

TEACHING OPERATING SYSTEMS: DISK SCHEDULING⁸

Tzanko Golemanov, PhD

Department of Computer Systems and Technologies,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Tel.: +359 82 888 681

E-mail: TGolemanov@uni-ruse.bg

Emilia Golemanova, PhD

Department of Computer Systems and Technologies,

“Angel Kanchev” University of Ruse

Tel.: +359 82 888 681

E-mail: EGolemanova@uni-ruse.bg

Abstract: Disk scheduling algorithms are essential for the efficient and effective use of computer storage devices, such as hard disks. These algorithms determine the order in which read and write requests are serviced by the disk I/O scheduler, which has a significant impact on the overall system performance. By studying disk scheduling algorithms, students can understand how to optimize the use of storage devices to achieve faster response times, increased throughput, and better utilization of system resources. They can also design new scheduling algorithms that better suit the requirements of modern computing environments, such as cloud computing and big data analytics. In this paper, we would like to share our experience in teaching Disk scheduling algorithms using a specially developed tool DISK SCHEDULING. The tool allows students to learn in detail several algorithms: FCFS (First Come First Serve), SSTF (Shortest Seek Time First), SCAN (Elevator Algorithm), C-SCAN (Circular SCAN), and N-Step SCAN. Through interactive simulation and comparative analysis, students get to know the advantages and weaknesses of the algorithms being studied.

Keywords: Operating Systems, Teaching Tools, Disk scheduling algorithms

ВЪВЕДЕНИЕ

Въпреки че SSD (Solid State Drive) технологията непрекъснато напредва, твърдите магнитни дискове (HDD, Hard Disc Drive) все още имат бъдеще в различни области. Сред предимствата им спрямо SSD са:

- **Капацитет:** Магнитните дискове са налични в по-големи обеми от SSD. Това ги прави подходящи за архивиране на големи количества данни, като видео и фото архиви или масиви от данни.
- **Цена:** Магнитните дискове са по-евтини спрямо SSD за същия капацитет. Това ги прави предпочитани за потребители, които търсят хранилище за данни с голям обем на ниска цена.
- **Дълъг живот:** Магнитните дискове имат по-дълъг живот в сравнение с SSD, които се износват с времето при многократно презаписване на данни.

Основният критерий, по който HDD отстъпват на SSD е скоростта на достъпа до записаната информация, затова алгоритмите за планиране на изпълнението на I/O операции са от съществено значение за ефективното използване на този вид компютърна периферия. Определянето на реда, в който се обслужват заявките за четене и запис (Disk scheduling), оказва значително влияние както върху скоростта на изпълнение на процесите, така и върху цялостната производителност на системата. Disk Scheduling е важна тематика в учебния процес за студентите, защото им помага да разберат по-добре принципите на работата на операционната система (Tanenbaum and Bos, 2016) (Silberschatz, Galvin and Gagne, 2013), (Deitel, Deitel and Choffnes, 2004). Чрез изучаване на алгоритми за планиране на дисковите

⁸ Докладът е представен на научната сесия на 27.10.2023 в секция „Комуникационна и компютърна техника“ с оригинално заглавие на български език: ОБУЧЕНИЕ ПО ОПЕРАЦИОННИ СИСТЕМИ: ПЛАНИРАНЕ НА ДОСТЪПА ДО ДИСКОВ МАГНИТЕН НОСИТЕЛ.

операции, бъдещите компютърни специалисти могат да разберат как да оптимизират използването на устройствата за съхранение, за да постигнат по-добри времена за реакция на системата, повишена производителност и по-добро използване на системните ресурси.

В настоящия доклад бихме искали да споделим нашия опит в преподаването на този материал в Русенския университет, като акцентът е в сравнителен анализ на различните алгоритми, техните предимства и недостатъци и ситуациите, в които дават оптимални резултати. За целта представяме и интерфейса и основната функционалност на авторския софтуерен инструмент DiskScheduling.

Основни прилагани стратегии за оптимизиране на достъпа. Предимства и недостатъци.

