O'REILLY®

Mistrz języka C

Najlepsze zasady, praktyki i wzorce

Helion

Christopher Preschern

Tytuł oryginału: Fluent C: Principles, Practices, and Patterns

Tłumaczenie: Tomasz Walczak

ISBN: 978-83-8322-722-1

Drogi Czytelniku!
Jeżeli chcesz ocenić tę książkę, zajrzyj pod adres
https://helion.pl/user/opinie/misjec
Możesz tam wpisać swoje uwagi, spostrzeżenia, recenzję.

Pliki z przykładami omawianymi w książce można znaleźć pod adresem:
https://ftp.helion.pl/przyklady/misjec.zip

Helion S.A.
ul. Kościuszki 1c, 44-100 Gliwice
tel. 32 230 98 63
e-mail: *helion@helion.pl*
WWW: *https://helion.pl* (księgarnia internetowa, katalog książek)

Printed in Poland.

Spis treści

Przedmowa **13**

Część I. Wzorce w języku C 27

1. Obsługa błędów **29**

Przykład roboczy 30
Podział funkcji 31
Kontekst 31
Problem 32
Rozwiązanie 32
Skutki 33
Znane zastosowania 33
Zastosowanie w przykładzie roboczym 33
Klauzula zabezpieczająca 34
Kontekst 34
Problem 34
Rozwiązanie 35
Skutki 36
Znane zastosowania 36
Zastosowanie w przykładzie roboczym 36
Reguła samuraja 37
Kontekst 37
Problem 37
Rozwiązanie 38
Skutki 39
Znane zastosowania 40
Zastosowanie w przykładzie roboczym 40
Obsługa błędów z użyciem instrukcji goto 41
Kontekst 41
Problem 41

Rozwiązanie 41
Skutki 42
Znane zastosowania 43
Zastosowanie w przykładzie roboczym 43
Zapisywanie informacji o porządkowaniu 44
Kontekst 44
Problem 44
Rozwiązanie 44
Skutki 45
Znane zastosowania 45
Zastosowanie w przykładzie roboczym 46
Obiektowa obsługa błędów 46
Kontekst 46
Problem 46
Rozwiązanie 47
Skutki 47
Znane zastosowania 48
Zastosowanie w przykładzie roboczym 48
Podsumowanie 50
Dalsza lektura 50
Co dalej? 51

2. Zwracanie informacji o błędach 52
Przykład roboczy 53
Zwracanie kodów stanu 55
Kontekst 55
Problem 55
Rozwiązanie 55
Skutki 56
Znane zastosowania 57
Zastosowanie w przykładzie roboczym 58
Zwracanie adekwatnych informacji o błędach 61
Kontekst 61
Problem 61
Rozwiązanie 62
Skutki 63
Znane zastosowania 64
Zastosowanie w przykładzie roboczym 65
Specjalne zwracane wartości 66
Kontekst 66
Problem 66
Rozwiązanie 67

Skutki 68
Znane zastosowania 68
Zastosowanie w przykładzie roboczym 69
Rejestrowanie błędów 70
Kontekst 70
Problem 70
Rozwiązanie 71
Skutki 72
Znane zastosowania 73
Zastosowanie w przykładzie roboczym 73
Podsumowanie 76
Dalsza lektura 76
Co dalej? 76

3. Zarządzanie pamięcią 77
Przechowywanie danych i problemy z pamięcią dynamiczną 77
Przykład roboczy 80
Zacznij od stosu 81
Kontekst 81
Problem 82
Rozwiązanie 82
Skutki 83
Znane zastosowania 84
Zastosowanie w przykładzie roboczym 84
Pamięć wieczna 84
Kontekst 84
Problem 85
Rozwiązanie 85
Skutki 86
Znane zastosowania 87
Zastosowanie w przykładzie roboczym 87
Leniwe porządkowanie 88
Kontekst 88
Problem 88
Rozwiązanie 88
Skutki 89
Znane zastosowania 90
Zastosowanie w przykładzie roboczym 90
Określony właściciel 91
Kontekst 91
Problem 92
Rozwiązanie 92

Skutki 93
Znane zastosowania 93
Zastosowanie w przykładzie roboczym 94
Nakładka do alokacji pamięci 95
Kontekst 95
Problem 95
Rozwiązanie 96
Skutki 97
Znane zastosowania 98
Zastosowanie w przykładzie roboczym 98
Sprawdzanie wskaźników 99
Kontekst 99
Problem 99
Rozwiązanie 100
Skutki 100
Znane zastosowania 101
Zastosowanie w przykładzie roboczym 101
Pula pamięci 102
Kontekst 102
Problem 102
Rozwiązanie 103
Skutki 104
Znane zastosowania 105
Zastosowanie w przykładzie roboczym 106
Podsumowanie 108
Dalsza lektura 108
Co dalej? 109

4. Zwracanie danych z funkcji w C 110
Przykład roboczy 110
Zwracana wartość 112
Kontekst 112
Problem 112
Rozwiązanie 112
Skutki 113
Znane zastosowania 114
Zastosowanie w przykładzie roboczym 114
Parametry wyjściowe 115
Kontekst 115
Problem 115
Rozwiązanie 116
Skutki 117

Znane zastosowania 118
Zastosowanie w przykładzie roboczym 118
Zagregowana instancja 119
Kontekst 119
Problem 119
Rozwiązanie 120
Skutki 122
Znane zastosowania 122
Zastosowanie w przykładzie roboczym 123
Niemodyfikowalna instancja 123
Kontekst 123
Problem 123
Rozwiązanie 124
Skutki 125
Znane zastosowania 126
Zastosowanie w przykładzie roboczym 126
Bufor należący do jednostki wywołującej 127
Kontekst 127
Problem 127
Rozwiązanie 128
Skutki 129
Znane zastosowania 129
Zastosowanie w przykładzie roboczym 130
Alokacja w jednostce wywoływanej 131
Kontekst 131
Problem 131
Rozwiązanie 131
Skutki 133
Znane zastosowania 133
Zastosowanie w przykładzie roboczym 134
Podsumowanie 135
Co dalej? 135

5. Czas życia i własność danych 136
Bezstanowy moduł oprogramowania 138
Kontekst 138
Problem 138
Rozwiązanie 138
Skutki 140
Znane zastosowania 140
Zastosowanie w przykładzie roboczym 141

Moduł oprogramowania ze stanem globalnym 142
Kontekst 142
Problem 142
Rozwiązanie 142
Skutki 144
Znane zastosowania 145
Zastosowanie w przykładzie roboczym 145
Instancja należąca do jednostki wywołującej 146
Kontekst 146
Problem 147
Rozwiązanie 147
Skutki 149
Znane zastosowania 149
Zastosowanie w przykładzie roboczym 150
Współdzielona instancja 151
Kontekst 151
Problem 152
Rozwiązanie 152
Skutki 154
Znane zastosowania 155
Zastosowanie w przykładzie roboczym 156
Podsumowanie 157
Dalsza lektura 158
Co dalej? 158

6. Elastyczne API 159
Pliki nagłówkowe 161
Kontekst 161
Problem 161
Rozwiązanie 161
Skutki 162
Znane zastosowania 163
Zastosowanie w przykładzie roboczym 163
Uchwyt 164
Kontekst 164
Problem 164
Rozwiązanie 164
Skutki 165
Znane zastosowania 166
Zastosowanie w przykładzie roboczym 166
Dynamiczny interfejs 167
Kontekst 167
Problem 167

Rozwiązanie 167
Skutki 168
Znane zastosowania 169
Zastosowanie w przykładzie roboczym 169
Kontrolowanie funkcji 170
Kontekst 170
Problem 170
Rozwiązanie 171
Skutki 172
Znane zastosowania 172
Zastosowanie w przykładzie roboczym 172
Podsumowanie 174
Dalsza lektura 174
Co dalej? 175

7. Elastyczne interfejsy iteratorów 176
Przykład roboczy 178
Dostęp za pomocą indeksu 178
Kontekst 178
Problem 178
Rozwiązanie 179
Skutki 180
Znane zastosowania 181
Zastosowanie w przykładzie roboczym 181
Iterator w postaci kursora 183
Kontekst 183
Problem 183
Rozwiązanie 183
Skutki 185
Znane zastosowania 185
Zastosowanie w przykładzie roboczym 186
Iterator z wywołaniami zwrotnymi 187
Kontekst 187
Problem 187
Rozwiązanie 188
Skutki 189
Znane zastosowania 190
Zastosowanie w przykładzie roboczym 191
Podsumowanie 192
Dalsza lektura 193
Co dalej? 193

8. Organizowanie plików w modułowych programach 194
Przykład roboczy 196
Zabezpieczanie instrukcji include 198
Kontekst 198
Problem 198
Rozwiązanie 198
Skutki 199
Znane zastosowania 200
Zastosowanie w przykładzie roboczym 200
Katalogi modułów oprogramowania 200
Kontekst 200
Problem 201
Rozwiązanie 201
Skutki 202
Znane zastosowania 203
Zastosowanie w przykładzie roboczym 203
Globalny katalog na dołączane pliki 205
Kontekst 205
Problem 205
Rozwiązanie 205
Skutki 207
Znane zastosowania 207
Zastosowanie w przykładzie roboczym 207
Samodzielny komponent 209
Kontekst 209
Problem 209
Rozwiązanie 209
Skutki 211
Znane zastosowania 211
Zastosowanie w przykładzie roboczym 211
Kopiowanie API 214
Kontekst 214
Problem 214
Rozwiązanie 214
Skutki 216
Znane zastosowania 217
Zastosowanie w przykładzie roboczym 217
Podsumowanie 221
Co dalej? 222

