Nie jest to jedyna korzyść — uogólnienie wspólnych usług sprzyja też modyfikowalności. Po wyłączeniu usług wprowadzane w nich modyfikacje nie muszą być powielane w każdym wykorzystującym je module. Co więcej, modyfikacje w modułach korzystających z tych usług nie mają wpływu na inne moduły, których praca opiera się na tych samych usługach. Jest to więc taktyka nie tylko sprzyjająca lokalizowaniu modyfikacji, ale też zabezpieczająca przed efektem domina. Przykłady wyłączenia wspólnych usług to między innymi stosowanie platform aplikacji (ang. *application frameworks*) i korzystanie z innego rodzaju oprogramowania *middleware*.
- **Przewidywanie prawdopodobnych zmian.** Przewidywanie zbioru oczekiwanych zmian pozwala ocenić zastosowany podział zakresów odpowiedzialności. Podstawowe pytanie brzmi: „Czy dla każdej ze zmian proponowana dekompozycja ogranicza zespół modułów, które muszą zostać zmodyfikowane w celu jej wprowadzenia?”. Towarzyszy mu również druga kwestia do rozważenia: „Czy zasadniczo różniące się zmiany wpływają na te same moduły?”. Czym różni się to od spójności semantycznej? Przypisywanie zakresów odpowiedzialności

na bazie spójności semantycznej wiąże się z założeniem, że również oczekiwane zmiany będą spójne semantycznie. Taktyka przewidywania zmian nie koncentruje się na spójności zadań modułu, ale na ograniczaniu skutków zmian. W praktyce jest ona trudna do zastosowania niezależnie od innych, ponieważ nie jest możliwe przewidzenie każdej zmiany. To powoduje, że zazwyczaj stosuje się ją w połączeniu z taktyką spójności semantycznej.

- **Uogólnienie modułu.** Zapewnienie modułowi większej ogólności prowadzi do uzyskania obsługi większej liczby funkcji. Dane wejściowe można traktować jak język definiujący moduł. Może to sprowadzać się do zastąpienia stałych parametrami. Może też prowadzić do rozwiązań bardziej złożonych, na przykład implementowania modułu w formie interpretera, kiedy to parametry wejściowe stają się jego językiem. Im bardziej ogólny moduł, tym bardziej prawdopodobne jest to, że wymagane zmiany będzie można wprowadzić drogą dostosowania języka na wejściu, bez modyfikowania kodu.
- **Ograniczanie dostępnych możliwości.** Zmiany, zwłaszcza w przypadku linii produktów (patrz rozdział 14.), mogą mieć bardzo szeroko zakrojone skutki i wpływać na wiele modułów. Ograniczanie zakresu dostępnych możliwości pozwala na redukcję wpływu modyfikacji. Przykładowo punkt zróżnicowania w projektowanej linii produktów może pozwalać na zmianę procesora — ograniczenie możliwości wymiany procesora do podzespołów należących do tej samej rodziny zmniejsza zakres dostępnych możliwości.

Zapobieganie efektowi domina

O efekcie domina mówimy wtedy, gdy zmiana wymusza modyfikacje w modułach, na które nie ma bezpośredniego wpływu. Przykładowo moduł A zostaje zmodyfikowany w celu wprowadzenia pewnej zmiany, co prowadzi do konieczności modyfikacji modułu B, która wynika wyłącznie z tego, że zmienił się moduł A. Moduł B wymaga zmiany, ponieważ jest w taki czy inny sposób powiązany z modułem A.

Omówienie efektu domina zaczniemy od rozważenia różnych rodzajów zależności między modułami. Można wyróżnić osiem typów takiego powiązania:

(1) **Składnia:**
   - **danych** — aby moduł B był poprawnie kompilowany (lub wykonywany), typ (lub format) danych generowanych przez moduł A i pobieranych przez moduł B musi być zgodny z typem (lub formatem) danych, których oczekuje moduł B;
   - **usług** — aby moduł B był poprawnie kompilowany i wykonywany, sygnatura usług zapewnianych przez moduł A i wywoływanych przez moduł B musi być zgodna z założeniami modułu B.

(2) **Semantyka:**
   - **danych** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, semantyka danych generowanych przez moduł A i pobieranych przez moduł B musi być zgodna z założeniami modułu B;
   - **usług** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, semantyka usług zapewnianych przez moduł A i używanych przez moduł B musi być zgodna z założeniami modułu B.

(3) **Kolejność:**
   - **danych** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, musi on otrzymywać dane generowane przez moduł A w ustalonej kolejności; na przykład nagłówek pakietu danych musi w trakcie odbierania poprzedzać właściwą treść (w przeciwieństwie do protokołów, które dołączają do danych numery sekwencyjne);

- **sterowania** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, wcześniej, w określonych ramach czasowych, muszą zostać wykonane procedury modułu A. Przykładowo procedury modułu A muszą zostać wykonane nie dłużej niż 5 milisekund przed rozpoczęciem wykonywania modułu B.

(4) **Tożsamość interfejsu modułu A** — moduł A może mieć wiele interfejsów. Aby moduł B był poprawnie kompilowany i wykonywany, tożsamość (nazwa lub uchwyt) interfejsu musi być zgodna z oczekiwaniami modułu B.

(5) **Lokalizacja modułu A w czasie wykonywania** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, lokalizacja modułu A w czasie wykonywania musi być zgodna z oczekiwaniami modułu B. Przykładowo moduł B może zakładać, że moduł A pracuje w innym procesie na tym samym procesorze.

(6) **Jakość usług/danych zapewnianych przez moduł A** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, pewne własności dotyczące danych lub usług zapewnianych przez moduł A muszą być zgodne z założeniami modułu B. Przykładowo dane dostarczane przez czujnik muszą mieć pewną dokładność, aby algorytmy w module B działały poprawnie.

(7) **Istnienie modułu A** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, moduł A musi istnieć. Jeżeli na przykład obiekt B żąda usługi obiektu A, a obiekt ten nie istnieje lub nie może zostać dynamicznie utworzony, działanie obiektu B nie będzie poprawne.

(8) **Sposób korzystania z zasobów** — aby moduł B był poprawnie wykonywany, sposób korzystania z zasobów przez moduł A musi być zgodny z założeniami modułu B. Może to dotyczyć użytkowania zasobów (A używa tej samej pamięci co B) lub własności zasobów (B rezerwuje zasób, który A uważa za własny).

Dysponując tak sprecyzowanymi kategoriami zależności, możemy przejść do omówienia dostępnych architektowi taktyk pozwalających zapobiegać efektowi domina dla wybranych z nich.

Warto zwrócić uwagę, że żadna z prezentowanych taktyk nie zapewnia zabezpieczenia przed efektem domina dla zmian semantycznych. Rozpoczniemy omówienie od taktyk, które odnoszą się do interfejsów modułu — ukrywania informacji i utrzymywania istniejących już interfejsów, aby następnie przejść do taktyk przerywania łańcucha zależności — użycia pośrednika.

- **Ukrywanie informacji.** Ukrywanie informacji to dekompozycja zakresu odpowiedzialności pewnej jednostki (systemu lub części systemu) na mniejsze elementy i określanie, które z nich mają mieć charakter prywatny, a które publiczny. Publiczny zakres odpowiedzialności to zakres dostępny za pośrednictwem interfejsów. Celem jest doprowadzenie do izolacji zmian wewnątrz modułu i zapobieżenie ich propagacji na inne moduły. Jest to najstarsza technika ograniczania skutków zmian. Jest ona mocno powiązana z przewidywaniem oczekiwanych modyfikacji, ponieważ modyfikacje te stają się podstawą dekompozycji.
- **Zachowywanie istniejących interfejsów.** Jeżeli moduł B jest zależny od nazwy i sygnatury interfejsu modułu A, utrzymanie tego interfejsu i jego składni pozwala uniknąć zmian w module B. Oczywiście, nie jest to taktyka bezwzględnie skuteczna, gdy moduł B jest zależny od modułu A semantycznie, ponieważ warstwa znaczeniowa danych i usług jest trudniejsza do zamaskowania. To samo można powiedzieć o maskowaniu zależności bazujących na jakości danych lub usług, poziomie wykorzystania zasobów lub własności zasobów. Stabilność interfejsu można też osiągnąć oddzielając interfejs od implementacji. Pozwala to tworzyć abstrakcyjne interfejsy maskujące zróżnicowanie. Odmiany można realizować w ramach istniejącego zakresu odpowiedzialności lub przez zastępowanie implementacji.

  Wzorce bazujące na tej taktyce to przede wszystkim:

  - **dodawanie interfejsów** — większość języków programowania pozwala na stosowanie wielu interfejsów; nowe usługi lub dane mogą być udostępniane poprzez nowe interfejsy, dzięki czemu starsze pozostają niezmienione i zachowują sygnatury;

  - **dodawanie adaptera** — polega na dodaniu do modułu A adaptera, który go osłania i zapewnia pierwotną sygnaturę;
  - **korzystanie z wersji zastępczej** — jeżeli modyfikacja prowadzi do usunięcia modułu A, to zapewnienie jego wersji zastępczej pozwoli zachować moduł B w niezmienionej postaci (jeżeli moduł B jest zależny tylko od sygnatury modułu A).
- **Ograniczanie ścieżek komunikacji.** Taktyka polegająca na ograniczaniu liczby modułów, z którymi dany moduł wymienia lub współużytkuje dane — projektant dąży do uzyskania jak najmniejszej liczby modułów, które pobierają dane z modułu rozważanego lub przekazują je do niego. Efekt domina zostaje zredukowany, ponieważ generowanie i pobieranie danych odpowiada za wprowadzenie powodujących go zależności. Wzorzec korzystający z tej taktyki zostanie zaprezentowany w rozdziale 8. (symulator lotu).
- **Użycie pośrednika.** Jeżeli moduł A łączy z modułem B pewien rodzaj zależności inny niż semantyczna, to jest możliwe umieszczenie pośrednika między B i A, którego zadaniem jest zarządzanie czynnościami związanymi z tą zależnością. Nazw takich pośredników jest wiele. Tutaj omówimy poszczególne z nich w kategoriach wyliczonych wcześniej typów zależności. Podobnie jak wcześniej czarnym scenariuszem jest brak możliwości kompensacji zmian semantycznych.
  - **Dane (składnia).** Rolę pośrednika między producentem i konsumentem danych przyjmują magazyny danych (pasywne lub typu podręcznej tablicy). Niektóre wzorce publikowania-subskrypcji (w których dane przepływają przez pewien komponent centralny) mogą też zapewniać konwersję składni generowanej przez moduł A do tej, której oczekuje moduł B. Wzorce MVC i PAC zapewniają konwersję danych z jednej postaci (związanej z urządzeniem wejściowym lub wyjściowym) na inną (używaną w modelu w MVC lub w abstrakcji w PAC).
  - **Usługi (składnia).** Fasada, most, mediator, strategia, proxy i fabryka to wzorce wprowadzające pośrednika konwertującego składnię usługi. Każdy z nich prowadzi do zabezpieczenia przed propagacją zmian.
  - **Tożsamość interfejsu modułu A.** Wzorzec brokera pozwala zamaskować zmiany w tożsamości interfejsu. Jeżeli moduł B jest zależny od tożsamości interfejsu modułu A i tożsamość ta ulega zmianie, dodanie tożsamości do brokera i pozostawienie brokerowi tworzenia połączenia z nową tożsamością A pozwala pozostawić moduł B bez zmian.
  - **Lokalizacja modułu A w czasie wykonywania.** Serwer nazw pozwala zmieniać lokalizację A bez wpływu na B. A odpowiada za rejestrowanie swojej bieżącej lokalizacji na serwerze nazw, a B pobiera z niego aktualne informacje.
  - **Sposób korzystania z zasobów lub kontrola zasobu przez moduł A.** Menedżer zasobów to pośrednik odpowiedzialny za ich alokowanie. Istnieją menedżery gwarantujące zaspokojenie wszystkich żądań mieszczących się w określonych ograniczeniach (na przykład menedżery z przypisywaniem monotonicznym według częstotliwości, stosowane w systemach czasu rzeczywistego). Oczywiście, zastosowanie menedżera wiąże się z przejęciem przez niego kontroli nad zasobem.
  - **Istnienie modułu A.** Wzorzec fabryki daje możliwość tworzenia obiektów odpowiednio do potrzeb, dzięki czemu problem zależności obiektu B od istnienia obiektu A rozwiązuje specjalny moduł fabryki.

