Изследване на скалируемостта на Wa-Tor симулацията при статична декомпозиция на домейна

Иван-Асен Веселинов Чакъров
ФН: 81837, Курс: 3, Група: 1

Юли 2021

1 Увод

Wa-Tor [?] е класически проблем при паралелното програмиране. Накратко проблемът е симулирането на идеализиран двумерен свят с формата на тор. Светът има два вида обитатели - херинги, които играят ролята на плячка и акули, които ловят и изяждат херингите. Подробните правилата за симулацията са дадени във [?].

Декомпозицията на домейн (Domain decomposition) [?] при паралелното програмиране се явява естествен подход при решаването на проблеми, при които за решаването на проблема за даден елемент D от домейна са нужни само малко подмножество от данни, които са "близо"до D. Накратко, идеята е, че разбиваме домейна на множество поддомейни и възлагаме решаването на проблема за всеки поддомейн на отделен процес. Важно е отделните поддомейни да са със еднаква големина за да може да се разпредели хубаво работата между процесорите. Съществуват два вида Domain decomposition - статичен и динамичен. При статичния в началото на алгоритъма разбиваме домейна и разпределяме работата между процесите. По време на симулацията разбиването не се променя, което може да води до намаляване на производителността тъй като данните при доста проблеми прескачат от един домейн в друг. Този проблем се решава от втория тип Domain decomposition, който по време на симулацията преизчислява разбиването на домейна с цел балансиране на големината на отделните поддомейни. Domain decomposition намира приложение при решаването на проблеми от тип Celular automata [?].

Тъй като и Wa-Tor попада в този тип проблеми, решението което представям тук е базирано на статична декомпозиция на домейна.

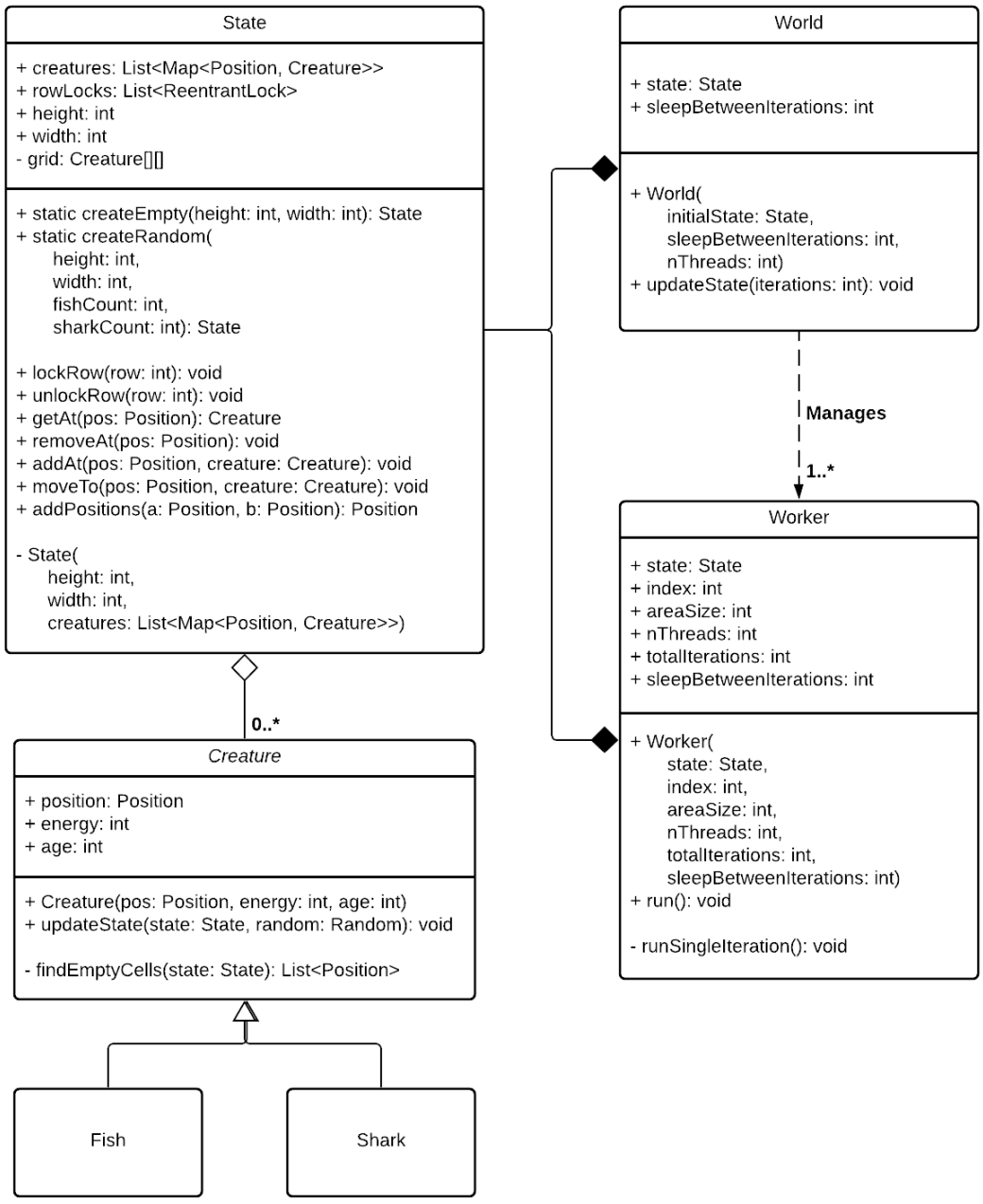
разбиваме светът по редове (или по колони) на равни по големин ленти.