9. Ucieczka z piekła instrukcji #ifdef 223
Przykład roboczy 225
Unikanie wariantów 226
Kontekst 226
Problem 226
Rozwiązanie 227
Skutki 228
Znane zastosowania 228
Zastosowanie w przykładzie roboczym 228
Izolowane podstawowe jednostki kodu 229
Kontekst 229
Problem 230
Rozwiązanie 230
Skutki 231
Znane zastosowania 231
Zastosowanie w przykładzie roboczym 232
Atomowe podstawowe jednostki kodu 233
Kontekst 233
Problem 233
Rozwiązanie 233
Skutki 234
Znane zastosowania 234
Zastosowanie w przykładzie roboczym 235
Warstwa abstrakcji 236
Kontekst 236
Problem 236
Rozwiązanie 236
Skutki 237
Znane zastosowania 238
Zastosowanie w przykładzie roboczym 238
Rozdzielanie implementacji wariantów 241
Kontekst 241
Problem 241
Rozwiązanie 241
Skutki 242
Znane zastosowania 243
Zastosowanie w przykładzie roboczym 243
Podsumowanie 246
Dalsza lektura 247
Co dalej? 247

Część II. Historie dotyczące wzorców 249

10. Implementowanie mechanizmu rejestrowania informacji 251
Historia wykorzystana do prezentowania wzorców 251
Organizowanie plików 252
Centralna funkcja rejestrowania informacji 252
Filtr źródła rejestrowanych informacji 254
Warunkowe rejestrowanie informacji 256
Rejestrowanie informacji w różnych miejscach 257
Rejestrowanie informacji w pliku 258
Pliki działające na różnych platformach 259
Stosowanie mechanizmu rejestrowania informacji 262
Podsumowanie 263

11. Tworzenie systemu zarządzania kontami użytkowników 265
Historia wykorzystana do prezentowania wzorców 265
Organizowanie danych 265
Organizowanie plików 266
Obsługa błędów w procesie uwierzytelniania 268
Rejestrowanie błędów w procesie uwierzytelniania 270
Obsługa błędów w procesie dodawania użytkowników 271
Iterowanie 273
Korzystanie z systemu zarządzania kontami użytkowników 275
Podsumowanie 276

12. Zakończenie 278
Czego się nauczyłeś? 278
Dalsza lektura 278
Uwagi końcowe 279

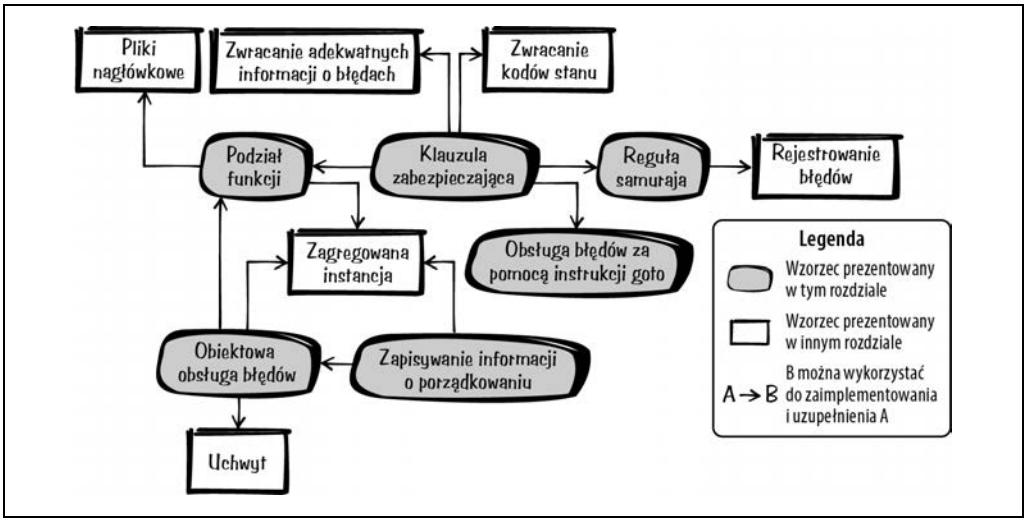
ROZDZIAŁ 1.

Obsługa błędów

Obsługa błędów jest ważnym aspektem pisania oprogramowania. Jeśli o nią odpowiednio nie zadbasz, oprogramowanie będzie trudne do rozszerzania i konserwacji. Języki programowania takie jak C++ lub Java udostępniają wyjątki i destruktory, dzięki którym obsługa błędów jest łatwiejsza. W C takie mechanizmy nie są natywnie dostępne, a literatura poświęcona solidnej obsłudze błędów w tym języku jest rozproszona w wielu miejscach w internecie.

W tym rozdziale znajdziesz zebraną wiedzę na temat należytej obsługi błędów. Przedstawiam ją w formie wzorców obsługi błędów w C i przykładu, w którym stosuję te wzorce. Ilustrują one dobre decyzje projektowe. Wyjaśniam też, kiedy należy je stosować i jakie są tego skutki. Z perspektywy programisty wzorce eliminują ciężar podejmowania wielu szczegółowych decyzji. Programista może skupić się na wiedzy ujętej we wzorcach i wykorzystać je jako punkt wyjścia do pisania kodu wysokiej jakości.

Na rysunku 1.1 przedstawiam przegląd wzorców omawianych w tym rozdziale i relacje między nimi. W tabeli 1.1 znajdziesz zestawienie tych wzorców.



Rysunek 1.1. Schemat wzorców obsługi błędów

Tabela 1.1. Wzorce obsługi błędów

Nazwa wzorca	Podsumowanie
Podział funkcji	Funkcja wykonuje kilka zadań, przez co jest mało czytelna i trudna w konserwacji. Dlatego należy ją podzielić. Wyodrębnij fragment funkcji, który samodzielnie wykonuje przydatne operacje, utwórz na jego podstawie nową funkcję i ją wywołaj.
Klauzula zabezpieczająca	Funkcja jest mało czytelna i trudna w konserwacji, ponieważ łączy sprawdzanie warunków wstępnych z główną logiką programu. Dlatego należy sprawdzać, czy wymagane warunki wstępne są spełnione, a jeśli nie są, natychmiast zwracać sterowanie z funkcji.
Reguła samuraja	Gdy zwracasz informacje o błędzie, zakładasz, że jednostka wywołująca je sprawdza. Jednak jednostka wywołująca może pominąć takie testy, przez co błąd pozostanie niezauważony. Dlatego należy zwracać informacje tylko po udanym wykonaniu funkcji albo nie zwracać ich w ogóle. Jeśli wystąpi sytuacja, w której wiadomo, że błędu nie da się obsłużyć, należy zamknąć program.
Obsługa błędów z użyciem instrukcji goto	Kod staje się mało czytelny i trudny w konserwacji, gdy pozyskuje i zwalnia wiele zasobów w różnych miejscach funkcji. Dlatego cały kod do porządkowania zasobów i obsługi błędów należy umieścić na końcu funkcji. Jeśli zasobów nie da się pozyskać, należy użyć instrukcji `goto` do przeskoczenia do kodu do porządkowania zasobów.
Zapisywanie informacji o porządkowaniu	Trudno jest zapewnić czytelność i łatwą konserwację fragmentu kodu, jeśli pozyskuje on i zwalnia wiele zasobów, zwłaszcza gdy te zasoby są od siebie zależne. Dlatego należy wywoływać funkcje pozyskujące zasoby, dopóki można je wykonywać z powodzeniem, a także zapisywać, które z tych funkcji wymagają porządkowania. Funkcje porządkujące zasoby należy wywoływać w zależności od tych zapisanych wartości.
Obiektowa obsługa błędów	Gdy jedna funkcja wykonuje wiele zadań, na przykład pozyskuje zasoby, porządkuje je i z nich korzysta, kod jest trudny do implementacji, konserwacji i testowania, a także mało czytelny. Dlatego inicjalizowanie i porządkowanie należy umieszczać w odrębnych funkcjach. Mechanizm ten przypomina używanie konstruktorów i destruktorów w programowaniu obiektowym.

Przykład roboczy

Chcesz zaimplementować funkcję, która sprawdza występowanie określonych słów kluczowych w pliku i zwraca informacje o tym, czy je znalazła.

Standardowym sposobem informowania o błędzie w C jest używanie wartości zwracanej przez funkcję. Aby przekazać dodatkowe informacje o błędzie, w starszych funkcjach w C często przypisywano do zmiennej `errno` (zobacz plik *errno.h*) konkretny kod błędu. Jednostka wywołująca może wtedy sprawdzić zmienną `errno`, aby pobrać informacje o błędzie.