Opóźnianie czasu wiązania

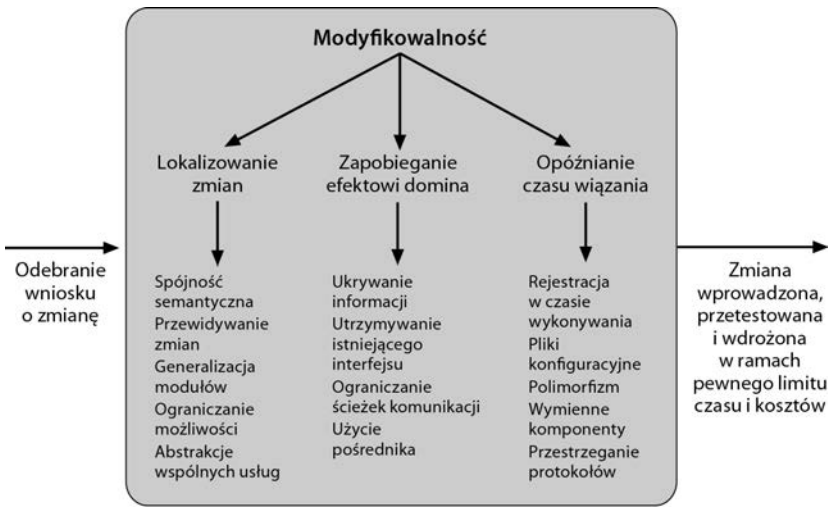
Omówione kategorie taktyk prowadzą do zmniejszenia liczby modułów wymagających modyfikacji w celu wprowadzenia zmiany. W naszych scenariuszach modyfikowalności pojawiły się jednak dwa elementy, których nie można sprowadzić do redukcji liczby modyfikowanych części programu — czas wdrożenia i umożliwienie wprowadzania zmian osobom innym niż programiści. Realizację tych scenariuszy umożliwia opóźnianie czasu wiązania. Z taktykami tego rodzaju niezmiennie wiąże się istotny koszt dodatkowej infrastruktury, która umożliwi późne wiązanie.

Wiązanie pewnego wyboru z działaniem systemu może nastąpić w różnych momentach. Tutaj zajmiemy się jedynie aspektami, które mają wpływ na czas wdrażania. Wdrażanie systemu jest pewnym procesem — po wprowadzeniu przez programistę zmiany następują zazwyczaj procedury testowania i dystrybucji. Występuje więc istotne opóźnienie między modyfikacją a dostępnością nowej wersji czy konfiguracji programu. Wprowadzenie wiązania w czasie wykonywania oznacza, że system został odpowiednio przygotowany i ukończono wszystkie kroki związane z testowaniem i dystrybucją. Taktyka opóźniania czasu wiązania prowadzi do powstawania mechanizmów umożliwiających użytkownikowi lub administratorowi operowanie parametrami, które zmieniają zachowanie systemu.

Wszystkie wymienione poniżej taktyki mają wpływ na system w czasie ładowania lub w czasie wykonywania.

- **Rejestracja w czasie wykonywania** umożliwia uzyskanie mechanizmu typu *plug-and-play* kosztem dodatkowego obciążenia operacjami związanymi z rejestrowaniem. Przykładem może być rejestracja typu publikacja-subskrypcja, którą można implementować w czasie wykonywania lub w czasie ładowania.
- **Pliki konfiguracyjne** określają parametry uruchomieniowe.
- **Polimorfizm** umożliwia późne wiązanie wywołań metod.
- **Wymienność komponentów** pozwala na wiązanie w czasie ładowania.
- **Przestrzeganie protokołów** pozwala wiązać w czasie wykonywania niezależne procesy.

Taktyki modyfikowalności podsumowuje rysunek 5.5.



Rysunek 5.5. *Taktyki modyfikowalności*

5.4. Taktyki wydajności

Przypomnijmy z rozdziału 4., że celem taktyk wydajności jest uzyskanie reakcji na odbierane przez system zdarzenie w ramach pewnych ograniczeń czasowych. Zdarzenie lub ciąg zdarzeń inicjuje pewne obliczenia lub funkcje. Sygnałem może być nadejście komunikatu, upłynięcie pewnego czasu, wykrycie znaczącej zmiany stanu w środowisku systemu itp. System przetwarza zdarzenia i generuje reakcję. Taktyki wydajności pozwalają uzyskać kontrolę nad ilością czasu, który musi upłynąć między zdarzeniem a reakcją. Ilustruje to rysunek 5.6. Czas między odebraniem zdarzenia a wygenerowaniem odpowiedzi określa się terminem latencja.

Rysunek 5.6. *Cel taktyk wydajności*

Po odebraniu zdarzenia następuje jego przetwarzanie. Może ono zostać z pewnych przyczyn zablokowane. Dwa podstawowe czynniki o dużym wpływie na czas odpowiedzi to: poziom wykorzystania zasobów i czas blokad.

1. Poziom wykorzystania zasobów. Zasoby to przede wszystkim procesor, magazyny danych, pasmo komunikacyjne sieci i pamięć, ale pojęcie to obejmuje też obiekty definiowane w ramach konstrukcji systemu. Przykładami mogą być wymagające zarządzania bufory lub konieczność zapewnienia sekwencyjnego dostępu do sekcji krytycznych. Zdarzenia mogą mieć różny charakter i dla każdego typu zdarzenia wymagana jest pewna sekwencja przetwarzania. Przykładowo jeden komponent generuje komunikat, przekazuje go do sieci i komunikat ten zostaje odebrany przez inny komponent. Zostaje wówczas umieszczony w buforze; w pewien sposób przekształcony (tak zwany *marshalling* w terminologii OMG); przetworzony zgodnie z pewnym algorytmem; przesłany do wyjścia; umieszczony w buforze wyjściowym i przekazany dalej, do innego komponentu lub systemu albo do użytkownika. Każda z tych faz ma swój udział w ogólnej latencji przetwarzania zdarzenia.

2. Czas blokad. Procedury przetwarzania mogą nie uzyskać dostępu do zasobu — ze względu na jego nadmierne obciążenie, całkowitą niedostępność lub ponieważ niezbędny jest wynik innych procedur, który nie jest jeszcze dostępny.

- **Spory o zasoby.** Rysunek 5.6 przedstawia odbierane przez system zdarzenia. Odbiór może następować w pojedynczym strumieniu lub wielu strumieniach. Różne strumienie potrzebujące tego samego zasobu lub różne zdarzenia w tym samym strumieniu, które potrzebują tego samego zasobu, wprowadzają często istotne opóźnienia. Ogólnie — im więcej sporów o zasoby, tym większe prawdopodobieństwo wystąpienia dodatkowej latencji. Zależy to jednak od metod arbitrażu sporów i sposobu traktowania poszczególnych żądań.
- **Dostępność zasobów.** Nawet gdy nie występują spory o zasoby, obliczenia mogą zostać zablokowane przez ich niedostępność. Przyczyną może być na przykład wyłączenie lub awaria. Architekt powinien zawsze zidentyfikować miejsca, w których niedostępność zasobów może mieć znaczący wpływ na ogólną latencję reakcji.

- **Zależność od innych obliczeń.** Obliczenia mogą zostać wstrzymane przez konieczność synchronizacji z wynikami innych obliczeń lub oczekiwanie na wynik operacji składowych. Przykładowo w trakcie odczytu z dwóch różnych źródeł, gdy ich odczytywanie jest sekwencyjne, latencja jest większa niż przy równoległym odczycie z obu.

Na tym kończymy wprowadzenie i przechodzimy do omówienia trzech kategorii taktyk. Operują one w trzech obszarach: zapotrzebowania na zasoby, zarządzania zasobami i arbitrażu dostępu do zasobów.

Zapotrzebowanie na zasoby

Strumienie zdarzeń stanowią źródło zapotrzebowania na zasoby. Dwa parametry opisujące to zapotrzebowanie to odstęp czasu między zdarzeniami (jak często w strumieniu pojawia się nowe żądanie) oraz stopień wykorzystania zasobu przez poszczególne żądania.

Jedną z taktyk zmniejszania latencji jest redukowanie wymaganych do przetwarzania zdarzeń zasobów. Metody ograniczania zapotrzebowania na zasoby to między innymi:

- **Zwiększenie efektywności przetwarzania.** Jednym z kroków przetwarzania zdarzenia lub komunikatu jest użycie pewnego algorytmu. Usprawnianie algorytmów wykorzystywanych w krytycznych miejscach może doprowadzić do zmniejszenia latencji. Czasem można zmniejszyć poziom wykorzystania jednego zasobu kosztem innego. Przykładowo wartości pośrednie można przechowywać w repozytorium lub generować — zależy to od dostępnego miejsca i czasu. Jest to taktyka związana przede wszystkim z procesorem, ale można korzystać z niej także w odniesieniu do innych zasobów, na przykład dysku.
- **Zmniejszenie obciążenia.** Jeżeli nie nadchodzą żądania związane z pewnym zasobem, zapotrzebowanie maleje. W rozdziale 17. zobaczymy przykład wykorzystania klas języka Java w miejsce zdalnych wywołań metod (ang. *Remote Method Invocation* — RMI) — pozwala to zredukować wymagania dotyczące komunikacji. Korzystanie z pośredników (tak ważne dla modyfikowalności) zwiększa poziom wykorzystania zasobów w trakcie przetwarzania strumienia zdarzeń. Usunięcie pośrednika może więc być skuteczną metodą zmniejszenia latencji. Jest to typowy przykład kompromisu między modyfikowalnością a wydajnością.