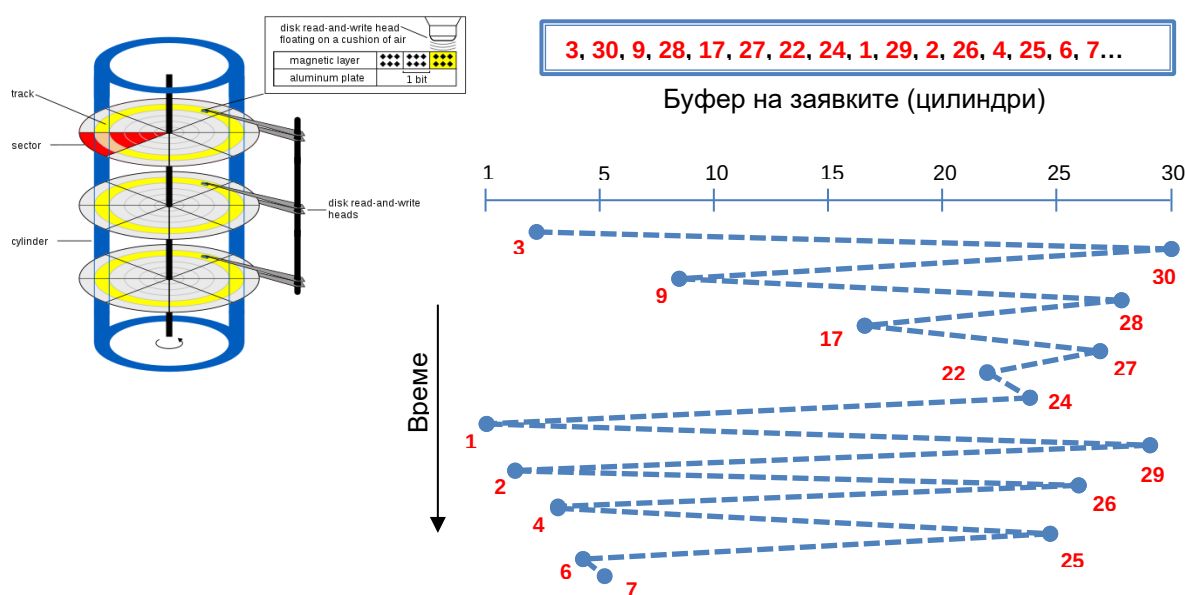
По време на лекциите на студентите се обясняват необходимостта и базовите принципи, свързани с планирането на изпълнението на заявките към цилиндри на HDD. С планирането на изпълнението на заявките на процесите към външната памет се цели:

- Повишаване на пропускателната способност на I/O система - изпълнение на повече заявки за единица време;
- Справедливо отношение към заявките на различните процеси - да няма толериране на някои за сметка на други;
- Минимизиране на средното време за отговор на системата - времето за изчакване плюс времето за обслужване на заявка;
- Минимизиране на дисперсията във времената за отговор при различните заявки - да не се различават съществено от средното за системата;
- Предвидимост на максималното време за отговор на системата - най-дългото възможно отлагане на изпълнението на заявка.

Намирането на подходяща стратегия за планиране на достъпа до HDD с сложна задача, поради взаимната противоречивост на някои от поставените цели. Това налага допускането на определени компромиси за достигане на оптималните възможни характеристики. Като цяло, планирането подобрява общата картина, макар че е възможно скоростта на обслужване на някои от заявките да бъде намалена.

Стратегия FCFS (First-Come-First-Served)

На Фиг.1 са показани принципната структура на HDD, буферът с пристигащите заявки към конкретни цилиндри и пътя на магнитните глави при обслужването им според реда на пристигане FCFS (First-Come-First-Served).