Jednak w poniższym kodzie zamiast zmiennej `errno` używane są zwracane wartości, ponieważ nie potrzebujesz bardzo szczegółowych informacji o błędzie. Piszesz więc następujący początkowy fragment kodu:

```
int parseFile(char* file_name)
{
  int return_value = ERROR;
  FILE* file_pointer = 0;
  char* buffer = 0;

  if(file_name!=NULL)
  {
```

```
    if(file_pointer=fopen(file_name, "r"))
    {
      if(buffer=malloc(BUFFER_SIZE))
      {
        /* Przetwarzanie zawartości pliku. */
        return_value = NO_KEYWORD_FOUND;
        while(fgets(buffer, BUFFER_SIZE, file_pointer)!=NULL)
        {
          if(strcmp("KEYWORD_ONE\n", buffer)==0)
          {
            return_value = KEYWORD_ONE_FOUND_FIRST;
            break;
          }
          if(strcmp("KEYWORD_TWO\n", buffer)==0)
          {
            return_value = KEYWORD_TWO_FOUND_FIRST;
            break;
          }
        }
        free(buffer);
      }
      fclose(file_pointer);
    }
  }
  return return_value;
}
```

W tym kodzie trzeba sprawdzać wartości zwracane przez wywołane funkcje, aby stwierdzić, czy wystąpił błąd. Z tego powodu powstają głęboko zagnieżdżone instrukcje `if`. Prowadzi to do następujących problemów:

- Funkcja jest długa i łączy kod obsługi błędów, inicjalizacji, porządkowania oraz wykonywania operacji, przez co jest trudna w konserwacji.
- Główny kod, który wczytuje i interpretuje dane z pliku, jest głęboko zagnieżdżony w klauzulach `if`, przez co trudno jest prześledzić logikę programu.
- Funkcje porządkujące są wyraźnie oddzielone od funkcji inicjalizujących, przez co łatwo jest zapomnieć o zwolnieniu niektórych zasobów. Jest to prawdą przede wszystkim w sytuacji, gdy funkcja zawiera kilka instrukcji `return`.

Aby ulepszyć kod, najpierw zastosuj ***Podział funkcji***.

Podział funkcji

Kontekst

Masz funkcję, która wykonuje wiele operacji, na przykład alokuje zasób (pamięć dynamiczną, uchwyt pliku itp.), używa tego zasobu i go porządkuje.

Problem

Funkcja ma kilka zadań, przez co jest mało czytelna i trudna w konserwacji.

Taka funkcja może odpowiadać za alokację zasobów, wykonywanie operacji na tych zasobach i ich porządkowanie. Możliwe nawet, że kod porządkowania jest rozrzucony po funkcji i powielony w kilku miejscach. Przede wszystkim obsługa błędów związanych z nieudaną alokacją zasobów powoduje, że funkcja jest mało czytelna, ponieważ często konieczne są wtedy zagnieżdżone instrukcje `if`.

Konieczność alokacji, porządkowania i użytkowania wielu zasobów w jednej funkcji powoduje, że łatwo jest zapomnieć o porządkowaniu zasobów. Dzieje się tak przede wszystkim w sytuacji, jeśli kod zostanie później zmodyfikowany. Na przykład jeżeli dodasz pośrodku kodu instrukcję `return`, łatwo będzie zapomnieć o porządkowaniu zasobów zaalokowanych już w tym miejscu funkcji.

Rozwiązanie

Podziel funkcję. Wyodrębnij fragment funkcji, który samodzielnie wykonuje przydatne operacje, utwórz na jego podstawie nową funkcję i ją wywołaj.

Aby ustalić, który fragment funkcji wyodrębnić, sprawdź, czy możesz przypisać mu sensowną nazwę i czy podział powoduje odizolowanie zadań. Może to na przykład spowodować, że w jednej funkcji znajdzie się tylko kod odpowiedzialny za wykonywanie operacji, a w drugiej sam kod obsługi błędów.

Przydatną wskazówką sugerującą, że funkcję warto podzielić, jest porządkowanie tego samego zasobu w wielu miejscach. W takiej sytuacji znacznie lepiej jest utworzyć jedną funkcję, która alokuje i porządkuje zasoby, i drugą funkcję, która z tych zasobów korzysta. W funkcji używającej zasobów można wtedy wygodnie wywołać wiele instrukcji `return` bez konieczności porządkowania zasobów przed każdą z nich, ponieważ odpowiada za to inna funkcja. Ilustruje to poniższy kod:

```
void someFunction()
{
  char* buffer = malloc(LARGE_SIZE);
  if(buffer)
  {
    mainFunctionality(buffer);
  }
  free(buffer);
}

void mainFunctionality()
{
 // Tu umieść implementację.
}
```

Teraz masz dwie funkcje zamiast jednej. To oczywiście oznacza, że wywołująca funkcja nie jest samodzielna i zależy od innej. Musisz określić miejsce, gdzie należy umieścić tę inną funkcję. Pierwszym pomysłem jest zapisanie jej w tym samym pliku co wywołującą funkcję, jeśli jednak nie są one ściśle powiązane, możesz rozważyć umieszczenie wywoływanej funkcji w odrębnym pliku z implementacją i dołączenie deklaracji tej funkcji w ***Pliku nagłówkowym***.

Skutki

Kod został ulepszony, ponieważ dwie krótkie funkcje są czytelniejsze i łatwiejsze w konserwacji niż jedna długa funkcja. Kod jest czytelniejszy, gdyż funkcje porządkujące są bliżej funkcji wymagających porządkowania, a alokacja i porządkowanie zasobów nie mieszają się z główną logiką programu. Dzięki temu główna logika programu jest łatwiejsza w konserwacji i prościej będzie ją rozbudować w przyszłości.

Wywoływana funkcja może teraz obejmować kilka instrukcji `return`, ponieważ nie trzeba martwić się o porządkowanie zasobów przed każdą z nich. Porządkowanie odbywa się w jednym miejscu w funkcji wywołującej.

Jeśli funkcja wywoływana używa wielu zasobów, trzeba je wszystkie do niej przekazać. Stosowanie wielu parametrów funkcji zmniejsza czytelność funkcji, a przypadkowa zmiana kolejności parametrów w funkcji wywołującej może prowadzić do błędów programistycznych. Aby tego uniknąć, można wtedy zastosować ***Zagregowaną instancję***.

Znane zastosowania

Oto przykłady ilustrujące zastosowania tego wzorca:

- W prawie każdym kodzie w C znajdują się fragmenty, w których ten wzorzec jest stosowany, i trudniejsze w konserwacji miejsca, gdzie nie jest on używany. Zgodnie z tym, co Robert C. Martin pisze w książce *Czysty kod. Podręcznik dobrego programisty* (Helion, 2009), każda funkcja powinna mieć dokładnie jedno zadanie (zasada jednego zadania), dlatego obsługę zasobów i logikę programu zawsze należy umieszczać w odrębnych funkcjach.
- W portlandzkim repozytorium wzorców ten wzorzec nosi nazwę ***Nakładka na funkcję***.
- W programowaniu obiektowym wzorzec ***Metoda szablonowa*** opisuje strukturyzowanie kodu przez jego podział.
- Kryteria określające, kiedy i gdzie dzielić funkcje, są opisane w książce *Refaktoryzacja. Ulepszanie struktury istniejącego kodu* Martina Fowlera (Helion, 2011). Są one ujęte we wzorcu ***Wyodrębnianie metody***.
- W grze NetHack zastosowano ten wzorzec w funkcji `read_config_file`, w której obsługiwane są zasoby i wywoływana jest funkcja `parse_conf_file` operująca tymi zasobami.
- W kodzie projektu OpenWrt ten wzorzec jest używany w kilku miejscach do obsługi bufora. Na przykład kod odpowiedzialny za obliczanie skrótów MD5 alokuje bufor, przekazuje go do innej funkcji operującej tym buforem, a następnie porządkuje bufor.

Zastosowanie w przykładzie roboczym

Kod już wygląda znacznie lepiej. Zamiast jednej olbrzymiej funkcji obecnie masz dwie długie funkcje o różnych zadaniach: jedna funkcja odpowiada za pobieranie i zwalnianie zasobów, a druga za wyszukiwanie słów kluczowych. Ilustruje to poniższy kod:

```
int searchFileForKeywords(char* buffer, FILE* file_pointer)
{
```

```
  while(fgets(buffer, BUFFER_SIZE, file_pointer)!=NULL)
  {
    if(strcmp("KEYWORD_ONE\n", buffer)==0)
    {
      return KEYWORD_ONE_FOUND_FIRST;
    }
    if(strcmp("KEYWORD_TWO\n", buffer)==0)
    {
      return KEYWORD_TWO_FOUND_FIRST;
    }
  }
  return NO_KEYWORD_FOUND;
}

int parseFile(char* file_name)
{
  int return_value = ERROR;
  FILE* file_pointer = 0;
  char* buffer = 0;

  if(file_name!=NULL)
  {
    if(file_pointer=fopen(file_name, "r"))
    {
      if(buffer=malloc(BUFFER_SIZE))
      {
        return_value = searchFileForKeywords(buffer, file_pointer);
        free(buffer);
      }
      fclose(file_pointer);
    }
  }
  return return_value;
}
```

Głębokość kaskady wywołań `if` się zmniejszyła, jednak funkcja `parseFile` nadal zawiera trzy instrukcje `if` sprawdzające błędy alokacji zasobów, czyli wciąż zdecydowanie za dużo. Możesz zwiększyć przejrzystość funkcji przez zastosowanie wzorca ***Klauzula zabezpieczająca***.

Klauzula zabezpieczająca

Kontekst

Masz funkcję wykonującą zadanie, które można z powodzeniem ukończyć tylko w określonych warunkach (na przykład dla poprawnych parametrów wejściowych).

Problem

Funkcja jest mało czytelna i trudna w konserwacji, ponieważ łączy sprawdzanie warunków wstępnych z główną logiką programu.

Alokacja zasobów zawsze wymaga ich uporządkowania. Jeśli zaalokujesz zasób, a później wykryjesz, że jakiś warunek wstępny funkcji nie jest spełniony, trzeba uporządkować ten zasób.