Kolejna grupa taktyk redukowania latencji opiera się na zmniejszaniu liczby wymagających przetwarzania zdarzeń. Można to osiągnąć dwiema drogami:

- **Zarządzanie częstością zdarzeń.** Jeżeli jest możliwe zredukowanie częstotliwości próbkowania danych przechowywanych w opisujących środowisko zmiennych, jest to prosta droga do zmniejszenia zapotrzebowania na zasoby. Czasem możliwość zmniejszenia częstości zdarzeń jest skutkiem nadmiernej, niepotrzebnej złożoności. Niekiedy zawyżoną częstotliwość próbkowania uzasadnia potrzeba uzyskania zharmonizowanych odstępów dla różnych strumieni zdarzeń — niektóre z nich są odczytywane częściej jedynie dla zachowania synchronizacji z innymi.
- **Sterowanie częstotliwością próbkowania.** Jeżeli nie można uzyskać kontroli nad odbieraniem generowanych zewnętrznie zdarzeń, można próbkować z mniejszą częstotliwością żądania przechowywane w kolejce — z uwzględnieniem ewentualnej utraty danych lub nie.

Jeszcze inną drogą do opanowania zapotrzebowania na zasoby jest sterowanie korzystaniem z tych zasobów.

- **Ograniczanie czasu wykonania.** Można określić limit czasu reakcji na zdarzenie. W przypadku algorytmów iteracyjnych, bazujących na danych taką metodą jest wyznaczenie limitu liczby powtórzeń.
- **Ograniczenie rozmiaru kolejki.** Jest to określenie maksymalnego rozmiaru kolejki odbioru, a więc bezpośrednie ograniczenie zasobów wykorzystywanych do przetwarzania zawartości tej kolejki.

Zarządzanie zasobami

Nawet jeżeli zapotrzebowanie na zasoby nie może zostać poddane wystarczającej kontroli, skrócenie czasu reakcji można uzyskać przez odpowiednie zarządzanie tymi zasobami. Do takich taktyk należą:

- **Wprowadzenie współbieżności.** Jeżeli żądania mogą być przetwarzane równolegle, czas blokad może ulec skróceniu. Współbieżność można wprowadzić dwoma metodami: poprzez przetwarzanie różnych strumieni zdarzeń w odrębnych wątkach lub tworzenie wątków wykonujących pewne zbiory operacji. Po wprowadzeniu współbieżności ważne jest właściwe przypisywanie wątków do zasobów (równoważenie obciążenia).
- **Przechowywanie wielu kopii danych lub funkcji obliczeniowych.** W schemacie klient-serwer klienty są replikami funkcji obliczeniowych. Zapewniają one zmniejszenie rywalizacji o zasoby, która byłaby znaczącym problemem w przypadku wykonywania całości przetwarzania na serwerze. Metodą replikacji danych jest buforowanie (pamięć podręczna) — niezależnie od tego, czy szybkość pracy magazynów danych jest jednolita, czy różna, zmniejsza ono spory o dostęp do zasobów. Ponieważ buforowane dane to zazwyczaj kopia przechowywanych we właściwym magazynie danych, system obciąża dodatkowa odpowiedzialność za utrzymanie spójności i synchronizacji pamięci podręcznej.
- **Zwiększenie dostępnych zasobów.** Szybsze procesory, dodatkowe procesory, dodatkowa pamięć, szybsza sieć — to proste rozwiązania o istotnym potencjale zmniejszania latencji. Wiąże się z nimi zazwyczaj problem kosztów. Do tego rodzaju kompromisu między kosztem a wydajnością powrócimy jeszcze w rozdziale 12.

Arbitraż dostępu do zasobów

Zawsze, gdy pojawia się spór o pewien zasób, pojawia się też szeregowanie. Szereguje się dostęp do procesorów, buforów i sieci. Zadaniem architekta jest poznanie specyfiki wykorzystania każdego zasobu i wybranie dopasowanej do niego strategii szeregowania.

Schemat szeregowania składa się z dwóch elementów: przypisywania priorytetów i przydzielania zasobu. O określaniu priorytetów można mówić w każdym schemacie. Najprostsza reguła to FIFO (ang. *first-in/first-out* — pierwszy wchodzi, pierwszy wychodzi). O priorytecie może decydować limit czasu żądania lub wynikający z semantyki poziom ważności. Lista potencjalnych kryteriów — które z reguły konkurują ze sobą — obejmuje między innymi ważność żądania, dążenie do optymalnego wykorzystania zasobów, minimalizowanie liczby używanych zasobów, minimalizowanie latencji, maksymalizowanie przepustowości i dążenie do uniknięcia „zagłodzenia" (równość traktowania klientów). Architekt musi zdawać sobie sprawę z tego, które z nich są istotne i jaki wpływ ma na nie wybierana taktyka.

Strumień zdarzeń o wysokim priorytecie może zostać przydzielony tylko wtedy, gdy jest dostępny odpowiedni zasób. Czasem wymaga to wywłaszczenia bieżącego użytkownika zasobu. Można wybrać jeden z trzech schematów wywłaszczania: w dowolnym momencie, w ściśle określonych punktach lub bez wywłaszczania pracujących procesów. Jako popularne schematy szeregowania warto wymienić:

1. FIFO (pierwszy wchodzi, pierwszy wychodzi). Kolejka FIFO traktuje wszystkie żądania jednakowo i zaspokaja je kolejno. Podstawowym problemem jest w tym przypadku potencjalne opóźnienie przetwarzania żądania, które następuje po takim, które okazuje się wyjątkowo czasochłonne. Jeżeli komunikaty są faktycznie równorzędne, nie jest to zazwyczaj kłopotliwe. Jeżeli jednak w strumieniu są żądania ważniejsze od innych, metoda FIFO bywa niewystarczająca.

2. Szeregowanie ze stałym priorytetem. W tym schemacie każdemu źródłu żądań dostępu do zasobów przypisywany jest pewien priorytet, który decyduje następnie o kolejności przypisań. Zapewnia to lepszą obsługę żądań o wysokim priorytecie, ale dopuszcza możliwość, że żądanie o niskim priorytecie, ale wciąż istotne będzie oczekiwać na obsługę bardzo długo — jeżeli poprzedzi je seria żądań ze źródła uprzywilejowanego. Trzy popularne klucze przypisywania priorytetów to:

- **Waga semantyczna.** Strumienie otrzymują statyczne priorytety oparte na cechach zadań, z którymi są powiązane (cechach z dziedziny problemu). Takie podejście do szeregowania stosuje się w systemach *mainframe*, gdzie cechą z dziedziny problemu jest czas zainicjowania zadania.
- **Przypisywanie monotoniczne według limitu czasu.** Statyczna metoda przypisywania priorytetów, w której preferowane są strumienie o krótszych limitach czasu przetwarzania. Stosowana najczęściej przy szeregowaniu strumieni o różnych priorytetach powiązanych z limitami przetwarzania w czasie rzeczywistym.
- **Przypisywanie monotoniczne według częstotliwości.** Statyczna metoda przypisywania priorytetów strumieniom o charakterze okresowym, w której preferowane są strumienie o krótszym okresie. Jest to szczególny przypadek przypisywania według limitu czasu, a zarazem metoda bardziej znana i częściej dostępna w różnych systemach operacyjnych.

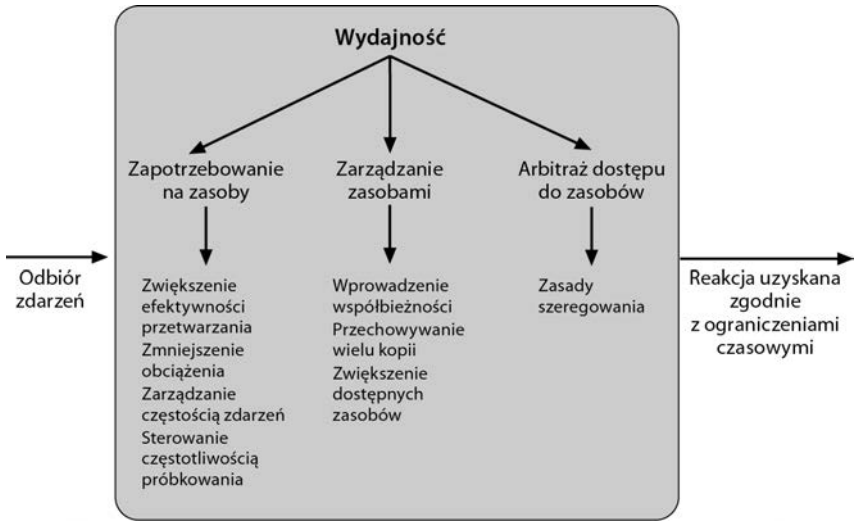
3. Szeregowanie z dynamicznie określanym priorytetem.

- **Karuzelowe.** Strategia polegająca na uporządkowaniu żądań, które następnie kolejno otrzymują zasoby — za każdym razem, gdy pojawia się możliwość przypisania żądania. Szczególną formą szeregowania karuzelowego jest zasada inicjowania nowych przypisań w stałych odstępach czasu.
- **Według terminów wykonania.** Najwyższy priorytet otrzymują żądania z najbliższym terminem wykonania.

4. Szeregowanie statyczne. Cykliczny mechanizm oparty na strategii, dla której punkty wywłaszczania i sekwencja przypisań zostały określone przed uruchomieniem systemu.

Lista polecanej literatury na końcu rozdziału zawiera tytuły książek poświęconych szeregowaniu.

Rysunek 5.7 przedstawia podsumowanie taktyk wydajności.



Rysunek 5.7. *Podsumowanie taktyk wydajności*

5.5. Taktyki bezpieczeństwa

Taktyki ukierunkowane na zapewnienie bezpieczeństwa operują w trzech obszarach: odpierania ataków, wykrywania ataków i przywracania stanu po ataku. Każdy z nich jest istotny. Można przytoczyć czytelną analogię — zamek w drzwiach to metoda obrony przed atakami, czujnik ruchu wewnątrz domu to system wykrywania ataków, a posiadanie ubezpieczenia to rozwiązanie umożliwiające przywrócenie stanu. Rysunek 5.8 ilustruje cele taktyk bezpieczeństwa.

Rysunek 5.8. *Cel taktyk bezpieczeństwa*

Obrona przed atakami

Przedstawiona w rozdziale 4. lista celów opisujących bezpieczeństwo obejmuje niezaprzeczalność, poufność, integralność (spójność) i pewność tożsamości. W dążeniu do ich osiągnięcia pomocne jest łączenie poniższych taktyk:

- **Uwierzytelnianie użytkowników.** Uwierzytelnianie to sprawdzanie, czy użytkownik lub komputer jest tym, za kogo się podaje. Można stosować hasła, hasła jednorazowe, certyfikaty lub identyfikację biometryczną.