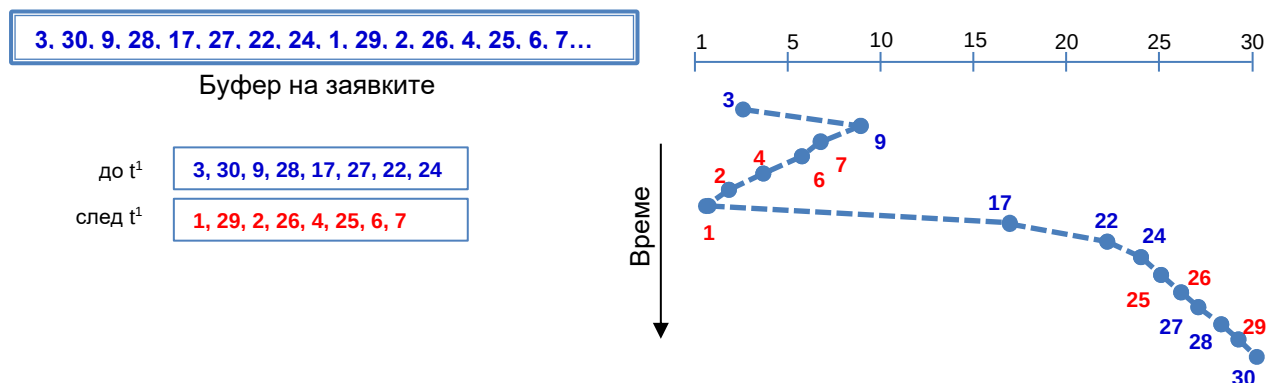


Фиг.1. Обслужване според реда на пристигане

Заявките на процесите към външната памет се приемат една по една, като всяка от тях е насочена към един определен блок (физически запис с адрес: цилиндър, глава, сектор), като най-голямото забавяне при изпълнението е при позиционирането на магнитните глави на определения цилиндър. Стратегията FCFS е без оптимизиране на достъпа и обикновено се прилага при слабо натоварване на I/O система. Основните ѝ предимства са справедливост при обслужване на заявките и минимални системни разходи за реализация. Явно при едно по-сериозно натоварване на I/O система е необходимо оптимизиране.

Стратегия SSTF (Shortest-Seek-Time-First)

Това е интуитивно най-близката до човешкото мислене стратегия. При стратегията SSTF се извършва сортиране на постъпващите заявки според отдалечеността им от текущото положение на главите. Следваща се обслужва заявката, която се намира най-близко (Фиг.2).

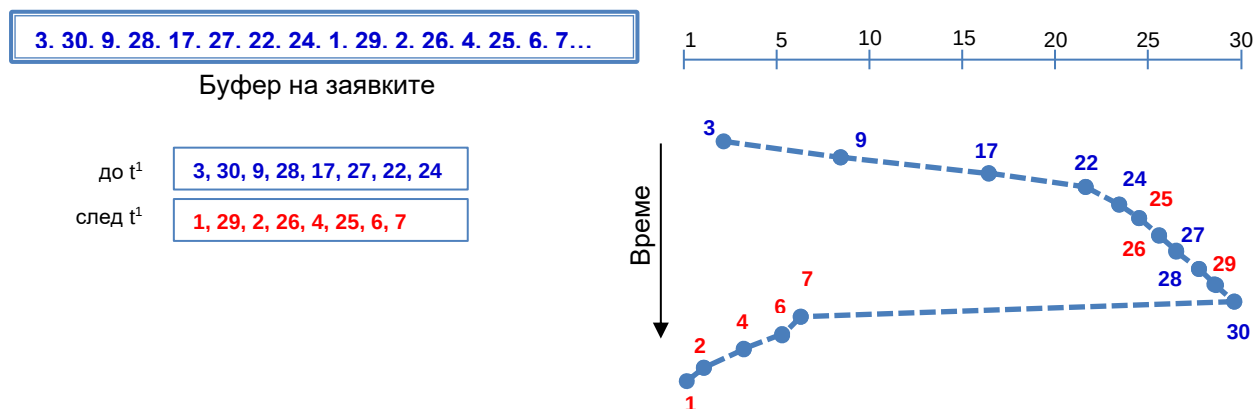


Фиг.2. Стратегия SSTF (Shortest-Seek-Time-First)

Въпреки че тази стратегия дава в общия случай оптимални резултати, тя има един съществен недостатък. Например нека докато се обслужва заявката към цилиндър 9, да постъпят нови заявки (след момент t^1). Ако сред тях има по-близки, то те ще се обработят като следващи и ще се отложи изпълнението на отдалечените. Така при сериозно натоварване на диска, главите ще стоят предимно в централните области и обслужването на някои отдалечени заявки може да бъде отложено за неопределено време.

Стратегия SCAN, «Алгоритъм на асансьора»

Тази стратегия намалява дискриминирането на отдалечените цилиндри чрез "сканиране" на диска. За целта във всеки един момент има избрана "привилегирована" посока за движение на главите (нагоре или надолу). Като следваща се избира за обслужване най-близката заявка в това направление. Движението се обръща при достигане на крайния цилиндър или ако в привилегированата посока няма повече заявки (Фиг.3).