2 Архитектура

Решението е имплементирано на Java 16 и използва вградени способности за паралелно програмиране, част от Java SE.

- java.lang.thread: основният начин за създаване на нишки във java
- java.util.concurrent.executorservice
- java.util.concurrent.locks.reentrantlock

Архитектурата използва статична декомпозиция на домейна и е по модела Master-Slaves.



Фигура 1: UML Клас диаграма на проекта

3 Тестови резултати

Характеристики на тестовата машина:

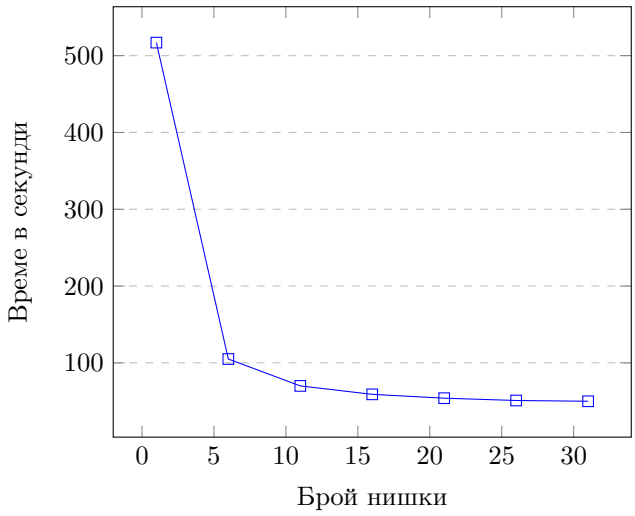
- Процесор: 2 x Intel® Xeon® CPU E5-2660 0 @ 2.20GHz - Всеки процесор е с по 8 ядра и 2 нишки, това прави 16 ядра общо и 32 нишки.
- Памет: 64Gb, 32K L1d и L1i кешове, 256K L2 кеш и 20480K L3 кеш

Взимайки в предвид броя на нишките на машината има смисъл да тестваме скалируемост с до 32 паралелно работещи процеса/нишки.

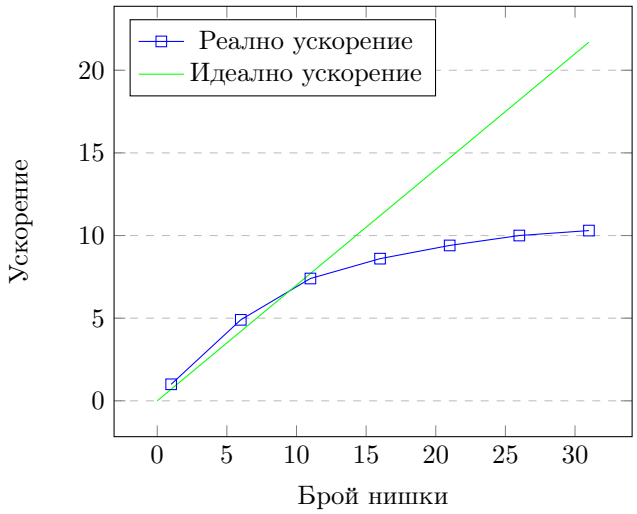
Начинът по който са получени резултатите е следният. Пускаме симулацията да върви за N итерации и засичаме времето от началото на работата на всички нишки до края на работата на последната. Правим отделни измервания от 1 до 32 нишки, като правим по 5 за всеки K на брой нишки. След това смятаме минимума, максимума и средното аритметично на получените резултати.