Trudno jest prześledzić przepływ programu, jeśli w funkcji rozproszonych jest kilka testów warunków wstępnych. Dzieje się tak zwłaszcza w sytuacji, gdy takie testy znajdują się w zagnieżdżonych instrukcjach `if`. Kiedy takich testów jest wiele, funkcja staje się bardzo długa, co samo w sobie jest zapachem kodu.

Zapach kodu

Kod źle pachnie, jeśli ma niewłaściwą strukturę lub został zaprogramowany w sposób utrudniający konserwację. Przykładowe zapachy kodu to bardzo długie funkcje lub powtarzający się kod. Więcej przykładowych zapachów kodu i metod zapobiegania im znajdziesz w książce *Refaktoryzacja. Ulepszanie struktury istniejącego kodu* Martina Fowlera (Helion, 2011).

Rozwiązanie

Sprawdzaj, czy wymagane warunki wstępne są spełnione, a jeśli nie są, natychmiast zwracaj sterowanie z funkcji.

Możesz na przykład sprawdzać poprawność parametrów wejściowych lub badać, czy program znajduje się w stanie umożliwiającym wykonanie reszty funkcji. Dobrze rozważ, jakiego rodzaju warunki wstępne do wywołania funkcji chcesz zastosować. Z jednej strony ułatwisz sobie pracę, jeśli będziesz bardzo ściśle kontrolować dozwolone dane wejściowe funkcji. Jednak z drugiej strony ułatwisz życie jednostkom wywołującym Twoją funkcję, jeżeli dasz im więcej swobody w zakresie dopuszczalnych danych wejściowych (opisuje to prawo Postela: „Bądź konserwatywny w tym, co robisz; bądź liberalny w tym, co akceptujesz od innych").

Jeśli masz wiele testów warunków wstępnych, możesz wywołać odrębną funkcję do ich wykonania. Zawsze jednak przeprowadzaj takie testy przed alokacją zasobów, pozwala to bowiem bardzo łatwo zwrócić sterowanie z funkcji, gdyż nie trzeba porządkować zasobów.

Wyraźnie opisz warunki wstępne funkcji w jej interfejsie. Najlepszym miejscem na ich udokumentowanie jest plik nagłówkowy zawierający deklarację danej funkcji.

Jeśli jest ważne, aby jednostka wywołująca wiedziała, który warunek wstępny nie został spełniony, możesz przekazać jej informacje o błędzie. Możesz na przykład zastosować ***Zwracanie kodów stanu***, ale upewnij się, że ***Zwracasz adekwatne informacje o błędach***.

someFile.h

```
/* Ta funkcja operuje na parametrze 'user_input', który musi być różny od NULL. */
void someFunction(char* user_input);
```

someFile.c

```
void someFunction(char* user_input)
{
  if(user_input == NULL)
```

```
  {
    return;
  }
  operateOnData(user_input);
}
```

Skutki

Natychmiastowe zwracanie sterowania, gdy warunki wstępne nie są spełnione, zwiększa czytelność kodu w porównaniu z wersją z zagnieżdżonymi instrukcjami `if`. Jest to świetnie widoczne w kodzie, w którym wykonywanie funkcji nie jest kontynuowane, gdy warunki wstępne nie są spełnione. Ten wzorzec pozwala ściśle oddzielić warunki wstępne od reszty kodu.

Jednak niektóre wytyczne dotyczące pisania kodu zabraniają zwracania sterowania pośrodku funkcji. Na przykład w kodzie, który wymaga formalnego udowodnienia poprawności, instrukcje `return` są zwykle dozwolone tylko na samym końcu funkcji. W takiej sytuacji można zastosować ***Zapisywanie informacji o porządkowaniu***. Ten sam wzorzec jest dobrym wyborem także w sytuacji, kiedy potrzebujesz scentralizowanej obsługi błędów.

Znane zastosowania

Ten wzorzec jest stosowany w następujących przykładowych miejscach:

- Wzorzec ***Klauzula zabezpieczająca*** jest opisany w portlandzkim repozytorium wzorców.
- W artykule *Error Detection* (Proceedings of the 2nd EuroPLoP conference, 1997) Klaus Renzel opisuje bardzo podobny wzorzec wykrywania błędów, w którym sugeruje wprowadzenie testów warunków wstępnych i warunków końcowych.
- W kodzie gry NetHack ten wzorzec jest stosowany w kilku miejscach, na przykład w funkcji `placebc`. Funkcja ta nakłada w ramach kary łańcuch na bohatera gry, co spowalnia jego szybkość. Jeśli obiekt łańcucha jest niedostępny, funkcja natychmiast zwraca sterowanie.
- Ten wzorzec jest używany w kodzie biblioteki *OpenSSL*. Na przykład funkcja `SSL_new` natychmiast zwraca sterowanie, gdy otrzyma błędne parametry wejściowe.
- W narzędziu Wireshark kod funkcji `capture_stats`, która odpowiada za zbieranie statystyk w trakcie przechwytywania pakietów sieciowych, najpierw sprawdza poprawność parametrów wejściowych, a jeśli są one błędne, natychmiast zwraca sterowanie.

Zastosowanie w przykładzie roboczym

W poniższym kodzie pokazuję, jak zastosować ***Klauzulę zabezpieczającą*** w funkcji `parseFile` do sprawdzania jej warunków wstępnych:

```
int parseFile(char* file_name)
{
  int return_value = ERROR;
  FILE* file_pointer = 0;
  char* buffer = 0;
```

```
  if(file_name==NULL) ❶
  {
    return ERROR;
  }
  if(file_pointer=fopen(file_name, "r"))
  {
    if(buffer=malloc(BUFFER_SIZE))
    {
      return_value = searchFileForKeywords(buffer, file_pointer);
      free(buffer);
    }
    fclose(file_pointer);
  }
  return return_value;
}
```

❶ Jeśli zostaną podane niepoprawne parametry, funkcja natychmiast zwraca sterowanie i nie jest konieczne porządkowanie, ponieważ żadne zasoby nie zostały jeszcze zajęte.

Kod ***Zwraca kody stanu***, aby zaimplementować wzorzec ***Klauzula zabezpieczająca***. Gdy parametr ma wartość `NULL`, kod zwraca stałą `ERROR`. Jednostka wywołująca może wtedy sprawdzić ***Zwracaną wartość***, aby stwierdzić, czy do funkcji przekazano błędny parametr `NULL`. Jednak taki parametr zwykle oznacza błąd programistyczny, a przekazywanie takich informacji w kodzie nie jest dobrym pomysłem. W takiej sytuacji łatwiej jest zastosować ***Regułę samuraja.***

Reguła samuraja

Kontekst

Masz kod ze skomplikowaną obsługą błędów, a niektóre z nich są bardzo poważne. System nie wykonuje operacji o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa, a wysoka dostępność nie jest bardzo istotna.

Problem

Gdy zwracasz informacje o błędzie, zakładasz, że jednostka wywołująca je sprawdza. Jednak jednostka wywołująca może pominąć takie testy, przez co błąd pozostanie niezauważony.

W C nie trzeba sprawdzać wartości zwracanych przez wywoływane funkcje, a jednostka wywołująca może zignorować taką wartość. Jeśli błąd, który wystąpił w funkcji, jest poważny i nie można go w kontrolowany sposób obsłużyć w jednostce wywołującej, ta jednostka nie powinna decydować, czy i jak poradzić sobie z takim błędem. Zamiast tego należy się upewnić, że zostaną podjęte odpowiednie działania.

Nawet jeśli jednostka wywołująca obsłuży błąd, programy i tak dość często ulegają wtedy awarii lub występuje jakiś problem. Usterka może się pojawić w innym miejscu, na przykład gdzieś w kodzie wywołującym daną jednostkę wywołującą, który nie potrafi poprawnie obsłużyć błędu. Wtedy obsługa błędu powoduje jego ukrycie, przez co znacznie trudniej jest go debugować i znaleźć źródło problemu.

Niektóre błędy w kodzie występują bardzo rzadko. ***Zwracanie kodu stanu*** w takiej sytuacji i obsługiwanie błędu w kodzie jednostki wywołującej znacznie zmniejsza czytelność, ponieważ odwraca uwagę od głównej logiki programu i celu kodu jednostki wywołującej. W jednostce wywołującej potrzebnych może być wiele wierszy kodu do obsługi bardzo rzadkich sytuacji.

Zwracanie informacji o błędzie rodzi też inny problem: jak zwracać te informacje? Zastosowanie ***Zwracanej wartości*** lub ***Parametru wyjściowego funkcji*** do zwracania informacji o błędzie sprawia, że sygnatura funkcji staje się bardziej skomplikowana, a kod trudniejszy do zrozumienia. Z tego powodu niepożądane może być używanie dodatkowych parametrów dla funkcji, która zwraca jedynie informacje o błędach.

Rozwiązanie

Dlatego należy zwracać informacje tylko po udanym wykonaniu funkcji albo nie zwracać ich w ogóle (jest to *Reguła samuraja*). Jeśli wystąpi sytuacja, w której wiadomo, że błędu nie da się obsłużyć, należy zamknąć program.