Фиг.3. Стратегия SCAN

Стратегията SCAN също създава известна възможност за неопределено отлагане на обслужването. Това би се получило в случай, че непрекъснато постъпват заявки към текущия цилиндър (активна работа на някой процес с една и съща област данни). Тогава хода на главите ще бъде спряна на това място на диска и обслужването на другите заявки ще бъде забавено. За избягване на този ефект може да се приложи модификация на SCAN наречена **N-Step-SCAN**. При нея, в избраното направление, се обслужват само тези от заявките, пристигнали преди смяната на посоката. Пристигналите след това заявки се групират във втори буфер и се обслужват при обратния ход на главите. Друга интересна модификация на SCAN е стратегията на "циклично сканиране" **C-SCAN**. Използването ѝ води до избягване на дискриминирането на крайните цилиндри на диска, за сметка на вътрешните, през които главите преминават по-често. При нея заявките се подреждат като при N-Step-SCAN, но самото обслужване се извършва само в една посока на движение (например само "нагоре"). След завършване на хода главите скокообразно се връщат към най-вътрешната заявка и сканирането се повтаря.

DiskScheduling: Интерфейс и функционалност

Софтуерният симулатор DiskScheduling е авторски продукт, предназначен за обучение по „Управление на външната памет“ в курса „Операционни системи“ на Русенския университет. Стремешът при разработката му да бъдат избягнати редица недостатъци и/или ограничения на налични подобни обучаващи системи:

- Реализации като WEB приложения – по принцип с облекчен достъп, но и по-неудобен и ограничаващ потребителски интерфейс;
- Липса на интерактивност – обикновено предварително се задава списък от заявки към цилиндри, с които се извършва експериментирането и няма възможност за паралелно генериране на нови заявки;
- Липса на многоезичен потребителски интерфейс.

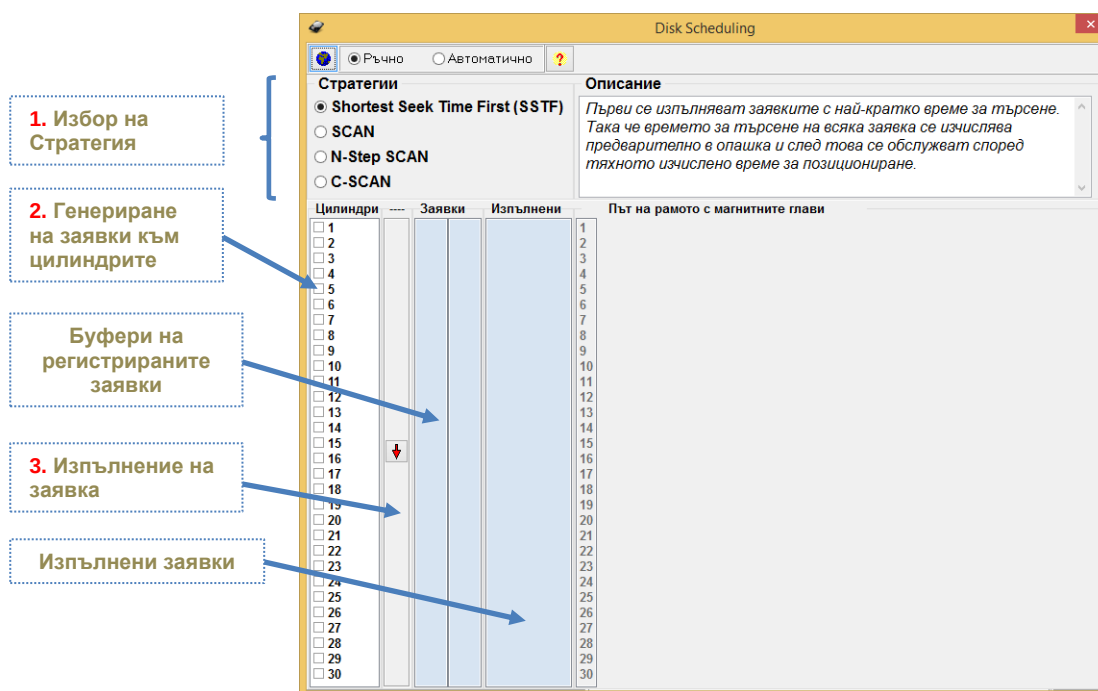
При отчитане на горните съображения, основните характеристики на представяната разработка са:

- Desktop базирана софтуерна система, без необходимост от инсталационна процедура;
- Опростен потребителски многоезиков интерфейс;
- Възможност както за ръчен постъпков режим, така и за автоматично изпълнение на заявките и паралелно генериране на нови във всеки момент.