- **Autoryzowanie użytkowników.** Autoryzowanie to sprawdzanie, czy uwierzytelniony użytkownik ma prawa dostępu i modyfikacji danych lub usług. Jest to zazwyczaj zapewniane przez wprowadzenie w systemie pewnych schematów kontroli dostępu. Prawa dostępu przyznaje się użytkownikom lub klasom użytkowników. Definiowanie klas użytkowników może opierać się na pojęciu grupy bądź roli lub listach użytkowników.
- **Poufność danych.** Dane powinny być zabezpieczone przed nieautoryzowanym dostępem. Poufność uzyskuje się zazwyczaj przez wprowadzenie szyfrowania danych i połączeń komunikacyjnych. Szyfrowanie jest dodatkowym zabezpieczeniem danych trwałych, które w znaczący sposób uzupełnia mechanizmy autoryzowania dostępu. Co więcej, łącza komunikacyjne nie zapewniają zwykle autoryzacji. Szyfrowanie jest jedyną osłoną przy przekazywaniu danych przez łącza dostępne publicznie. Połączenie szyfrowane można implementować jako prywatną sieć wirtualną (ang. *virtual private network* — VPN) lub, w przypadku komunikacji WWW, jako warstwę gniazd z zabezpieczeniami, czyli SSL (ang. *Secure Sockets Layer*). Szyfrowanie może być symetryczne (obie strony używają tego samego klucza) lub niesymetryczne (klucze publiczny i prywatny).
- **Utrzymywanie integralności.** Dane powinny zostać dostarczone w postaci zgodnej z oczekiwaniami. Ich poprawność można weryfikować w oparciu o dołączane informacje nadmiarowe — takie jak sumy kontrolne i skróty — szyfrowane niezależnie od właściwych danych lub w połączeniu z nimi.
- **Redukcja narażenia na atak.** Podstawą ataku jest zazwyczaj możliwość wykorzystania jednego słabo chronionego punktu, który pozwala uzyskać dostęp do wszystkich danych i usług stacji. Architekt może tak zaprojektować przypisania komponentów do stacji, by każda z nich oferowała jak najwęższy zespół usług.
- **Ograniczanie dostępu.** Zapory sieciowe ograniczają dostęp w oparciu o źródło komunikatu lub port docelowy. Komunikaty z nieznanych źródeł mogą być formą ataku. Nie zawsze jednak można ograniczyć dostęp wyłącznie do znanych źródeł. Publiczna witryna WWW może oczekiwać żądań z dowolnych stacji sieciowych. Jedną z używanych w takich przypadkach konfiguracji jest tak zwana strefa zdemilitaryzowana (ang. *demilitarized zone* — DMZ). Konfiguracja DMZ daje dostęp do usług internetowych, ale nie do sieci lokalnej. Strefa zdemilitaryzowana to obszar funkcjonujący pomiędzy internetem a zaporą chroniącą sieć wewnętrzną. Umieszcza się w nim urządzenia, które powinny odbierać komunikaty z dowolnych źródeł. Pracują na nich głównie usługi WWW, pocztowe i DNS.

Wykrywanie ataków

Wykrywanie ataku zapewnia zazwyczaj specjalny **system wykrywania włamań** (ang. *intrusion detection system*). Jego działanie opiera się na porównywaniu schematów ruch sieciowego z wzorcami w bazie danych. Wykrywanie nadużyć oznacza porównywanie z wzorcami znanych ataków. Wykrywanie anomalii z kolei polega na porównywaniu bieżącego ruchu w sieci z zarejestrowanymi wcześniej schematami tego ruchu. Aby porównanie było możliwe, często konieczne jest filtrowanie pakietów. Filtrowanie może opierać się na protokole, znacznikach TCP, rozmiarach ładunku, adresie źródłowym, adresie docelowym lub numerze portu.

System wykrywania włamań musi dysponować pewnego rodzaju czujnikiem wykrywającym ataki, oprogramowaniem zarządzającym, które analizuje informacje i podejmuje odpowiednie czynności, bazą danych do przechowywania rejestru zdarzeń w celu późniejszej analizy, narzędziami do budowania analiz i raportów oraz konsolą sterującą, która umożliwia analitykowi modyfikowanie podejmowanych w przypadku włamania działań.

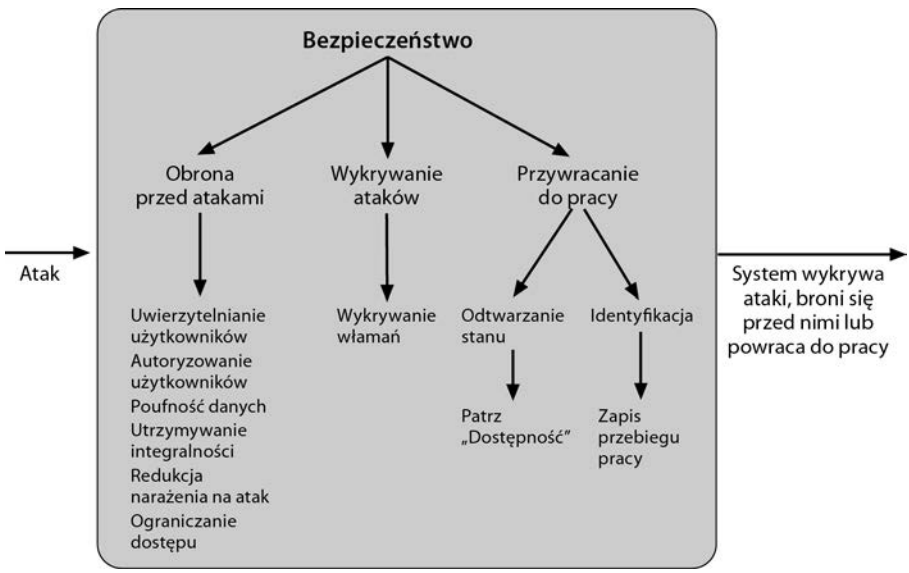
Przywracanie do pracy po ataku

Taktyki wspomagające przywracanie stanu systemu po ataku można podzielić na bezpośrednio związane z przywróceniem normalnego funkcjonowania oraz ukierunkowane na identyfikację atakującego (jeżeli nie w celu ukarania, to po to, by zabezpieczyć się przed ponownymi atakami).

Taktyki przywracania systemu lub danych do właściwego stanu pokrywają się z taktykami zapewniającymi dostępność — w obu przypadkach chodzi o przywrócenie spójności. Główną różnicą jest konieczność szczególnego traktowania nadmiarowych kopii danych o charakterze administracyjnym, takich jak hasła, listy kontroli dostępu, konfiguracje usług nazw i dane profili użytkowników.

Podstawowa taktyka wspomagająca identyfikowanie atakujących to utrzymywanie **zapisu przebiegu zdarzeń** (ang. *audit trail*). Jest to kopia każdej transakcji na danych w systemie wraz z informacjami umożliwiającymi identyfikację. Informacje te można wykorzystywać do śledzenia działań atakującego, w realizacji zasady niezaprzeczalności (jest to dowód odebrania określonego żądania) lub przy operacjach przywracania stanu systemu. Dzienniki zdarzeń są często jednym z celów ataku, więc powinny być odpowiednio przechowywane.

Rysunek 5.9 przedstawia podsumowanie taktyk bezpieczeństwa.



Rysunek 5.9. *Taktyki bezpieczeństwa*

5.6. Taktyki testowalności

Celem taktyk testowalności jest umożliwienie łatwiejszego testowania, gdy kończona jest praca nad kolejną częścią oprogramowania. Rysunek 5.10 ilustruje zasadę ich stosowania. Budowie architektury pod kątem wysokiej testowalności oprogramowania nie poświęca się tyle uwagi co lepiej zbadanym aspektom jakości — modyfikowalności, wydajności czy dostępności, ale — jak pisaliśmy w rozdziale 4. — ponieważ testowanie odpowiada za dużą część kosztów systemu, to wszystko, co można zrobić w kierunku jego usprawnienia, przyniesie znaczące korzyści.

Rysunek 5.10. *Cel taktyk testowalności*

Choć w rozdziale 4. wspomnieliśmy o przeglądach projektu jako metodzie testowania, tutaj zajmiemy się jedynie testowaniem uruchomionego systemu. Celem procedur testowania jest wykrycie usterek. Wiąże się to z koniecznością zapewnienia dla testowanego oprogramowania danych wejściowych oraz mechanizmu przechwytywania danych wyjściowych.

Do uruchamiania testów jest potrzebne dodatkowe oprogramowanie przekazujące dane wejściowe i odbierające dane wyjściowe — jest to tak zwane **jarzmo testów** (ang. *test harness*). Nie będziemy tu szczegółowo rozpatrywać problemów związanych z jego konstrukcją i generowaniem. Czasem praca nad jarzmem testów jest znaczącą częścią pracy nad całym systemem.

Omówimy dwie kategorie taktyk wspomagających testowanie: związane z przekazywaniem i odbieraniem danych oraz związane z wewnętrznym monitorowaniem systemu.

Wejście-wyjście

Można wyróżnić trzy taktyki zarządzania wejściami i wyjściami:

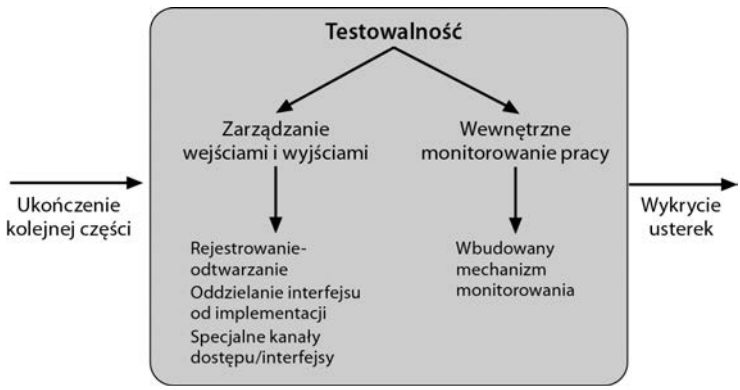
- **Rejestrowanie-odtwarzanie.** Metoda, w której informacje przechodzące przez interfejs są przechwytywane i wykorzystywane jako dane dla jarzma testów. Informacje przechodzące przez interfejs w trakcie normalnej pracy zostają zapisane w pewnym magazynie — reprezentują one dane wyjściowe jednego komponentu, a zarazem dane wejściowe innego. Ich rejestrowanie rozwiązuje problem generowania danych wejściowych dla drugiego z tych komponentów oraz problem dostępności do porównań danych opisujących pracę pierwszego.
- **Oddzielanie interfejsu od implementacji.** Oddzielenie interfejsu od implementacji pozwala wymieniać implementacje na czas różnego rodzaju testów. Elementy zastępcze umożliwiają testowanie pozostałej części systemu, mimo że właściwe wersje tych elementów nie są jeszcze gotowe. Po wprowadzeniu ukończonych elementów wycofywany kod może zostać dołączony do jarzma testów.
- **Specjalne kanały dostępu/interfejsy.** Przygotowanie specjalnego interfejsu wspomagającego testowanie pozwala przechwytywać lub określać wartości zmiennych komponentu niezależnie od jego normalnej pracy. Przykładem może być udostępnienie specjalnego interfejsu dostępu do metadanych, wykorzystywanego w pracy jarzma testów. Interfejsy i kanały dostępu przeznaczone do tego rodzaju zastosowań powinny być wyraźnie oddzielone od tych, które wykorzystuje się w realizacji wyspecyfikowanych funkcji systemu. Wprowadzenie w architekturze hierarchii interfejsów służących do testowania prowadzi do sytuacji, kiedy testy mogą być uruchamiane na różnych poziomach oprogramowania, które dysponują ogólnymi mechanizmami umożliwiającymi badanie reakcji.