Nie stosuj ***Parametrów wyjściowych*** lub ***Zwracanej wartości*** do zwracania informacji o błędzie. Masz wszystkie dostępne dane na temat błędu, dlatego obsłuż go od razu. Po wystąpieniu błędu możesz pozwolić na zamknięcie programu. Zakończ go w ustrukturyzowany sposób, z wykorzystaniem instrukcji `assert`. Za pomocą tej instrukcji możesz dodatkowo udostępnić informacje diagnostyczne, tak jak w poniższym kodzie:

```
void someFunction()
{
  assert(checkPreconditions() && "Warunki wstępne nie są spełnione");
  mainFunctionality();
}
```

Ten fragment kodu sprawdza warunek w instrukcji `assert`. Jeśli ten warunek nie jest spełniony, tekst podany po prawej stronie w instrukcji `assert` zostanie wyświetlony w standardowym wyjściu, a program zakończy pracę. Akceptowalne jest też zamykanie programu w mniej ustrukturyzowany sposób, przez dostęp do wskaźnika bez sprawdzania, czy nie ma on wartości `NULL`. Wystarczy się upewnić, że program zakończy pracę w miejscu wystąpienia błędu.

Klauzula zabezpieczająca często jest dobrym miejscem na zamykanie programu w reakcji na błędy. Na przykład jeśli wiesz, że wystąpi błąd w kodzie (jednostka wywołująca przekazała wskaźnik `NULL`), możesz zamknąć program i zarejestrować informacje diagnostyczne zamiast zwracać informacje o błędzie do jednostki wywołującej. Nie zamykaj jednak programu przy każdym błędzie. Na przykład błędy czasu wykonania, takie jak niepoprawne dane wejściowe od użytkownika, z pewnością nie powinny prowadzić do zakończenia pracy aplikacji.

Jednostka wywołująca musi wiedzieć, jak działa funkcja, dlatego w API funkcji trzeba udokumentować scenariusze, w których zamyka ona program. Na przykład w dokumentacji funkcji trzeba określić, czy program zakończy pracę, jeśli do funkcji zostanie przekazany parametr w postaci wskaźnika `NULL`.

Reguła samuraja oczywiście nadaje się tylko dla niektórych błędów i dziedzin aplikacji. Nie chcesz przecież pozwolić programowi na zakończenie pracy po otrzymaniu nieoczekiwanych danych wejściowych od użytkownika. Jednak po wystąpieniu błędu programistycznego właściwym podejściem jest szybkie zareagowanie na problem i pozwolenie programowi na zamknięcie. Maksymalnie ułatwia to programistom wykrycie błędów.

Taka awaria nie musi być jednak widoczna dla użytkownika. Jeśli dany program jest tylko niekrytyczną częścią większej aplikacji, możesz pozwolić mu na zakończenie pracy. Jednak w kontekście tej aplikacji program może zostać dyskretnie zamknięty bez zakłócenia pracy reszty aplikacji lub użytkownika.

Instrukcje `assert` w udostępnianych programach wykonywalnych

W temacie instrukcji `assert` toczą się czasem dyskusje o to, czy pozostawić je aktywne tylko w programach wykonywalnych w trybie diagnostycznym, czy także w udostępnianym kodzie. Instrukcje `assert` można dezaktywować przez zdefiniowanie makra `NDEBUG` w kodzie przed dołączeniem pliku *assert.h* lub przez bezpośrednie zdefiniowanie tego makra w zestawie używanych narzędzi. Głównym argumentem za dezaktywacją instrukcji `assert` w udostępnianym kodzie jest to, że programista już wykrył błędy programistyczne związane z tymi instrukcjami w trakcie testowania programów w trybie diagnostycznym. Nie ma więc potrzeby ryzykować zamykania programów z powodu tych instrukcji w udostępnianym kodzie. Z kolei głównym argumentem za pozostawieniem aktywnych instrukcji `assert` w udostępnianym kodzie jest to, że można ich używać dla błędów krytycznych, których nie da się obsłużyć w kontrolowany sposób, a takie usterki nigdy nie powinny pozostać niezauważone, nawet w kodzie już używanym przez klientów.

Skutki

Błąd nie może pozostać niezauważony, ponieważ jest obsługiwany w miejscu jego wykrycia. Jednostka wywołująca nie musi wykrywać takiego błędu, dzięki czemu jej kod staje się prostszy. Jednak teraz jednostka wywołująca nie może wybrać sposobu reagowania na taki błąd.

W niektórych sytuacjach zamykanie aplikacji jest akceptowalne, ponieważ szybkie jej zakończenie jest lepsze niż późniejsze nieprzewidywalne zachowanie. Mimo to trzeba rozważyć, jak poinformować o takim błędzie użytkownika. Możliwe, że użytkownik zobaczy na ekranie komunikat o zamknięciu programu. Jednak w aplikacjach wbudowanych, które do interakcji ze środowiskiem używają czujników i serwomotorów, trzeba wykazać się większą starannością, rozważyć wpływ zamknięcia programu na środowisko i ustalić, czy jest on akceptowalny. W wielu takich scenariuszach aplikacja musi być bardziej odporna i jej proste zamknięcie jest nie do przyjęcia.

Zamknięcie programu i zarejestrowanie błędu w miejscu jego wystąpienia sprawia, że łatwiej jest znaleźć i rozwiązać problem, ponieważ nie jest on ukrywany. Dlatego w długim terminie stosowanie tego wzorca prowadzi do oprogramowania, które jest bardziej odporne na usterki i wolne od błędów.

Znane zastosowania

Oto przykłady ilustrujące zastosowania tego wzorca:

- Podobny wzorzec, sugerujący dodawanie łańcucha znaków z informacjami diagnostycznymi do instrukcji `assert`, został nazwany ***Kontekstem asercji*** i opisany w książce *Patterns in C* Adama Tornhilla (Leanpub, 2014).
- W snifferze sieciowym Wireshark ten wzorzec jest stosowany w wielu miejscach kodu. Na przykład w funkcji `register_capture_dissector` instrukcja `assert` jest używana do sprawdzania, czy zarejestrowany parser protokołu jest unikatowy.
- Instrukcje `assert` są używane w kodzie źródłowym projektu Git. Na przykład funkcje do zapisywania wartości skrótów SHA1 używają takich instrukcji do sprawdzania, czy poprawna jest ścieżka do pliku przeznaczonego na te wartości.
- Kod systemu OpenWrt odpowiedzialny za obsługę dużych liczb używa instrukcji `assert` do sprawdzania warunków wstępnych funkcji.
- Podobny wzorzec o nazwie ***Pozwól na awarię*** został zaprezentowany przez Pekkę Alho i Jariego Rauhamäkiego w artykule *Patterns for Light-Weight Fault Tolerance and Decoupled Design in Distributed Control Systems* (*https://oreil.ly/x0tQW*). Ten wzorzec jest przeznaczony dla systemów z rozproszoną kontrolą, a zachęca do zezwalania na zamykanie pojedynczych procesów bezpiecznych w razie uszkodzenia i późniejsze szybkie ich ponowne uruchamianie.
- Funkcja `strcpy` z biblioteki standardowej języka C nie sprawdza poprawności danych wejściowych od użytkownika. Jeśli przekażesz do tej funkcji wskaźnik `NULL`, nastąpi awaria.

Zastosowanie w przykładzie roboczym

Funkcja `parseFile` wygląda teraz znacznie lepiej. Zamiast zwracać kod błędu masz prostą instrukcję `assert`. Dzięki temu pokazany poniżej kod jest krótszy, a jednostka wywołująca nie musi sprawdzać ***Zwracanej wartości***:

```
int parseFile(char* file_name)
{
  int return_value = ERROR;
  FILE* file_pointer = 0;
  char* buffer = 0;

  assert(file_name!=NULL && "Błędna nazwa pliku");
  if(file_pointer=fopen(file_name, "r"))
  {
    if(buffer=malloc(BUFFER_SIZE))
    {
      return_value = searchFileForKeywords(buffer, file_pointer);
      free(buffer);
    }
    fclose(file_pointer);
  }
  return return_value;
}
```

Choć instrukcje `if`, które nie wymagają porządkowania zasobów, zostały wyeliminowane, w kodzie wciąż znajdują się zagnieżdżone instrukcje `if` dla wszystkich zasobów wymagających zwolnienia. Ponadto na razie brakuje obsługi błędu związanego z niepowodzeniem wywołania `malloc`. Wszystkie te niedoskonałości można poprawić przez zastosowanie ***Obsługi błędów z użyciem wywołania goto***.

Obsługa błędów z użyciem instrukcji goto

Kontekst

Masz funkcję, która zajmuje i zwalnia wiele zasobów. Możliwe, że podjęte zostały już próby ograniczenia złożoności przez zastosowanie wzorców ***Klauzula zabezpieczająca***, ***Podział funkcji*** lub ***Reguła samuraja***, jednak w kodzie nadal znajdują się głęboko zagnieżdżone instrukcje `if` związane z zajmowaniem zasobów. Możliwe nawet, że występują powtórzenia w kodzie do porządkowania zasobów.

Problem

Kod staje się mało czytelny i trudny w konserwacji, gdy pozyskuje i zwalnia wiele zasobów w różnych miejscach funkcji.

Taki kod staje się trudny w użytkowaniu, ponieważ zwykle każda operacja pozyskiwania zasobów może zakończyć się niepowodzeniem, a każda operacja porządkowania zasobów może zostać wywołana tylko w sytuacji, jeśli zasób został poprawnie zaalokowany. Aby zaimplementować to rozwiązanie, potrzebnych jest wiele instrukcji `if`. Jeżeli implementacja jest niskiej jakości, zagnieżdżone instrukcje `if` w jednej funkcji zmniejszają czytelność i utrudniają konserwację kodu.

Ponieważ musisz porządkować zasoby, zwracanie sterowania w środku funkcji w reakcji na problemy nie jest dobrym rozwiązaniem. Wynika to z tego, że wszystkie już zajęte zasoby trzeba uporządkować przed każdą instrukcją `return`. Powstaje więc wiele miejsc w kodzie, w których porządkowany jest ten sam zasób, a powielanie kodu do obsługi błędów i porządkowania zasobów jest niepożądane.