На Фиг.4 е показан началният вид на симулатора с маркирана възможността за промяна на езика на интерфейсите текстове. Симулаторът демонстрира действието на различните стратегии за преподреждане на изпълнението на заявки към различни цилиндри на HDD. Показани са основните области:

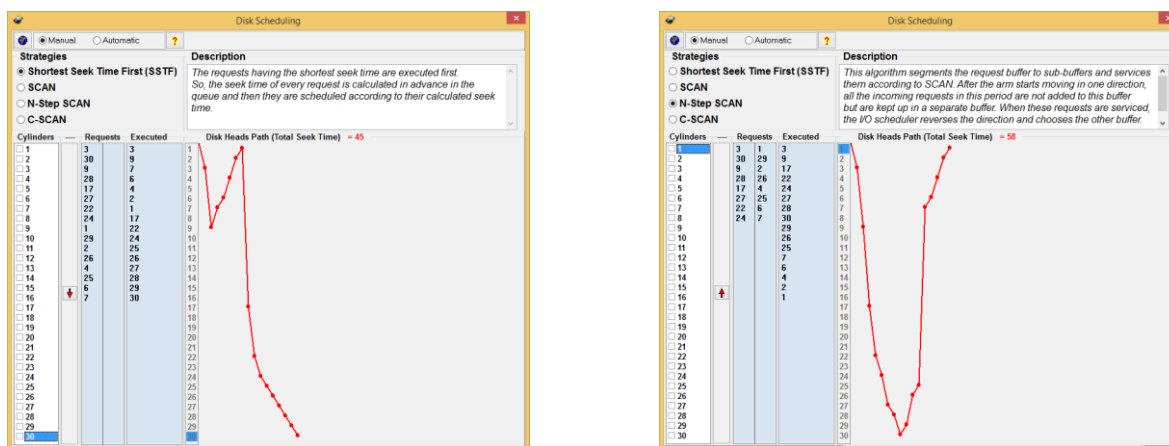
- Оперативни – избор на стратегия, интерактивно генериране на заявки към цилиндрите, ръчен и автоматичен режим на изпълнение;
- Информационни – описание на избраната стратегия, един или два буфера с генерирани заявки, списък и последователност на изпълнените заявки, графична траектория на блока с магнитни глави.

При използването на симулатора студентите във всеки момент могат да регистрират нови заявки към цилиндри на HDD и да наблюдават реда, в който те ще бъдат изпълнени при избрана стратегия за планиране. Генерираните заявки се съхраняват във вътрешни структури и същите могат да бъдат използване при следващ избор на алтернативна стратегия. Това позволява извършването на сравнителен анализ на действието на различни стратегии при една и съща конкретна последователност от заявки.



Фиг.4. Симулатор DiskScheduling: Оперативни и Информационни зони

На Фиг.5 е показан ръчен работен режим на симулатора при избрани стратегии SSTF и интерактивно генерирани заявки от примера на Фиг.2. Показана е и симулацията на стратегия N-Step-SCAN при интерактивно генерирани заявки в два буфера.



а) Стратегия SSTF

б) Стратегия N-Step-SCAN

Фиг.5. DiskScheduling за стратегии SSTF и N-Step-SCAN

ИЗВОДИ

Изучаването на концепциите и базовите принципи на изграждане и функциониране на модули на операционните системи представлява сериозно предизвикателство за студентите по компютърни системи и технологии. В тази материал са представени възможностите на авторския инструмент DiskScheduling, специално проектиран да се използва в дисциплината „Операционни системи“. Демонстрира се прилагането на DiskScheduling като ефективно средство при изучаване планирането на изпълнението на заявки към цилиндри на HDD, генерирани от паралелни процеси. Възможността за интерактивно задаване на заявките,

както и наблюдението на постъпковото изпълнение на избраната стратегия, позволява на студентите да се ориентират по-добре в преподавания теоретичен материал.

DiskScheduling се използва от няколко години в катедра „Компютърни системи и технологии“ на Русенския университет и отзивите на студентите са положителни. Липсата на каквато и да е инсталационна процедура, малкият размер и copyleft-лицензът позволяват DiskScheduling да бъде използван без ограничения в произволна MS-Windows среда.

ACKNOWLEDGEMENTS

Публикацията е с подкрепата на проект 23-ФЕЕА-01 „Разработване на модели и симулации с различни области на приложение“, финансиран от фонд „Научни изследвания“ на Русенския университет „Ангел Кънчев“.

REFERENCES

Deitel, H. M., Deitel, P. J. and Choffnes, D. R. (2004) Operating systems. Pearson/Prentice Hall.

Silberschatz, A., Galvin, P. B. and Gagne, G. (2013) Operating System Concepts. 9. John Wiley & Sons, Inc.

Tanenbaum, A. S. and Bos, H. (2016) Modern Operating Systems, Education. Pearson India; 4th edition.