Wewnętrzne monitorowanie pracy

Testowanie mogą wspomagać taktyki dotyczące wewnętrznych informacji o stanie:

- **Wbudowany mechanizm monitorowania.** Interfejs może udostępniać informacje o stanie, obciążeniu, dopuszczalnym obciążeniu, zabezpieczeniach i inne. Może to być trwały interfejs komponentu lub interfejs wprowadzany tymczasowo — przy użyciu takich metod, jak makra preprocesora lub programowanie aspektowe. Włączenie monitorowania oznacza zazwyczaj rozpoczęcie rejestrowania zdarzeń. Warto zwrócić uwagę, że korzystanie z takiego rozwiązania może doprowadzić do wydłużenia testów, ponieważ muszą one być powtarzane także po wyłączeniu śledzenia. Jednak korzyści z uwidocznienia przebiegu pracy komponentu bardzo często przewyższają koszty dodatkowego testowania.

Rysunek 5.11 przedstawia podsumowanie taktyk testowalności.



Rysunek 5.11. *Taktyki testowalności*

5.7. Taktyki funkcjonalności

Przypomnijmy z rozdziału 4., że pojęcie funkcjonalności odnosi się do tego, jak łatwo użytkownik może wykonywać swoje zadania oraz na jaką pomoc ze strony systemu może liczyć. Do zwiększenia funkcjonalności prowadzą dwie kategorie taktyk. Każda z nich dotyczy innej klasy „użytkowników". Pierwsza kategoria, taktyki czasu wykonywania, polega na wspomaganiu działań użytkownika w trakcie pracy systemu. Druga wiąże się z iteracyjnym charakterem procedur projektowania interfejsu użytkownika. Jest to pomoc dla twórcy interfejsu w czasie projektowania. Jest ona zbliżona w swoim charakterze do omawianych wcześniej taktyk modyfikowalności.

Rysunek 5.12 przedstawia cel taktyk funkcjonalności dla czasu wykonywania.

Rysunek 5.12. *Cel taktyk funkcjonalności dla czasu wykonywania*

Taktyki dla czasu wykonywania

W trakcie pracy systemu podstawowym mechanizmem sprzyjającym funkcjonalności jest przekazywanie użytkownikowi informacji zwrotnych, które opisują wykonywane przez system czynności i dają użytkownikowi możliwość korzystania ze specjalnych poleceń (o kilku wspomnieliśmy w rozdziale 4.). *Anuluj*, *Cofnij*, *Scal* i *Pokaż wiele widoków jednocześnie* to typowe funkcje wspierające użytkownika w korygowaniu błędów lub dążeniu do efektywnej pracy.

Badacze interakcji między człowiekiem a komputerem używają pojęć „inicjatywa użytkownika", „inicjatywa systemu" i „inicjatywa mieszana" — wskazują one, która strona utrzymuje inicjatywę w trakcie wykonywania różnych czynności i decyduje o ich przebiegu. Scenariusze przedstawione w rozdziale 4. łączą obie perspektywy. Przykładowo w celu anulowania komendy użytkownik korzysta z polecenia *Anuluj*, co powoduje reakcję systemu — jest to inicjatywa użytkownika. Już w trakcie anulowania system może wyświetlić pasek postępu — jest to już inicjatywa systemu. Przy anulowaniu polecenia mamy więc do czynienia z inicjatywą mieszaną. Rozróżnienie to przydaje się przy omawianiu taktyk, które można zastosować w celu realizacji tego czy innego scenariusza.

Gdy inicjatywę podejmuje użytkownik, architekt projektuje reakcję, podobnie jak przy każdej innej funkcji systemu. Niezbędne jest określenie obowiązków systemu w zakresie reakcji na polecenie. Wracając do przykładu polecenia *Anuluj*: gdy użytkownik wydaje polecenie, system musi być gotowy do jego odbioru (odpowiada za zapewnienie obserwatora, który nie będzie zablokowany w związku z wykonywaniem anulowanych operacji); anulowana operacja musi zostać przerwana; zasoby używane przez tę operację muszą zostać zwolnione; wszystkie komponenty, których praca wiąże się z anulowaną operacją, muszą zostać poinformowane, by mogły podjąć odpowiednie w takiej sytuacji działania.

Gdy inicjatywę podejmuje system, podstawą są pewne informacje o użytkowniku, wykonywanym przez użytkownika zadaniu lub stanie samego systemu. Są to różne modele, z których każdy wymaga innego rodzaju danych wejściowych. Taktyki związane z inicjatywą systemu określają modele stosowane przez system do przewidywania albo własnych zachowań, albo zamierzeń użytkownika. Zahermetyzowanie takich informacji ułatwia architektowi dopracowywanie i modyfikowanie modeli. Dostosowanie i modyfikacja mogą być dynamiczne, oparte na zachowaniach użytkownika albo bardziej tradycyjne, wykonywane w trakcie budowy oprogramowania.

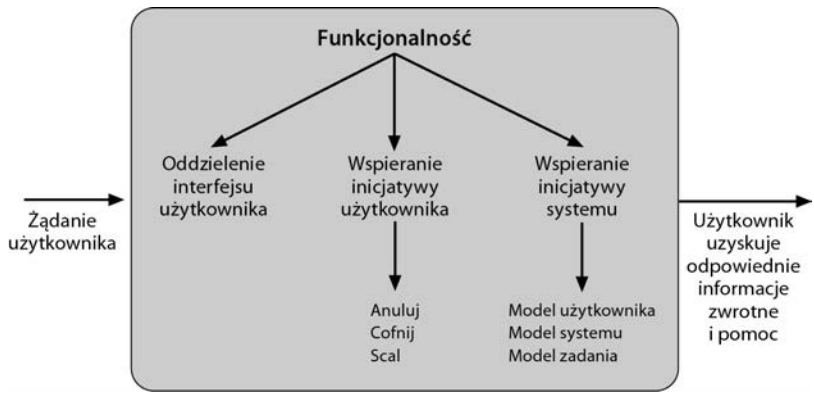
- **Utrzymywanie modelu zadania.** Model zadania służy do śledzenia kontekstu pracy w sposób umożliwiający systemowi określenie zamiarów użytkownika i uaktywnienie właściwych mechanizmów pomocy. Przykładowo wiedza o tym, że zdania rozpoczyna się zazwyczaj wielką literą, pozwala aplikacji korygować zdania, w których użytkownik nie dostosował się do tej reguły.
- **Utrzymywanie modelu użytkownika.** Model użytkownika służy do określania jego znajomości systemu, jego zachowań w kategoriach oczekiwanego czasu reakcji lub innych charakterystyk specyficznych dla pewnej osoby czy klasy osób. Przykładem zastosowania modelu użytkownika jest dopasowanie szybkości przewijania do szybkości czytania.
- **Utrzymywanie modelu systemu.** Model systemu służy do określania oczekiwanego zachowania systemu po to, by przekazać odpowiednie informacje zwrotne użytkownikowi. Jest to na przykład oszacowanie czasu potrzebnego do skończenia bieżącej operacji.

Taktyki dla czasu projektowania

Procedury testowania wiążą się często z wieloma zmianami w interfejsie użytkownika — specjalista zajmujący się funkcjonalnością regularnie przekazuje programistom poprawki do bieżącego projektu interfejsu, a ci wprowadzają odpowiednie zmiany. W usprawnieniu tego schematu pomaga taktyka, która jest specjalizacją opisanej wcześniej taktyki spójności semantycznej:

- **Oddzielenie interfejsu użytkownika od reszty aplikacji.** Lokalizacja oczekiwanych zmian jest głównym uzasadnieniem spójności semantycznej. Ponieważ interfejs użytkownika ulega częstym zmianom zarówno przed wdrożeniem, jak i po nim, odseparowanie jego kodu jest pierwszym krokiem w kierunku lokalizacji. Można wymienić kilka wzorców architektury, które wykorzystują tę taktykę i ułatwiają modyfikowanie interfejsu:
  - Model-View-Controller (model-widok-kontroler),
  - Presentation-Abstraction-Control (prezentacja-abstrakcja-sterowanie),
  - Seeheim,
  - Arch/Slinky.

Rysunek 5.13 przedstawia podsumowanie taktyk funkcjonalności dla czasu wykonywania



Rysunek 5.13. *Taktyki funkcjonalności dla czasu wykonywania*

5.8. Taktyki atrybutów jakościowych a wzorce architektury

Przedstawiliśmy zbiór taktyk, których stosowanie pomaga architektowi uzyskać różnego rodzaju atrybuty jakościowe. W praktyce podejmowana decyzja konstrukcyjna to najczęściej wybór pewnego wzorca lub zbioru wzorców, które mają zapewnić użycie jednej lub większej liczby taktyk. Jednak każdy wzorzec nieodmiennie wprowadza zbiór wielu taktyk — pożądanych lub nie. Niech ilustracją będzie analiza wzorca projektowego **Active Object** (aktywny obiekt), opisanego w [Schmidt 00]:

> Wzorzec Active Object usuwa ścisłe powiązanie między wykonywaniem metody a jej wywołaniem, aby zwiększyć współbieżność i uprościć synchronizowany dostęp do obiektów we własnym wątku sterowania.

Wzorzec składa się z sześciu elementów: **pośrednika**, który zapewnia interfejs pozwalający klientom wywoływać publicznie dostępne metody aktywnego obiektu; **żądania metody**, które definiuje interfejs wykonywania metod aktywnego obiektu; **listy aktywacyjnej**, przechowującej bufor oczekujących żądań metod; **jednostki szeregującej** decydującej o tym, które żądanie metody zostanie wykonane jako następne; **wykonawcy** definiującego zachowania i stan, modelowane przez aktywny obiekt; a także **przyszłej wartości**, która pozwala klientowi pobrać wynik wywołania metody.

Celem stosowania tego wzorca jest uzyskanie współbieżności. Jest to cel dotyczący wydajności. Architekt stosuje więc taktykę wydajności „wprowadzenie współbieżności". Zwróćmy jednak uwagę na inne taktyki, które wprowadza wzorzec.

- **Ukrywanie informacji (modyfikowalność).** Każdy element ma pewien zakres odpowiedzialności, ale ukrywa sposób działania.
- **Pośrednik (modyfikowalność).** Pośrednik buforuje zmiany w sposobie wywoływania metod.
- **Czas wiązania (modyfikowalność).** Wzorzec aktywnego obiektu opiera się na założeniu, że żądania docierają do obiektu w czasie wykonywania. Kwestia czasu wiązania klienta z pośrednikiem pozostaje otwarta.
- **Zasady szeregowania (wydajność).** Jednostka szeregująca posługuje się pewnym zbiorem zasad.