Ускорение (MIN,AVG,MAX) при размер 4000x2000 и популация 1 000 000			
Брой нишки	MIN	AVG	MAX
1	1.00	1.00	1.00
6	4.78	4.89	4.93
11	7.08	7.38	7.50
16	8.44	8.63	8.65
21	9.24	9.41	9.36
26	9.61	10.00	10.04
31	10.12	10.32	10.39

Време за изпълнение при размер на полето 4000x2000

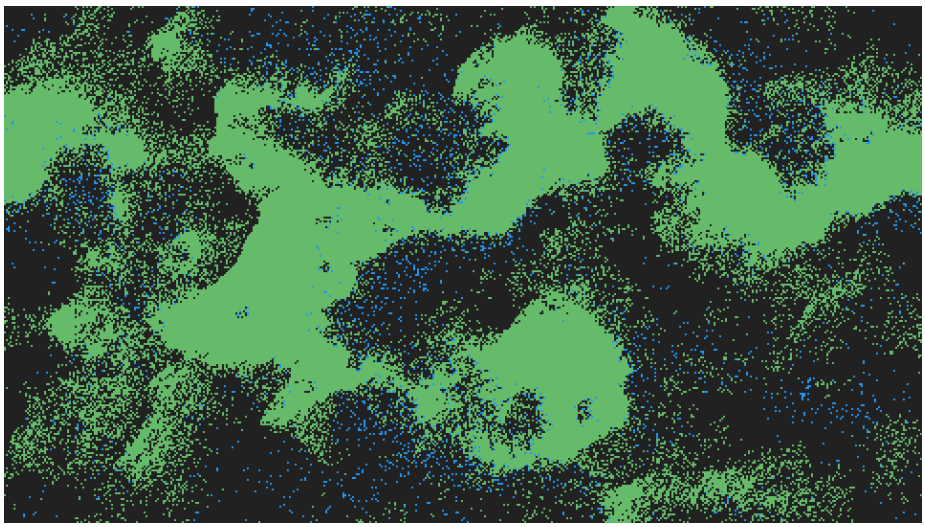


Средно ускорение при размер на полето 4000x2000

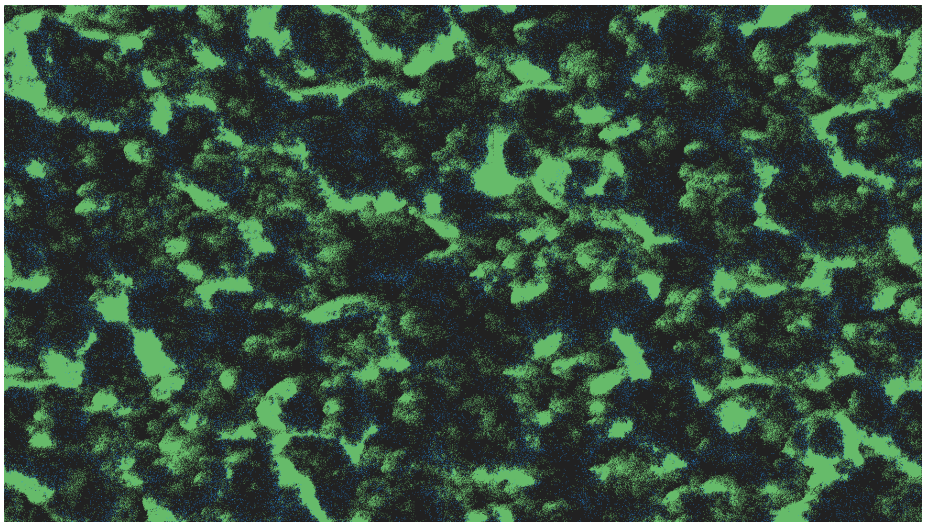


4 Визуализации

Освен симулацията, която служи за измервание на скалируемостта, в проекта е разработена и визуализация в реално време с помощта на Java Swing и AWT. Следват няколко екранни снимки от визуализации (херингите са в зелено, а акулите в синьо):



Фигура 2: Размер на полето 480x270, 10 000 херинги и 1000 хиляди акули



Фигура 3: Размер на полето 1920x1080, 1 000 000 херинги и 100 000 акули

Първоначалната цел на този "режим на работа"беше лесен начин за дебъгване, но в крайна сметка се получи и доста готина анимация, която би могла да се ползва за screensaver :).

5 Бъдещо развитие на проекта

Използване на Dynamic domain decomposition