Rozwiązanie

Cały kod do porządkowania zasobów i obsługi błędów umieść na końcu funkcji. Jeśli zasobów nie da się pozyskać, użyj instrukcji `goto`, aby przeskoczyć do kodu porządkującego zasoby.

Zajmuj zasoby w kolejności, w jakiej są potrzebne, a na końcu funkcji porządkuj je w odwrotnej kolejności. Dla porządkowania zasobów używaj odrębnej etykiety, do której możesz przeskoczyć w każdej funkcji, gdzie jest to potrzebne. Wystarczy przeskoczyć do tej etykiety po wystąpieniu błędu lub po nieudanej próbie zajęcia zasobów. Unikaj jednak wielokrotnego wykonywania tej operacji i przeskakuj tylko do przodu, tak jak w poniższym kodzie:

```
void someFunction()
{
  if(!allocateResource1())
```

```
  {
    goto cleanup1;
  }
  if(!allocateResource2())
  {
    goto cleanup2;
  }
  mainFunctionality();
cleanup2:
  cleanupResource2();
cleanup1:
  cleanupResource1();
}
```

Jeśli Twoje standardy pisania kodu nie dopuszczają używania instrukcji `goto`, możesz ją zasymulować za pomocą pętli `do{ ... }while(0);` umieszczonej wokół kodu. Po wystąpieniu błędu użyj instrukcji `break`, aby przeskoczyć poza pętlę, gdzie umieszczony jest kod obsługi błędów. Jednak takie obchodzenie zasad jest zwykle złym pomysłem, ponieważ jeśli zgodnie ze standardami niedozwolone jest używanie instrukcji `goto`, nie należy też ich symulować, aby nadal programować we własnym stylu. Wtedy zamiast instrukcji `goto` zastosuj ***Zapisywanie informacji o porządkowaniu***.

Niezależnie od tych uwag stosowanie instrukcji `goto` może wskazywać na to, że funkcja jest zbyt skomplikowana. Wtedy lepszym rozwiązaniem może być jej podział, na przykład z wykorzystaniem ***Obiektowej obsługi błędów***.

Instrukcja `goto` — hit czy kit?

Toczy się wiele dyskusji na temat tego, czy należy stosować instrukcję `goto`. Najbardziej znanym artykułem przeciwko używaniu tej instrukcji jest tekst Edsgera W. Dijkstry (*https://oreil.ly/yXkyq*), który argumentuje, że utrudnia ona dojrzenie przepływu sterowania w programie. Jest to prawdą, jeśli instrukcja `goto` służy do przeskakiwania w programie tam i z powrotem w różne miejsca, jednak w C nie da się jej nadużywać w takim stopniu, jak w językach programowania, o jakich pisał Dijkstra. W C `goto` pozwala przeskakiwać w inne miejsca tylko w ramach funkcji.

Skutki

Funkcja zwraca teraz wartość w jednym miejscu, a główny przepływ sterowania w programie jest dobrze oddzielony od obsługi błędów i porządkowania zasobów. Żadne zagnieżdżone instrukcje `if` nie są już potrzebne do uzyskania tych efektów, ale nie każdy jest przyzwyczajony do czytania kodu z instrukcjami `goto`; część osób tego nie lubi.

Jeśli stosujesz instrukcje `goto`, musisz zachować ostrożność, ponieważ kuszące jest korzystanie z nich do wykonywania innych zadań niż obsługa błędów i porządkowanie zasobów, co prowadzi do powstawania nieczytelnego kodu. Ponadto trzeba postępować bardzo uważnie, aby powiązać odpowiednie funkcje porządkujące z właściwymi etykietami. Częstą pomyłką jest przypadkowe umieszczanie funkcji porządkujących przy nieodpowiednich etykietach.

Znane zastosowania

Oto przykładowe zastosowania tego wzorca:

- W kodzie jądra Linuksa do obsługi błędów używane jest przede wszystkim podejście wykorzystujące instrukcje `goto`. W książce *Linux Device Drivers* (*https://oreil.ly/linux-device-drivers*) Alessandro Rubini i Jonathan Corbet (O'Reilly, 2001) opisują obsługę błędów opartą na instrukcjach `goto` w programowaniu sterowników urządzeń dla Linuksa.
- W pozycji *The CERT C Coding Standard* (Addison-Wesley Professional, 2014) Robert C. Seacord sugeruje używanie instrukcji `goto` do obsługi błędów.
- Symulowanie instrukcji `goto` za pomocą pętli `do-while` jest opisane w portlandzkim repozytorium wzorców we wzorcu ***Trywialna pętla do-while***.
- Instrukcja `goto` jest używana w kodzie biblioteki *OpenSSL*. Na przykład funkcje do obsługi certyfikatów X509 używają instrukcji `goto` do przeskakiwania do przodu do głównego kodu obsługi błędów.
- W kodzie narzędzia Wireshark instrukcje `goto` są używane do przeskakiwania z funkcji `main` do głównego kodu obsługi błędów umieszczonego na końcu tej funkcji.

Zastosowanie w przykładzie roboczym

Choć sporo osób zdecydowanie odradza korzystanie z instrukcji `goto`, obsługa błędów wygląda teraz lepiej niż w poprzednim przykładzie. W poniższym kodzie nie ma zagnieżdżonych instrukcji `if`, a kod porządkujący zasoby jest dobrze oddzielony od głównego przepływu sterowania w programie:

```
int parseFile(char* file_name)
{
  int return_value = ERROR;
  FILE* file_pointer = 0;
  char* buffer = 0;

  assert(file_name!=NULL && "Błędna nazwa pliku");
  if(!(file_pointer=fopen(file_name, "r")))
  {
    goto error_fileopen;
  }
  if(!(buffer=malloc(BUFFER_SIZE)))
  {
    goto error_malloc;
  }
  return_value = searchFileForKeywords(buffer, file_pointer);
  free(buffer);
error_malloc:
  fclose(file_pointer);
error_fileopen:
  return return_value;
}
```

Załóżmy jednak, że nie chcesz używać instrukcji `goto` lub obowiązujące Cię zasady programowania zabraniają korzystania z niej, jednak musisz w jakiś sposób porządkować zasoby. Dostępne są wtedy inne podejścia. Możesz na przykład użyć wzorca ***Zapisywanie informacji o porządkowaniu***.

Zapisywanie informacji o porządkowaniu

Kontekst

Masz funkcję, która zajmuje wiele zasobów i je porządkuje. Możliwe, że stosujesz już wzorce ***Klauzula zabezpieczająca***, ***Podział funkcji*** lub ***Reguła samuraja***, aby ograniczyć złożoność kodu, jednak z powodu zajmowania zasobów nadal występują głęboko zagnieżdżone instrukcje `if`. Możliwe nawet, że kod do porządkowania zasobów się powtarza. Twoje standardy programowania nie zezwalają na zastosowanie ***Obsługi błędów z użyciem instrukcji goto*** lub nie chcesz korzystać z tej instrukcji.

Problem

Trudno jest zapewnić czytelność i łatwą konserwację fragmentu kodu, jeśli pozyskuje on i zwalnia wiele zasobów, zwłaszcza gdy te zasoby są od siebie zależne.

Zadanie jest trudne, ponieważ zazwyczaj każda operacja pozyskiwania zasobów może się zakończyć niepowodzeniem, a kod do porządkowania zasobów należy wywoływać tylko po ich udanym zajęciu. Aby zaimplementować takie rozwiązanie, potrzeba wielu instrukcji `if`. Jeśli implementacja jest niskiej jakości, zagnieżdżone instrukcje `if` w jednej funkcji sprawiają, że kod jest mniej czytelny i trudny w konserwacji.

Ponieważ musisz porządkować zasoby, zwracanie sterowania w środku funkcji, gdy coś się nie powiedzie, jest złym pomysłem. Wynika to z tego, że wszystkie już zajęte zasoby trzeba uporządkować przed każdą instrukcją `return`. Tak więc w kodzie pojawia się wiele punktów, w których porządkowany jest ten sam zasób. Nie chcesz jednak powielać kodu obsługi błędów i porządkowania zasobów.

Rozwiązanie

Wywołuj funkcje zajmujące zasoby, dopóki działają one poprawnie, i zapisuj, które funkcje wymagają uporządkowania zasobów. Wywołuj funkcje porządkujące zasoby zgodnie z zarejestrowanymi informacjami.

W C potrzebny efekt można uzyskać za pomocą leniwego przetwarzania instrukcji `if`. Wystarczy wywoływać sekwencję funkcji w jednej instrukcji `if`, dopóki te wywołania kończą się sukcesem. Dla każdego takiego wywołania zapisz pozyskany zasób w zmiennej. W ciele takiej instrukcji `if` umieść kod operujący zasobami, a kod do porządkowania po instrukcji `if` wykonuj tylko wtedy, jeśli dany zasób został poprawnie pozyskany. Oto przykładowy kod tego typu:

```
void someFunction()
{
  if((r1=allocateResource1()) && (r2=allocateResource2()))
  {
    mainFunctionality();
  }
  if(r1) ❶
  {
    cleanupResource1();
```

```
  }
  if(r2) ❶
  {
    cleanupResource2();
  }
}
```

❶ Aby zwiększyć czytelność kodu, możesz też umieścić te testy w funkcjach porządkujących zasoby. Jest to dobre rozwiązanie, jeśli i tak musisz przekazywać zmienne powiązane z zasobami do funkcji odpowiedzialnej za porządkowanie.