Każdy wzorzec to połączenie taktyk, często powiązanych z różnymi atrybutami jakościowymi, i każda implementacja wzorca wiąże się z wyborami dotyczącymi tych taktyk. Przykładowo implementacja dziennika żądań może jednocześnie umożliwiać przywracanie systemu, zapewniać zapis przebiegu pracy i ułatwiać testowanie.

Architekt musi dobrze znać i rozumieć wprowadzone w konstrukcji systemu taktyki, a jego pracą jest poszukiwanie takiego ich połączenia, które pozwoli uzyskać wszystkie wymagane cechy systemu.

5.9. Wzorce i style architektury

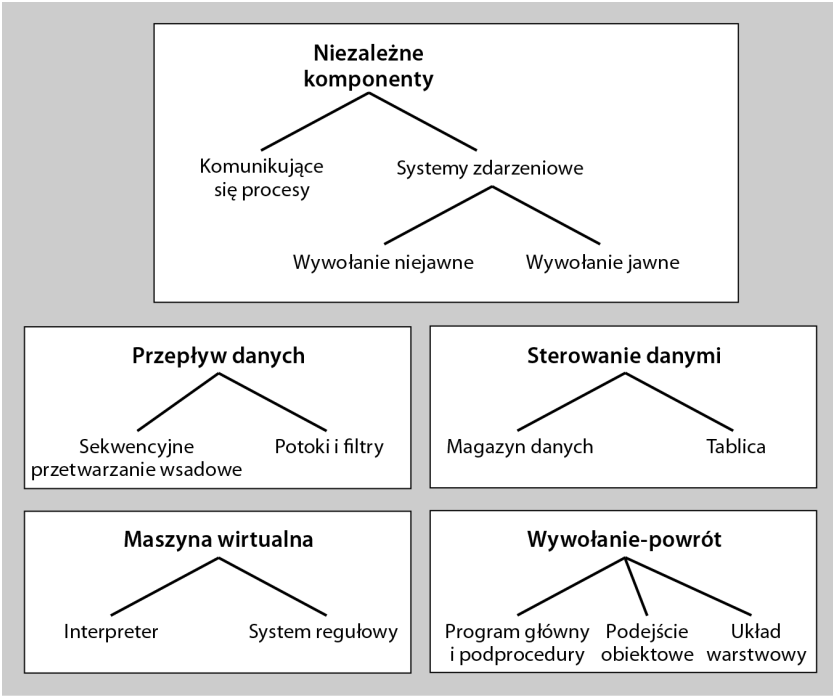
Wzorce architektury oprogramowania nazywa się czasem stylami architektury. Jest to trafna analogia ze stylami architektury w budownictwie, takimi jak gotyk, secesja czy barok. Styl buduje kilka istotnych elementów i reguł łączenia ich w sposób niezakłócający spójności. Wzorzec architektury jest określany przez:

- zespół typów elementów (takich jak magazyn danych lub komponent, który oblicza funkcję matematyczną),
- topologię elementów, która wyraża związki między nimi,
- zespół ograniczeń semantycznych (na przykład filtry w stylu z potokami i filtrami to czyste przetworniki danych — przekształcają one strumień wejściowy w strumień wyjściowy, ale nie mają kontroli nad elementami wcześniejszymi lub późniejszymi),
- zespół mechanizmów interakcji (jak wywołanie procedury, subskrypcja zdarzeń, tablica podręczna), które określają sposób koordynacji elementów w ramach dozwolonej topologii.

Mary Shaw i David Garlan podjęli znaczącą próbę skatalogowania zbiorów wzorców architektury, które nazwali **stylami** lub **idiomami**. W toku ewolucji inżynierii oprogramowania z podejścia tego wyłoniły się lepiej znane dzisiaj wzorce architektury, analogiczne do wzorców projektowych i wzorców pisania kodu.

Inspiracją dla autorów [Shaw 96] było spostrzeżenie, że istnieje wiele znanych wysokopoziomowych abstrakcji złożonych systemów, ale nie zostały one wcześniej systematycznie zbadane i skatalogowane, podobnie jak robi się w innych dziedzinach technicznych.

Poza bardzo regularnym występowaniem w projektach systemów drugą charakterystyczną cechą wzorców architektury jest to, że nie są one łatwo rozpoznawalne — przede wszystkim dlatego, że różne zastosowania prowadzą do różnego nazewnictwa. Odpowiedzią było powstanie katalogów zawierających opisy typowych wzorców, ich własności i znaczenia dla systemu. Przykład takiego katalogu widać na rysunku 5.14.



Rysunek 5.14. *Mały katalog wzorców architektury uporządkowany według relacji „jest…”*

Widoczne na rysunku wzorce zostały sklasyfikowane w grupy tworzące pewną hierarchię dziedziczenia. Na przykład system zdarzeniowy jest „podstylem” ogólniejszego stylu niezależności elementów. Z kolei wśród systemów zdarzeniowych można wyróżnić dwie podkategorie: z wywołaniem jawnym i z wywołaniem niejawnym.

Jaka jest relacja między wzorcami architektury a taktykami? Jak pisaliśmy wcześniej, traktujemy taktykę jako podstawowy „blok konstrukcyjny” projektu, z którego budowane są wzorce i strategie.

5.10. Podsumowanie

W tym rozdziale pokazaliśmy, w jaki sposób architekt osiąga wymagane przez specyfikację atrybuty jakościowe niezbędne do realizacji celów systemu. Zajmowaliśmy się **taktykami** stosowanymi przez architekta w celu skonstruowania właściwego projektu z użyciem różnych wzorców i strategii architektury.

Przedstawiliśmy listę szeroko znanych taktyk osiągania sześciu atrybutów omówionych w rozdziale 4.: dostępności, modyfikowalności, wydajności, bezpieczeństwa, testowalności i funkcjonalności. Taktyki podane dla każdego z nich są w powszechnym użyciu i łatwo zastosować je w praktyce.

Jak napisaliśmy, stosowanie wzorców architektury rozpoczyna się od wyboru pożądanych taktyk. W każdym projekcie pojawia się wiele taktyk i wiedza o tym, na które atrybuty wpływają one pozytywnie, jakie są ich skutki uboczne oraz czym grozi rezygnacja z innych, ma kluczowe znaczenie w pracy każdego architekta.

5.11. Pytania do dyskusji

(1) Zastanów się nad popularną witryną WWW, taką jak na przykład Amazon lub eBay. Podobnie jak przy pytaniu 3. w rozdziale 4. utwórz kilka scenariuszy atrybutów jakościowych. Jakie taktyki powinieneś rozważyć przy wybieraniu wzorców i strategii architektury, aby ułatwić spełnienie zidentyfikowanych wymagań?

(2) Dla zbioru taktyk utworzonego w odpowiedzi na pytanie 1.: jakich kompromisów z innymi atrybutami jakościowymi (na przykład bezpieczeństwem, dostępnością lub modyfikowalnością) możesz oczekiwać po zastosowaniu tych taktyk?

(3) Funkcjonalności nie poświęca się często wystarczającej uwagi przy projektowaniu architektury. Takie traktowanie utrudnia osiągnięcie istotnych celów jakościowych. Zastanów się nad systemem, którego architekturę dobrze znasz, i spróbuj wyliczyć zastosowane w nim taktyki funkcjonalności.

5.12. Literatura

Więcej informacji o zabezpieczeniach systemu można znaleźć w [Ramachandran 02]. Związki między funkcjonalnością a wzorcami architektury oprogramowania są omawiane w [Bass 01a]. O technikach dostępności systemów rozproszonych traktuje [Jalote 94]. Z kolei [McGregor 01] jest dobrym źródłem informacji o zagadnieniach związanych z testowalnością.

Dwuczęściowy katalog wzorców architektury, [Buschmann 96] i [Schmidt 00], zawiera omówienie wzorców MVC i PAC (tom 1.) i koncepcji architektury opartej na wzorcach (tom 2.).

Opis wspomagającej uzyskiwanie wysokiej dostępności architektury Simplex można znaleźć na stronie *http://www.sei.cmu.edu/simplex/*.

W [Bachmann 02] omówienie stosowania taktyk jest podstawą do analizy modyfikowalności i wydajności, [Chretienne 95] zawiera opisy mechanizmów szeregowania, a w [Briand 99] można znaleźć opis miar siły powiązań modułów.

Pełną dokumentację wzorca Model-View-Controller można znaleźć w [Gamma 95], wzorca Presentation-Abstraction-Control — w [Buschmann 96], wzorca Seeheim — w [Pfaff 85], a Arch/Slinky — w [UIMS 92].

Skorowidz

A

ABC, *Patrz* cykl biznesowy architektury
Active Object, 128
adaptation data, *Patrz* dane adaptacji
ADD, *Patrz* metoda Projektowania według Atrybutów
algorytm
  komponentu preferowanego, 110
  rządów większości, 110
allocation structure, *Patrz* struktura alokacji
analiza wymagań, *Patrz* wymagania analiza
analizator
  abstrakcyjnego drzewa składniowego, 227
  leksykalny, 227
aplikacja, 183, 335, 401
application, *Patrz* aplikacja
architectural
  mismatch, *Patrz* architektura oprogramowania niedopasowanie
  pattern, *Patrz* architektura oprogramowania wzorzec
  strategy, *Patrz* architektura oprogramowania strategia
Architecture Business Cycle, *Patrz* cykl biznesowy architektury
architecture reconstruction, *Patrz* architektura oprogramowania rekonstrukcja
Architecture Tradeoff Analysis Method, *Patrz* metoda Analizy Kompromisów w Architekturze
architekt, 25, 26, 29, 32, 34, 42, 50, 56, 101, 198, 223, 415, 437, 439
architektura
  J2EE, *Patrz* J2EE
  systemowa, 49
architektura oprogramowania, 23, 25, 26, 29, 30, 34, 37, 38, 40, 45, 46, 47, 49, 57, 59, 61, 83, 84, 155, 169, 197, 357, 435
  analiza, 33, 248
  czynniki kształtujące, 156, 158, 159
  diagram kontekstu, 203
  dokumentacja, 39, 149, 167, 198, 202, 208, 210, 438
  implementacja, 45
  implementacja przyrostowa, 34
  instrukcja różnicowania, 203
  katalog elementów, 203
  linia produktów, 331
    ocena, 333
  Luther, 389, 390, 391, 396, 400, 401, 402, 403, 409, 410
  miary, 250
  niedopasowanie, 49, 416
  obiektowa, 435
  ocena, 247, 250, 251, 252
    metody, 250, 252
  perspektywa, *Patrz* perspektywa
  prezentacja, 32
  projektowanie, 157, 438
  przeglądy, 29
  referencyjna, 42, 66
  rekonstrukcja, 39, 199, 223, 225, 228, 233, 237
    baza danych, 228, 229, 237
    ekstrakcja informacji, 226, 237
    identyfikacja wzorców, 232
    interakcje, 232
    konflikt nazw, 231
    metoda warsztatowa, 224, 229
    narzędzia, 224, 227
    scalanie informacji, 230, 231, 238
    wizualizacja, 232, 234, 235

