

Захарије Радивојевић
Игор Икодиновић
Зоран Јовановић

КОНКУРЕНТНО И ДИСТРИБУИРАНО ПРОГРАМИРАЊЕ

Á

Академска мисао
Београд
Á

Захарије Радивојевић, Игор Икодиновић, Зоран Јовановић

КОНКУРЕНТНО И ДИСТРИБУИРАНО ПРОГРАМИРАЊЕ А

Рецензенти
Проф. др Јелица Протић
Проф. др Драган Милићев

а АА
АКАДЕМСКА МИСАО
Београд

Тираж
300 примерака

ЊОР ЈИ Ì È Î Ï Ë Ç È

Предговор

Област конкурентног и дистрибуираног програмирања се већ дужи низ година проучава у оквиру редовне наставе на Електротехничком факултету у Београду на одсеку за рачунарску технику и информатику и на одсеку за софтверско инжењерство. Проучавањем ове области прикупљен је и анализиран већи број практичних проблема синхронизације и комуникације. Ови проблеми су јединствени и омогућавају генерализацију честих проблема у пракси. Сваком од проблема носи јединствено име ради лакшег праћења, али у упоређивања са постојећим решењима из ове области. Неки проблеми су тако конципирани да на шаљив начин обраде доста сложене механизме синхронизације и комуникације.

Као полазна основа за формирање ове књиге послужила је књига „Конкурентно програмирање: Теоријске основе са збирком решених задатака” аутора Игора Икодиновића и Зорана Јовановића. Та књига је допуњена и проширена новим проблемима и областима, уочене грешке су исправљене, али је начин излагања и обраде задатака остао исти.

Први део књиге је посвећен конкурентном програмирању помоћу дељених променљивих. Други део књиге обухвата област дистрибуираног програмирања. Трећи део је посвећен моделу програмирања коришћењем виртуелних простора. Четврти део се бави програмским нитима, као координационом моделу који се данас најчешће примењује код писања конкурентних програма. Пети део књиге се односи на мрежно програмирање.

Програмске парадигме су представљене на један од три начина: 1) коришћењем постојећих програмских библиотека и језика за конкурентно програмирање, 2) проширивањем секвенцијалних програмских језика одговарајућим синтаксним елементима и 3) преко формалних програмских модела. Избор начина на који су одређене парадигме представљене заснован је пре свега на критеријумима њихове једноставности, разумљивости и општости. У случају да пракса захтева примену одговарајућих парадигми коришћењем неких других имплементација од оних одабраних за њихов приказ у књизи, у већини случајева је могуће извршити директну синтаксну транслацију. Разумевање основних концепата из књиге ће чак и у случајевима када директна синтаксна транслација није могућа тај посао знатно олакшати.

Од постојећих програмских језика за конкурентно и дистрибуирано програмирање у оквиру ове књиге су коришћени: *Ada* за демонстрацију механизма рандевуа, *Java* за демонстрацију концепта програмских нити, као конкретан пример имплементације монитора, и као пример мрежног програмирања користећи размену порука и удаљене позиве метода и *CONIC* за демонстрацију парадигме асинхроног прослеђивања порука са индиректним именовањем процеса помоћу портова. У другим случајевима су коришћена проширења постојећих секвенцијалних програмских језика: проширени *Pascal* за демонстрацију концепта семафора, условних критичних региона и монитора и *C-Linda* за демонстрацију програмирања помоћу виртуелних простора. Од формалних програмских модела, *BSP* је коришћен за демонстрацију парадигме прослеђивања порука путем јавног емитовања, а *CSP* за демонстрацију парадигме прослеђивања порука са синхроним слањем и пријемом.

Један од проблема код упознавања са облашћу конкурентног и дистрибуираног програмирања је што читалац мора значајан део своје пажње да усмери на учење синтаксе и семантике везаних за имплементације разних парадигми. Да би се тај

проблем ублажио, у уводном делу сваког поглавља је поред прегледа карактеристика одговарајуће парадигме, дат и опис и анализа коришћене синтаксе. Након уводног дела дати су и задаци. Задаци који се налазе на почетку обично су изабрани тако да демонстрирају неке од главних особина парадигме и да покажу како се помоћу ње решавају типични проблеми. Они су посебно детаљно размотрени, како са теоријског тако и са практичног аспекта, јер представљају основ за разумевање материје у оквиру поглавља. Иза њих следе задаци који су по природи нешто сложенији и чија решења обично захтевају дубљу и дуготрајнију анализу, синтетишући стечено знање на вишем нивоу и дајући адекватну представу о величини и сложености реалних проблема. Након појединих задатака и на крају поглавља се могу наћи и задаци за самосталан рад. Препоручује се њихово решавање као најбоља вежба за проверу усвојеног знања.

Књига је писана на ћирилици, што је допринос очувању нашег језика и писма у области где су енглески језик и латиница често доминантни. Није се, међутим, могло избећи коришћење специфичних страних стручних израза и назива. У том смислу коришћена терминологија одражава затечено стање у овој области код нас. Где је то било сврсисходно и могуће коришћени су термини нашег језика, уз навођење одговарајућих израза који се користе у странијој литератури. Програми и примери су писани са именима променљивих, процедура и програмским коментарима који се ослањају на речи енглеског језика, јер је то данас већ стандардна пракса уведена због потребе за комуникацијом у широј стручној јавности. Ово не би требало да има утицаја на разумљивост решења, с обзиром да су она праћена детаљним објашњењима.

Захваљујемо рецензентима – наставницима ЕТФ-а – Јелици Протић и Драгану Милићеву и колеги Милошу Глигорићу на сугестијама којима су помогли да се текст књиге поправи и допуни пре издавања.