Skutki

Nie ma już zagnieżdżonych instrukcji `if`, a porządkowanie zasobów odbywa się w jednym centralnym punkcie na końcu funkcji. Dzięki temu kod jest znacznie czytelniejszy, ponieważ główna logika programu nie jest już zakrywana przez kod obsługi błędów.

Funkcja jest też czytelniejsza dzięki temu, że ma jeden punkt wyjścia. Jednak konieczność używania wielu zmiennych do śledzenia, które zasoby zostały z powodzeniem zaalokowane, komplikuje kod. Możliwe, że ***Zagregowana instancja*** pomoże ustrukturyzować zmienne reprezentujące zasoby.

Jeśli zajmowanych jest wiele zmiennych, to wiele funkcji jest wywoływanych w jednej instrukcji `if`. Z tego powodu instrukcja `if` jest mało czytelna i bardzo trudna w konserwacji. Jeśli więc zajmujesz wiele zasobów, znacznie lepszym rozwiązaniem jest zastosowanie ***Obiektowej obsługi błędów***.

Innym powodem do użycia ***Obiektowej obsługi błędów*** jest to, że przedstawiony kod nadal jest skomplikowany, ponieważ w jednej funkcji znajduje się główna logika, a także kod do alokowania i porządkowania zasobów. Tak więc jedna funkcja ma wiele zadań.

Znane zastosowania

Oto przykładowe zastosowania tego wzorca:

- W portlandzkim repozytorium wzorców jest przedstawione podobne rozwiązanie, w którym każda z wywoływanych funkcji rejestruje kod porządkowania zasobów na liście wywołań zwrotnych. W momencie porządkowania zasobów wywoływane są wszystkie funkcje z tej listy.
- W funkcji `dh_key2buf` w bibliotece *OpenSSL* jest stosowane leniwe przetwarzanie w instrukcji `if`, aby rejestrować zaalokowane bajty, które są później zwalniane.
- W funkcji `cap_open_socket` w snifferze sieciowym Wireshark stosowane jest leniwe przetwarzanie w instrukcji `if`, a zasoby zaalokowane w tej instrukcji są zapisywane w zmiennych. W momencie porządkowania zasobów ma miejsce sprawdzanie tych zmiennych, a jeśli alokacja zakończyła się powodzeniem, zasoby są porządkowane.
- Funkcja `nvram_commit` z kodu źródłowego systemu OpenWrt alokuje zasoby w instrukcji `if` i zapisuje je w zmiennej w tej samej instrukcji.

Zastosowanie w przykładzie roboczym

Teraz zamiast instrukcji `goto` i zagnieżdżonych instrukcji `if` występuje jedna instrukcja `if`. Zaletą rezygnacji z instrukcji `goto` w tym kodzie jest to, że obsługa błędów jest dobrze oddzielona od logiki głównego programu:

```
int parseFile(char* file_name)
{
  int return_value = ERROR;
  FILE* file_pointer = 0;
  char* buffer = 0;

  assert(file_name!=NULL && "Błędna nazwa pliku");
  if((file_pointer=fopen(file_name, "r")) &&
    (buffer=malloc(BUFFER_SIZE)))
  {
    return_value = searchFileForKeywords(buffer, file_pointer);
  }
  if(file_pointer)
  {
    fclose(file_pointer);
  }
  if(buffer)
  {
    free(buffer);
  }
  return return_value;
}
```

Mimo to kod nie wygląda dobrze. Jedna pokazana tu funkcja wykonuje wiele zadań: alokuje zasoby, dealokuje zasoby, przetwarza plik i obsługuje błędy. Te zadania należy rozdzielić między różne funkcje za pomocą ***Obiektowej obsługi błędów***.

Obiektowa obsługa błędów

Kontekst

Masz funkcję, która pozyskuje i porządkuje wiele zasobów. Możliwe, że w ramach próby ograniczenia złożoności stosujesz już ***Klauzulę zabezpieczającą***, ***Podział funkcji*** lub ***Regułę samuraja***, jednak z powodu pozyskiwania zasobów w kodzie nadal występuje głęboko zagnieżdżona instrukcja `if`. Możliwe nawet, że kod do porządkowania zasobów się powtarza. Niewykluczone jednak, że udało Ci się już wyeliminować zagnieżdżone instrukcje `if` za pomocą ***Obsługi błędów z użyciem instrukcji goto*** lub ***Zapisywania informacji o porządkowaniu***.

Problem

Gdy jedna funkcja wykonuje wiele zadań, na przykład pozyskuje zasoby, porządkuje je i z nich korzysta, kod jest trudny do implementacji, konserwacji i testowania, a także mało czytelny.

Zadanie jest trudne, ponieważ przeważnie każda operacja pozyskiwania zasobów może się zakończyć niepowodzeniem, a kod do porządkowania zasobów należy wywoływać tylko po ich udanym zajęciu. Aby zaimplementować takie rozwiązanie, potrzeba wielu instrukcji `if`. Jeśli implementacja jest niskiej jakości, zagnieżdżone instrukcje `if` w jednej funkcji sprawiają, że kod jest mniej czytelny i trudny w konserwacji.

Ponieważ musisz porządkować zasoby, zwracanie sterowania w środku funkcji, jeśli coś się nie powiedzie, jest złym pomysłem. Wynika to z tego, że wszystkie już zajęte zasoby trzeba uporządkować przed każdą instrukcją `return`. Tak więc w kodzie pojawia się wiele punktów, w których porządkowany jest ten sam zasób. Nie chcesz jednak powielać kodu obsługi błędów i porządkowania zasobów.

Nawet jeśli już stosujesz ***Zapisywanie informacji o porządkowaniu*** lub ***Obsługę błędów za pomocą instrukcji goto,*** funkcja nadal jest mało czytelna, ponieważ wykonuje różne zadania. Odpowiada za pozyskiwanie wielu zasobów, obsługę błędów i porządkowanie licznych zasobów. Jednak funkcja powinna mieć tylko jedno zadanie.

Rozwiązanie

Umieść kod inicjalizacji i porządkowania w odrębnych funkcjach, podobnych do konstruktorów i destruktorów z programowania obiektowego.

W funkcji głównej wywołuj jedną funkcję, która pozyskuje wszystkie zasoby, jedną funkcję operującą tymi zasobami i jedną funkcję porządkującą te zasoby.

Jeśli pozyskiwane zasoby nie są globalne, trzeba je przekazywać między funkcjami. Gdy masz wiele zasobów, możesz przekazywać do funkcji ***Zagregowaną instancję*** zawierającą wszystkie zasoby. Jeżeli chcesz ukryć zasoby przed jednostką wywołującą, możesz użyć ***Uchwytu*** do przekazywania informacji o zasobach między funkcjami.

Jeśli alokacja zasobów zakończy się niepowodzeniem, zapisz informacje o tym w zmiennej (użyj na przykład wskaźnika `NULL` po nieudanej alokacji pamięci). W trakcie korzystania z zasobów lub ich porządkowania należy najpierw sprawdzić, czy są one poprawne. Ten test należy wykonywać nie w głównej funkcji, lecz w wywoływanych funkcjach. Dzięki temu kod głównej funkcji będzie znacznie czytelniejszy:

```
void someFunction()
{
  allocateResources();
  mainFunctionality();
  cleanupResources();
}
```

Skutki

Teraz funkcja jest czytelna. Choć wymaga alokacji i porządkowania wielu zasobów, a także wykonywania operacji na tych zasobach, te różne zadania są wyraźnie rozdzielone między różne funkcje.

Używanie podobnych do obiektów instancji przekazywanych do funkcji to tak zwany „obiektowy" styl programowania. W tym podejściu programowanie proceduralne jest bardziej zbliżone do programowania obiektowego, dlatego kod pisany w tym stylu także wygląda bardziej znajomo dla programistów przyzwyczajonych do modelu obiektowego.

W głównej funkcji nie ma już powodu do tworzenia wielu instrukcji `return`, ponieważ nie zawiera już ona zagnieżdżonych instrukcji `if` z kodem do alokowania i porządkowania zasobów. Jednak oczywiście nie wiąże się to z całkowitym usunięciem tego kodu. Znajduje się on w całości w odrębnych funkcjach, przy czym nie jest już wymieszany z operacjami wykonywanymi na zasobach.

Zamiast jednej funkcji masz ich teraz kilka. Choć może to mieć negatywny wpływ na wydajność, zwykle nie ma to istotnego znaczenia. Zmiany w wydajności są niewielkie i w większości aplikacji nie jest to istotne.

Znane zastosowania

Oto przykładowe zastosowania tego wzorca:

- Ta forma porządkowania zasobów jest używana w programowaniu obiektowym, gdzie konstruktory i destruktory są wywoływane automatycznie.
- Ten wzorzec jest stosowany w bibliotece *OpenSSL*. Na przykład do alokowania i porządkowania buforów służą funkcje `BUF_MEM_new` i `BUF_MEM_free` wywoływane w kodzie związanym z obsługą buforów.
- Funkcja `show_help` w kodzie źródłowym systemu OpenWrt wyświetla informacje o pomocy w menu kontekstowym. Funkcja `show_help` wywołuje funkcję inicjalizującą tworzącą strukturę, następnie operuje tą strukturą, a na końcu wywołuje funkcję zwalniającą tę strukturę.
- Funkcja `cmd__windows_named_pipe` z projektu Git używa ***Uchwytu*** do utworzenia potoku, następnie operuje tym potokiem i wywołuje odrębną funkcję do zwolnienia potoku.