architektura oprogramowania
reprezentacja, 39, 51
schemat główny, 203
słownik terminów, 204
strategia, 108, 287, 288, 291, 295, 298
struktura, 169, *Patrz* struktura
styl, *Patrz* architektura oprogramowania wzorzec
tworzenie, 32, 33, 51
uzasadnienie, 204
warstwowa, 74
weryfikacja, *Patrz* architektura oprogramowania ocena
wzorzec, 41, 42, 49, 108, 128, 129, 130, 157, 159, 183, 232, 420, 438
zgodność, 33
znaczenie, 43
artefakt, *Patrz* atrybuty jakościowe artefakt
AST, *Patrz* analizator abstrakcyjnego drzewa składniowego
atak, 122
obrona, 122
przywracanie systemu, 124
wykrywanie, 123
ATAM, *Patrz* metoda Analizy Kompromisów w Architekturze
atrybuty jakościowe, 32, 34, 42, 46, 58, 64, 67, 81, 83, 85, 128, 147, 199, 274, 275, 284, 285, 295, 299, 369, 370, 375, 383, 390, 393, 421, 425, 437
artefakt, 86, 87, 90, 92, 94, 96, 98, 101
bezpieczeństwo, 81, 85, 95, 122, 284, 313, 315
biznesowe, 103
bodziec, 86, 90, 92, 94, 96, 98, 100
czas projektowania, 127
dostępność, 81, 89, 90, 109, 124, 136, 138, 284, 313, 316, 317
funkcjonalność, 81, 84, 85, 99, 100, 102, 104, 126, 284
integrowalność, 194
kompletność, 105
łatwość testowania, 81
łatwość wprowadzania zmian, *Patrz* atrybuty jakościowe modyfikowalność
miara reakcji, 86, 87, 91, 92, 94, 97, 99, 101
modyfikowalność, 61, 68, 81, 85, 88, 91, 112, 149, 160, 194, 195, 284, 313, 315, 317
niezawodność, 85
poprawność, 105
przenośność, 103
reakcja, 86, 87, 91, 92, 94, 96, 98, 101, 118
scenariusz, 86, 88, 89, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 101, 157, 158, 165, 166
skalowalność, 103, 313, 316, 317, 395
spójność koncepcyjna, 104
środowisko, 86, 87, 90, 92, 94, 96, 98, 101, 135, 177
taktyka, 107, 109, 110, 112, 113, 115, 118, 119, 122, 124, 126, 130, 149, 157, 159, 437, 438
testowalność, 97, 124
wydajność, 81, 85, 93, 95, 104, 118, 136, 160, 178, 194, 284, 313, 315, 316, 317
wykonalność, 105
źródło bodźca, 86, 87, 90, 92, 94, 96, 98, 100
Attribute Driven Design, *Patrz* metoda Projektowania według Atrybutów
availability, *Patrz* atrybuty jakościowe dostępność
awaria, 90, 109, 110, 143, 148

B

bezpieczeństwo, *Patrz* atrybuty jakościowe bezpieczeństwo
biblioteka WWW, *Patrz* libWWW
błąd, *Patrz* obsługa błędów
Bohr Niels, 435, 436
bridge, *Patrz* most
Brooks Fred, 57, 168, 441

C

CBAM, *Patrz* metoda Analizy Kosztów i Korzyści
cele biznesowe, 156, 414
CGI, 311
choroba symulatorowa, 179
ciepły restart, *Patrz* redundancja pasywna
collaboration, *Patrz* system współdziałające zespoły
COM, 317
Common Object Request Broker Architecture, *Patrz* CORBA
component-and-connector structure, *Patrz* struktura komponenty-złącza
CORBA, 317, 367, 368, 418
Cost Benefit Analysis Method, *Patrz* metoda Analizy Kosztów i Korzyści
cross-side scripting, 431
cykl
życia oprogramowania, 438
biznesowy architektury, 25, 26, 30, 31, 35, 62, 135, 176, 247, 301, 313, 318, 339, 368, 411, 436, 437
czas reakcji, 26

D

Dali, 225, 229, 232, 237
dane
adaptacji, 148, 149
trwałe, 53
współużytkowane, 53, 54
dekompozycja, 52, 84, 113, 149, 157, 159, 166, 190, 191, 192

deskryptor wdrożenia, 381, 383
diagram, *Patrz* schemat
Dijkstra Edsger, 58, 59, 141
dostępność, *Patrz* atrybuty jakościowe dostępność

E

efekt domina, 112, 113, 114, 115, 160
EJB, 367, 371, 373

F

filtr, 123, 129, 215, 217, 219, 240, 316
framework, *Patrz* platforma
FTP, 309
funkcja, 83, 84
funkcjonalność, *Patrz* atrybuty jakościowe funkcjonalność

G

Garlan David, 49, 129
Glass Bob, 77
gorący restart, *Patrz* redundancja aktywna
grupa
  docelowa, 32, 198
  interesu, 26, 28, 34, 35, 43, 101, 135, 198, 199, 201, 202, 255, 285, 339, 437

H

hermetyzowanie informacji, *Patrz* ukrywanie informacji
Hybertsson Henryk, 24

I

IDE, 317
idiom, *Patrz* architektura oprogramowania wzorzec
implementacja, 84, 189
  ograniczenia, 422, 427
instrumentacja kodu, 227
integrated development environment, *Patrz* IDE
interface, *Patrz* interfejs
interface mismatch, *Patrz* interfejs niedopasowanie
interfejs, 205, 377, 378, 394, 416
  API, 397, 401, 402
  komponentów, 215
  negocjowany, 421
  niedopasowanie, 416, 417, 419, 420
  parametryzowany, 421
  publiczny, 68
  semantyka, 206
  składnia, 206
  szablon opisu, 206
  użytkownika, 393, 396, 397, 399, 400, 401, 415
  wariantowość, 208
interoperacyjność, 436
intrusion detection system, *Patrz* system wykrywania włamań
inżynieria odwrotna, 223
Iverson Ken, 57

J

J2EE, 317, 367, 368, 371, 375, 388, 396, 403, 409, 411
J2EE/EJB, 367, 383, 388
jarzmo testów, 98, 125
Java, 368
Java 2 Enterprise Edition, *Patrz* J2EE
Język UML, *Patrz* UML

K

kernel, 85, 145
klasa, 53, 215, 217, 403
kod
  adaptacyjny, 421
  korygujący, 417, 418
kompletność, *Patrz* atrybuty jakościowe kompletność
komponent, 51, 53, 55, 58, 110, 111, 118, 204, 215, 401, 402, 416
  aktualizacja, 111
  bezstanowy sesyjny, 374, 383, 384, 387, 408
  EJB, 373, 377, 379, 381, 384, 387, 403
  encyjny, 374, 375, 380, 384, 385, 386, 387, 407, 408
  funkcji ogólnych, 402
  komercyjny, 439
  kompatybilność, 416
  kwalifikacja, 419
  pakiet, 403
  podstawowy, 402
  selekcja, 413
  specyficzny dla dziedziny, 402
  stanowy sesyjny, 374, 383, 384, 387
  z funkcjami wielokrotnego użytku, 404
  zarządzania organizacją pracy, 402, 404
  zastępczy, 170
komputer ubraniowy, 390
konflikt, 34
Kruchten Philippe, 56

L

latencja, 119
libWWW, 307, 309

linia oprogramowania, 325, 326, 328, 344
  ewolucja, 335
  narzędzia, 329
  ocena, 333
  trudności, 334
  wdrażanie, 334
  zakres, 328
  zróżnicowanie, 331
linia produktów, 48, 59, 339, 341, 437
lokalizowanie modyfikacji, 112, 113, 160

M

mapowanie, 54, 76, 144, 185, 189, 211, 218, 225, 234, 255, 431, 439
mechanizm wywołań niejawnych, 28
mediator, 417, 418, 421
menedżer
  dostępu, 310
  interfejsu użytkownika, 310
  pamięci, 310
  protokołów, 310
  strumieni, 310, 311
metoda, 420
  Analizy Kompromisów w Architekturze, 33, 47, 156, 199, 252, 253, 255, 267, 281, 283, 284, 285, 298
    faza analizy, 257
    faza procesu, 256, 268, 269
  Analizy Kosztów i Korzyści, 252, 283, 285, 291, 298, 333, 437
    fazy, 289, 292
    podstawy, 285
  ATAM, *Patrz* metoda Analizy Kompromisów w Architekturze
  CBAM, *Patrz* metoda Analizy Kosztów i Korzyści
  oceniania architektury przed rozpoczęciem budowy, 25
  oparta na pomiarach, 250
  oparta na pytaniach, 250
  parametryzacji, 421
  Projektowania według Atrybutów, 157, 158, 199
  przyrostowej budowy oprogramowania, 25
  Rational Unified Process, 157
  Simplex, 110
  warsztatowa, *Patrz* architektura oprogramowania rekonstrukcja metoda warsztatowa
miara ilościowa, 34
miara reakcji, *Patrz* atrybuty jakościowe miara reakcji
middleware, 91, 113, 157, 170, 436
model
  jednowątkowy, 309
  programowania, 317
  referencyjny, 42, 180
  strukturalny, 175, 177, 180, 183, 186
modifiability, *Patrz* atrybuty jakościowe modyfikowalność
module structure, *Patrz* struktura modułów
moduł, 34, 51, 52, 113, 168, 212 *Patrz też* procedura
  brokera danych, 70
  decyzji, 69
  dekompozycja, 67, 68, 158, 159
  filtrów, 70
  generowania systemu, 71
  generujący dane, 34, 37
  interfejs, 34, 71, 164
  kopia, 164
  modeli fizycznych, 70
  narzędziowy, 71
  obsługi funkcji, 71
  opis, 68
  pobierający dane, 34
  rozszerzający, 308
  sekret, *Patrz* sekret
  typu danych aplikacji, 70
  ukrywania warstwy sprzętowej, 69
  ukrywania zachowań, 69
  uogólnienie, 114
  zależności, 114
modyfikowalność, *Patrz* atrybuty jakościowe modyfikowalność
most, 417, 418

N

NET, 317, 367
niedopasowanie architekturalne, *Patrz* architektura oprogramowania niedopasowanie

O

obiekty rozproszone, 28
obsługa błędów, 58, 72, 148
odwoływanie, 111
opóźnienie czasu wiązania, 113, 117
oprogramowanie
  samokonfigurujące się, 421
  wytwarzanie, 31
organizacja, 25, 392
  cele, 25, 30
  struktura, 27, 29, 46, 167, 169, 336, 348, 392
osłona, 417, 418, 421
osoby zainteresowane, Patrz grupa interesu