У Београду, фебруара 2008. године

Предговор II издању

У овом издању су постојеће области проширене и допуњене, и исправљене су уочене грешке. Захваљујемо студентима који су јавили уочене грешке и неконзистентности у тексту као и колегиници Сањи Делчев на сугестијама које су помогле да се текст књиге поправи и допуни.

У Београду, фебруара 2018. године

Садржај

Увод.....	1
Програмирање помоћу дељених променљивих	7
Семафори.....	8
Проблем критичне секције.....	10
Произвођач и потрошач: условна синхронизација процеса	12
Произвођачи и потрошачи: комуникација помоћу кружног бафера	15
Филозофи за ручком.....	30
Читаоци и писци	46
Недељиво емитовање.....	56
Људождери за ручком	63
Медвед и пчеле	66
Одгајање птића	68
Брига о деци.....	71
Синхронизација на баријери.....	78
Вожња тобоганом	79
Изградња молекула воде.....	84
Проблем преласка реке	92
Студентска журка.....	96
Условни критични региони	99
Проблем критичне секције.....	101
Произвођач и потрошач: синхронизација процеса	103
Мост који има само једну коловозну траку	107
Филозофи за ручком.....	112
Анализа различитих варијанти решења проблема читалаца и писаца	116
Претрага-уметање-брисање.....	120
Дељени рачун	126
Нервозни пушачи.....	130
Проблем избора.....	136
Проблем паркинга са заглављивањем.....	141
Монитори.....	144
Резервација карата	147
Читаоци и писци	153
Тајмер	160
Улазак у авион	163
Улазак у школу.....	164
Кружни <i>FIFO</i> бафер	165
Сакупљање гајбица	167
Прање веша	169
Филозофи за ручком.....	173
Недељиво емитовање.....	178
Алокација ресурса	183
Кружни ток	185
Т раскрсница	188
Дистрибуирано програмирање	195

Увод у програмирање прослеђивањем порука	197
Синхрона, асинхрона и условна комуникација	198
Читаоци и писци	200
Произвођачи и потрошачи	206
Филозофи за ручком	209
Вожња тобоганом	216
Игра живота	222
Прстен	226
Јавно емитовање	230
Откривање топологије	233
Двоелементни бафер	235
Комуникација са поузданим везама	237
Синхроно прослеђивање порука (CSP)	240
Реализација семафора	244
Реформирање текста (<i>Conway's Problem</i>)	245
Пријем, обрада и слање низа знакова	246
Потпрограми: Остатак при дељењу	248
Рекурзија: Факторијел	249
Ератостеново сито	250
Множење матрица	252
Читаоци и писци	254
Произвођачи и потрошачи	258
Филозофи за ручком	259
Бинарно стабло	262
Бинарно стабло - конкурентно претраживање	267
Скупови	273
Израчунавање интеграла	285
Изградња молекула воде	287
Дељени рачун	289
Јавно емитовање (BSP)	292
Стек	295
Скуп	296
Филозофи за ручком	300
Читаоци и писци	302
Радио такси	304
Гониометарски систем	306
Асинхроно прослеђивање порука (CONIC)	308
Бафер разделник	311
Произвођачи и потрошачи: комуникација помоћу кружног бафера	312
Промена конфигурације: звезда у прстен	313
Бидирекциони прстен типа <i>FDDI</i>	314
Клијенти и сервери	316
Обрада података	321
Филозофи за ручком	323
Читаоци и писци	325
Рандеву (Ada)	327
Селективна наредба	332
<i>Timeout</i> опција код селективне наредбе	334
Реализација рандевуа помоћу примитива за слање и пријем порука	335
Једноелементни бафер – проблем коректног завршетка процеса	338
Монитор	340
Кружни <i>FIFO</i> бафер	345
Произвођачи и потрошачи: комуникација помоћу кружног бафера	348
Читаоци и писци	351
Филозофи за ручком	354
Нервозни пушачи	356

Виртуелни простори360

Простор торки (C-Linda)..... 361

Филозофи за ручком.....	363
Произвођачи и потрошачи.....	364
Клијенти и сервери – обрада захтева по <i>FIFO</i> принципу (случај са једним сервером).....	365
Клијенти и сервери – обрада захтева по <i>FIFO</i> принципу (случај са више сервера).....	367
Клијенти и сервери – селекција сервера по <i>round robin</i> редоследу.....	371
Нервозни пушачи.....	378
Читаоци и писци.....	382
Проблем избора.....	384
Проблем лифтова.....	385
Заједнички тоалет.....	388
Проблем пијаних филозофа.....	390
Израчунавање интеграла.....	392
Проблем тела у гравитационом пољу.....	394

Програмске нити398

Java 400

Семафор.....	408
Произвођач и потрошач: условна синхронизација процеса.....	414
Произвођач и потрошач.....	421
Филозофи за ручком.....	428
Мост који има само једну коловозну траку.....	432
Читаоци и писци.....	438
Берберин који спава.....	447
Вожња тобоганом.....	450
Вожње аутобусом.....	453
Брига о деци.....	457
Јавни тоалет.....	460
Деда Мраз.....	464
Међусобно искључивање - <i>spin locks</i>	469
Едитор – рад са корисничким интерфејсом.....	486

Мрежно програмирање.....493

Java - Net..... 494

Ћаскање.....	501
Клијент-сервер архитектура - сервери.....	504
Клијент-сервер архитектура - комуникација.....	513
Клијент-сервер архитектура - протоколи.....	519
Клијент-сервер архитектура - примери.....	522

Java - RMI..... 528

Дељени рачун.....	533
Игра живота.....	537

Литература541

**Сваки као што је примио благодатни дар, њиме служите једни другима,
као добри управитељи разноврсне благодати Божије.**

Прва саборна посланица светиој айосшола Пеџра, глава 4