Zastosowanie w przykładzie roboczym

Ostatecznie otrzymujemy pokazany niżej kod, w którym funkcja `parseFile` wywołuje inne funkcje w celu utworzenia i zwolnienia instancji parsera:

```
typedef struct
{
  FILE* file_pointer;
  char* buffer;
}FileParser;

int parseFile(char* file_name)
{
  int return_value;
  FileParser* parser = createParser(file_name);
  return_value = searchFileForKeywords(parser);
  cleanupParser(parser);
  return return_value;
}
```

```
int searchFileForKeywords(FileParser* parser)
{
  if(parser == NULL)
  {
    return ERROR;
  }
  while(fgets(parser->buffer, BUFFER_SIZE, parser->file_pointer)!=NULL)
  {
    if(strcmp("KEYWORD_ONE\n", parser->buffer)==0)
    {
      return KEYWORD_ONE_FOUND_FIRST;
    }
    if(strcmp("KEYWORD_TWO\n", parser->buffer)==0)
    {
      return KEYWORD_TWO_FOUND_FIRST;
    }
  }
  return NO_KEYWORD_FOUND;
}

FileParser* createParser(char* file_name)
{
  assert(file_name!=NULL && "Błędna nazwa pliku");
  FileParser* parser = malloc(sizeof(FileParser));
  if(parser)
  {
    parser->file_pointer=fopen(file_name, "r");
    parser->buffer = malloc(BUFFER_SIZE);
    if(!parser->file_pointer || !parser->buffer)
    {
      cleanupParser(parser);
      return NULL;
    }
  }
  return parser;
}

void cleanupParser(FileParser* parser)
{
  if(parser)
  {
    if(parser->buffer)
    {
      free(parser->buffer);
    }
    if(parser->file_pointer)
    {
      fclose(parser->file_pointer);
    }
    free(parser);
  }
}
```

W kodzie nie ma już kaskadowych instrukcji `if` w głównej logice programu. Dzięki temu funkcja `parseFile` jest teraz dużo czytelniejsza, a także łatwiejsza w debugowaniu i konserwacji. Funkcja główna nie odpowiada już za alokację i dealokację zasobów ani obsługę błędów. Tymi operacjami zajmują się odrębne funkcje, dlatego każda funkcja ma jedno zadanie.

Zauważ, jak elegancka jest ostateczna wersja kodu w porównaniu z pierwszym przykładem. Zastosowane wzorce pomogły krok po kroku zwiększyć czytelność kodu i ułatwić jego konserwację. W każdym kroku usuwałem kaskadę zagnieżdżonych instrukcji `if` i ulepszałem obsługę błędów.

Podsumowanie

W tym rozdziale pokazałem, jak obsługiwać błędy w C. ***Podział funkcji*** pozwala rozdzielić funkcję na mniejsze fragmenty, aby ułatwić obsługę błędów w ich ramach. ***Klauzula zabezpieczająca*** funkcji sprawdza ich warunki wstępne i natychmiast zwraca sterowanie, jeśli nie są one spełnione. Dzięki temu pozostałe fragmenty funkcji mają mniej zadań związanych z obsługą błędów. Zamiast zwracać sterowanie z funkcji można też zamknąć program, co jest zgodne z ***Regułą samuraja***. Jeśli chodzi o bardziej zaawansowaną obsługę błędów (zwłaszcza w połączeniu z pozyskiwaniem i zwalnianiem zasobów), dostępnych jest kilka możliwości. ***Obsługa błędów z użyciem instrukcji goto*** umożliwia przeskakiwanie w funkcji naprzód, do sekcji obsługi błędów. We wzorcu ***Zapisywanie informacji o porządkowaniu*** zamiast przeskakiwania należy zapisać, które zasoby wymagają zwolnienia, i wykonać tę operację na końcu funkcji. ***Obiektowa obsługa błędów*** to technika pozyskiwania zasobów działająca podobnie jak w programowaniu obiektowym. W tym wzorcu używane są odrębne funkcje do inicjalizowania i zwalniania zasobów, podobne w działaniu do konstruktorów i destruktorów.

Dzięki znajomości wzorców obsługi błędów masz teraz umiejętności potrzebne do pisania niewielkich programów, które obsługują błędy w sposób gwarantujący, że kod pozostanie łatwy w konserwacji.

Dalsza lektura

Jeśli szukasz dodatkowych informacji, oto materiały, które pomogą Ci rozwinąć wiedzę z zakresu obsługi błędów.

- Portlandzkie repozytorium wzorców (*https://oreil.ly/qFLdA*) obejmuje opis wielu wzorców oraz omówienie obsługi błędów i innych zagadnień. Większość wzorców obsługi błędów dotyczy obsługi wyjątków i stosowania asercji, jednak znajdziesz także wzorce związane z językiem C.
- Kompleksowe omówienie obsługi błędów znajdziesz w pracy magisterskiej *Error Handling in Structured and Object-Oriented Programming Languages* Thomasa Aglassingera (University of Oulu, 1999). Ten tekst zawiera opis powstawania błędów różnego rodzaju, omówienie mechanizmów obsługi błędów w językach C, Basic, Java i Eiffel, a także przegląd dobrych praktyk obsługi błędów w tych językach, na przykład odwracania kolejności zwalniania zasobów w porównaniu z porządkiem ich alokowania. W tej pracy autor wspomina też o kilku zewnętrznych rozwiązaniach w postaci bibliotek języka C udostępniających zaawansowane funkcje obsługi błędów, na przykład obsługę wyjątków za pomocą instrukcji `setjmp` i `longjmp`.

- W artykule *Error Handling for Business Information Systems* (*https://oreil.ly/bQnfx*) Klausa Renzela opisanych jest 15 obiektowych wzorców obsługi błędów dostosowanych do biznesowych systemów informatycznych. Większość tych wzorców można zastosować także w kodzie nieobiektowym. Prezentowane wzorce dotyczą wykrywania, rejestrowania i obsługi błędów.
- W książce *Patterns in C* Adama Tornhilla (Leanpub, 2014) znajdziesz fragmenty kodu w C z implementacją wybranych wzorców projektowych „bandy czworga". Ta pozycja zawiera też dobre praktyki w postaci wzorców języka C. Niektóre z nich dotyczą obsługi błędów.
- W artykułach *Patterns for Generation, Handling and Management of Errors* i *More Patterns for the Generation, Handling and Management of Errors* Andy'ego Longshawa i Eoina Woodsa (*https://oreil.ly/7Yj8h*) znajdziesz omówienie różnych wzorców rejestrowania i obsługi błędów. Większość tych wzorców dotyczy obsługi błędów z wykorzystaniem wyjątków.

Co dalej?

W następnym rozdziale zobaczysz, jak obsługiwać błędy w większych programach, które za pomocą interfejsów przekazują informacje o problemach do innych funkcji. Z tych wzorców dowiesz się, jakiego rodzaju informacje o błędach zwracać i w jaki sposób to robić.

Ta książka pokaże początkującym, jak tworzyć w C produkty klasy przemysłowej!

Robert Hanmer, architekt oprogramowania

Język C mimo upływu lat wciąż wydaje się niezastąpiony. Umożliwia pisanie zwięzłego kodu, który działa szybko mimo niewielkich zasobów sprzętowych. Choć wielu programistów używa C, trudno jest znaleźć eksperckie wskazówki dotyczące programowania w tym języku. Tymczasem w profesjonalnych zastosowaniach podjęcie optymalnych decyzji projektowych warunkuje uzyskanie wysokiej jakości gotowego kodu.

W tym poradniku, skierowanym do początkujących i doświadczonych programistów języka C, zawarto wiele informacji o podejmowaniu decyzji projektowych, pokazano też krok po kroku, jak wpływają one na tworzenie złożonego oprogramowania. Znajdziesz tu odpowiedzi na trudne pytania o projektowanie struktury programów w C, obsługę błędów czy tworzenie elastycznych interfejsów. Liczne wskazówki i przykłady ułatwią Ci przekładanie wiedzy projektowej na działające implementacje. Druga część książki stanowi omówienie zastosowania licznych wzorców projektowych z języka C do tworzenia większych aplikacji. Dowiesz się, jakie wzorce stosuje się w konkretnych sytuacjach, a także w jaki sposób mogą ułatwić Ci pracę dzięki wskazywaniu dobrych decyzji projektowych.

W książce omówiono wzorce dotyczące:

- obsługi błędów i komunikatów o błędach
- zarządzania pamięcią
- elastycznych API i interfejsów iteratorów
- organizowania plików w programach modułowych
- ucieczki z piekła instrukcji #ifdef

Dr Christopher Preschern jest austriackim programistą w firmie ABB; pracuje z językiem C, pisze oprogramowanie klasy przemysłowej. Jest też wykładowcą na Graz University of Technology. Często organizuje konferencje branżowe i podejmuje inicjatywy związane z tworzeniem wzorców projektowych.

To świetna pozycja, dzięki której Twój kod będzie bardziej przejrzysty i łatwiejszy w konserwacji

David Griffiths, autor książki „C. Rusz głową!”

Helion
helion.pl
HELION SA
ul. Kościuszki 1c
44-100 Gliwice
tel.: 32 230 98 63
helion@helion.pl
KOD KORZYŚCI
Sięgnij po więcej!
ISBN 978-83-8322-722-1
9 788383 227221
Cena: 67,00 zł