P

parametryzacja, 421
Parnas David, 58, 65, 416, 441
parser, 227, 308

perspektywa, 51, 55, 162, 200, 201, 203, 229, 439
alokacji, 56, 201, 220
budowy oprogramowania, 56
dekompozycji, 140, 149, 162, 164, 201, 206, 310, 359
dynamiczna, 34
fizyczna, 56
implementacji, 201
katalog, 210
klient-serwer, 143, 149, 201
kodu, 56, 144
komponenty-złącza, 56, 162, 201, 202, 206, 215
koncepcyjna, 56
logiczna, 56
mapowanie, 210
modułów, 56, 164, 201, 212
odporności na błędy, 149
odporność na uszkodzenia, 147
powiązań modułów, 56
procesów, 55, 56, 141, 149, 202, 357
relacje, 149
rozmieszczenia, 55, 162, 163, 164, 201
statyczna, 34
szablon, 210
użycia, 201, 202, 206
warstwowa, 145, 201, 202, 359
współbieżności, 162, 164
wykonawcza, 56
PICS, 306
Platform for Internet Content Selection, *Patrz* PICS
platforma, 48, 50, 69, 73, 91, 103, 104, 110, 111, 113, 171, 175, 180, 195, 241, 303, 304, 308, 309, 323, 353, 355, 357, 359, 368, 370, 435
poprawność, *Patrz* atrybuty jakościowe poprawność
port, *Patrz* interfejs komponentów
pośrednik, 116, 128
potok, 41, 129, 215, 219
powielanie, 111
praca w czasie rzeczywistym, 26, 177, 179
problem modelowy, 422, 427
procedura, *Patrz też* moduł
dostępowa, 68
interfejsów urządzeń, 75
modeli fizycznych, 75
obsługi błędów, *Patrz* obsługa błędów
usług wspólnych, 75
proces, 35, 53, 75, 141
inicjowany na żądanie, 76
okresowy, 75
profilowanie, 227
projektowanie obiektowe, 58, 68
protokół
HTTP, 307, 309, 315, 316, 396, 398
HTTPS, 305, 309, 315, 316
NNTP, 309
SSL, 315
Usenet, 309
WAP, 399
prototyp, 47
budowa iteracyjna, 29
przenośność, *Patrz* atrybuty jakościowe przenośność
przetwarzanie
rozproszone, 386, 395
równoległe, 34
przewidywanie zmian, 113
przybornik, *Patrz* warsztat
przywracanie stanu systemu, 110
punkt kontrolny, 111

Q

quality attribute scenario, *Patrz* atrybuty jakościowe scenariusz
quality attribute tactics, *Patrz* atrybuty jakościowe taktyka

R

Rational Unified Process, 56
reakcja, *Patrz* atrybuty jakościowe reakcja
redundancja, 148, 150
aktywna, 110, 111
pasywna, 111
podwójna, *Patrz* redundancja pasywna
sprzętowa, 284
reference model, *Patrz* model referencyjny
rekonstrukcja, *Patrz* architektura oprogramowania rekonstrukcja
relacja
ma prawo używać, 73
używa, 71, 72
wywołuje, 71
repozytorium, 53, 119, 232, 258, 331, 355, 357, 363, 408
resynchronizacja stanu, 111
return on investment, *Patrz* zwrot z inwestycji
reverse engineering, *Patrz* inżynieria odwrotna
Rigi, 232
ROI, *Patrz* zwrot z inwestycji
rola, 177, 180
rollback, *Patrz* odwoływanie
rozwiązanie modelowe, 422, 427, 428, 429

S

scenariusz, 81, 156, 255, 256, 260, 261, 262, 264, 266, 273, 274, 276, 278, 279, 285, 286, 290, 291, 293, 294, 408, 437
schemat
karuzelowy, 316
macierzowy, 191
sekwencji, 204
stanów, 204

sekret, 67, 69, 70, 71
sequence diagram, *Patrz* schemat sekwencji
serwlet, 372, 379, 393, 400, 403, 409, 429, 431
shadow operation, *Patrz* powielanie
Shaw Mary, 129
signature, *Patrz* sygnatura
skalowalność, *Patrz* atrybuty jakościowe skalowalność
skalowanie
  pionowe, 386
  poziome, 386
skrypt CGI, *Patrz* CGI
software product line, *Patrz* linia oprogramowania
specyfikacja wymagań, 26, 66
spójność
  koncepcyjna, *Patrz* atrybuty jakościowe spójność koncepcyjna
  semantyczna, 113, 127, 141, 160
stakeholders, Patrz grupa interesu
statechart, *Patrz* schemat stanów
sterta, 387
strona shadow, 111
Structural Model, *Patrz* model strukturalny
struktura, 51, 54, 61, 201
  alokacji, 51, 53
  dekompozycji, 52, 54, 55, 61, 67, 68, 69
  dominującą, 55
  implementacja, 54
  klasy, 53, 54
  klient-serwer, 53, 54
  komponenty-złącza, 51, 53, 55
  modułów, 51, 52
  podział pracy, 54
  proces, 53, 54
  procesów, 61, 67, 75, 77
  rozmieszczenie, 53
  użycia, 52, 54, 61, 66, 67, 71, 73, 74
  warstwowa, 58
  współbieżność, 53, 54
stub, 170
styl, *Patrz* architektura oprogramowania wzorzec
styl architektury, *Patrz* architektura oprogramowania wzorzec
sygnatura, 206
system
  czasu rzeczywistego, 170
  klient-serwer, 170
  podsystem UML, 218
  regułowy, 170
  szkieletowy, 34, 170, 189
  wieloprocesowy, 170
  współdziałające zespoły, 219
  wykrywania włamań, 123
  zamknięty obiekt, 218
szablon, 50

S

ścieżka komunikacji, 34
środowisko, *Patrz* atrybuty jakościowe środowisko techniczne, 24, 25, 28, 29, 31

T

tajemnica, *Patrz* sekret
taktyka, *Patrz* atrybuty jakościowe taktyka
TELNET, 309
test harness, *Patrz* jarzmo testów
testability, *Patrz* atrybuty jakościowe testowalność
testowalność, *Patrz* atrybuty jakościowe testowalność
transakcja, 403, 404, 409
transakcje rozproszone, *Patrz* przetwarzanie rozproszone
tworzenie abstrakcji wspólnych usług, 113

U

ukrywanie
  informacji, 54, 58, 62, 65, 66, 67, 68, 69, 78, 115, 160, 168
  warstwy sprzętowej, 69
  zachowań, 69
UML, 211, 212, 214, 215, 217, 220
Unified Modeling Language, *Patrz* UML
urządzenie przenośne, 394, 398
usability, *Patrz* atrybuty jakościowe funkcjonalność
usługi wspólne, 113
uszkodzenie, 90, 109, 148
  wykrywanie, 109
  zapobieganie, 112
utility, *Patrz* wartość użytkowa
uzasadnienie biznesowe systemu, 32
użyteczność, *Patrz* wartość użytkowa

V

Vasa, 24
virtual threads, *Patrz* wątek wirtualny

W

warstwa, 74, 145, 168, 310, 314, 402
  globalnych systemów informacyjnych, 373
  internetowa, 372
  klienta, 371
  komponentów biznesowych, 373
warsztat, 224
wartość użytkowa, 285, 286, 287, 288, 291, 294, 296

wątek, 40, 53, 387, 439
fizyczny, 53
logiczny, 53
pseudowątek, 309
wirtualny, 162
węzeł, 220, 356
wiązanie, 117
workbench, *Patrz* warsztat
wrapper, *Patrz* osłona
współbieżność, 204, 431
wydajność, *Patrz* atrybuty jakościowe wydajność
wykonalność, *Patrz* atrybuty jakościowe wykonalność
wymagania, 23, 25, 26, 28, 30, 362, 368, 375, 393, 410, 425, 437
analiza, 32, 157
jakościowe, 158
specyfikacja, 25, 26, 32
techniki gromadzenia, 32
wzorzec, 232
interakcji, 35
model strukturalny, *Patrz* model strukturalny
wzorzec architektury, *Patrz* architektura oprogramowania wzorzec

Z

zachowanie, 204
założenie, 420
lista, 420
wymaga, 416, 419, 420, 421
zapewnia, 416, 419, 420, 421
zapas, 111
zapora, 315
zarządzanie czasem, 181, 183
zasoby, 162, 404, 420
blokada, 118
ograniczanie zapotrzebowania, 119, 120
poziom wykorzystania, 118, 416
priorytet dostępu, 120
pula, 387
zarządzanie, 120
zespół sektora, 137
zintegrowane środowisko programowania, *Patrz* IDE
złącze, 51, 53
zunifikowany język modelowania, *Patrz* UML
zwrot z inwestycji, 285, 288, 296, 298, 325

Z

źródło bodźca, *Patrz* atrybuty jakościowe źródło bodźca

ARCHITEKTURA OPROGRAMOWANIA W PRAKTYCE

Wydanie II

KANON INFORMATYKI

Współczesne systemy informatyczne to zaawansowane, skomplikowane mechanizmy, składające się z wielu współdziałających ze sobą komponentów. Ich wyodrębnienie, a także określenie sposobu komunikacji i interakcji między poszczególnymi elementami jest nie lada wyzwaniem dla architektów. Od ich decyzji zależy, czy system uda się zrealizować, czy będzie on efektywny, stabilny i łatwy w utrzymaniu.

Na szczęście istnieją metodologie, narzędzia oraz sposoby analizy efektów ułatwiające i porządkujące cały ten proces. W tej książce znajdziesz wszystko, o czym trzeba pamiętać przy projektowaniu oprogramowania. Poznasz sposoby projektowania z wykorzystaniem Metody Analizy Kompromisów w Architekturze (ATAM) oraz oceniania aspektów finansowych przy użyciu Metody Analizy Kosztów i Korzyści (CBAM). Autorzy przedstawiają wiele studiów przypadków, które pozwolą Ci poznać rzeczywiste problemy i ich rozwiązania. Ponadto nauczysz się stosować język UML do wizualnej reprezentacji architektury systemu oraz dowiesz się, jak przygotować dobrą dokumentację projektu. Książka ta jest idealną propozycją dla każdego architekta oprogramowania.

Poznaj najlepsze metodologie projektowania architektury!

- Proces wytwarzania oprogramowania a cykl biznesowy architektury
- Wzorce architektury
- Struktury i perspektywy architektury
- Określenie i uzyskanie atrybutów jakościowych
- Projektowanie architektury pod kątem wysokiej dostępności
- Proces projektowania architektury
- Dokumentowanie architektury oprogramowania
- Język UML
- Metody rekonstrukcji architektury i inżynierii odwrotnej
- Metoda Analizy Kompromisów w Architekturze (ATAM)
- Metoda Analizy Kosztów i Korzyści (CBAM)
- Ponowne wykorzystanie elementów architektury
- Dokumentowanie architektury

helion.pl księgarnia internetowa

Nr katalogowy: 6810

Księgarnia internetowa: http://helion.pl

Zamówienia telefoniczne: 0 801 339900 0 601 339900

Helion

Sprawdź najnowsze promocje: http://helion.pl/promocje
Książki najchętniej czytane: http://helion.pl/bestsellery
Zamów informacje o nowościach: http://helion.pl/nowosci

Helion SA
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
e-mail: helion@helion.pl
http://helion.pl

Informatyka w najlepszym wydaniu

ISBN 978-83-246-3302-9